Omgevingsregeling – bijlagen (werkversie)
Bijgewerkt 08-07-2025

Dit document bevat een geconsolideerde tekst van bijlage I bij de Omgevingsregeling. De basis van dit document is de geldende tekst van de Omgevingsregeling zoals die wordt getoond op wetten.overheid.nl.

In dit document zijn aanvullend op die tekst de volgende wijzigingen verwerkt:

1. Wijzigingen in consultatiefase
   - Wijziging Omgevingsregeling in verband met het vaststellen van een instructieregel voor het begrenzen van de ontwikkelruimte (versie consultatie) – wijzigt bijlage III, voegt bijlage XXIV in – tekstkleur oranje
   - Verzamelwijziging omgevingsregeling LVVN 2025 (versie consultatie) wijzigt bijlage XXXII– tekstkleur oranje
   - Wijziging Omgevingsregeling actualisering geometrie tweede helft 2025 (versie consultatie) – tekstkleur donkerrood
   - Wijziging Omgevingsregeling niet-publiekrechtelijke normen overgedragen milieuregels (versie consultatie) – tekstkleur rose
   - Wijziging Omgevingsregeling ivm nieuwe versies van NTA 8800, BRL 9500-U, BRL 9500-W en BRL 9501 (versie consultatie) – tekstkleur groen
   - AERIUS 2525 (versie consultatie) – tekstkleur rood
   -
2. Ontwerpwijzigingen
   - Wijziging Omgevingsregeling in verband met de nieuwe Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken en het vastleggen van de formules voor het bepalen van de soepelere milieuprestatie-eis (versie ontwerp) wijzigt bijlage II – tekstkleur blauw
   -
3. Wijzingen, gepubliceerd, maar nog niet in werking
   - Regeling actualisering geometrie Omgevingsregeling eerste helft 2024, artikel I, onderdeel B (Stcrt. 2024, 3260), wijzigt bijlage IIIA bij de Omgevingsregeling
   -

Bijlage I. (begripsbepalingen)

A. Begrippen

Voor de toepassing van deze regeling wordt verstaan onder:

AERIUS Register: register stikstofdepositieruimte, als bedoeld in artikel 10.25 van het Besluit kwaliteit leefomgeving en beschikbaar op www.aerius.nl;

airconditioningsysteemdeskundige: persoon die in het bezit is van een diploma EPBD A-airconditioningsystemen of een diploma EPBD B-airconditioningsystemen;

ANP: Algemeen Nederlands Persbureau;

bouwkosten:

a. aannemingssom exclusief omzetbelasting, bedoeld in paragraaf 1, eerste lid, van het Besluit vaststelling Uniforme administratieve voorwaarden voor de uitvoering van werken en van technische installatiewerken 2012, voor het uit te voeren werk,

b. voor zover een aannemingssom ontbreekt: een raming van de bouwkosten exclusief omzetbelasting; of

c. als het bouwen geheel of gedeeltelijk door zelfwerkzaamheid geschiedt: de prijs die aan een derde in het economisch verkeer zou moeten worden betaald voor het bouwen van het bouwwerk waarop de aanvraag betrekking heeft;

bovenbouwconstructie: samenstel van onderdelen voor het dragen en geleiden van spoorvoertuigen;

civiele en cultuurtechniek: werkzaamheden als bedoeld in bijlage IV, onder A5, A6, A8, B3 en B4, met uitzondering van bodemsanering als bedoeld in bijlage IV, onder A6 en B4, bij het Omgevingsbesluit, ook als het kostensoorten als bedoeld in artikel 13.14, eerste lid, onder b, van de wet betreft;

diploma EPBD A-airconditioningsystemen: diploma dat wordt afgegeven aan degene die blijkens een examen voldoet aan de in bijlage XIII opgenomen eisen voor het diploma EPBD A-airconditioningsystemen;

diploma EPBD B-airconditioningsystemen: diploma dat wordt afgegeven aan degene die blijkens een examen voldoet aan de in bijlage XIII opgenomen eisen voor het diploma EPBD B-airconditioningsystemen;

energieadviseur: persoon die de energieprestatie van een gebouw opneemt of registreert;

energielabelplichtige: degene die op grond van artikel 6.27, eerste tot en met vijfde lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving verplicht is een energielabel voor een gebouw beschikbaar te stellen of aanwezig te hebben;

etmaalperiode: een van de volgende drie perioden: dagperiode van 07.00 tot 19.00 uur, avondperiode van 19.00 tot 23.00 uur en nachtperiode van 23.00 tot 07.00 uur;

examen airconditioningsysteemdeskundige: examen om een diploma EPBD A-airconditioningsystemen of een diploma EPBD B-airconditioningsystemen te behalen;

exameninstelling voor airconditioningsysteemdeskundige: instelling, bedoeld in artikel 5.19, eerste lid;

externe levering van elektriciteit, aardgas of warmte: de infrastructuur nodig voor de opwekking en het transport van elektriciteit, aardgas of warmte buiten het kavel van de gebruiksfunctie tot aan de energiemeter van de gebruiksfunctie, inclusief de baten en lasten buiten de systeemgrenzen (EN 15804:2012+A2:2019, IDT modules A1-A3, A4 en D);

gemeld PAS-project: gemeld PAS-project als bedoeld in artikel 3.69

geluidbronregisterlijn: lijn boven een gedeelte van een weg of spoorweg die gebruikt wordt als rijlijn als bedoeld in de bijlagen IVe en IVg of bronlijn als bedoeld in de bijlagen IVf en IVg, bij het bepalen van het geluid op een referentiepunt volgens bijlage IVg of de basisgeluidemissie en geluidemissie in L_{den} volgens bijlage IVd;

geluidemissiegetal (L_E): het jaargemiddelde geluidvermogen dat door het gezamenlijk verkeer op een gedeelte van een weg of spoorweg wordt uitgestraald per octaafband per beoordelingsperiode;

geluidemissietraject: deel van een weg of spoorweg, bepaald volgens bijlage IVe of IVf, waarover de geluidemissie van motorvoertuiggeluid of spoorvoertuiggeluid min of meer constant kan worden verondersteld;

GGD: Gemeentelijke Gezondheidsdienst;

grondwaterkarakteristiek: samenstel van gegevens over de langjarig gemiddeld hoogste en langjarig gemiddeld laagste grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld;

ISSO: publicatie die door het Kennisinstituut voor de Installatiesector is uitgegeven;

kavelbesluit: kavelbesluit als bedoeld in artikel 1 van de Wet windenergie op zee;

kostenverhaalsdeelgebied: deel van het kostenverhaalsgebied, waarin de werkzaamheden niet gelijktijdig met die in een aangrenzend deel van het kostenverhaalsgebied plaatsvinden;

kostenverhaalslooptijd: de periode van voorbereiding van een omgevingsplan of een projectbesluit of van de beslissing op een aanvraag om een omgevingsvergunning voor een buitenplanse omgevingsplanactiviteit tot de werken, werkzaamheden en maatregelen en activiteiten als bedoeld in artikel 13.15, eerste lid, van de wet, zijn uitgevoerd;

NL-EPBD-certificaathouder: organisatie die beschikt over een geldig NL-EPBD procescertificaat;

NL-EPBD-certificerende instelling: instelling die NL-EPBD procescertificaten verstrekt;

plafondcorrectiewaarde: getal waarmee de geluidemissie van een daarbij in het geluidregister aangegeven gedeelte van een weg of spoorweg wordt vermeerderd voor het bepalen van het geluid;

plankosten: kosten als bedoeld in bijlage IV, onder A1, A10 en A14 bij het Omgevingsbesluit en, voor zover het gaat om werken, werkzaamheden en maatregelen als bedoeld in bijlage IV, onder B2, B3 en B4, bij het Omgevingsbesluit, de kosten van voorbereiding en toezicht op de uitvoering van die werken, werkzaamheden en maatregelen met uitzondering van het daarvoor benodigde onderzoek;

RIVM: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu;

smog: een tijdelijk verhoogde concentratie van de stoffen zwaveldioxide, stikstofdioxide, ozon en PM10;

Soortenmanagementplan: een beleidsplan gericht op het versterken van de staat van instandhouding van beschermde diersoorten binnen een gemeente of enkele gemeenten, berustend op ecologisch onderzoek, op basis waarvan een omgevingsvergunning wordt verleend ter versnelling van de energiebesparende isolatie van de thermische schil van gebouwen in de gebouwde omgeving;

toelaatbare flux: de toelaatbare maat voor het stoftransport, uitgedrukt in grammen per hectare per jaar, die is weergegeven in bijlage XVIIIg;

wet: Omgevingswet.

B. Verordeningen, richtlijnen en besluiten als bedoeld in artikel 288 van het Verdrag betreffende de werking van de Europese Unie, en internationale verdragen

cites-uitvoeringsverordening: verordening (EG) nr. 865/2006 van de Commissie van 6 mei 2006, houdende uitvoeringsbepalingen van Verordening (EG) nr. 338/97 van de Raad inzake de bescherming van in het wild levende dier- en plantensoorten door controle op het desbetreffende handelsverkeer (PbEU 2006, L 166);

verordening officiële controles: verordening (EU) 2017/625 van het Europese Parlement en de Raad van 15 maart 2017 betreffende officiële controles en andere officiële activiteiten die worden uitgevoerd om de toepassing van de levensmiddelen- en diervoederwetgeving en van de voorschriften inzake diergezondheid, dierenwelzijn, plantgezondheid en gewasbeschermingsmiddelen te waarborgen, tot wijziging van de Verordeningen (EG) nr. 999/2001, (EG) nr. 396/2005, (EG) nr. 1069/2009, (EG) nr. 1107/2009, (EU) nr. 1151/2012, (EU) nr. 652/2014, (EU) 2016/429 en (EU) 2016/2031 van het Europees Parlement en de Raad, de Verordeningen (EG) nr. 1/2005 en (EG) nr. 1099/2009 van de Raad en de Richtlijnen 98/58/EG, 1999/74/EG, 2007/43/EG, 2008/119/EG en 2008/120/EG van de Raad, en tot intrekking van de Verordeningen (EG) nr. 854/2004 en (EG) nr. 882/2004 van het Europees Parlement en de Raad, de Richtlijnen 89/608/EEG, 89/662/EEG, 90/425/EEG, 91/496/EEG, 96/23/EG, 96/93/EG en 97/78/EG van de Raad en Besluit 92/438/EEG van de Raad (verordening officiële controles) (PbEU 2017, L95).

Bijlage II (uitgaven en verwijzingen)

Norm	Naam	Datum of versie	Uitgever	Hoofdstuk in besluit of regeling waarin verwijzing staat[1]
AERIUS Calculator	AERIUS | Rekeninstrument voor de leefomgeving	~~2024~~ 2025	RIVM (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 van deze regeling
AERIUS Monitor	AERIUS Monitor	~~2024~~ 2025	RIVM (www.rivm.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
AERIUS Register	AERIUS Register	~~2024~~ 2025	Rivm (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 8 en 10 van het Besluit kwaliteit leefomgeving en afdeling 3.7 deze regeling
Algemene BeoordelingsMethodiek	Algemene BeoordelingsMethodiek (ABM), methode ter bepaling van de benodigde saneringsinspanning bij lozingen op basis van stofeigenschappen	2016	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
API 1004	Bottom Loading and Vapor Recovery for MC-306 & DOT-406 Tank Motor Vehicles	01-01-2003	American Petroleum Institute (www.api.org)	Hoofdstuk 4 Bal
AS SIKB 2000	Accreditatieschema Veldwerk bij Milieuhygiënisch Bodem- en waterbodemonderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
AS SIKB 3000	Accreditatieschema Laboratoriumanalyses voor grond-, grondwater- en waterbodemonderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
AS SIKB 6700	Accreditatieschema Inspectie bodembeschermende voorzieningen	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
AS SIKB 6800	Accreditatieschema Controle en keuring tank(opslag)installaties	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BBT-document emissiearm aanwenden	BBT-document emissiearm aanwenden	Versie 1.0, mei 2020	Rijkswaterstaat www.iplo.nl	Hoofdstuk 4 Bal
Beoordelingsrichtlijn omgevingsDNA-methode	Beoordelingsrichtlijn Insula Certificatie-200 uitgebreid sporenonderzoek middels E-DNA	28 februari 2025	www.insula-certificatie.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Bepalingsmethode	Bepalingsmethode	PM	Stichting Nationale	Hoofdstuk 4 Bbl

Milieuprestatie Bouwwerken ~~MPG~~	Milieuprestatie Bouwwerken ~~Gebouwen en GWW-werken~~	~~versie 1.0 (01-07-2020), met wijzigingsblad van 1-10-2020, wijzigingsblad van 1-02-2021 en wijzigingsblad van 1-10-2021~~	Milieudatabase (www.milieudatabase.nl) ~~Stichting Bouwkwaliteit (www.bouwkwaliteit.nl en www.milieudatabase.nl)~~	
Blauwalgenprotocol	Blauwalgenprotocol 2012, zoals vastgesteld door het Nationaal Water Overleg	2012	Rijkswaterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 10 Bkl
Bodembescherming: combinaties van voorzieningen en maatregelen	Bodembescherming: combinaties van voorzieningen en maatregelen	Versie 2020-01, april 2020	Rijkswaterstaat (www.iplo.nl)	Bijlage XVIII Bkl
BRL 9313	Beoordelingsrichtlijn Zand uit dynamische wingebieden	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL 9321	Beoordelingsrichtlijn Milieuhygiënische kwaliteit van industriezand en (gebroken) industriegrind	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL 9335	Beoordelingsrichtlijn Grond	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL 9500-U	Beoordelingsrichtlijn Energieprestatie van utiliteitsgebouwen	PM 2025 ~~april 2024~~	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling
BRL 9500-W	Beoordelingsrichtlijn Energieprestatie van woningen en woongebouwen	PM 2025 ~~15 april 2024~~	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling
BRL 9501	Beoordelingsrichtlijn Methoden voor het berekenen van het energiegebruik van gebouwen en de energetische en financiële gevolgen van energiebesparingsmaatregelen	PM 2025 ~~15 april 2024~~	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstukken 5 en 7 van deze regeling
BRL-K519	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Afdichtingsfolie van weekgemaakt polyvinylchloride (PVC-P), met of zonder versterking	15-06-2006	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K537	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor Verwerken van Kunststoffolie	01-01-2010	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K538	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Afdichtingsfolie van hoge dichtheid polyetheen zonder versterking	15-06-2006	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

BRL-K546	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Afdichtingsfolie van lage dichtheid polyetheen, met of zonder versterking	15-06-2006	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K779	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa productcertificaat voor Inwendige bekleding op stalen tanks voor brandbare vloeistoffen	15-07-2010, met wijzigingsblad van 15-03-2015	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K790	Beoordelingsrichtlijn K790, Appliceren van bekledingen op stalen opslagtanks of stalen leidingen	Versie 03	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K902	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor Tanksanering HBO/diesel	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K904	Beoordelingsrichtlijn voor het Kiwa procescertificaat voor Tanksaneringen, KIWA Nederland B.V.	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL-K1149	Nationale Beoordelingsrichtlijn voor het KOMO procescertificaat voor verwerken van kunststof folie	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Kiwa (www.kiwa.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL KvINL 6000-21/00	BRL 6000 Deel 21, Ontwerpen en installeren van energiecentrales van bodemenergiesystemen en het beheren van bodemenergiesystemen Beoordelingsrichtlijn voor het KvINL procescertificaat voor 'ontwerpen, installeren en beheren van installaties'	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	Stichting InstallQ (www.installq.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL SIKB 2000	Beoordelingsrichtlijn Veldwerk bij milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
BRL SIKB 2100	Beoordelingsrichtlijn Mechanisch boren	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL SIKB 6000	Beoordelingsrichtlijn Milieukundige begeleiding van (water)bodemsaneringen, ingrepen in de waterbodem en nazorg	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL SIKB 7000	Beoordelingsrichtlijn Uitvoering van (water)bodemsaneringen	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

	en ingrepen in de waterbodem	Regeling bodemkwaliteit 2021		
BRL SIKB 7500	Beoordelingsrichtlijn Bewerken van verontreinigde grond en baggerspecie	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL SIKB 7700	Beoordelingsrichtlijn Aanleg of herstel van een vloeistofdichte voorziening	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
BRL SIKB 7800	Beoordelingsrichtlijn voor Tankinstallaties (ontwerpen, installeren, modificeren, (her)classificeren, keuren en herstellen	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
BRL SIKB 11000	Beoordelingsrichtlijn Ontwerp, realisatie, beheer en onderhoud van het ondergrondse deel van installaties voor bodemenergie	Datum of versie zoals vermeld in bijlage C bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
CAP 764	Civil Aviation Authority Policy and Guidelines on Wind Turbines	Versie 6, 01-02-2016	Civil Aviation Authority (http://www.caa.co.uk)	Hoofdstuk 7 Bal
Carola	Computer Applicatie voor Risicoberekeningen aan Ondergrondse Leidingen met Aardgas	Versie 1.0.0	RIVM (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
CCV-inspectieschema Brandbeveiliging	CCV- inspectieschema Brandbeveiliging, Inspectie brandbeveiligingssysteem (VBB-BMI-OAI-RBI) op basis van afgeleide doelstellingen	2023	CCV (www.hetccv.nl)	Hoofdstukken 4 en 6 Bbl
CCV-inspectieschema Brandbeveiliging Vuurwerk	CCV-inspectieschema Brandbeveiliging Vuurwerk	Versie 1.0, 01-02-2019 + A1	CCV (www.hetccv.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
CCV-inspectieschema Uitgangspuntendocument Brandbeveiliging Vuurwerk	CCV-inspectieschema Uitgangspuntendocument Brandbeveiliging Vuurwerk	Versie 1.0, 15-11-2019 + A1	CCV (www.hetccv.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Checklist Veilig onderhoud	Checklist veilig onderhoud op en aan gebouwen	2012	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (www.rijksoverheid.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen	CIW beoordelingssystematiek warmtelozingen	2004	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
CUR/PBV-Aanbeveling 51	CUR/PBV-Aanbeveling 51: Milieutechnische criteria voor bedrijfsriolering	Augustus 1997	Stichting CUR (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
CUR/PBV-Aanbeveling 65	CUR/PBV-Aanbeveling 65: Ontwerp, aanleg en herstel van vloeistofdichte voorzieningen van beton	2005	Stichting CUR (https://www.cur-aanbevelingen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Gedragscode	Gedragscode voor	2025	Rijksdienst voor ondernemend	Hoofdstuk 4 van

soortenbescherming Aedes	woningbouwcorporaties – Onderhouden en renoveren in het kader van het verduurzamen van woningen		Nederland www.rvo.nl	deze regeling
Gedragscode soortenbescherming gemeenten	Gedragscode soortenbescherming gemeenten	2025	Rijksdienst voor ondernemend Nederland www.rvo.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Gedragscode soortenbescherming Hevenbedrijven	Gedragscode voor Havenbedrijven	2025	Rijksdienst voor ondernemend Nederland www.rvo.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Gedragscode soortenbescherming Natuurbeheer	Gedragscode voor natuurbeheer	2025	Rijksdienst voor ondernemend Nederland www.rvo.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Gedragscode soortenbescherming ProRail	Gedragscode Omgevingswet flora & fauna	2025	Rijksdienst voor ondernemend Nederland www.rvo.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Gedragscode soortenbescherming Provinciale infrastructuur	Gedragscode soortenbescherming Provinciale infrastructuur	2025	Rijksdienst voor ondernemend Nederland www.rvo.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Gedragscode soortenbescherming Rijkswaterstaat	Gedragscode soortenbescherming Rijkswaterstaat	2025	Rijksdienst voor ondernemend Nederland www.rvo.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Gedragscode soortenbescherming Stadswerk	Gedragscode soortenbescherming gemeenten	2025	Rijksdienst voor ondernemend Nederland www.rvo.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Gedragscode soortenbescherming Vewin	Gedragscode Omgevingswet (onderdeel flora- en fauna-activiteiten) voor drinkwaterbedrijven	2025	Rijksdienst voor ondernemend Nederland www.rvo.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Gedragscode soortenbescherming Unie van Waterschappen	Gedragscode Unie van Waterschappen	2025	Rijksdienst voor ondernemend Nederland www.rvo.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Gedragscode soortenbescherming TenneT	Gedragscode houtopstanden en houthakbeheer	2025	Rijksdienst voor ondernemend Nederland www.rvo.nl	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Handboek Immissietoets	Handboek Immissietoets	2019	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 4 Bal, bijlage XVII Bkl en hoofdstuk 7 van deze regeling
Handreiking aanleg, beheer en monitoring bezinkbassins voor de bloembollensector	Handreiking aanleg, beheer en monitoring bezinkbassins voor de bloembollensector	Versie 2.0, 20-02-2014	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
IALA Recommendation O-139	IALA Recommendation O-139 on The Marking of Man-Made Offshore Structures	Versie 2, 13-12-2013	International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities (http://www.iala-aism.org)	Hoofdstuk 7 Bal
Informatiemodel Externe Veiligheid	Informatiemodel Externe Veiligheid (IMEV)	https://docs.geostandaarden.nl/imev/imev/	Geonovum (http://geonovum.nl)	Artikel 12.2 van deze regeling
Informatiemodel geluid	Informatiemodel geluid (IMG)	https://docs.geostandaarden.nl/cvgg/img	Geonovum (http://www.geonovum.nl)	Artikel 12.71e van deze regeling
INRS 007/V01.01	Trichlorure d'azote et autres composés chlorés	November 2017	INRS (http://www.inrs.fr/metropol)	Hoofdstuk 15 Bal

	M-104			
Integrale aanpak van risico's van onvoorziene lozingen	Integrale aanpak van risico's van onvoorziene lozingen	2000	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
Integrale bedrijfstakstudie tankautoreiniging	Integrale bedrijfstakstudie tankautoreiniging	April 2002	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
ISO 5815-1	Water - Bepaling van het biochemisch zuurstofverbruik na n dagen (BZVn) - Deel 1: Verdunning en enting onder toevoeging van allylthioureum	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
ISO 8297	Acoustics - Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment	1994	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IVh bij deze regeling
ISO 9614-1	Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity — Part 1: Measurement at discrete points	1993	ISO (www.iso.org)	Bijlage IVh bij deze regeling
ISO 9614-2	Acoustics — Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity — Part 2: Measurement by scanning	1996	ISO (www.iso.org)	Bijlage IVh bij deze regeling
ISO 11423-1	Water – Bepaling van het gehalte aan benzeen en enige afgeleiden – Deel 1: Gaschromatografische methode met bovenruimte	1997	ISO (www.iso.org)	Hoofdstuk 6 van deze regeling
ISO 13358	Water - Bepaling van het gehalte aan gemakkelijk afgegeven sulfide	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
ISO 17201-2	Acoustics, Noise from shooting ranges, Part 1: Determination of muzzle blast by measurement	2005 en correctie 1:2009	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XVIIIb bij deze regeling
ISSO 75.1	Handleiding Energieprestatie utiliteitsgebouwen	12-09-2013	ISSO (https://isso.nl)	Bbl
Kosteneffectiviteit van maatregelen ter beperking van wateremissies	Kosteneffectiviteit van maatregelen ter beperking van wateremissies	2018	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Landelijk Draaiboek Hoogwater en Overstromingsdreiging	Landelijk Draaiboek Hoogwater en Overstromingsdreiging	24-09-2021	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Hoofdstukken 12 en 15 van deze regeling
Landelijke richtlijn Bouw-en-sloopveiligheid	Landelijke richtlijn Bouw-en-sloopveiligheid	Versie 1.2, augustus 2018	Vereniging Bouw- en Woningtoezicht Nederland (www.bwtinfo.nl)	Hoofdstuk 7 Bbl en bijlage XVIIIa bij deze regeling
Leidraad afwijking hernieuwbare energie woongebouwen (nieuwbouw)	Leidraad afwijking hernieuwbare energie woongebouwen (nieuwbouw)	1 augustus 2022	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (www.rijksoverheid.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl

Leidraad eis hernieuwbare energie bij ingrijpende renovatie	Leidraad eis hernieuwbare energie bij ingrijpende renovatie	1 augustus 2022	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (www.rijksoverheid.nl)	Hoofdstuk 5 Bbl
LIB-tool	LIB Applicatie Schiphol		Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (http://lib-schiphol.nl/login)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
Lozingen uit tijdelijke baggerspeciedepots	Lozingen uit tijdelijke baggerspeciedepots	April 1998	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Lozingseisen Wvo-vergunningen	Lozingseisen Wvo-vergunningen	November 2005	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen, deel B	Meet- en beoordelingsrichtlijnen voor trillingen, deel B 'Hinder voor personen in gebouwen'	2002	CROW (https://www.crow.nl)	Hoofdstuk 7 Bbl en hoofdstukken 6 en 8 van deze regeling
Meetprotocol voor het testen van het zuiveringsrendement van zuiveringsinstallaties glastuinbouw	Meetprotocol voor het testen van het zuiveringsrendement van zuiveringsinstallaties glastuinbouw	01-07-2017	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van neerwaartse en op- en zijwaartse spuittechnieken	Meetprotocol voor het vaststellen van de driftreductie van neerwaartse en op- en zijwaartse spuittechnieken	01-07-2017	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Memorandum 60	Memorandum 60, Brandbeveiliging voor opslag en verkoop van vuurwerk	08-04-2020	Centrum voor criminaliteitspreventie en veiligheid (www.hetccv.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en Hoofdstuk 7 van deze regeling
Modeldraaiboek Smog	Modeldraaiboek Smog	2023	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 15 van deze regeling
MP40-21	Ministeriële Publicatie 40-21, Voorschrift opslag en behandeling ontplofbare stoffen en voorwerpen Defensie	Staatscourant 2011, nr. 21309, 28-11-2011	Ministerie van Defensie (https://puc.overheid.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
MP40-30	Ministeriële Publicatie 40-30, Voorschrift voor de inrichting en het gebruik van schietinrichtingen	Staatscourant 2010, nr. 1619, 5-2-2010	Ministerie van Defensie (https://puc.overheid.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NATO Guidelines for the Storage of Military Ammunition and Explosives	NATO Standardization Agreement 4440 met de daarbij behorende NATO Guidelines for the Storage of Military Ammunition and Explosives	11-12-2015	Noord-Atlantische Verdragsorganisatie (www.nato.int)	Hoofdstuk 5 Bkl
NEN 1006	Algemene voorschriften voor leidingwaterinstallaties	2018 + A1: 2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 1006	Algemene voorschriften voor drinkwaterinstallaties (AVWI - 1981) (bestaande bouw)	1981 + C1: 1990	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 1010	Elektrische installaties voor laagspanning - Nederlandse implementatie van de HD-IEC 60364-reeks	~~2015 + C2: 2016 + A1: 2020~~ 2020 + C1:2024	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 1010	Veiligheidsvoorschriften voor	1962	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl

	laagspanningsinstallaties (Installatievoorschriften I) (bestaande bouw)			
NEN 1059	Gasvoorzieningsystemen - Gasdrukregel- en meetstations voor transport en distributie - Nederlandse editie op basis van NEN-EN 12186 en NEN-EN 12279 -	2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 1078	Voorziening voor gas met een werkdruk tot en met 500 mbar - Prestatie-eisen - Nieuwbouw	2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 1087	Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor nieuwbouw	~~2001~~ 2024	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 1413	Symbolen voor veiligheidsvoorzieningen op bouwkundige tekeningen en in schema's	2011 + A1:2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 Bbl
NEN 1594	Droge blusleidingen in en aan gebouwen	2006 + C2:2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 6 Bbl
NEN 1594	Droge blusleidingen in en aan gebouwen (bestaande bouw)	1991 + A1:1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 1775	Bepaling van de bijdrage tot brandvoortplanting van vloeren, inclusief wijzigingsblad (bestaande bouw)	1991 + A1:1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 2057	Daglichtopeningen van gebouwen - Bepaling van de equivalente daglichtoppervlakte van een ruimte	2011 + C1:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 2057	Daglichtopeningen van gebouwen - Bepaling van de equivalente daglichtoppervlakte van een ruimte (bestaande bouw)	2001 + C1:2003	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2078	Voorschriften voor aardgasinstallaties GAVO 1987 - Deel 2: Aanvullende voorschriften voor grotere bijzondere installaties (bestaande bouw)	1987	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 2535	Brandveiligheid van gebouwen - Brandmeldinstallaties - Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen (bestaande bouw)	1996	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 en Bijlage II Bbl
NEN 2535	Brandveiligheid van gebouwen - Brandmeldinstallaties - Systeem- en kwaliteitseisen en projectierichtlijnen	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 en Bijlage II Bbl
NEN 2555	Brandveiligheid van	2008	NNI	Hoofdstukken 4

	gebouwen - Rookmelders voor woonfuncties		(www.nen.nl)	en 5 Bbl
NEN 2555	Brandveiligheid van gebouwen - Rookmelders voor woonfuncties (bestaande bouw)	2002 + A1:2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 2575	Brandveiligheid van gebouwen - Ontruimingsinstallaties - Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen (bestaande bouw)	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 2575-1	Brandveiligheid van gebouwen - Ontruimingsalarminstallaties - Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen - Deel 1: Algemeen	2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2575-2	Brandveiligheid van gebouwen - Ontruimingsalarminstallaties - Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen - Deel 2: Luidalarm - Ontruimingsalarminstallatie type A	2012 + A1:2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 2575-3	Brandveiligheid van gebouwen - Ontruimingsalarminstallaties - Systeem- en kwaliteitseisen en projecteringsrichtlijnen - Deel 3: Luidalarm - Ontruimingsalarminstallatie van type B	2012 + A2:2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 2575-4	Brandveiligheid van gebouwen - Ontruimingsalarminstallaties - Systeem- en kwaliteitseisen en projectierichtlijnen - Deel 4: Stilalarminstallatie, draadloos	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 2575-5	Brandveiligheid van gebouwen - Ontruimingsalarminstallaties - Systeem- en kwaliteitseisen en projectierichtlijnen - Deel 5: Stilalarminstallatie met attentiepanelen	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 2580	Oppervlakten en inhouden van gebouwen - Termen, definities en bepalingsmethoden	2007 + C1:2008	NNI (www.nen.nl)	Bijlage I Bbl
NEN 2608	Vlakglas voor gebouwen - Eisen en bepalingsmethode	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 2686	Luchtdoorlatendheid van gebouwen - Meetmethode	1988 + A2:2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 2690	Luchtdoorlatendheid van gebouwen - Meetmethode voor de specifieke	1991 + A2:2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl

	luchtvolumestroom tussen kruipruimte en woning			
NEN 2757-1	Bepalingsmethoden van de geschiktheid van systemen voor de afvoer van rookgas van gebouwgebonden installaties - Deel 1: Installaties met een belasting kleiner dan of gelijk aan 130 kW op bovenwaarde	2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 2757-2	Afvoer van rook van gebouwgebonden verbrandingsinstallaties met een belasting groter dan 130 kW op bovenwaarde - Bepalingsmethoden geschiktheid afvoersystemen	2006	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 2768	Meterruimten en bijbehorende bouwkundige voorzieningen in woningen	2018 + A1:2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 2778	Vochtwering in gebouwen	2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 4 Bbl
NEN 2826	Luchtkwaliteit - Uitworp door stationaire puntbronnen - Monsterneming en bepaling van het gehalte aan gasvormig ammoniak	1999	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN 2991	Lucht - Bepaling van de asbestconcentraties in de binnenlucht en risicobeoordeling in en rondom bouwwerken, constructies of objecten waarbij asbesthoudende materialen zijn verwerkt	2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 Bbl
NEN 3011	Veiligheidskleuren en -tekens in de werkomgeving en in de openbare ruimte	~~2015~~ 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 3011	Veiligheidskleuren en -tekens in de werkomgeving en in de openbare ruimte (bestaande bouw)	2004 + C1:2007	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 3215	Binnenriolering - Eisen en bepalingsmethoden (bestaande bouw)	2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 3215	Gebouwriolering en buitenriolering binnen de perceelgrenzen - Bepalingsmethoden voor de afvoercapaciteit, water- en luchtdichtheid en afstand van dakuitmondingen	~~2018 +C1+A1:2018~~ NEN 3215 + C1:2024 + A2:2022 nl	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 5077	Geluidwering in gebouwen - Bepalingsmethoden voor de grootheden voor	2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bbl en hoofdstukken 3, 5, 6 en 8 van deze

	geluidwering van uitwendige scheidingsconstructies, luchtgeluidisolatie, contactgeluidisolatie en geluidniveaus veroorzaakt door installaties			regeling
NEN 5087	Inbraakveiligheid van woningen - Bereikbaarheid van dak- en gevelelementen: deuren, ramen en kozijnen	2013 + A1:2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 5096	Inbraakwerendheid - Dak- of gevelelementen met deuren, ramen, luiken en vaste vullingen - Eisen, classificatie en beproevingsmethoden	~~2012 + A1:2015~~ 2022	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 5707	Bodem - Inspectie en monsterneming van asbest in bodem en partijen grond	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 en bijlage IIA Bal
NEN 5717	Bodem - Waterbodem - Strategie voor het uitvoeren van milieuhygiënisch vooronderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN 5720	Bodem - Waterbodem - Strategie voor het uitvoeren van milieuhygiënisch onderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 7 van deze regeling
NEN 5725	Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van milieuhygiënisch vooronderzoek	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 Bal
NEN 5740	Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van verkennend bodemonderzoek - Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN 5742	Bodem - Monsterneming van grond en sediment ten behoeve van de bepaling van metalen, anorganische verbindingen, matig-vluchtige organische verbindingen en fysisch-chemische bodemkenmerken	2001	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN 5753	Bodem - Bepaling van het lutumgehalte en de korrelgrootteverdeling in grond en waterbodem met behulp van zeef en pipet	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling

NEN 5754	Bodem - Berekening van het gehalte aan organische stof volgens de gloeiverliesmethode	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN 5766	Bodem - Plaatsing van peilbuizen ten behoeve van milieukundig bodemonderzoek	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en hoofdstuk 7 van deze regeling
NEN 5897	Inspectie en monsterneming van asbest in bouw- en sloopafval en recyclinggranulaat	Datum of versie zoals vermeld in bijlage D bij de Regeling bodemkwaliteit 2021	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IIA Bal
NEN 6060	Brandveiligheid van grote brandcompartimenten	2015	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6061	Bepaling van de weerstand tegen het ontstaan van brand bij stookplaatsen	1991 + A3:2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 6 Bbl
NEN 6062	Bepaling van de brandveiligheid van rookgasafvoervoorziening en - Algemeen	~~2017~~ 2024	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 4 Bbl
NEN 6063	Bepaling van het brandgevaarlijk zijn van daken	2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 6064	Bepaling van de onbrandbaarheid van bouwmaterialen (bestaande bouw)	1991 + A2:2001	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 6 Bbl
NEN 6065	Bepaling van de bijdrage tot brandvoortplanting van bouwmateriaal(combinaties) (bestaande bouw)	1991 + A1:1997	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6066	Bepaling van de rookproductie bij brand van bouwmateriaal(combinaties) (bestaande bouw)	1991 + A1:1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 6068	Bepaling van de weerstand tegen branddoorslag en brandoverslag tussen ruimten	2020	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 4 Bbl
NEN 6069	Beproeving en klassering van de brandwerendheid van bouwdelen en bouwproducten (aangewezen als eerstelijns norm en als tweedelijns norm in NEN 6068)	~~2019 + A1 + C1:2019~~ 2022	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6075	Bepaling van de weerstand tegen rookdoorgang tussen ruimten	2020	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 4 Bbl
NEN 6079	Brandveiligheid van grote brandcompartimenten - Risicobenadering	2016	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN 6088	Brandveiligheid van	2002	NNI	Bbl

	gebouwen - Vluchtwegaanduiding - Eigenschappen en bepalingsmethoden		(www.nen.nl)	
NEN 6090	Bepaling van de vuurbelasting	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 4 en Bijlage I Bbl
NEN 6265	Bacteriologisch onderzoek van water - Onderzoek naar de aanwezigheid en het aantal kolonievormende eenheden (KVE) van Legionella-bacteriën	1991	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN 6411	Water - Bepaling van de pH	1981	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN 6414	Water en slib - Bepaling van de temperatuur	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 6480	Water - Titrimetrische bepaling van de gehalten aan vrij beschikbaar en totaal beschikbaar chloor met ijzer(II)-ammoniumsulfaat en 1-amino-4-diethylaminobenzeen-waterstofsulfaat (N,N-diethyl-p-phenyl eendiamine (DPD)-sulfaat) als indicator	1982 + C2: 1984	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15
NEN 6494	Water - Enzymatische bepaling van het gehalte aan ureum in zwemwater	1984	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN 6531	Water - Titrimetrische bepaling van het gehalte aan waterstofcarbonaat in water met een pH lager dan of gelijk aan 8,35	1986	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN 6573	Bacteriologisch onderzoek van water - Onderzoek met behulp van membraanfiltratie naar de aanwezigheid en het aantal kolonievormende eenheden (KVE) van Pseudomonas aeruginosa	1987	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN 6578	Water – Potentiometrische bepaling van het totale gehalte aan totaal fluoride	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 bij deze regeling
NEN 6589	Water – Potentiometrische bepaling van het gehalte aan totaal anorganisch fluoride met doorstroomsystemen (FIA en CFA)	2010 (2005/C1: 2010)	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 bij deze regeling
NEN 6600-1	Water - Monsterneming - Deel 1: Afvalwater	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN 6608	NEN 6608:1996: Water - Fotometrische bepaling van het sulfidegehalte	1996	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

NEN 6633	Water en (zuiverings)slib - Bepaling van het chemisch zuurstofverbruik (CZV	2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN 6646	Water - Fotometrische bepaling van het gehalte aan ammoniumstikstof en van de som van de gehalten aan ammoniumstikstof en organisch gebonden stikstof volgens Kjeldahl, door mineralisatie met seleen, met behulp van een doorstroomanalysesysteem - Ontsluiting met zwavelzuur, seleen en kaliumsulfaat	2015 + C1:2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6, 7 en 15 Bal
NEN 6707	Bevestiging van dakbedekkingen - Eisen en bepalingsmethoden	2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN 6961	Milieu - Ontsluiting met salpeterzuur en zoutzuur (koningswater) voor de bepaling van geselecteerde elementen	2014	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN 6965	Milieu - Analyse van geselecteerde elementen in water, eluaten en destruaten - Atomaire-absorptiespectrometrie met vlamtechniek	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XXXI bij deze regeling
NEN 6966	Milieu - Analyse van geselecteerde elementen in water, eluaten en destruaten - Atomaire emissiespectrometrie met inductief gekoppeld plasma	2005 + C1:2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN 8062	Brandveiligheid van gebouwen - Methode voor het beoordelen van de brandveiligheid van rookgasafvoervoorziening en van bestaande gebouwen (bestaande bouw)	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 8078	Voorziening voor gas met een werkdruk tot en met 500 mbar - Prestatie-eisen - Bestaande bouw (bestaande bouw)	2018 + A1:2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 8087	Ventilatie van gebouwen - Bepalingsmethoden voor bestaande gebouwen (bestaande bouw)	2001	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN 8700	Beoordeling constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeuren - Grondslagen (bestaande bouw en verbouw)	2011 + A1:2020	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 5 Bbl
NEN 8701	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en	2011 + A1:2020	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 5 Bbl In Nen 8700 wordt

	afkeuren – Belastingen			verwezen naar NEN 8701
NEN 8707	Beoordeling van de constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw en afkeur – Geotechnische constructies	2018 + C2:2023 ~~C1:2020~~	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 5 Bbl In Nen 8700 wordt verwezen naar NEN 8707
NEN 8757	Afvoer van rook van verbrandingstoestellen in gebouwen - Bepalingsmethoden voor bestaande bouw	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
NEN-EN 179	Hang- en sluitwerk - Sluitingen voor nooduitgangen met een deurkruk of een drukplaat, voor gebruik bij vluchtroutes - Eisen en beproevingsmethoden	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 4 Bbl
NEN-EN 858-1	Afscheiders en slibvangputten voor lichte vloeistoffen (bijv. olie en benzine) - Deel 1: Ontwerp, eisen en beproeving, merken en kwaliteitsconstrole	2002 + A1:2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 858-2	Afscheiders en slibvangputten voor lichte vloeistoffen (bijv. olie en benzine) - Deel 2: Bepaling van nominale afmeting, installatie, functionering en onderhoud	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 872	Water - Bepaling van het gehalte aan onopgeloste stoffen - Methode door filtratie over glasvezelfilters	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN 1125	Hang- en sluitwerk - Panieksluitingen voor vluchtdeuren met een horizontale bedieningsstang voor het gebruik bij vluchtroutes - Eisen en beproevingsmethoden	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3 en 4 Bbl
NEN-EN 1484	Leidraad voor de bepaling van het gehalte aan totaal organische koolstof (TOC) en opgelost organische koolstof (DOC)	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 1825-1	Vetafscheiders en slibvangputten - Deel 1: Ontwerp, eisen en beproeving, merken en kwaliteitscontrole	2004 + C1:2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 1825-2	Vetafscheiders en slibvangputten - Deel 2: Bepaling van nominale afmeting, installatie, functionering en onderhoud	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 1838	Toegepaste verlichtingstechniek -	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl

	Noodverlichting			
NEN-EN 1838	Toegepaste verlichtingstechniek - Noodverlichting (bestaande bouw en bij toepassing van artikel 4.215, tweede lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving ook voor te bouwen bouwwerken)	1999	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
~~NEN-EN 1899-1~~	~~Water - Bepaling van het biochemisch zuurstofverbruik na n dagen (BODn) - Deel 1: Verdunnings- en entmethode met toevoeging van allylthioreum~~	~~1998~~	~~NNI (www.nen.nl)~~	~~Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal~~
NEN-EN 1911	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massa concentratie van gasvormige chloride van HCl - Standaard referentiemethode	2010	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1948-1	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan PCDD's/PCDF's en dioxine-achtige PCB's - Deel 1: Monsterneming van PCDD's/PCDF's	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1948-2	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan PCDD's/PCDF's en dioxine-achtige PCB's - Deel 2: Extractie en opwerking van PCDD's/PCDF's	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1948-3	Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan PCDD's en PCDF's en dioxine-achtige PCB's - Deel 3: Identificatie en kwantificering van PCDD's en PCDF's	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 1990	Eurocode - Grondslagen van het constructief ontwerp	2019 + A1:2019 C2:2019 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1991-1-1	Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-1: Algemene belastingen - Volumieke gewichten, eigengewicht en opgelegde belastingen voor gebouwen	2019 + C1 + C11:2019 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1991-1-2	Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-2: Algemene belastingen - Belasting bij brand	2019 + C3:2019 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1991-1-3	Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-3: Algemene belastingen - Sneeuwbelasting	2019 + C1:2019 + A1:2019 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1991-1-4	Eurocode 1: Belastingen	2019 + A1 +	NNI	Hoofdstuk 4 Bbl

	op constructies - Deel 1-4: Algemene belastingen - Windbelasting	C2:2011 + NB:2019	(www.nen.nl)	
NEN-EN 1991-1-5	Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-5: Algemene belastingen - Thermische belasting	2011 + C1:2011 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1991-1-7	Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 1-7: Algemene belastingen - Buitengewone belastingen: stootbelastingen en ontploffingen	2015 + C1+A1:2015 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1991-2	Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 2: Verkeersbelasting op bruggen	2015 + C1:2015 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1991-3	Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 3: Belastingen veroorzaakt door kranen en machines	2006 + C1:2012 + NB:2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1991-4	Eurocode 1: Belastingen op constructies - Deel 4: Silo's en opslagtanks	2006 + C1:2012 + NB:2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1992-1-1	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	2011 + C2:2011 + A1: 2015 + NB:2016 + A1:2020	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1992-1-2	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 1-2: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2011+ C1:2011 + C11:2017 + A1:2019 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1992-2	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies- Betonnen bruggen - Regels voor ontwerp, berekening en detaillering	2011 + C1:2011 + NB:2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1992-3	Eurocode 2: Ontwerp en berekening van betonconstructies - Deel 3: Constructies voor keren en opslaan van stoffen	2006 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-1-1	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	2006 + C2 + A1:2016 + NB: 2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-1-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-2: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C2:2011 + NB:2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-1-3	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-3: Algemene regels - Aanvullende regels voor koudgevormde dunwandige profielen en	2006 + C3:2009 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl

	platen			
NEN-EN 1993-1-4	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-4: Algemene regels - Aanvullende regels voor corrosievaste staalsoorten	2006 + A1:2015 + A2:2020 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-5	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-5: Constructieve plaatvelden	2006 + C1:2012 + A1:2017 + A2:2019 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-6	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-6: Algemene regels - Sterkte en Stabiliteit van Schaalconstructies	2007 + A1:2017, C1:2009 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-1-7	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-7: Sterkte en stabiliteit haaks op het vlak belaste platen	2008 + C1:2009 + NB:2020 ~~2011~~	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-1-8	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-8: Ontwerp en berekening van verbindingen	2006 + C2:2011 + C11:2016 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-1-9	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-9: Vermoeiing	2006 + C2:2012 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-1-10	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-10: Materiaaltaaiheid en eigenschappen in de dikterichting	2006 + C2:2011 + C11:2015 + NB:2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-1-11	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-11: Ontwerp en berekening van op trek belaste componenten	2007 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-1-12	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 1-12: Aanvullende regels voor de uitbreiding van EN 1993 voor staalsoorten tot en met S 700	2007 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 2: Stalen bruggen	2007 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-3-1	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 3-1: Torens, masten en schoorstenen - Torens en masten	2007 + C1:2009 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-3-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van	2007 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl

	staalconstructies - Deel 3-2: Torens, masten en schoorstenen - Schoorstenen			
NEN-EN 1993-4-1	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 4-1: Silo's	2007 + C1:2009 + A1:2017 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-4-2	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 4-2: Opslagtanks	2007 + A1:2017, C1:2009 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-4-3	Eurocode 3 - Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 4-3: Buisleidingen	2009 + C1:2009	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1993-5	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 5: Palen en damwanden	2008 + C1:2009 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1993-6	Eurocode 3: Ontwerp en berekening van staalconstructies - Deel 6: Kraanbanen	2008 + C1:2009 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1994-1-1	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies - Deel 1-1: Algemene regels en regels voor gebouwen	2011 + C1:2011 + NB:2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1994-1-2	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies - Deel 1-2: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2011 + C1:2011 + A1:2014 + NB:2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1994-2	Eurocode 4: Ontwerp en berekening van staal-betonconstructies - Deel 2: Algemene regels en regels voor bruggen	2006 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1995-1-1	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies - Deel 1-1: Algemeen - Gemeenschappelijke regels en regels voor gebouwen	2005 + C1 + A1:2011 + C1:2012 + A2:2014 + NB:2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1995-1-2	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies - Deel 1-2: Algemeen - Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C2:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1995-2	Eurocode 5: Ontwerp en berekening van houtconstructies - Deel 2: Bruggen	2005 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1996-1-1	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk - Deel 1-1: Algemene regels voor constructies van gewapend en ongewapend metselwerk	2006 + A1:2013 + NB:2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl

NEN-EN 1996-1-2	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk - Deel 1-2: Algemene regels - Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2005 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1996-2	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk - Deel 2: Ontwerp, materiaalkeuze en uitvoering van constructies van metselwerk	2006 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1996-3	Eurocode 6: Ontwerp en berekening van constructies van metselwerk - Deel 3: Vereenvoudigde berekeningsmodellen voor constructies van ongewapend metselwerk	2006 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1997-1	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 1: Algemene regels	2005 + C1 + A1:2016 + NB:2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1997-2	Eurocode 7: Geotechnisch ontwerp - Deel 2: Grondonderzoek en beproeving	2007 + C1:2010 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1999-1-1	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies - Deel 1-1: Algemene regels	2007 + A1:2011 + A2:2014 + C11:2018 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-2	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies - Deel 1-2: Ontwerp en berekening van constructies bij brand	2007 + C1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1999-1-3	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies - Deel 1-3: Vermoeiing	2007 + A1:2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 1999-1-4	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies - Deel 1-4: Koudgevormde dunne platen	2007 + C1 + A1:2011 + NB:2011	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 1999-1-5	Eurocode 9: Ontwerp en berekening van aluminiumconstructies - Deel 1-5: Schaalconstructies	2007 + C1:2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl
NEN-EN 12341	Luchtkwaliteit - Algemene gravimetrische referentiemethode voor de bepaling van de PM10 of PM2,5-massafractie van zwevende stof in de buitenlucht	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 12354-6	Geluidwering in gebouwen - Berekening van de akoestische eigenschappen van	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl

	gebouwen met de eigenschappen van bouwelementen - Deel 6: Geluidabsorptie in gesloten ruimten			
NEN-EN 12566-1	Kleine afvalwaterzuiveringsinstallaties ≤ 50 IE - Deel 1: Geprefabriceerde septictanks	2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 6 en 7 Bal
NEN-EN 12619	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie van totaal gasvormig organisch koolstof in lage concentraties in verbrandingsgassen - Continue methode met vlamionisatiedetector	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 12673	Water – Gaschromatografische bepaling van een aantal geselecteerde chloorfenolen in water	1999	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 bij deze regeling
NEN-EN 13211	Luchtkwaliteit - Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan totaal kwik	2001 + C1:2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 13284-1	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie van stof in lage concentraties - Deel 1: Manuele gravimetrische methode	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 5, 6 en 7 Bal
NEN-EN 13284-2	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie van stof in lage concentraties - Deel 2: Geautomatiseerde meetsystemen	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 13501-1	Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - Deel 1: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag	2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3, 4 en 6 Bbl
NEN-EN 13501-6	Brandclassificatie van bouwproducten en bouwdelen - Deel 6: Classificatie op grond van resultaten van beproeving van het brandgedrag van elektrische kabels	2019	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN 14181	Emissies van stationaire bronnen - Kwaliteitsborging van geautomatiseerde meetsystemen	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14211	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor meten van de concentratie stikstofdioxide en stikstofmonoxide door middel van chemoluminescentie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling

NEN-EN 14212	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor het meten van de concentratie zwaveldioxide door middel van ultraviolette fluorescentie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14385	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de totale emissie van As, CD, Cr, CO, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl en V	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14625	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor het meten van de concentratie ozon door middel van ultraviolette fotometrische methode	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal en hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14626	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Standaard methode voor het meten van de concentratie koolstofmonoxide door middel van niet-dispersieve infraroodspectroscopie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14789	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de volumeconcentratie van zuurstof (O2) - Referentiemethode - Paramagnetisme	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14790	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de waterdamp in leidingen - Standaard referentiemethode	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 14791	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie aan zwaveldioxide - referentiemethode	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14792	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van massaconcentratie aan stikstofoxiden - referentiemethode: Chemiluminescentie	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 14902	Luchtkwaliteit - Standaard methode voor de meting van Pb, Cd, As, and Ni in de PM10 fractie van zwevend stof	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 14907	Luchtkwaliteit - Algemene gravimetrische referentiemethode voor de bepaling van de PM2,5-massafractie van zwevende stof in de buitenlucht	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15001-1	Gasinfrastructuur - Gasinstallatieleidingen met bedrijfsdrukken groter dan 0,5 bar voor industriële en groter dan 5 bar voor industriële en	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bbl

	niet-industriële gasinstallaties - Deel 1: Gedetailleerde functionele eisen voor ontwerp, materialen, constructie, inspectie en beproeving			
NEN-EN 15058	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie van koolstofmonoxide (CO) - Referentiemethode: Niet-dispersieve infrarood spectrometrie	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 15204	Kwaliteit van water - Richtlijn voor het tellen van fytoplankton met behulp van omgekeerde microscopie (Utermöhl-techniek)	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN 15259	Luchtkwaliteit - Meetmethode emissies van stationaire bronnen - Eisen voor meetvlakken en meetlokaties en voor doelstelling, meetplan en rapportage van de meting	2007	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-EN 15549	Luchtkwaliteit - Standaardmethode voor het meten van de concentratie benzo[a]pyreen in buitenlucht	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15610	Railtoepassingen - Geluidemissie - Meting van de railruwheid gerelateerd aan generatie van rolgeluid	2019	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IVf bij deze regeling
NEN-EN 15841	Luchtkwaliteit - Buitenlucht - Bepaling van de atmosferische depositie van lood, nikkel, arseen en cadmium	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15853	Luchtkwaliteit - Standaardmethode voor de bepaling van de depositie van kwik	2010	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 15934	Slib, behandeld biologisch afval, bodem en afval - Berekening van het droge stofgehalte door de bepaling van de droogrest of het watergehalte	2012	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN-EN 15980	Luchtkwaliteit - Bepaling van de depositie van benz[a]anthraceen, benzo[b]fluorantheen, benzo[j]fluorantheen, benzo[k]fluorantheen, benzo[a]pyreen, dibenz[a,h]anthraceen en indeno[1,2,3-cd]pyreen	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN 16179	Slib, behandeld bioafval en bodem - Richtlijn voor monstervoorbehandeling	2012	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN-EN 16321-1	Terugwinning van benzinedamp tijdens het	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

	vullen van motorvoertuigen bij tankstations - Deel 1: Beproevingsmethoden voor efficiënte goedkeuring van terugwinningssystemen van benzinedampen			
NEN-EN 16321-2	Terugwinning van benzinedamp tijdens het vullen van motorvoertuigen bij tankstations - Deel 2: Beproevingsmethoden voor de controle van dampwinningssystemen bij tankstations	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN 16693	Water – Bepaling van de organochloor pesticiden (OCP) in watermonsters met behulp van vaste fase extractie (SPE) met SPE-disks gecombineerd met gaschromatografie massaspectrometrie (GC-MS)	2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 bij deze regeling
NEN-EN 50522	Aarding van hoogspanningsinstallaties van meer dan 1 kV wisselspanning	2010	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN-IEC 60079-10-2	Explosieve atmosferen - Deel 10-2: Classificatie van gebieden - Explosieve stofatmosferen	2015	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 60942	Elektro-akoestiek - IJkbronnen voor geluid	2018	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IVi bij deze regeling
NEN-EN-IEC 61260-1	Elektro-akoestiek - Octaafband- en gefractioneerde octaafbandfilters	2014	NNI (www.nen.nl)	Bijlagen IVh en IVi bij deze regeling
NEN-EN-IEC 61400-1	Windturbines - Deel 1: Ontwerpeisen	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 61400-2	Windturbines - Deel 2: Kleine windturbines	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 61400-22	Generatorsystemen voor windturbines - Deel 22: Conformiteitsbeproeving en certificatie	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 61672-1	Elektro-akoestiek - Geluidniveaumeters	2014	NNI (www.nen.nl)	Bijlagen IVh, IVi en XVIIIb bij deze regeling
NEN-EN-IEC 61936-1	Sterkstroominstallaties met meer dan 1 kV wisselspanning - Deel 1: Algemene bepalingen	2012 + C1: 2012, C11:2011, C12:2013, C13:2013 + A1: 2014	NNI (www.nen.nl)	Bbl
NEN-EN-IEC 62305-1	Bliksembeveiliging - Deel 1: Algemene principes	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 62305-2	Bliksembeveiliging - Deel 2: Risicomanagement	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-IEC 62305-4	Bliksembeveiliging - Deel 4: Elektrische en	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

	elektronische systemen in objecten			
NEN-EN-ISO 2813	Verven en vernissen – Bepaling van de glans (spiegelende reflectie) van niet-metallieke verflagen onder 20 graden, 60 graden en 85 graden	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 3095	Railtoepassingen - Akoestiek - Meting van geluid uitgestraald door railgebonden voertuigen	2013	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IVf bij deze regeling
NEN-EN-ISO 3382-2	Akoestiek - Meting van de ruimte akoestische parameters - Deel 2: Nagalmtijd in gewone ruimtes	2008	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IVh bij deze regeling
NEN-EN-ISO 5667-3	Water - Monsterneming - Deel 3: Conservering en behandeling van watermonsters	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 5814	Water - Bepaling van het gehalte aan opgeloste zuurstof - Elektrochemische methode	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 5815-1	Water – Bepaling van het biochemisch zuurstofverbruik na n dagen (BZVn) – Deel 1: Verdunning en enting onder toevoeging van allylthioureum	2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 bij deze regeling
NEN-EN-ISO 5815-2	Water – Bepaling van het biochemisch zuurstofverbruik na n dagen (BZVn) – Deel 2: Methode voor onverdunde monsters	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 bij deze regeling
NEN-EN-ISO 6878	Water - Bepaling van fosfor - Ammoniummolybdaat spectometrische methode	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 6, 7 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 7027-1	Water - Bepaling van troebelheid - Deel 1: Kwantitatieve methoden	2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 7027-2	Waterkwaliteit - Bepaling van de mate van troebelheid - Deel 2: Semi-kwantitatieve methoden for het testen van transparantie van wateren	2019	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 7393-1	Water - Bepaling van het vrije chloorgehalte en het totale chloorgehalte - Deel 1: Titrimetrische methode met gebruik van N,N-diethyl-1,4-phenylenediamine	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 7393-2	Water - Bepaling van het vrije chloorgehalte en het totale chloorgehalte - Deel 2: Colorimetrische	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

	methode met gebruik van N,N-diethyl-1,4-phenylenediamine, voor routine controledoeleinden			
NEN-EN-ISO 7393-3	Water - Bepaling van het vrije chloorgehalte en het totale chloorgehalte - Deel 3: Jodometrische titratiemethode voor de bepaling van het totale chloorgehalte	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 7888	Water - Bepaling van het elektrisch geleidingsvermogen	1994	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 7899-1	Water- Detectie en telling van enterococcen - Deel 1: Geminiaturiseerde methode (meest waarschijnlijke aantal) voor oppervlaktewater en afvalwater	1998 en correctie 2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 15 en 17 Bal en hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN-ISO 7899-2	Water - Detectie en telling van enterococcen - Deel 2: Membraanfiltratiemethode	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 15 en 17 Bal en hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN-ISO 8467	Water - Bepaling van de permanganaatindex	1995	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 9308-1	Water - Telling van Escherichia coli en bacteriën van de coligroep - Deel 1: Methode met membraanfiltratie voor water met een lage achtergrondconcentratie aan bacteriën	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 9308-1	Water - Detectie en enumeratie van Escherichia coli en bacteriën van de coligroep - Deel 1: Methode met membraanfiltratie	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 17 Bal
NEN-EN-ISO ISO 9308-3	Water - Detectie en telling van Escherichia coli en bacteriën van de coligroep in oppervlaktewater en afvalwater - Deel 3: Geminiaturiseerde methode (meest waarschijnlijke aantal) door enting in een vloeibaar medium	1999 en correctie 2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal en hoofdstuk 12 van deze regeling
NEN-EN-ISO 9377-2	Water - Bepaling van de minerale-olie-index - Deel 2: Methode met vloeistofextractie en gas-chromatografie	2000	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 9562	Water - Bepaling van adsorbeerbare organisch gebonden halogenen (AOX)	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 9963-1	Water - Bepaling van de alkaliniteit - Deel 1:	1996	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal

	Bepaling van de totale en de samengestelde alkaliniteit			
NEN-EN-ISO 9963-2	Water - Bepaling van de alkaliniteit - Deel 2: Bepaling van de carbonaatalkaliniteit	1996	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 10301	Water - Bepaling van zeer vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen - Gaschromatografische methoden	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 10304-1	Water - Bepaling van opgeloste anionen met vloeistofionchromatografie - Deel 1: Bepaling van bromide, chloride, fluoride, nitraat, nitriet, fosfaat en sulfaat	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 10304-3	Water - Bepaling van opgeloste anionen met vloeistofionchromatografie - Deel 3: Bepaling van chromaat, jodide, sulfiet, thiocyanaat en thiosulfaat	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 10304-4	Water - Bepaling van opgeloste anionen met vloeistofionchromatografie - Deel 4: Bepaling van het gehalte aan chloraat, chloride en chloriet in water met een lichte verontreiniging	1999	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 10523	Water - Bepaling van de pH	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 11731	Water - Telling van Legionella	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 11732	Water - Bepaling van ammonium stikstof - Methode voor doorstroomanalyse (CFA en FIA) en spectrometrische detectie	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6, 7 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 11885	Water - Bepaling van geselecteerde elementen met atomaire-emissiespectrometrie met inductief gekoppeld plasma (ICP-AES)	2009	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 11969	Water - Bepaling van het arseengehalte - Methode met atomaire-absorptiespectrometrie (hydridetechniek)	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 12354-3	Bouwakoestiek - Bepaling van akoestische performance van gebouwen vanuit de performance van elementen - Deel 3: Isolatie tegen geluid van buiten	2017	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 8 van deze regeling
NEN-EN-ISO 12846	Water - Bepaling van kwik - Methode met atomaire-absorptiespectrometrie	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal

	met en zonder concentratie			
NEN-EN-ISO 13395	Water - Bepaling van het stikstofgehalte in de vorm van nitriet en in de vorm van nitraat en de som van beide met doorstroomanalyse (CFA en FIA) en spectrometrische detectie	1997	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6, 7 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 14001	Milieumanagementsystemen – Eisen met richtlijnen voor gebruik	2015	NNI (www.nen.nl)	Artikel 4.14aa van deze regeling
NEN-EN-ISO 14051	Milieumanagementsystemen – Kostentoerekening van materiaalstromen – Algemeen raamwerk	2011	NNI (www.nen.nl)	Artikel 4.14aa van deze regeling
NEN-EN-ISO 14403-1	Water - Bepaling van het totale gehalte aan cyanide en het gehalte aan vrij cyanide met doorstroomanalyse (FIA en CFA) - Deel 1: Methode met doorstroominjectie analyse (FIA)	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 14403-2	Water – Bepaling van het totale gehalte aan cyanide en het gehalte aan vrij cyanide met doorstroomanalyse (FIA en CFA) – Deel 2: Methode met continu doorstroomanalyse (CFA)	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 bij deze regeling
NEN-EN-ISO 15061	Water - Bepaling van opgelost bromaat - Methode met vloeistofchromatografie van ionen	2001	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 15587-1	Water - Ontsluiting voor de bepaling van geselecteerde elementen in water - Deel 1: Koningswater ontsluiting	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 15587-2	Water - Ontsluiting voor de bepaling van geselecteerde elementen in water - Deel 2: Ontsluiting met salpeterzuur	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 15680	Water - Gaschromatografische bepaling van een aantal monocyclische aromatische koolwaterstoffen, naftaleen en verscheidene gechloreerde verbindingen met 'purge-and-trap' en thermische desorptie	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6, 7 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 15681-1	Water - Bepaling van het gehalte aan orthofosfaat en het totale gehalte aan fosfor met behulp van doorstroomanalyse (FIA	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6, 7 en 15 Bal

	en CFA) - Deel 1: Methode met een doorstroominjectiesystee m (FIA)			
NEN-EN-ISO 15681-2	Water - Bepaling van het gehalte aan orthofosfaat en het totale gehalte aan fosfor met behulp van doorstroomanalyse (FIA en CFA) - Deel 2: Methode met een continu doorstroomanalysesystee m (CFA)	2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6, 7 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 15682	Water - Bepaling van het gehalte aan chloride met doorstroomanalyse (CFA en FIA) en fotometrische of potentiometrische detectie	2001	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 15913	Water – Bepaling van geselecteerde fenoxyalkaanherbicide, inclusief bentazonen en hydroxybenzonitrillen met gaschromatografie en massaspectrometrie na vastefase-extractie en derivatisering	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 bij deze regeling
NEN-EN-ISO 16000-2	Binnenlucht - Deel 2: Monsternemingsstrategie voor formaldehyde	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 6 Bbl
NEN-EN-ISO 16266	Water - Detectie en telling van Pseudomonas aeruginosa - Methode met membraanfiltratie	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-EN-ISO 16911-1	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de stroomsnelheid en het debiet in afgaskanalen - Deel 1: Handmatige referentiemethode	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 16911-2	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de stroomsnelheid en het debiet in afgaskanalen - Deel 2: Geautomatiseerde meetsystemen	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO 17294-2	Water - Toepassing van massaspectrometrie met inductief gekoppeld plasma - Deel 2: Bepaling van geselecteerde elementen inclusief uranium isotopen	2016	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6, 7 en 15 Bal
NEN-EN-ISO 17852	Water - Bepaling van kwik - Methode met atomaire fluorecentiespectometrie	2008	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 17993	Water - Bepaling van 15 polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) in water met HPLC met fluorescentiedetectie na vloeistof-vloeistof extractie	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-EN-ISO 50001	Energiemanagementsyste men – Eisen met	2018	NNI (www.nen.nl)	Artikel 4.14aa van deze regeling

	gebruiksrichtlijnen			
NEN-EN-ISO/IEC 17020	Conformiteitsbeoordeling - Eisen voor het functioneren van verschillende soorten instellingen die keuringen uitvoeren	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-EN-ISO/IEC 17025	Algemene eisen voor de competentie van beproevings- en kalibratielaboratoria	2018	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 5, 15 en 17 Bal
NEN-EN-ISO/IEC 17065	Conformiteitsbeoordeling - Eisen voor certificatie-instellingen die certificaten toekennen aan producten, processen en diensten	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 5 en 17 Bal
NEN-ISO 1996	Akoestiek - Beschrijving beoordeling en meting van omgevingsgeluid - Deel 2: Bepaling van omgevingsgeluidniveaus	2017	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IVf bij deze regeling
NEN-ISO 5663	Water - Bepaling van het gehalte aan Kjeldahl-stikstof - Methode na mineralisatie met seleen	1993	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-ISO 5664	Water - Bepaling van ammonium - Destillatie en titratie methode	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-ISO 5813	Water - Bepaling van het gehalte aan opgeloste zuurstof - Iodometrische methode	1993	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-ISO 6059	Water - Bepaling van de som van calcium en magnesium - EDTA titrimetrische methode	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-ISO 6461-2	Water - Detectie en telling van de sporen van sulfietreducerende anaerobe micro-organismen (clostridia) - Deel 2: Methode door middel van membraanfiltratie	1993	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-ISO 7027	Water - Bepaling van de troebelheid	1994	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-ISO 7150-1	Water - Bepaling van ammonium - Deel 1: Handmatige spectrometrische methode	2002	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 15 Bal
NEN-ISO 10849	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de concentratie aan stikstofoxiden - Prestatiekenmerken van geautomatiseerde meetsystemen	1998	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-ISO 11083	Water - Bepaling van chroom (VI) - Spectrometrische methode met 1,5-difenylcarbazide	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

NEN-ISO 11338-1	Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de gas en deeltjesfase van polycyclische aromatische koolwaterstoffen - Deel 1: Monsterneming	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 11338-2	Emissie van stationaire bronnen - Bepaling van de gas en deeltjesfase van polycyclische aromatische koolwaterstoffen - Deel 2: Monsterbehandeling, reiniging en bepaling	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 15705	Water - Bepaling van het chemisch zuurstofverbruik (ST-COD) - Kleinschalige gesloten buis methode	2003	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6 en 7 Bal
NEN-ISO 15713	Emissie van stationaire bronnen - Monsterneming en bepaling van het gasvormige fluoridegehalte	2011	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-ISO 15923-1	Waterkwaliteit - Bepaling van de ionen met een discreet analysesysteem en spectrofotometrische detectie - Deel 1: Ammonium, chloride, nitraat, nitriet, ortho-fosfaat, silicaat en sulfaat	2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4, 6, 7 en 15 Bal
NEN-ISO 16740	Werkplekatmosfeer - Bepaling van van het gehalte aan zeswaardig chroom in deeltjes in lucht - Methode door ion chromatografie en spectrofotometrische metingen met gebruik van difenyl carbazide	2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NEN-ISO 16772	Bodem - Bepaling van het gehalte aan kwik in koningswater bodemextracten met behulp van atomaire-absorptiespectrometrie met koude damp of atomaire fluorescentiespectrometrie met koude damp	2004	NNI (www.nen.nl)	Bijlage XXXI bij deze regeling
NEN-ISO 18073	Water - Bepaling van tetra- tot octa-gechloreerde dioxinen en furanen - Methode met isotoopverdunning-HRGC/HRMS	2004	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NEN-ISO 22743	Water - Bepaling van sulfaat met een doorstroomanalysesysteem (CFA)	2006	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NPR 7600	Toepassing van brandbare koudemiddelen in koelinstallaties en warmtepompen	2020	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NPR 7601	Toepassing van kooldioxide als	2020	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal

	koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen.			
NPR-CEN/TR 16891	Railtoepassingen - Akoestiek - Meetmethode voor combinatie van ruwheid van de railkop, mate van spoorverval en overdrachtsfuncties	2016	NNI (www.nen.nl)	Bijlage IVf bij deze regeling
NPR-CEN/TS 13649	Emissies van stationaire bronnen - Bepaling van de massaconcentratie van individuele gasvormige organische componenten - Geactiveerde koolstof en vloeistofmethode	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 4 en 5 Bal
NTA 5755	Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van nader onderzoek - Onderzoek naar de aard en omvang van bodemverontreiniging	2010	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 Bal
NTA 8029	Bepaling en registratie van industriële fijnstofemissies	2012 + C1:2013	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 Bal
NTA 8800	Energieprestatie van gebouwen - Bepalingsmethode	2026 ~~2024~~	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 3, 4 en 5 Bbl
NTA 8790	Periodieke beoordeling betrouwbaarheid van constructieve veiligheid van bestaande bouwwerken	2023	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling
NTA 9065	Luchtkwaliteit - Geurmetingen - Meten en rekenen geur	2012	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstukken 6 en 8 van deze regeling
NTA 9766	Veiligheidsaspecten van installaties voor monomestvergisting en vergistingsgasopwerking op boerderijschaal	2014	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
NVN 11400-0	Windturbines - Deel 0: Voorschriften voor typecertificatie - Technische eisen	1999 + A1:2005	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Overzicht Interventiewaarden	Overzicht Interventiewaarden	2018	RIVM (www.rivm.nl)	Hoofdstuk 8 van deze regeling
PGS 7	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 7, Vaste minerale anorganische meststoffen - Opslag - Richtlijn voor de veilige opslag van vaste minerale anorganische meststoffen	Versie 1.0, februari 2022	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstukken 3 en 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 8	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 8, Organische peroxiden - Opslag - Richtlijn voor het veilig opslaan van organische peroxiden	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 9	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 9, Cryogene gassen -	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl

	Opslag van 0,150 m^3 - 100 m^3 - Richtlijn voor de veilige opslag van cryogene gassen			
PGS 12	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 12, Ammoniak - Opslag en verlading - Richtlijn voor het veilig opslaan en verladen van ammoniak	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 13	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 13, Ammoniak als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen - Richtlijn voor veilig gebruik van ammoniak als koudemiddel in koelinstallaties en warmtepompen	Versie 1.0, september 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 15	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 15, Opslag van verpakte gevaarlijke stoffen - Richtlijn voor opslag en tijdelijke opslag met betrekking tot brandveiligheid, arbeidsveiligheid en milieuveiligheid	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 16	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 16, LPG: Afleverinstallaties, vulinstallaties en skid-installaties - Richtlijn voor het veilig opslaan en afleveren van LPG en het veilig vullen van gasflessen en ballonvaarttanks, ingebouwde reservoirs en wisselreservoirs met vulinstallaties	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 18	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 18, LPG: depots, butaan, propaan en hun mengsels	Versie 1.0, 2013	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 19	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 19, Propaan - Opslag - Richtlijn voor de veilige opslag van propaan, propeen en butaan en mengsels daarvan	Versie 1.0, september 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 22	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 22, Toepassing van propaan, Richtlijn voor de brandveilige, arbeidsveilige en milieuveilige toepassing van propaan	Versie 1.10, 2008	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 25	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 25, Aardgas-afleverinstallaties voor motorvoertuigen - Richtlijn	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl

	voor de arbeidsveilige, milieuveilige en brandveilige toepassing van installaties voor het afleveren van aardgas aan motorvoertuigen			
PGS 26	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 26, CNG en LNG - Richtlijn voor het veilig bedrijfsmatig stallen, onderhouden en repareren van motorvoertuigen	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 28	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 28, Vloeibare brandstoffen in ondergrondse installaties en aflevertoestellen - Richtlijn voor het veilig opslaan en afleveren van vloeibare brandstoffen in/vanuit ondergrondse tanks en voor het veilig verwijderen van ondergrondse opslagtanks	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 29	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 29, Brandbare vloeistoffen - Opslag - Richtlijn voor de veilige bovengrondse opslag van brandbare vloeistoffen in verticale cilindrische tanks	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 30	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 30, Vloeibare brandstoffen in bovengrondse tank- en afleverinstallaties - Richtlijn voor het veilig vullen, opslaan, afleveren van vloeibare brandstoffen in en vanuit bovengrondse tanks en het verwijderen van bovengrondse opslagtanks	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 31	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 31, Overige gevaarlijke vloeistoffen: opslag in ondergrondse en bovengrondse tankinstallaties	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 32	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 32, Richtlijn voor de bovengrondse opslag van explosieven voor civiel gebruik	Versie 1.0, 2016	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Bijlage XVIII Bkl
PGS 33-1	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 33-1, Afleverinstallaties van vloeibaar aardgas (LNG) voor voertuigen en werktuigen - Richtlijn voor de veilige aflevering aan voertuigen en werktuigen	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl

PGS 33-2	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 33-2, Aardgas afleverinstallaties van vloeibaar aardgas (LNG) voor vaartuigen en drijvende werktuigen - Bunkeren van vaartuigen en drijvende werktuigen (shore to ship)	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PGS 35	Publicatiereeks gevaarlijke stoffen 35, Waterstofinstallaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen en werktuigen - Richtlijn voor de arbeidsveilige, milieuveilige en brandveilige toepassing van installaties voor het afleveren van waterstof aan voertuigen en werktuigen	Versie 1.0, augustus 2021	PGS (www.publicatiereeksgevaarlijke stoffen.nl)	Hoofdstuk 4 Bal en bijlage XVIII Bkl
PreSRM	Preprocessor Standaard Rekenmethoden	Versie 1.702, 01-06-2017	TNO (www.presrm.nl)	Hoofdstukken 8 en 12 van deze regeling
Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	Protocol voor meting van ammoniakemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	Versie 2013a	Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (www.rvo.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	Protocol voor meting van fijnstofemissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	2010	Wageningen UR Livestock Research (www.research.wur.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	Protocol voor meting van geuremissie uit huisvestingssystemen in de veehouderij	2010	Wageningen UR Livestock Research (www.research.wur.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Rekenmodel Vee-combistof	Rekenmodel Vee-combistof	Versie 2.0, 2021	IPLO (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 4 van deze regeling
Rekentool Koelbehoefte NTA 8800	Rekentool Koelbehoefte NTA 8800	2025	RVO (www.rvo.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling
Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid	Rekenvoorschrift omgevingsveiligheid	Januari 2025	RIVM (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 7, 8 , 9 en 12 van deze regeling
Richtlijn Boortechnieken en open ontgraving voor kabels en leidingen	Richtlijn Boortechnieken en open ontgraving voor kabels en leidingen	Juni 2019	Rijkswaterstaat (http://publicaties.minienm.nl)	Hoofdstuk 8 Bal en Hoofdstuk 7 van deze regeling
Richtlijn decontaminatie apparatuur ziekenhuisafval	Richtlijn decontaminatie apparatuur ziekenhuisafval	Staatscourant 2007, nr. 189, 01-10-2007	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.rijksoverheid.nl)	Bijlage II bij het Bal
Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen	Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen;	Februari 1993	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 9 van deze regeling
Richtlijn geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen	Richtlijn geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen	Juli 1997	Vereniging van Afvalverwerkers (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 9 van deze regeling
Richtlijn onderafdichtingen voor stort- en opslagplaatsen	Richtlijn onderafdichtingen voor stort- en opslagplaatsen	Februari 1993	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 9 van deze regeling
Richtlijn voor dichte eindafwerking op afval- en	Richtlijn voor dichte eindafwerking op afval- en	Juli 1991	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat	Hoofdstuk 9 van deze regeling

reststofbergingen	reststofbergingen		(www.iplo.nl)	
Riooloverstorten deel 1: Knelpuntcriteria riooloverstorten	Riooloverstorten deel 1: Knelpuntcriteria riooloverstorten	Juni 2001	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Riooloverstorten deel 2: Eenduidige basisinspanning	Riooloverstorten deel 2: Eenduidige basisinspanning	Juni 2001	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Riooloverstorten deel 3: Model voor vergunningverlening riooloverstorten	Riooloverstorten deel 3: Model voor vergunningverlening riooloverstorten	Juni 2001	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Riooloverstorten deel 4a: Nadere uitwerking monitoring riooloverstorten, spoor 1	Riooloverstorten deel 4a: Nadere uitwerking monitoring riooloverstorten, spoor 1	September 2002	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Riooloverstorten deel 4b: Nadere uitwerking monitoring riooloverstorten, fase B	Riooloverstorten deel 4b: Nadere uitwerking monitoring riooloverstorten, fase B	April 2003	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Risicotoolbox bodem	Risicotoolbox bodem	Versie 1.0.0	RIVM (www.risicotoolboxbodem.nl)	Hoofdstuk 8 van deze regeling
Safeti-NL	Safeti-NL	Versie 9.2, 2025	RIVM (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 7, 8, 9 en 12 van deze regeling
SBR Handreiking Hoogbouw	Handreiking Brandveiligheid in hoge gebouwen	2014	CROW (www.crow.nl)	Bbl
SIKB Protocol 6802	Protocol WBM-controle, Controle op water/bezinksel/micro-organismen in onder- of bovengrondse tanks	Versie 2.0, 15-02-2018	SIKB (www.sikb.nl)	Hoofdstuk 4 Bal
Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 1	Technische beschrijving van standaardrekenmethode 1 (SRM1) voor luchtkwaliteitsberekeningen, RIVM Briefrapport 2014-0127	01-08-2015	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 8 en 12 van deze regeling
Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 2	Technische beschrijving van standaardrekenmethode 2 (SRM2) voor luchtkwaliteitsberekeningen, RIVM Briefrapport 2014-0109	01-08-2015	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.rivm.nl)	Hoofdstukken 8 en 12 van deze regeling
Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 3	Het nieuw nationaal model. Model voor de verspreiding van luchtverontreiniging uit bronnen over korte afstanden en het rapport aanvullende afspraken NNM	01-03-2002	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Hoofdstukken 6, 8 en 12 van deze regeling
Stappenplan beoordeling bestaande gebouwen met breedplaatvloeren	Stappenplan beoordeling bestaande gebouwen met breedplaatvloeren	01112022 + erratum 09012024	Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijsrelaties (www.rijksoverheid.nl)	Hoofdstuk 5 van deze regeling
Stappenplan bepalen brandaandachtsgebieden	Stappenplan bepalen brandaandachtsgebieden	Februari 2020	RIVM (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
Stappenplan bepalen explosieaandachtsgebied	Stappenplan bepalen explosieaandachtsgebied	Februari 2020	RIVM (https://omgevingsveiligheid.riv	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze

en	en		m.nl)	regeling
Stappenplan bepalen gifwolkaandachtsgebieden	Stappenplan bepalen gifwolkaandachtsgebieden	Februari 2020	RIVM (https://omgevingsveiligheid.rivm.nl)	Hoofdstukken 4, 8 en 12 van deze regeling
Stowa-rapport voor natuurlijke watertypen	Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2015-2021, Stowa rapport 2012-31	2012	Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (Stowa)	Hoofdstuk 2 Bkl
Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006	Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006	21 december 2006	CROW (www.rivm.nl)	Bijlage IVf bij deze regeling
Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid	TNO-rapport. TNO 2014 R10135 | 1.1. Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid	11-11-2015	TNO (www.rivm.nl)	Bijlagen XVIIIc en XVIIId bij deze regeling
V 1041	Leidraad voor den aanleg en een veilig bedrijf van electrische sterkstroominstallaties in fabrieken en werkplaatsen (Fabrieksvoorschriften) - Deel II - Hooge spanning (bestaande bouw)	1942	NNI (www.nen.nl)	Hoofdstuk 3 Bbl
Verspreidingsmodel V-Stacks vergunning	Verspreidingsmodel V-Stacks vergunning	2020	IPLO (www.iplo.nl)	Hoofdstukken 6 en 8 van deze regeling
Verwerking waterfractie gevaarlijke en niet-gevaarlijke afvalstoffen	Verwerking waterfractie gevaarlijke en niet-gevaarlijke afvalstoffen	April 2001	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.helpdeskwater.nl)	Bijlage XVIII Bkl
Voorschrift monitoring veiligheid andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk	Voorschrift monitoring veiligheid andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk	Versie 3, 2020	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (www.iplo.nl)	Hoofdstuk 12 van deze regeling
Voorwaarden en Normen Nationale Hypotheekgarantie	Voorwaarden en Normen	2022-1	Stichting Waarborgfonds Eigen Woningen (www.nhg.nl)	Hoofdstuk 5 Bkl

[1] Bal: Besluit activiteiten leefomgeving; Bbl: Besluit bouwwerken leefomgeving; Bkl: Besluit kwaliteit leefomgeving.

Bijlage III. verwijzing naar GML-bestanden voor werkingsgebieden)

LEGENDA: Artikel	**Noemer**
	Indicatief/exact
	GIO-id[1]
2.2, eerste lid	De geometrische begrenzing van de oppervlaktewaterlichamen in het beheer van het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2021/or_oppervlaktewaterlichamen/nld@2025-01-17
2.2, tweede lid	Geometrische begrenzing oppervlaktewaterlichamen beheer van de waterkwaliteit
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_waterkwaliteit/nld@2025-01-17
2.2, derde lid	Geometrische begrenzing oppervlaktewaterlichamen beheer van de waterkwantiteit
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_waterkwantiteit/nld@2025-01-17
2.2, vierde lid	Geometrische begrenzing oppervlaktewaterlichamen waterstaatkundig beheer
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_waterstaatkundig_beheer/nld@2025-01-17
2.3, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing waterstaatkundig beheer rijkswateren door niet tot het Rijk behorende openbare lichamen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_rijkswater_niet_beheerRijk/nld@2025-01-17
2.4	Geometrische begrenzing primaire waterkeringen en andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2021/or_waterkeringenRijk/nld@2024-06-27
2.7	Geometrische begrenzing kustfundament
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_kustfundament/nld@2020-10-01
2.8, eerste lid	Geometrische begrenzing rivierbed grote rivieren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_rivierbed/nld@2024-06-27
2.8, tweede lid	Geometrische begrenzing stroomvoerend deel rivierbed grote rivieren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_rivierbed_stroomvoerend_deel/nld@2024-06-27
2.8, derde lid	Geometrische begrenzing bergend deel rivierbed grote rivieren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_rivierbed_bergend_deel/nld@2024-01-30
2.9, eerste lid	Geometrische begrenzing reserveringsgebieden voor de lange termijn Rijntakken
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reservering_rijntakken/nld@2020-10-01
2.9, tweede lid	Geometrische begrenzing reserveringsgebieden voor de lange termijn Maas

	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reservering_maas/nld@2022-01-15
2.9a, eerste lid	Geometrische begrenzing van het gebied Lob van Gennep
	Exact
	PM
2.9a, tweede lid	Geometrische begrenzing van het gebied Thorn-Wessem
	Exact
	PM
2.10	Geometrische begrenzing van het IJsselmeergebied
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_ijsselmeergebied/nld@2024-06-27
2.11, eerste lid	Geometrische begrenzing van de PKB-Waddenzee
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_pkb_waddenzee/nld@2020-10-01
2.11, tweede lid	Geometrische begrenzing van het Waddengebied
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_waddengebied/nld@2020-10-01
2.12	Geometrische begrenzing vrijwaringsgebieden rijksvaarwegen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_vrijwaringsgebieden_rijksvaarwegen/nld@2025-01-17
2.13	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden oppervlaktewaterlichamen in beheer bij het Rijk, niet zijnde kanalen
	Exact
	join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_oppervlaktewaterlichaam_geen_kanalen/nld @2024- 01-30
2.14	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden kanalen in beheer bij het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebieden_kanalen/nld@2025-01-17
2.15	Geometrische begrenzing beperkingengebieden vaarwegen in beheer bij het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_vaarwegen/nld@2025-01-17
2.17	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden waterkeringen in beheer bij het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_waterkeringen_rijk/nld@2024-06-27
2.18	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebied Noordzee
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_noordzee/nld@2022-10-01
2.19, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebied Noordzee - buiten de zone tussen de duinvoet en laagwaterlijn
	Indicatief
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_Noordzee_vanaf_laagwaterlijn/nld@2021-07-01
2.19, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebied Noordzee - zone tussen duinvoet en

	laagwaterlijn
	Indicatief
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_duinvoet_laagwaterlijn/nld@2021-07-01
2.20	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden installaties in de Noordzee
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_nz_installaties_nietmijnbouw/nld@2024-01-30
2.21	Aanwijzing en geometrische begrenzing gebied zeewaarts van de doorgaande NAP-min 20 meterdieptelijn
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_zeewaarts_gebied/nld@2020-10-01
2.22, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing in verband met mijnbouwlocatieactiviteiten, oefen- en schietgebieden
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_mijnbouwlocatieactiviteiten_NZ_oefen_schietgebieden/nld@2022-01-15
2.22, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing in verband met mijnbouwlocatieactiviteiten, drukbevaren delen van de zee
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_mijnbouwlocatieactiviteiten_NZ_drukbevaren_delen/nld@2022-01-15
2.22, derde lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing in verband met mijnbouwlocatieactiviteiten, aanloopgebieden
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_mijnbouwlocatieactiviteiten_NZ_aanloopgebieden/nld@2020-10-01
2.22, vierde lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing in verband met mijnbouwlocatieactiviteiten, ankergebieden in de buurt van aanloophavens
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_mijnbouwlocatieactiviteiten_NZ_ankergebieden/nld@2020-10-01
2.26, eerste lid	Geometrische begrenzing civiele explosieaandachtsgebieden A
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_civiele_explosieaandachtsgebieden_zoneA/nld@2020-10-01
2.26, tweede lid	Geometrische begrenzing civiele explosieaandachtsgebieden B
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_civiele_explosieaandachtsgebieden_zoneB/nld@2020-10-01
2.26, derde lid	Geometrische begrenzing civiele explosieaandachtsgebieden C
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_civiele_explosieaandachtsgebieden_zoneC/nld@2020-10-01
2.26, vierde lid	Geometrische begrenzing civiele opslagplaatsen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_civiele_opslagplaatsen/nld@2020-10-01
2.27, eerste lid	Geometrische begrenzing militaire explosieaandachtsgebieden A
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2022/or_militaire_explosieaandachtsgebieden/nld@2022-01-15

2.27, tweede lid	Geometrische begrenzing militaire explosieaandachtsgebieden B
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2022/or_militaire_explosieaandachtsgebieden/nld@2022-01-15
2.27, derde lid	Geometrische begrenzing militaire explosieaandachtsgebieden C
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2022/or_militaire_explosieaandachtsgebieden/nld@2022-01-15
2.28, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing reserveringsgebieden voor de uitbreiding van een autoweg of autosnelweg
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reserveringsgebieden_uitbreiding_hoofdwegen/nld@2025-01-17
2.28, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing reserveringsgebieden voor de aanleg van een autoweg of autosnelweg
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reserveringsgebieden_nieuwe_autowegen/nld@2022-01-15
2.28, derde lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing reserveringsgebieden voor de aanleg van een hoofdspoorweg
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_reserveringsgebieden_nieuwe_hoofdspoorwegen/nld@2020-10-01
2.29, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden wegen in beheer bij het Rijk
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_wegen_rijk/nld@2025-01-17
2.29, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden wegen in beheer bij het Rijk die horen bij een verzorgingsplaats
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_wegen_rijk_verzorgingsplaatsen/nld@2024-06-27
2.30, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beperkingengebieden hoofdspoorwegen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_beperkingengebied_hoofdspoorwegen/nld@2024-06-27
2.30, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing kernzones van beperkingengebieden hoofdspoorwegen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_hoofdspoor_kernzone/nld@2024-06-27
2.30, derde lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing overwegzones van beperkingengebieden hoofdspoorwegen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_hoofdspoor_overwegen/nld@2024-06-27
2.30, vierde lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing beschermingszones van beperkingengebieden hoofdspoorwegen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_hoofdspoor_beschermingszone/nld@2024-06-27
2.31, eerste lid	Geometrische begrenzing gebieden waar bouwwerken apparatuur van luchthavens kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_verstoringsgebieden_buiten_burgerluchthavens_geen_bouwwerken/nld@2025-05-07

2.31, tweede lid	Geometrische begrenzing maximaal toelaatbare hoogte voor bouwwerken buiten beperkingengebieden luchthavens
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_verstoringsgebieden_buiten_burgerluchthavens_bouwwerken/nld@2025- 05-07
2,31, derde lid	Geometrische begrenzing maximaal toelaatbare hoogte voor windturbines buiten beperkingengebieden luchthavens
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_verstoringsgebieden_buiten_burgerluchthavens_windturbines/nld@2025- 05-07
2.31, vierde lid	Geometrische begrenzing gebieden waar bouwwerken het civiele radarbeeld kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_radarverstoringsgebied_bouwwerken/nld@2020-10-01
2.31, vijfde lid	Geometrische begrenzing van gebieden waar windturbines het civiele radarbeeld kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_defensie_radarverstoringsgebied_windturbines/nld@2020-10-01
2.32, eerste lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing reserveringsgebieden buisleidingen van nationaal belang
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_buisleidingen_reserveringsgebieden/nld@2022-01-15
2.32, tweede lid	Aanwijzing en geometrische begrenzing zoekgebieden buisleidingen van nationaal belang
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_buisleidingen_zoekgebieden/nld@2020-10-01
2.33, eerste lid	Geometrische begrenzing aanleggebied Maasvlakte 2
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_landaanwinningsgebied_Maasvlakte2/nld@2020-10-01
2.33, tweede lid	Geometrische begrenzing aanleggebied compensatie van open droog duin en natte duinvallei
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_compensatie_opendroog_duin/nld@2020-10-01
2.33, derde lid	Geometrische begrenzing aanleggebied compensatie van zeenatuur
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_compensatie_verlies_zeenatuur/nld@2020-10-01
2.34, eerste lid	Geometrische begrenzing openbaar toegankelijk natuur- en recreatiegebied Midden-IJsselmonde
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_natuur_recreatie_IJsselmonde/nld@2020-10-01
2.34, tweede lid	Geometrische begrenzing openbaar toegankelijk natuur- en recreatiegebied Schiebroekse en Zuidpolder
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_natuur_recreatie_Schiebroek_Zuidpolder/nld@2020-10-01
2.34, derde lid	Geometrische begrenzing openbaar toegankelijk natuur- en recreatiegebied Schiezone
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_PMR_natuur_recreatie_Schiezone/nld@2020-10-01
2.36, eerste lid	Geometrische begrenzing locaties voor grootschalige elektriciteitsopwekking
	Exact

	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_elektriciteit_locaties_grootschalige_opwekking/nld@2020-10-01
2.36, tweede lid	Geometrische begrenzing locaties voor een kernenergiecentrale
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_elektriciteit_vestigingsplaats_kernenergie/nld@2020-10-01
2.36, derde lid	Geometrische begrenzing locaties voor het gebied binnen een straal van één km rondom een kernenergiecentrale
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_elektriciteit_waarborgzones_kernenergie/nld@2020-10-01
2.36, vierde lid	Geometrische begrenzing locaties voor een hoogspanningsverbinding met een spanning van ten minste 220 kV
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_elektriciteit_hoogspanningsverbindingen/nld@2020-10-01
2.36a	Geometrische begrenzing van het uitsluitingsgebied hyperscale datacentra
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2023/or_uitsluitingsgebied_hyperscale_datacentra/nld@2023-09-15
2.37	Geometrische begrenzing uitgezonderde locaties niet in betekenende mate luchtkwaliteit
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_uitgezonderde_locaties_luchtkwaliteit/nld@2020-10-01
2.41, eerste lid	Geometrische begrenzing militaire terreinen en terreinen met een militair object
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_terreinen_objecten/nld@2022-04-01
2.41, tweede lid	Geometrische begrenzing van de onveilige gebieden bij militaire schietbanen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_terreinen_schietbanen/nld@2022-01-15
2.41, derde lid	Geometrische begrenzing van de gebieden waar bouwwerken een militaire zend- en ontvangstinstallatie kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_verstoring_zend_ontvangstinstallaties/nld@2020-10-01
2.41, vierde lid	Geometrische begrenzing van gebieden waar zich een militaire laagvliegroute bevindt
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_laagvliegroutes_transportvliegtuigen/nld@2024-04-30
2.41, vijfde lid	Geometrische begrenzing van gebieden waar bouwwerken het militaire radarbeeld kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_defensie_radarverstoringsgebied_bouwwerken/nld@2020-10-01
2.41, zesde lid	Geometrische begrenzing van gebieden waar windturbines het militaire radarbeeld kunnen verstoren
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_defensie_radarverstoringsgebied_windturbines/nld@2020-10-01
2.42, eerste lid	Geometrische begrenzing van de Droogmakerij de Beemster
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_werelderfgoed_Beemster/nld@2020-10-01
2.42, tweede lid	Geometrische begrenzing van de Stelling van Amsterdam

	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_werelderfgoed_Stelling_van_Amsterdam/nld@2020-10-01
2.42, derde lid	Geometrische begrenzing van de Nieuwe Hollandse Waterlinie
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_werelderfgoed_Nieuwe_Hollandse_Waterlinie/nld@2020-10-01
2.42, vierde lid	Geometrische begrenzing van de Romeinse Limes
	Indicatief
	/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_werelderfgoed_Romeinse_Limes/nld@2020-10-01
2.42, vijfde lid	Geometrische begrenzing van de Koloniën van Weldadigheid
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/or_werelderfgoed_Kolonien_van_Weldadigheid/nld@2020-10-01
2.43, eerste lid	Geometrische begrenzing herkomstgebieden mijnsteen en vermengde mijnsteen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/OrBodemMijnsteenHerkomstgebieden/nld@2020-12-01
2.43, tweede lid	Geometrische begrenzing toepassingsgebieden mijnsteen en vermengde mijnsteen
	Exact
	/join/id/regdata/mnre1034/2020/OrBodemMijnsteenToepassingsgebieden/nld@2020-12-01

[1] Het GML-bestand voor de werkingsgebieden is via Internet raadpleegbaar door de URL https://identifier.officielebekendmakingen.nl voor /join/.. te zetten (bijvoorbeeld https://identifier.officielebekendmakingen.nl/join/id/regdata/mnre1034/2019/or_kustfundament/nld@2020-10-01)

Bijlage IIIa. (rijksdriehoekscoördinaten begrenzingen dijktrajecten van primaire waterkeringen)

Dijktraject	Beginpunt		Eindpunt		
	X	Y	X	Y	
1-1	209653	610745	206219	609839	
1-2	206219	609839	209653	610745	
2-1	185760	606974	170840	605505	
2-2	170840	605505	185760	606974	
3-1	155445	602424	144741	598119	
3-2	144742	598119	155445	602424	
4-1	133163 ~~133194~~	589773 ~~589741~~	134096 ~~134090~~	590085 ~~590038~~	
4-2	134096 ~~134090~~	590085 ~~590038~~	133163 ~~133194~~	589773 ~~589741~~	
5-1	112453 ~~112567~~	558397 ~~558327~~	120066 ~~119733~~	576522 ~~576775~~	
5-2	120066 ~~119733~~	576522 ~~576775~~	112453 112567	558397 558327	
6-1	177262	539619	153258	544493	
6-2	153258	544493	154105	567249	
6-3	154105	567249	179480	592644	
6-4	179480	592644	204405	601934	
6-5	204405	601934	216161	601054	
6-6	216161	601054	253851	603456	
6-7	253851	603456	276791	584521	
7-1	195173	519105	185608	514144	
7-2	185608	514144	177263	539622	
8-1	160680	475073	138779	482584	
8-2	138779	482584	155909	500652	
8-3	155909	500652	171994	513513	
8-4	171994	513513	186770	503645	
8-5	186770	503645	177821	492155	
8-6	177821	492155	167033	486659	
8-7	167033	486659	160680	475073	
9-1	223120	504085	201902	516879	
9-2	201902	516879	195317 ~~195249~~	519225 ~~519182~~	
10-1	200190	502567	199187	515698	
10-2	199187	515698	191128	508821	
10-3	191128	508821	200190	502567	
11-1	202099 ~~202254~~	497836 ~~497760~~	187519	503868	
11-2	193009	505087	193009	505087	(gesloten traject)
11-3	187519	503868	184503	492932	
12-1	122741 ~~122746~~	545197 ~~545196~~	131682	549716	
12-2	131682	549716	135862 ~~135858~~	531920 ~~531917~~	
13-1	101293 ~~102162~~	499175 ~~498527~~	104710 ~~104555~~	526556 ~~526714~~	

13-2	104710 ~~104555~~	526556 ~~526714~~	106365 ~~106093~~	532294 ~~532122~~	
13-3	106365 ~~106093~~	532294 ~~532122~~	110018 ~~110007~~	550715 ~~550827~~	
13-4	110018 ~~110007~~	550715 ~~550827~~	114979 ~~114952~~	549689 ~~549715~~	
13-5	114979 ~~114952~~	549689 ~~549715~~	122741 ~~122746~~	545197 ~~545196~~	
13-6	135862 ~~135858~~	531920 ~~531917~~	147789	522936	
13-7	147789	522936	129685 ~~129694~~	512796 ~~512795~~	
13-8	129695 ~~129694~~	512796 ~~512795~~	133453 ~~133452~~	503209 ~~503197~~	
13-9	133453 ~~133452~~	503209 ~~503197~~	126136 ~~126138~~	488518	
13a-1	129369	484290	129369	484290	(gesloten traject)
13b-1	136234	496309	136234	496309	(gesloten traject)
14-1	109982	446912	99230	436695	
14-2	99230	436695	84432	436197	
14-3	84432	436197	71043	441849	
14-4	71043	441849	67837	444644	
14-5	67837	444644	77756	456910	
14-6	77756	456910	79853	459315	
14-7	79853	459315	86592	467952	
14-8	86592	467952	87622	469672	
14-9	87622	469672	90297	474328	
14-10	90297	474328	102030 ~~101923~~	497588 ~~497548~~	
15-1	135883	447236	118596	439655	
15-2	118596	439655	99456	436741	
15-3	99456	436741	109982	446912	
16-1	127067	426810	115089	426090	
16-2	115089	426090	110825	435075	
16-3	110825	435075	126731	441023	
16-4	126731	441023	140327	441632	
16-5	140327	441632	127067	426810	
17-1	103936	429891	87353	429164	
17-2	87353	429164	97847	435094	
17-3	97847	435094	103936	429891	
18-1	85998	432719	85998	432719	(gesloten traject)
19-1	77476	434792	77476	434792	(gesloten traject)
20-1	64432	429234	66654	438200	
20-2	66654	438200	75533	432676	
20-3	75533	432676	79292	424880	
20-4	79292	424880	64432	429234	
21-1	82193	425313	102631	417657	
21-2	102631	417657	82193	425313	
22-1	110911	421984	102666	419360	
22-2	102666	419360	110911	421984	

23-1	119764	424127	119764	424127	(gesloten traject)
24-1	136718	416981	120742	414799	
24-2	120742	414799	119831	424128	
24-3	119831	424128	131431	422736	
25-1	50187	423075	61809	426798	
25-2	61809	426798	81755	413105	
25-3	81755	413105	70445	411726	
25-4	70445	411726	50187	423075	
26-1	47016	417935	39836	409941	
26-2	39836	409941	52832	406943	
26-3	52832	406943	65464	409401	
26-4	65464	409401	47016	417935	
27-1	72311	405585	71261	403770	
27-2	71261	403770	70970	392499	
27-3	70970 ~~71280~~	392499 ~~401961~~	71280 ~~70970~~	401961 ~~392499~~	
27-4	71280 ~~72311~~	401961 ~~405585~~	72311 ~~71280~~	405585 ~~401961~~	
28-1	49374	396428	36840	402588	
29-1	36840	402588	20067	394383	
29-2	20067	394383	30488 ~~30502~~	386511	
29-3	30502	386511	34921	387049	
29-4	39615 ~~34921~~	384467 ~~387049~~	34928 ~~39584~~	387033 ~~384436~~	
30-1	59277 ~~49557~~	385939 ~~395609~~	49557 ~~59287~~	195609 ~~385942~~	
30-2	59277 ~~59287~~	385939 ~~385942~~	56863 ~~56848~~	386907 ~~386903~~	
30-3	56863 ~~56848~~	386903	38999 ~~39007~~	383435 ~~383426~~	
30-4	38999 ~~39007~~	383435 ~~383426~~	39615 ~~39584~~	184467 ~~384436~~	
31-1	73217 ~~73211~~	379717 ~~379721~~	59369 ~~59363~~	385948	
31-2	73614 ~~59363~~	383109 ~~385948~~	59369 ~~73614~~	385948 ~~383309~~	
31-3	73217 ~~73614~~	379717 ~~383309~~	73614 ~~73211~~	383309 ~~379721~~	
32-1	29538 ~~14829~~	379138 ~~376195~~	14856 ~~29538~~	375066 ~~379138~~	
32-2	39666 ~~29538~~	374544 ~~379138~~	29538 ~~39383~~	379138 ~~374562~~	
32-3	49087 ~~39383~~	372961 ~~374562~~	39666 ~~49087~~	374544 ~~372961~~	
32-4	73409 ~~49087~~	372225 ~~372961~~	49087 ~~74526~~	372961 ~~373616~~	
33-1	75178	385198	74895 ~~74875~~	378668 ~~378665~~	
34-1	116711	406448	103347	414028	
34-2	103347	414028	87346	411453	
34-3	87346	411453	85158	407600	
34-4	85158	407600	76741	404715	
34-5	76741	404715	75178	385198	
34a-1	116265	413379	116265	413379	(gesloten traject)
35-1	133353	413856	120590	414313	
35-2	120590	414313	117472	406225	

36-1	194776	406311	188281	418489	
36-2	188281	418489	173995	422801	
36-3	173995	422801	160100	424249	
36-4	160100	424249	147185	416146	
36-5	147185	416146	133353	413856	
36a-1	176268	421159	176268	421159	(gesloten traject)
37-1	136718	416981	141524 ~~141523~~	417788 ~~417804~~	
38-1	131982	423063	152240	423529	
38-2	152240	423529	141524 ~~141523~~	417788 ~~417804~~	
39-1	151648	422304	151648	422304	(gesloten traject)
40-1	156762	427809	153475	423826	
40-2	153475	423826	157057	426954	
41-1	188437	429004	179024	432495	
41-2	179024	432495	156762	427809	
41-3	157057	426954	174242	423107	
41-4	174242	423107	188549	418869	
42-1	201472	430613	188637	428760	
43-1	140327	441632	152879	440541	
43-2	152879	440541	181026	441462	
43-3	181026	441462	198792	433566	
43-4	198792	433566	179281	433453	
43-5	179281	433453	159698	434666	
43-6	159698	434666	127067	426810	
44-1	159724	445337	135883	447236	
44-2	126138	488518	142448	479755	
44-3	101293 ~~101923~~	499175 ~~497548~~	102030 ~~102162~~	497588 ~~498527~~	
45-1	174671 ~~174665~~	441925 ~~441898~~	170166 ~~170286~~	440751 ~~440653~~	
45-2	154906	463364	160892	474315	
45-3	160892	474315	165407	475139	
46-1	147367	476951	146261	470296	
47-1	189183	444062	200034	446939	
48-1	208669	428833	196600	442843	
48-2	196600	442843	206063	446733	
48-3	206063	446733	216660	442082	
49-1	216220	442421	207390	446304	
49-2	207390	446304	212047	457222	
50-1	212047	457222	210107	461154	
50-2	210107	461154	212966	463772	
51-1	219480 ~~212925~~	473284 ~~463941~~	212921 ~~219480~~	463970 ~~473284~~	
52a-1	202076 ~~202081~~	487568 ~~487555~~	202076 ~~202081~~	487568 ~~487555~~	(gesloten traject)
52-1	204945	451730	206918 ~~207141~~	466146 ~~466939~~	

52-2	206918 ~~207141~~	4466146 ~~66939~~	201752 ~~201740~~	486822 486557	
52-3	201752 ~~201740~~	486822 ~~486557~~	202992 ~~202849~~	494719 ~~494718~~	
52-4	202992 ~~202849~~	494719 ~~494718~~	202099 ~~202254~~	497836 ~~497760~~	
53-1	214277	474030	204320	480019	
53-2	204320	480019	200247	502522	
53-3	200247	502522	223095	503033	
54-1	188473 ~~188575~~	418796 ~~418852~~	199502	414044	
55-1	196514	408294	196107	412299	
56-1	198600	404749	196906 ~~196965~~	406964 ~~406916~~	
57-1	200805	401651	199362	403853	
58-1	197562	402562	196559	403624	
59-1	200592 ~~200244~~	399194 ~~399885~~	200592 ~~200353~~	399194 ~~399664~~	
60-1	204317	396354	201451	397996	
61-1	202780 ~~204290~~	393637 ~~394684~~	200674 ~~200650~~	396192 ~~396222~~	
62-1	205214	393015	203433	393936	
63-1	208305 ~~205024~~	390957 ~~394303~~	208305 ~~208375~~	390957 ~~390752~~	
63-2	205958	392222	205958	392222	
64-1	208924 ~~208814~~	388985 ~~389363~~	208170 ~~208375~~	390198 ~~390752~~	
65-1	209965	385965	209861	390107	
66-1	208840 ~~208893~~	385801 ~~385844~~	209094 ~~209041~~	386525 ~~386385~~	
67-1	207901 ~~208098~~	380744 ~~381024~~	207982 ~~208059~~	381629 ~~381628~~	
68-1	206047	371417	208554	378793	
68-2	208554	378793	209422	383535	
69-1	208277	378117	207921	374808	
70-1	204683	370579	207228	374077	
71-1	205042	369008	205474	369641	
~~72-1~~	~~200430~~	~~366239~~	~~200544~~	~~366331~~	
73-1	200542 ~~199624~~	365143 ~~364130~~	201211 ~~200498~~	364249 ~~365031~~	
74-1	196447 ~~196533~~	363197 ~~363209~~	198063 ~~198066~~	363603 ~~363575~~	
75-1	196240	359983	196463	360760	
76-1	196568	355447	196819 ~~196814~~	356780 ~~356790~~	
76-2	196819 ~~196814~~	356780 ~~356790~~	197507	357256	
76a-1	196387	355283	196387	355283	(gesloten traject)
77-1	194708	353336	196682	354266	
78-1	190034 ~~188262~~	353984 ~~354004~~	191587	355019	
78a-1	192597	355730	192545	356136	
79-1	186609 ~~188222~~	351576 ~~353922~~	186609 ~~186634~~	351576 ~~351562~~	
80-1	190683	351761	191854	351385	
81-1	186301	348601	186301	348601	(gesloten traject)
82-1	186860 ~~186854~~	345657 ~~345661~~	187280 ~~186993~~	346335 ~~346140~~	
83-1	182024	335563	186136	344319	

84-1	183885	342125	183885	342125	
85-1	181373	333439	181572	333937	
86-1	179697	331607	179697	331607	(gesloten traject)
87-1	180503	330368	181184	332548	
88-1	179298	325217	180215	326880	
89-1	178661	324033	178792	324312	
90-1	178064	312736	177151 ~~177147~~	320611 ~~320508~~	
91-1	177690	322649	177690	322649	(gesloten traject)
92-1	176455	320388	176455	320388	(gesloten traject)
93-1	176764	318968	175495	321230	
94-1	176728	316261	176894	317096	
95-1	177054	309624	177395	310485	
201	154105	567249	131682	549716	
202	195173	519105	195317 ~~195249~~	519225 ~~519182~~	
204a	147789 ~~147798~~	522936 ~~522938~~	158288	504524	
204b	147789 ~~147798~~	522936 ~~522938~~	158288	504524	
205	160680	475073	160892	474315	
206	200190	502567	200247	502522	
208	71046	441844	75202	437260	
209	80598	431187	77484	434797	
210	99456	436741	99230	436695	
211	64432	429234	61801	426806	
212	119764	424127	119831	424128	
213	131982	423063	131431	422736	
214	50187	423075	47016	417935	
215	87357	411458	81758	413108	
216	65464	409401	70445	411726	
217	69881 ~~69404~~	410150 ~~410732~~	72311	405585	
218	39836	409941	36840	402588	
219	70970	392499	73614	383309	
221	49557	395609	49374	396428	
222	59277 ~~59287~~	385939 ~~385942~~	59363	385948	
223	75465	376811	73217 ~~73211~~	379717 ~~379721~~	
224	153475	423826	152240	423529	
225	191128	508821	185608	514144	
~~226~~	~~186686~~	~~506469~~	~~187005~~	~~506522~~	
227	187519	503868	186770	503645	
228	177077	320626	177151	320611	

Bijlage IIIb. (rijksdriehoekscoördinaten begrenzingen dijktrajecten van andere dan primaire waterkeringen in beheer bij het Rijk)

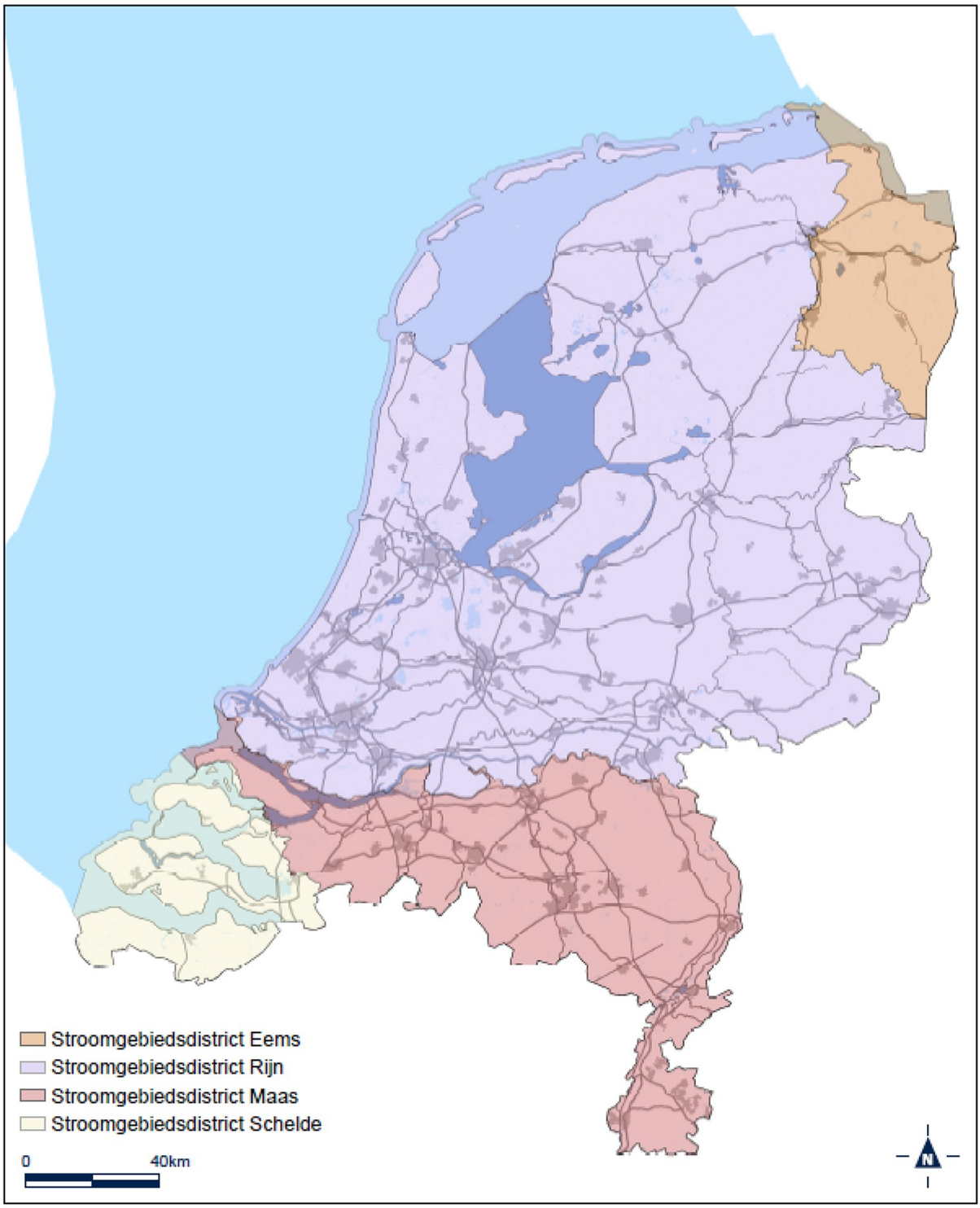
Dijktraject	Beginpunt		Eindpunt	
	X	Y	X	Y
301	128792	483775	129611	482978
302	129659	482881	129864	481920
303	129864	481920	130159	479715
304	130174	479697	130148	476448
305	130019	476392	129169	471663
306	129169	471663	128359	466968
307	128359	466968	128201	464837
308	128202	464829	128486	463324
309	128486	463324	132167	459958
310	153134	440639	159707	434675
311	159638	434592	152869	440528
312	239151	487160	239837	487926
313	241307	473450	239087	487004
314	239865	487952	238939	486082
315	238926	485490	241348	473498
316	243077	473933	244573	474647
317	246046	474659	246275	474658
318	246462	474651	248987	474537
319	251738	474078	253409	473445
320	243120	473866	244569	474599
321	248381	474520	245533	474608
322	253378	473406	251771	474001
323	213092	463941	223927	464804
324	223933	464723	213013	463788
325	186884	420282	184823	429349
326	184955	429400	184620	428639
327	184521	428420	185598	422919
328	185598	422919	187066	420376
329	112030	404672	116488	406747
330	116496	406697	112058	404544
331	117295	405488	117054	406167
332	120168	404499	127579	400982
333	127647	400929	129615	399718
334	129768	399584	121134	404177
335	130618	399305	131310	399189
336	131205	399168	130614	399221
337	134460	398854	134977	398267

338	135866	396697	136850	393973
339	136824	393797	136104	395932
340	139625	391290	141644	390190
341	141538	390205	139608	391259
342	142541	389961	148695	390121
343	148698	390093	142457	389866
344	159968	390603	161584	390684
345	161385	390641	159970	390560
346	162495	390729	167449	391501
347	167449	391501	168620	391628
348	167828	391501	162097	390673
349	169637	391670	170527	391699
350	170828	391677	170429	391657
351	150940	409367	149590	408825
352	151375	416698	154157	410165
353	153921	410335	151260	416645
354	151409	410786	153921	410335
355	154157	410165	154611	409664
356	156121	408035	151299	410760
357	154611	409664	156177	408090
358	159020	406636	163991	403088
359	163971	403065	159003	406566
360	165060	402175	168817	398761
361	168771	398743	165041	402155
362	168895	398658	171341	395359
363	170683	396187	168852	398636
364	171314	395339	170683	396187
365	172151	394255	175432	389212
366	172983	392466	172117	394234
367	171497	391884	172943	392366
368	173416	390588	171603	391880
369	175295	389374	173447	390592
370	176341	386361	176863	380897
371	175941	383990	176281	386350
372	176664	381605	175911	383970
373	176878	380802	178613	378627
374	178599	378588	176840	380798
375	178705	378537	179811	373544
376	179607	375209	178691	378502
377	179799	373543	179674	374611
378	179835	373451	180063	371335

379	180040	371333	179802	373449
380	180080	371231	180390	368448
381	180408	367943	180047	371227
382	191070	370900	193614	372279
383	190871	370791	191053	370894
384	189706	370139	190837	370777
385	193614	372279	189706	370139
386	181122	365499	189636	370083
387	189636	370083	181110	365406
388	181066	365179	181143	365048
389	181021	364977	180804	365012
390	174664	361849	180317	364908
391	180322	364897	177181	363247
392	168677	358598	174572	361798
393	174580	361785	168709	358585
394	183167	361613	188117	354091
395	188066	354010	183113	361586
396	189260	350012	184840	341596
397	182474	335555	189057	350009
398	183939	338580	182526	335527
399	180540	330392	181548	333206
400	179309	325211	180912	328765
401	178666	324029	178801	324304
402	180966	328729	177982	322507
403	177812	322133	177151	320611
404	45856	372704	49373	365467
405	46671	368308	45480	371927
406	44147	359119	46671	368308
407	49374	365468	44422	359397
408	149547	408913	150894	409506
409	125661	486553	125680	486422
410	125680	486422	128487	483809
411	128487	483809	128584	483724
412	128584	483724	129911	479711
413	129911	479711	129906	479689
414	129906	479689	128445	468143
415	128445	468143	128439	468129
416	128439	468129	128081	464855
417	128081	464855	128083	464844
418	128083	464844	130818	460898
419	133679	456818	136131	448171

420	133361	413838	135436	409642
421	74724	385149	77269	376894

Bijlage IV. (aanwijzing nederlandse delen stroomgebiedsdistricten)



Bijlage IVa. (rijkswegen voorbeheersing van geluid)

	Amsterdam – Amersfoort – Apeldoorn – Oldenzaal – Duitsland
A1	knooppunt Watergraafsmeer – knooppunt Diemen – knooppunt Muiderberg – knooppunt Eemnes – knooppunt Hoevelaken – Barneveld – knooppunt Beekbergen – knooppunt Azelo
	Het wegdeel tussen knooppunt Azelo en knooppunt Buren is aangegeven als A35 (zie Rijksweg 35)
A1	knooppunt Buren – Duitse grens

	Amsterdam – Utrecht – Eindhoven – Weert – Maastricht – België
A2	knooppunt Amstel – knooppunt Holendrecht – knooppunt Oudenrijn – knooppunt Everdingen – knooppunt Deil – knooppunt Empel – knooppunt Hintham – knooppunt Vught – knooppunt Ekkersweijer
A2/N2	knooppunt Ekkersweijer – knooppunt Batadorp – knooppunt De Hogt – knooppunt Leenderheide
A2	knooppunt Leenderheide – knooppunt Het Vonderen – knooppunt Kerensheide – knooppunt Kruisdonk – aansluiting Maastricht-Centrum Noord
N2	aansluiting Maastricht-Centrum Noord – aansluiting Maastricht-Centrum Zuid
A2	aansluiting Maastricht-Centrum Zuid – Belgische grens

	Papendrecht – Dordrecht
N3	aansluiting Papendrecht – aansluiting ’s-Gravendeel

	Amsterdam – ’s-Gravenhage – Rotterdam – Bergen op Zoom – België
A4	knooppunt De Nieuwe Meer – knooppunt Badhoevedorp – knooppunt De Hoek – knooppunt Burgerveen – aansluiting Zoeterwoude-Rijndijk – knooppunt Prins Clausplein – knooppunt Ypenburg – knooppunt Kethelplein – knooppunt Benelux
A29	knooppunt Vaanplein – knooppunt Hellegatsplein
A29/A59	knooppunt Hellegatsplein – knooppunt Sabina
A4/A29	knooppunt Sabina – knooppunt Zoomland
A4/A58	knooppunt Zoomland – knooppunt Markiezaat
A4	knooppunt Markiezaat – Belgische grens

	Hoofddorp – Zwanenburg
A5	knooppunt De Hoek – knooppunt Raasdorp – knooppunt Coenplein

	Muiderberg – Lelystad – Emmeloord – Joure
A6	knooppunt Muiderberg – knooppunt Almere – knooppunt Emmeloord – knooppunt Joure

	Zaanstad – Purmerend – Den Oever – Zurich – Groningen – Duitsland
A7	Zaandam (vanaf kilometer 4,0) – knooppunt Zaandam – aansluiting Den Oever – knooppunt Zurich – aansluiting IJlst
N7	aansluiting IJlst – aansluiting Sneek-Oost
A7	aansluiting Sneek-Oost – knooppunt Joure
A7	knooppunt Joure – knooppunt Heerenveen – aansluiting Drachten – knooppunt Julianaplein
N7	knooppunt Julianaplein – knooppunt Euvelgunne – aansluiting Westerbroek
A7	aansluiting Westerbroek – knooppunt Zuidbroek – Duitse grens

	Amsterdam – Zaanstad – Beverwijk
A8	knooppunt Coenplein – knooppunt Zaandam – aansluiting Zaanstad-Noord

	Diemen – Badhoevedorp – Haarlem – Alkmaar – Den Helder
A9	knooppunt Diemen – knooppunt Holendrecht – knooppunt Badhoevedorp – knooppunt Raasdorp – knooppunt Rottepolderplein – knooppunt Velsen – knooppunt Beverwijk – knooppunt Kooimeer
N9	knooppunt Kooimeer – aansluiting N99

	Ringweg Amsterdam
A10	knooppunt Coenplein – knooppunt Watergraafsmeer – knooppunt Nieuwe Meer

	Leiden – Alphen a/d Rijn – Bodegraven
N11	aansluiting Zoeterwoude-Rijndijk – knooppunt Bodegraven

	's-Gravenhage – Utrecht – Arnhem – Duitsland
A12	's-Gravenhage (vanaf kilometer 3,3) – knooppunt Prins Clausplein – knooppunt Gouwe – knooppunt Bodegraven – knooppunt Oudenrijn – knooppunt Lunetten – knooppunt Maanderbroek – knooppunt Grijsoord
A12/A50	knooppunt Grijsoord – knooppunt Waterberg
A12	knooppunt Waterberg – knooppunt Velperbroek – knooppunt Oud-Dijk – Duitse grens

	's-Gravenhage – Rotterdam
A13	knooppunt Ypenburg – knooppunt Doenkade – knooppunt Kleinpolderplein

	Wassenaar – Leidschendam – 's-Gravenhage
N14	Wittenburgerweg – aansluiting N44 – aansluiting Leidschendam

	Oostvoorne – Rotterdam – Rijksweg 12 – Babberich – Doetinchem – Enschede
A15	aansluiting Oostvoorne (vanaf kilometer 25,1) – aansluiting Brielle – knooppunt Benelux – knooppunt Vaanplein – knooppunt Ridderkerk-Noord
A15/A16	knooppunt Ridderkerk-Noord – knooppunt Ridderkerk-Zuid
A15	knooppunt Ridderkerk-Zuid – aansluiting Papendrecht – knooppunt Gorinchem – knooppunt Deil – knooppunt Valburg – knooppunt Ressen – Rijksweg 12
A18	knooppunt Oud-Dijk – Varsseveld
N18	Varsseveld – aansluiting A35

	Rotterdam – Dordrecht – Breda – België
A16	knooppunt Doenkade – knooppunt Terbregseplein – knooppunt Ridderkerk-Noord
A16/A15	knooppunt Ridderkerk-Noord – knooppunt Ridderkerk-Zuid
A16	knooppunt Ridderkerk-Zuid – aansluiting N3 – knooppunt Klaverpolder
A16/A59	knooppunt Klaverpolder – knooppunt Zonzeel
A16	knooppunt Zonzeel – knooppunt Princeville
A16/A58	knooppunt Princeville – knooppunt Galder

A16	knooppunt Galder – Belgische grens
	Moerdijk – Roosendaal
A17/A59	knooppunt Klaverpolder – knooppunt Noordhoek
A17	knooppunt Noordhoek – knooppunt De Stok
	Maasdijk – Rotterdam – Gouda
A20	aansluiting Westerlee - knooppunt Kethelplein – knooppunt Kleinpolderplein – knooppunt Terbregseplein - knooppunt Gouwe
	Velsen – Beverwijk
A22	knooppunt Velsen – knooppunt Beverwijk
	Rotterdam – Vlaardingen
A24	aansluiting A15 – aansluiting A20
	Breda – Gorinchem – Utrecht – Almere
A27	knooppunt Sint-Annabosch – knooppunt Hooipolder – knooppunt Gorinchem – knooppunt Everdingen – knooppunt Lunetten – knooppunt Rijnsweerd – knooppunt Eemnes – knooppunt Almere
	Utrecht – Amersfoort – Zwolle – Assen – Groningen
A28	knooppunt Rijnsweerd – knooppunt Hoevelaken – knooppunt Hattemerbroek – knooppunt Lankhorst – knooppunt Hoogeveen – knooppunt Assen – knooppunt Julianaplein
	Rotterdam – Klaaswaal
A29	knooppunt Vaanplein – Klaaswaal
	Het wegdeel tussen Klaaswaal en knooppunt Sabina valt onder A4 (zie Rijksweg 4).
	Ede – Barneveld
A30	knooppunt Maanderbroek – aansluiting Barneveld
	Zurich – Leeuwarden – Drachten
N31	knooppunt Zurich – aansluiting Midlum
A31	aansluiting Midlum – aansluiting Marssum
N31	aansluiting Marssum – knooppunt Werpsterhoek – aansluiting Drachten
	Meppel – Heerenveen – Leeuwarden
A32	knooppunt Lankhorst – knooppunt Heerenveen – aansluiting Wirdum
N32	aansluiting Wirdum – knooppunt Werpsterhoek
	Assen – Zuidbroek – Eemshaven
N33	knooppunt Assen – knooppunt Zuidbroek – Eemshaven (tot kilometer 77,2)

	Wierden – Enschede – Duitse grens
N35	de N35 van Zwolle tot Wierden valt onder de administratieve noemer Rijksweg 835, zie verder aldaar.
A35	aansluiting Wierden – aansluiting Almelo-West – knooppunt Azelo
A35/A1	knooppunt Azelo – knooppunt Buren
A35	knooppunt Buren – aansluiting Enschede-West – Enschede
N35	Enschede – Duitse grens

	Almelo – Dedemsvaart
N36	aansluiting Almelo-West – aansluiting N48

	Hoogeveen – Duitse grens
A37	knooppunt Hoogeveen – knooppunt Holsloot – Duitse grens

	Ridderkerk – Rotterdam
–	Ridderkerk Rotterdamseweg – knooppunt Ridderkerk

	Burgerveen – Wassenaar – ’s-Gravenhage
A44	knooppunt Burgerveen – Wassenaar
N44	Wassenaar – ’s-Gravenhage (tot kilometer 27,4)

	Groningen
N46	knooppunt Euvelgunne – aansluiting Driebond

	Ommen – Hoogeveen
N48	aansluiting N36 – knooppunt Hoogeveen

	Eindhoven – Oss – Ravenstein – Arnhem – Apeldoorn – Kampen – Ens
A50	John F. Kennedylaan Eindhoven (tot Tempellaan) – aansluiting Ekkersrijt
A50	knooppunt Ekkersweijer – aansluiting Ekkersrijt – knooppunt Paalgraven – knooppunt Bankhoef – knooppunt Ewijk – knooppunt Valburg – knooppunt Grijsoord
	Het wegdeel van knooppunt Grijsoord tot knooppunt Waterberg valt onder A12 (zie Rijksweg 12).
A50	knooppunt Waterberg – knooppunt Beekbergen – knooppunt Hattemerbroek
N50	knooppunt Hattemerbroek – aansluiting Ens
N50	Het wegdeel van aansluiting Ens tot knooppunt Emmeloord valt onder de administratieve noemer Rijksweg 838, zie verder aldaar.

	Brielle – Haamstede – Middelburg
N57	aansluiting Brielle – aansluiting N59 – aansluiting Middelburg-Oost
N652	aansluiting N57 – Haamstede

	Eindhoven – Breda – Vlissingen
A58	knooppunt Batadorp – knooppunt De Baars – knooppunt St.Annabosch

A58	knooppunt St.Annabosch – knooppunt Galder
	Het wegdeel tussen knooppunt Galder en knooppunt Princeville is aangegeven als A16 (zie Rijksweg 16).
A58	knooppunt Princeville – knooppunt de Stok – knooppunt Zoomland
	Het wegdeel tussen knooppunt Zoomland en knooppunt Markiezaat is aangegeven als A4 (zie Rijksweg 4).
A58	knooppunt Markiezaat – Vlissingen (tot kilometer 171,3)

	Serooskerke – Zierikzee – Willemstad – Den Bosch – Oss
N59	aansluiting N57 – knooppunt Hellegatsplein
	Het wegdeel tussen knooppunt Hellegatsplein en knooppunt Sabina is aangegeven als A4 (zie Rijksweg 4).
A59	knooppunt Sabina – knooppunt Noordhoek
	Het wegdeel tussen knooppunt Noordhoek en knooppunt Zonzeel is aangegeven als A16 (zie Rijksweg 16).
A59	knooppunt Zonzeel – knooppunt Hooipolder – knooppunt Empel
	Het wegdeel tussen knooppunt Empel en knooppunt Hintham is aangegeven als A2 (zie Rijksweg 2).
A59	knooppunt Hintham – knooppunt Paalgraven

	Schoondijke – Terneuzen
N61	Schoondijke (vanaf kilometer 1,2) – aansluiting N290 Terneuzen

	's-Hertogenbosch – Tilburg
A65	knooppunt Vught – Vught
N65	Vught – aansluiting Berkel-Enschot
A65	aansluiting Berkel-Enschot – knooppunt De Baars

	België – Eindhoven – Venlo – Duitsland
A67	Belgische grens – knooppunt De Hogt
	Het wegdeel tussen knooppunt De Hogt en knooppunt Leenderheide is aangegeven als A2 (zie Rijksweg 2).
A67	knooppunt Leenderheide – knooppunt Zaarderheiken – Duitse grens

	Echt – Susteren – Maasbracht – Boxmeer – Nijmegen
A73	knooppunt Het Vonderen – knooppunt Tiglia – knooppunt Zaarderheiken – knooppunt Rijkevoort – knooppunt Neerbosch – knooppunt Ewijk

	Duitsland – Venlo
A74	Duitse grens- knooppunt Tiglia

	België – Geleen – Heerlen – Duitsland
A76	Belgische grens – knooppunt Kerensheide – knooppunt Kunderberg – Duitse grens

	Boxmeer – Duitsland
A77	knooppunt Rijkevoort – Duitse grens

	Maastricht – Heerlen

A79	knooppunt Kruisdonk – knooppunt Kunderberg
	Den Helder – Den Oever
N99	aansluiting Rijksweg 9 – aansluiting Den Oever
	Amsterdam – Haarlem
N200	aansluiting Westerpark – aansluiting Halfweg
A200	aansluiting Halfweg – knooppunt Rottepolderplein – aansluiting Haarlem-Centrum (tot kilometer 11,8)
	Haarlem-Zuid
A205	aansluiting Haarlem – knooppunt Rottepolderplein
	Santpoort – IJmuiden
A208	aansluiting Velserbroek (vanaf kilometer 7,3) – knooppunt IJmuiden
	knooppunt Neerbosch – Nijmegen
A73	knooppunt Neerbosch – Nijmegen (tot kilometer 108,6)
	Zwolle – Wierden
N35	Wijthmen (vanaf kilometer 4,8) – aansluiting Wierden
	Ens – Emmeloord
N50	aansluiting Ens – knooppunt Emmeloord
	Ridderkerk – Alblasserdam
N915	aansluiting Hendrik-Ido-Ambacht – aansluiting Alblasserdam

Bijlage IVb. (hoofdspoorwegen voor beheersing van geluid)
In deze bijlage wordt verstaan onder:

a. het teken >: komt van locaties links en rechts van het teken / bij elkaar;
b. het teken <: splitst naar de locaties links en rechts van het teken /.

De volgende spoorwegen, daarbij inbegrepen de niet genoemde verbindingsbogen die deze spoorwegen onderling met elkaar verbinden, zijn hoofdspoorwegen als bedoeld in artikel 2.30a:

1. Amsterdam Centraal – Utrecht Centraal – Arnhem – Duitse grens, met de zijtakken:
   a. Breukelen – Harmelen Aansluiting;
   b. De Haar Aansluiting – Rhenen;
   c. Velperbroek Aansluiting – Arnhem Goederenstation;
   d. IJsselbrug Westzijde – Arnhem Goederenstation;
   e. Zevenaar – Winterswijk;
2. Den Haag Centraal / Rotterdam Centraal > Gouda – Utrecht Centraal – Amersfoort – Zwolle – Meppel < Leeuwarden / Groningen, met de zijtakken:
   a. Nootdorp Aansluiting – Leidschendam Werkplaats;
   b. Gouda – Alphen aan den Rijn;
   c. Woerden – Leiden;
   d. Blauwkapel – Utrecht Maliebaan;
   e. Den Dolder – Baarn;
   f. Amersfoort – Leusden;
   g. Zwolle – Kampen;
   h. Haren – Waterhuizen;
3. Haarlem / Amsterdam Centraal > Uitgeest – Alkmaar – Den Helder, met de zijtakken:
   a. Heerhugowaard – Hoorn;
   b. Amsterdam Singelgracht Aansluiting – Amsterdam Westhaven;
   c. Amsterdam Sloterdijk – Amsterdam Westhaven;
4. Zwolle – Zutphen – Arnhem – Nijmegen – Venlo – Roermond, met de zijtakken:
   a. Zutphen – Hengelo;
   b. Zutphen – Winterswijk;
   c. Venlo – Duitse grens;
5. Harlingen Haven / Stavoren > Leeuwarden – Groningen – Nieuweschans – Duitse grens, met de zijtakken:
   a. Groningen – Sauwerd < Roodeschool / Delfzijl;
   b. Zuidbroek – Veendam;
6. Zaandam – Hoorn – Enkhuizen;
7. Dordrecht – Geldermalsen – Elst;
8. Amsterdam Centraal – Amersfoort – Apeldoorn – Almelo – Hengelo < Oldenzaal – Duitse grens/Enschede – Duitse grens, met de zijtakken:
   a. Hilversum – Blauwkapel;
   b. Barneveld Aansluiting – Ede-Wageningen;
   c. Apeldoorn – Apeldoorn Zuid;
   d. Apeldoorn – Zutphen;
   e. Wierden – Zwolle;
9. Vlissingen – Roosendaal – Tilburg – ’s-Hertogenbosch – Nijmegen, met de zijtakken:
   a. Lewedorp Aansluiting – Sloehaven;
   b. Tilburg – Boxtel;
10. Amsterdam Centraal – Haarlem – Leiden – Den Haag HS – Rotterdam Centraal – Dordrecht – Roosendaal – Belgische grens, met de zijtakken:
    a. Haarlem – Zandvoort;
    b. Schiedam – Schiedam Parkweg tot coördinaat X:87208.565, Y:437870.059 uitgedrukt in het stelsel van de Rijksdriehoeksmeting;
    c. Lage Zwaluwe – Made en Drimmelen;
    d. Lage Zwaluwe – Breda;
11. Leiden – Schiphol – Amsterdam Zuid – Weesp – Almere – Lelystad – Zwolle, met de zijtak Amsterdam Riekerpolder – Amsterdam Singelgracht;
12. Utrecht Centraal – 's-Hertogenbosch – Eindhoven – Weert – Roermond -Sittard < Heerlen – Duitse grens / Maastricht – Eijsden – Belgische grens, met de zijtakken:

a. Eindhoven – Venlo;
b. Weert – Belgische grens;
c. Sittard – Born;
d. Heerlen – Maastricht;
e. Landgraaf – Kerkrade Centrum;
f. Maastricht-Belgische grens;

13. Zwolle – Mariënberg – Emmen, met de zijtak Mariënberg – Almelo;
14. Terneuzen – Sluiskil Aansluiting – Sas van Gent – Belgische grens;
15. Maasvlakte – Kijfhoek;
16. Barendrecht – Belgische grens, inclusief de daarbij horende aansluitingen;
17. Kijfhoek – Zevenaar;
18. Hoofddorp-Rotterdam West, inclusief de daarbij horende aansluitingen.

De volgende spoorwegen zijn hoofdspoorwegen als bedoeld in artikel 2.30a:

1. Lage Zwaluwe-Moerdijk;
2. Made en Drimmelen-Oosterhout Weststad;
3. Sluiskil Aansluiting-Terneuzen Dow Chemical;
4. Terneuzen Aansluiting-Axelse vlakte.

De spoorwegen gelegen op de volgende locaties zijn hoofdspoorwegen als bedoeld in artikel 2.30a:

1. Haven van Rotterdam, Waalhaven;
2. Haven van Rotterdam, Eemhaven;
3. Haven van Rotterdam, Pernis;
4. Haven van Rotterdam, Botlek;
5. Haven van Rotterdam, Europoort;
6. Haven van Rotterdam, Maasvlakte;
7. Haven van Amsterdam, Westelijk havengebied;
8. Haven van Amsterdam, Hemhaven;
9. Haven van Amsterdam, Houtrakpolder;
10. Moerdijk Industrieschap;
11. Utrecht Industrieterrein Lage Weide;
12. Delfzijl, stamlijn Havenschap;
13. Dordrecht, Zeehaven;
14. Dordrecht, Industrieterrein De Staart;
15. Maastricht Beatrixhaven;
16. Roodeschool Eemshaven;
17. Vlissingen Sloehaven;
18. Zwijndrecht, Groote Lindt;
19. Oosterhout, Industrieterrein Weststad;
20. Roosendaal Industrieterrein;
21. Alphen aan de Rijn, Industrieterrein Rijnhaven;
22. Tilburg, De Loven;
23. Born, Franciscushaven;
24. Axel, Axelse Vlakte;
25. Venlo Tradeport;
26. Almelo Dollegoor;
27. Almelo Bedrijvenpark Twente;
28. Arnhem, gemeentelijke stamlijn;
29. Oss-Elzenburg.

Bijlage IVc. (rekenmethode geluidaandachtsgebied)

1. Algemeen

1.1. Rekenmethode

Voor het bepalen van geluidaandachtsgebieden worden berekeningen uitgevoerd volgens bijlage IVe voor wegen, bijlage IVf voor spoorwegen en bijlage IVh (methode II) voor industrieterreinen. Aanvullend op deze bijlagen gelden de volgende regels voor het berekenen van geluidaandachtsgebieden.
Gebieden waar op voorhand aannemelijk is dat deze onderdeel van het geluidaandachtsgebied zijn kunnen buiten het te berekenen gebied vallen. Deze gebieden worden dan onderdeel van het geluidaandachtsgebied. Wegen of spoorwegen die binnen die gebieden liggen en die invloed kunnen hebben op het geluidaandachtsgebied buiten deze gebieden worden meegenomen bij het berekenen van het geluidaandachtsgebied.

1.2. Modellering Omgeving

In de berekening van een geluidaandachtsgebied wordt geen rekening gehouden met bestaande bebouwing of afschermende objecten, met uitzondering van bebouwing en objecten die als geluidbrongegeven voor die geluidbronsoort voor de bepaling van geluidproductieplafonds zijn opgenomen in het geluidregister.

1.3. Contourberekening

Geluidaandachtsgebieden worden berekend door middel van een berekening van geluidniveaus op een regelmatig grid. Op basis van lineaire algebraïsche interpolatie wordt de contour bepaald van de standaardwaarde voor die geluidbronsoort, waarbij geen afronding wordt gehanteerd. Dit houdt in dat bij een standaardwaarde van bijvoorbeeld 53 dB, de 53,00 contour de grootte van het geluidaandachtsgebied bepaalt.
De grideigenschappen zijn afhankelijk van de geluidbronsoort:

Tabel 1.3 Grideigenschappen

Grid	Geluidbronsoorten zonder geluidproductieplafonds	Geluidbronsoorten met geluidproductieplafonds
Rekenhoogte	10 m	30 m
Onderlinge afstand tussen gridpunten bij een afstand < 50 m van een emissiebron	Ten hoogste 10 m (raster van 10x10 m)	Ten hoogste 20 m (raster van 20x20 m)
Onderlinge afstand tussen gridpunten bij een afstand ≥ 50 m van een emissiebron	Ten hoogste 20 m (raster van 20x20 m)	Ten hoogste 50 m (raster van 50x50 m)

Er kan op aanvullende gridhoogtes worden gerekend. De hoogste waarde op een gridpunt wordt gebruikt voor het bepalen van de contour. Met de onderlinge afstand van gridpunten wordt de afstand bedoeld tussen punten op een regelmatig raster die op een horizontale of verticale lijn liggen. Deze afstand mag niet groter zijn dan de afstand in de tabel. Een kleinere afstand dan de afstand in de tabel is wel toegestaan.
Als de waarde van een geluidproductieplafond lager is dan de standaardwaarde voor die geluidbronsoort en er zijn geen afschermende voorzieningen aanwezig, dan wordt een aanvullende gridberekening uitgevoerd. Dit grid kent de eigenschappen gelijk aan die voor een grid bij geluidbronsoorten zonder geluidproductieplafonds. De minimale afmeting van het grid wordt begrensd door:

a. de as van de weg of spoorweg;
b. twee lijnen loodrecht op de as van de weg of spoorweg en op de halve afstand tot de in de lengterichting van de weg of spoorweg gezien naastliggende geluidreferentiepunten; en
c. een lijn tussen het referentiepunt en de naastgelegen referentiepunten.

Als er geen naastgelegen referentiepunten zijn wordt de minimale afmeting van het grid begrensd door:

a. de as van de weg of spoorweg en de lijn in het verlengde daarvan;
b. een lijn loodrecht op de as van de weg of spoorweg of het verlengde daarvan en op de halve afstand tussen het geluidreferentiepunt en het in de lengterichting van de weg of spoorweg gezien naastliggende geluidreferentiepunt; en
c. een maximale afstand van 50 m tot een bronregisterlijn.

Als een lokale spoorweg op grond van artikel 3.27, tweede lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving als onderdeel van de geluidbronsoort gemeentewegen wordt beschouwd, dan worden beide berekeningen op hetzelfde grid uitgevoerd. Na energetische optelling van de resultaten van de individuele gridpunten vindt de interpolatie plaats voor de bepaling van het geluidaandachtsgebied. De bijdrage van het geluid van stilstaande spoorvoertuigen op spoorwegemplacementen wordt op hetzelfde grid uitgevoerd als de berekening van het hoofdspoor. Na energetische optelling van de resultaten van de individuele gridpunten vindt de interpolatie plaats voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied.

1.4. Vaststellen contouren wegen zonder geluidproductieplafonds: geen verkeersgegevens

Wanneer voor lokale wegen waarvan een geluidaandachtsgebied moet worden bepaald geen verkeersgegevens bekend zijn en van die wegen de verkeersintensiteit hoger kan zijn dan 1.000 motorvoertuigen per etmaal, worden contouren bepaald met de volgende afstanden van de rand van de contour tot de weg:

−. Voor een weg, bestaande uit een of twee rijstroken en een maximumsnelheid van 30 km/u of minder: ten minste 100 m;
−. Voor een weg, bestaande uit een of twee rijstroken en een onbekende maximumsnelheid of een maximumsnelheid van meer dan 30 km/u: ten minste 200 m; en
−. Voor een weg, bestaande uit drie of meer rijstroken: ten minste 350 m.

1.5. Totale geluidaandachtsgebied

Het totale geluidaandachtsgebied van een geluidbronsoort is het gebied bepaald door de contourberekening en de gebieden waar niet gerekend is omdat op voorhand aannemelijk was dat deze gebieden onderdeel zijn van het geluidaandachtsgebied, dat voor wegen wordt aangevuld met de gebieden uit de contouren van wegen zonder verkeersgegevens.

2. Overdracht

2.1. Sectorhoek

Voor de indeling van de sectoren wordt uitgegaan van een vaste openingshoek van 2°.

2.2. Reflecties

Bij de berekeningen wordt uitgegaan van niet meer dan één reflectie per overdrachtspad.

2.3. Rekenafstanden

In tabel 2.3 zijn maximale rekenafstanden opgenomen. De maximale rekenafstand is de maximale afstand tussen bronpunt en gridpunt dat in de berekening moet worden meegenomen. Alleen als de afstand tussen bronpunt en gridpunt kleiner is dan de maximale rekenafstand, wordt die bron of het bronsegment meegenomen. Deze afstand wordt bepaald aan de hand van het totale overdrachtspad in het horizontale vlak (2D). De te hanteren maximale rekenafstand is voor verschillende geluidbronsoorten in de onderstaande tabel aangegeven.

Tabel 2.3 Maximale rekenafstanden

Geluidbronsoort	Maximale rekenafstand [m]
Wegen en spoorwegen zonder geluidproductieplafonds	1.500
Provinciale wegen met geluidproductieplafonds	3.500

Rijkswegen	5.000
Spoorwegen met geluidproductieplafonds	5.000
Industrieterreinen	Geen beperking

2.4. Hoogtemodellering

2.4.1. Voor wegen en spoorwegen

Voor de berekening van geluidsaandachtsgebieden worden alle objecten (wegen, spoorwegen, schermen en grid) met een maaiveldhoogte 0 gemodelleerd. Voor schermen en geluidwallen wordt de constructiehoogte gebruikt. Er wordt dus geen rekening gehouden met taluds, bruggen, maaiveldverloop van de omgeving of andere hoogteverschillen.

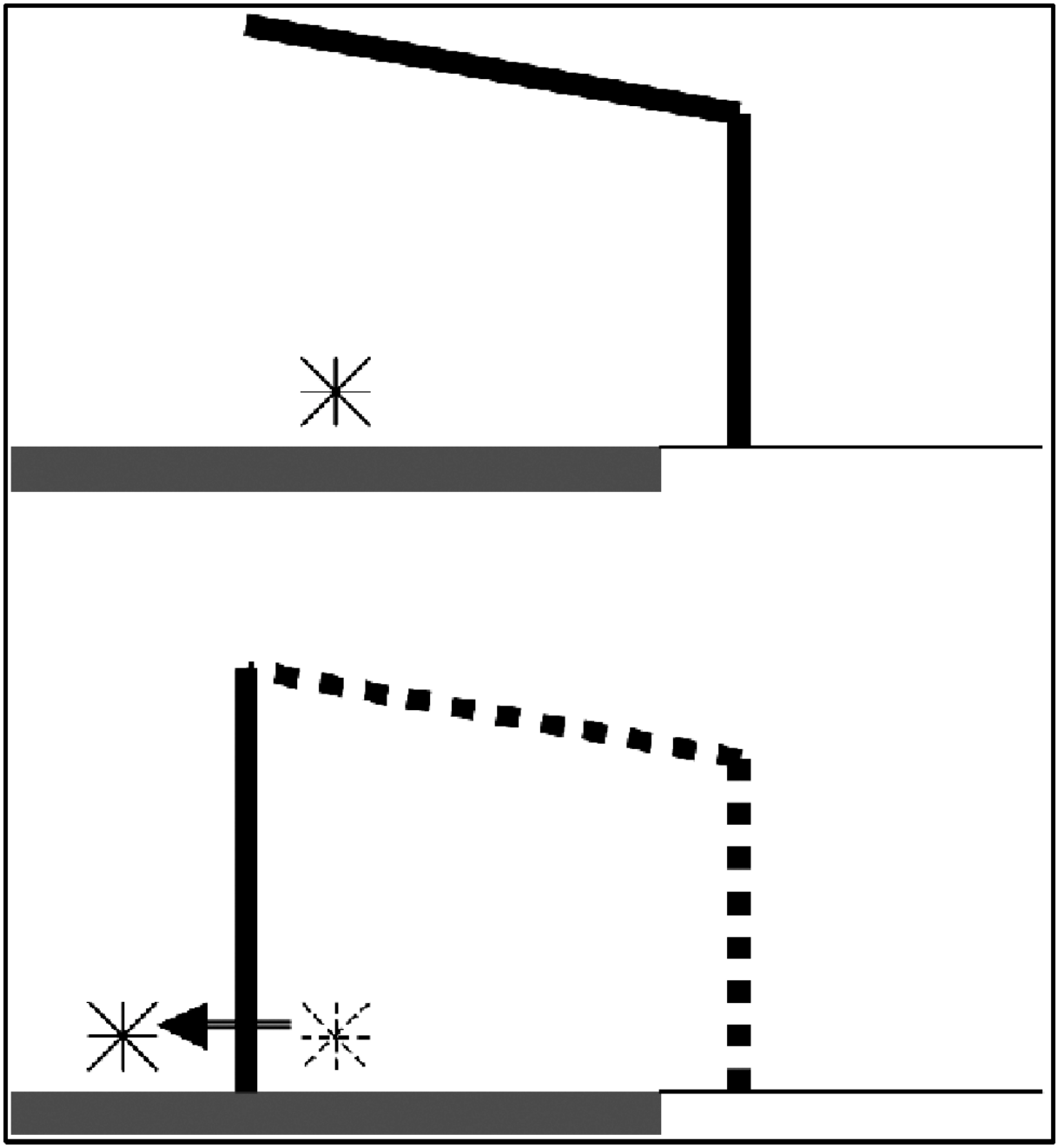
2.4.2. Voor industrieterreinen

Voor industrieterreinen wordt als maaiveldhoogte buiten het industrieterrein de gemiddelde maaiveldhoogte van het industrieterrein aangehouden. Voor de gemiddelde maaiveldhoogte op het industrieterrein kan worden uitgegaan van de werkelijke gemiddelde hoogte of 0 m.

2.5. Afscherming

2.5.1. Voor wegen met geluidproductieplafonds

Voor geluidschermen langs wegen wordt het absorptiespectrum vereenvoudigd tot $\alpha_{i=5}$, de waarde bij 1.000 Hz.
Bij schermen waarvan het reflecterende oppervlak loodrecht, of onder een helling die kleiner is dan 5°, op het aardoppervlak staat, wordt de niveaureductie ΔL_R berekend volgens de formules:
$\Delta L_{R,i} = -10\ lg\ (1 - \alpha_{i=5})$ *voor* $\alpha_{i=5} <= 0{,}2$
$\Delta L_{R,i} = -10\ lg\ [0{,}8 \cdot (1 - (\alpha_{i=5} - 0{,}2) / 0{,}6)]$ *voor* $0{,}2 < \alpha_{i=5} < 0{,}8$
Voor reflecterende objecten waarvoor geldt dat $\alpha_{i=5} >= 0{,}8$ wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.
Voor reflecterende objecten die zijn opgebouwd uit onderdelen met verschillende absorptie-eigenschappen wordt de waarde $\alpha_{i=5}$ oppervlakte-gewogen gemiddeld.
Bij schermen die onder een helling van meer dan 5° ten opzichte van het aardoppervlak staan en waarvan uit nader onderzoek is gebleken dat deze als absorberend kunnen worden beschouwd en bij geluidwallen, wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.
Gekromde schermen of luifels langs wegen worden gemodelleerd door middel van een vervangend verticaal scherm, waarvan de top overeenkomt met de top van het gekromde scherm of het uiteinde van de luifel. Als dit punt, bezien vanuit de voet van de luifel, voorbij de rijlijn ligt, wordt de rijlijn plaatselijk verschoven. De nieuwe positie van de bron is dan halverwege de binnenste wegrand en het vervangende verticale scherm zoals in onderstaande figuren is weergegeven.



2.5.2. Voor spoorwegen met geluidproductieplafonds

Geluidschermen en geluidwallen worden bij spoorwegen met de werkelijke hoogte gemodelleerd en er wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht. Het afschermende effect van een overkapping met dichte zijwanden wordt gemodelleerd identiek aan een tunnel. Van een overkapping zonder dichte zijwanden wordt geen afschermende werking in rekening gebracht.

2.6. Bodemdemping

2.6.1. Voor wegen met geluidproductieplafonds

Behalve de verharding van de weg wordt, voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied van wegen, uitgegaan van een akoestische absorptiefractie van 0,5. Ook (berm)sloten, pech- en vluchthavens, verzorgingsplaatsen met toe- en afritten en andere wegen, parkeerplaatsen en pleinen worden als gebied met een absorptiefactie van 0,5 beschouwd. De bodemdemping van de verharding van de weg wordt bepaald overeenkomstig de methode in bijlage IVe.

2.6.2. Voor spoorwegen met geluidproductieplafonds

Voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied van spoorwegen wordt uitgegaan van een akoestische absorptiefractie van 0,5.

2.6.3. Voor industrieterreinen

Behalve de bodem op het industrieterrein, wordt voor het bepalen van het geluidaandachtsgebied van een industrieterrein uitgegaan van een akoestisch absorptiefractie van 0,0.

2.6.4. Voor wegen en spoorwegen zonder geluidproductieplafonds

Bij het bepalen van het geluidaandachtsgebied wordt uitgegaan van een akoestisch absorptiefractie van 0,0.

3. Toelichting

Het doel van deze rekenmethode is om een gebied te definiëren waarbinnen er een kans kan zijn dat er een standaardwaarde wordt overschreden. In beginsel wordt er gerekend. Het kan echter zo zijn dat er gebieden zijn waarvan al vooraf duidelijk is dat er een grote kans is dat deze binnen het geluidaandachtsgebied zullen vallen. Een voorbeeld kan de bebouwde kom van een gemeente zijn. In dat geval hoeft er binnen dat gebied niet te worden gerekend. Buiten dat gebied is dat wel noodzakelijk. Geluidbronnen die binnen een dergelijk gebied liggen waar niet gerekend wordt, maar die wel een invloed kunnen hebben op het geluidaandachtsgebied moeten dan gemodelleerd worden. Als vuistregel kan het afstandscriterium uit tabel 2.3 gebruikt worden.
Het uitgangspunt van de berekening is een worst case benadering, zodat er niet ten onrechte gedetailleerd onderzoek achterwege wordt gelaten. Dit houdt in dat het mogelijk is dat bij realisatie van een geluidgevoelige bestemming binnen het geluidaandachtsgebied alsnog blijkt dat de standaardwaarde niet wordt overschreden.
Er is voor gekozen om uit te gaan van een plat model met betrekking tot het maaiveld. Het veranderen van omgeving rond een bron heeft dan geen gevolgen voor het geluidaandachtsgebied. Daarnaast wordt er uitgegaan van twee gridhoogtes. Voor bronnen met geluidproductieplafonds is de gridhoogte dusdanig gekozen dat er voor hoogbouw langs wegen met geluidschermen of nabij industrieterreinen geen risico is van overschrijding van de standaardwaarde buiten het geluidaandachtsgebied. Bij bronnen zonder geluidproductieplafonds worden geluidafschermende objecten niet meegenomen en is het niet noodzakelijk om op grotere hoogte te rekenen. Daarnaast kan de contour bij bronnen met relatief lage emissie op een lagere hoogte groter zijn vergeleken met een contour berekend op hogere hoogte. De bepaling dat aanvullende hoogten kunnen worden berekend is voor het geval er bronnen zijn waar dit specifiek voor noodzakelijk wordt geacht.
Als er geluidproductieplafonds zijn in situaties zonder geluidbeperkende werken of bouwwerken die zijn geplaatst om het geluid door de weg op een geluidgevoelig gebouw te beperken, dan kan uit de waarde op het geluidreferentiepunt al blijken dat een gridhoogte van 30 m te hoog is. In dat geval wordt een aanvullende berekening voorgeschreven met een gridhoogte van 10 m en een hogere puntdichtheid.

Bijlage IVd. (rekenmethode basisgeluidemissie en geluidemissie in I_{den})

1. Regels voor het berekenen van de geluidemissie in L_{den}

1.1. Begrippen

rijlijn: lijn die de plaats van de geluidafstraling van een emissietraject van de motorvoertuigen representeert;
bronlijn: lijn die de geluidafstraling van een emissietraject van spoorvoertuigen representeert;
GE_{weg}: basisgeluidemissie of geluidemissie in L_{den} voor de geluidbronsoort wegen;
GE_{spoor}: basisgeluidemissie of geluidemissie in L_{den} voor de geluidbronsoort lokale spoorwegen.

1.2. Geluidemissie van wegen

1.2.1. Deelemissie lokale spoorwegen onderdeel van de weg

Per bronhoogte wordt de emissie bepaald volgens formule 2.1 van bijlage IVf bij deze regeling. De emissie van een bronlijn k voor periode p (dag, avond en nacht) wordt berekend volgens de formule:

$$L_{R_{k,p}} = 10 \cdot lg\left(\sum_{i=1}^{8} 10^{L_{E,i}^{bs}/10} + 10^{L_{E,i}^{as}/10} + 10^{L_{E,i}^{2m}/10} + 10^{L_{E,i}^{4m}/10} + 10^{L_{E,i}^{5m}/10}\right)$$

1.2.2. Deelemissie wegverkeer

De emissie per rijlijn k voor periode p (dag, avond of nacht) wordt bepaald volgens formule 2.3 van bijlage IVe bij deze regeling, waarbij

$$C_{H_m}$$

niet in deze berekening wordt meegenomen. De geluidemissie

$$L_{R_{k,p}}$$

voor een rijlijn k wordt berekend volgens de formule:

$$L_{R_{k,p}} = 10 \cdot \lg\left(\sum_{m=lv}^{zw} \sum_{i=i}^{8} 10^{L_{E_{i,m}}/10}\right)$$

1.2.3. Geluidemissie van een weg

De geluidemissie van een weg wordt bepaald door de energetische som van de individuele (uurgemiddelde) emissies van rijlijnen of bronlijnen (k) die tot één weg behoren volgens de formule:

$$GE_{weg} = 10 \cdot lg\left(\sum_{k=1}^{n}\left(\frac{12}{24} \cdot 10^{\left(L_{R_{k,dag}}/10\right)} + \frac{4}{24} \cdot 10^{\left(\left(L_{R_{k,avond}}+5\right)/10\right)} + \frac{8}{24} \cdot 10^{\left(\left(L_{R_{k,nacht}}+10\right)/10\right)}\right)\right)$$

1.3. Geluidemissie lokale spoorwegen geen onderdeel van de weg

Per bronhoogte wordt de emissie bepaald volgens formule 2.1 van bijlage IVf bij deze regeling. De totale emissie van een bronlijn k voor periode p (dag, avond en nacht) wordt berekend volgens de formule:

$$L_{S_{k,p}} = 10 \cdot lg\left(\sum_{i=1}^{8} 10^{L_{E,i}^{bs}/10} + 10^{L_{E,i}^{as}/10} + 10^{L_{E,i}^{2m}/10} + 10^{L_{E,i}^{4m}/10} + 10^{L_{E,i}^{5m}/10}\right)$$

De totale geluidemissie van een spoorweggedeelte bestaat uit de som van de spoorbaandelen k per periode gewogen naar een L_{den} waarde en wordt berekend volgens de formule:

$$GE_{spoor} = 10 \cdot lg\left(\sum_{k=1}^{n}\left(10^{\left(L_{S_{k,dag}}/10\right)} + 10^{\left(\left(L_{S_{k,avond}}+5\right)/10\right)} + 10^{\left(\left(L_{S_{k,nacht}}+10\right)/10\right)}\right)\right)$$

2. Kwalitatieve bepaling verschillen geluidemissies

Op grond van artikel 11.47 van het Besluit kwaliteit leefomgeving mag het verschil tussen de geluidemissie in L_{den} en de basisgeluidemissie in bepaalde gevallen worden geschat in plaats van berekend. In artikel 12.71d van deze regeling is bepaald op welke manier het verschil in dat geval geschat moet worden.

3. Detaillering invoergegevens

Voor het bepalen van een geluidemissie in L_{den} wordt voor de modellering van wegdektypen en bovenbouwtype uitgegaan van de representatieve deklaag of bovenbouwconstructie voor dat weg- of spoorgedeelte. Korte onderbrekingen in wegdek of bovenbouw type, zoals een drempel met klinkers in een asfaltweg, worden buiten beschouwing gelaten.
Voor het bepalen van de geluidemissie in L_{den}kan een vereenvoudigde modellering van kruisingen en rotondes worden toegepast.
Bij het bepalen van de geluidemissie in L_{den} kunnen meerdere rijlijnen behorende bij een weg als één rijlijn worden beschouwd. Bij het bepalen van de geluidemissie in L_{den} kunnen meerdere bronlijnen behorende bij een spoorweg of weg als één bronlijn worden beschouwd.
Er wordt geen gebruik gemaakt van standaard invoerwaarden of veronderstellingen, tenzij de verzameling van werkelijke gegevens met onevenredig hoge kosten gepaard gaat.

4. Toelichting

De geluidemissie in L_{den} wordt gebruikt om het verschil met de basisgeluidemissie te monitoren. Alleen parameters die van invloed zijn op de emissie zijn hierbij van belang. Er geldt één geluidemissie in L_{den} voor een wegvak. Een wegvak kan bestaan uit een enkele rijlijn of bronlijn, maar ook uit combinaties van meerdere rijlijnen of bronlijnen.
In veel gevallen zal er bij het bepalen van de geluidemissie in L_{den} alleen een andere verkeersintensiteit zijn ten opzichte van de basisgeluidemissie (voertuigverdeling, snelheden en wegdekverharding blijven gelijk).

Bijlage IVe. (meet- en rekenmethode geluid wegen)

1. Inleiding

Deze meet- en rekenmethode is bedoeld voor het bepalen van het geluid door wegen.

2. Standaardrekenmethode

2.1. Begrippen

In dit hoofdstuk wordt verstaan onder:

bronpunt: snijpunt van een sectorvlak met een rijlijnsegment;

openingshoek van een sector: hoek tussen de begrenzingvlakken van een sector in het horizontale vlak;

rijlijn: lijn, op 0,75 m boven wegdekhoogte, die de plaats van de afstraling van het geluid van een geluidemissietraject of een deel daarvan representeert;

rijlijnsegment: rechte verbindingslijn tussen de snijpunten van een rijlijn met de grensvlakken van een sector;

sector: ruimte begrensd door twee verticale halfvlakken waarvan de grenslijnen samenvallen met de verticaal door het waarneempunt;

sectorvlak: bissectricevlak van de twee grensvlakken van een sector;

totale openingshoek: som van de openingshoeken van alle sectoren die voor het bepalen van het equivalente geluidniveau in dB(A) van belang zijn;

verkeersintensiteit: aantal motorvoertuigen van een categorie motorvoertuigen dat jaarlijks per uur, gemiddeld over een etmaalperiode, passeert;

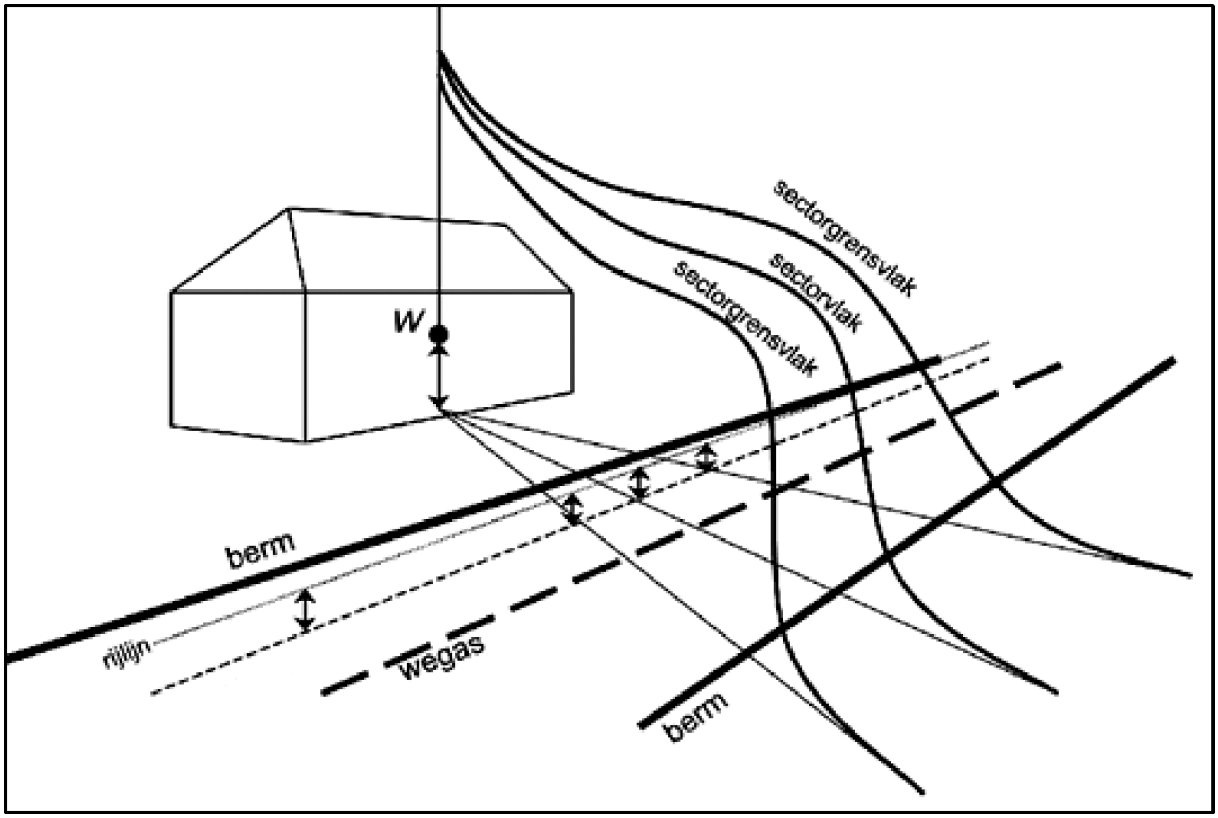
waarneempunt: punt waarvoor het equivalente geluidniveau in dB(A), het L_{Aeq}, bepaald moet worden; als deze bepaling dient ter vaststelling van de geluidbelasting van een gevel, dan ligt dit punt in het betrokken gevelvlak;

zichthoek: hoek waaronder een object (gevel, scherm, weggedeelte en dergelijke) in horizontale projectie wordt gezien vanuit het waarneempunt.

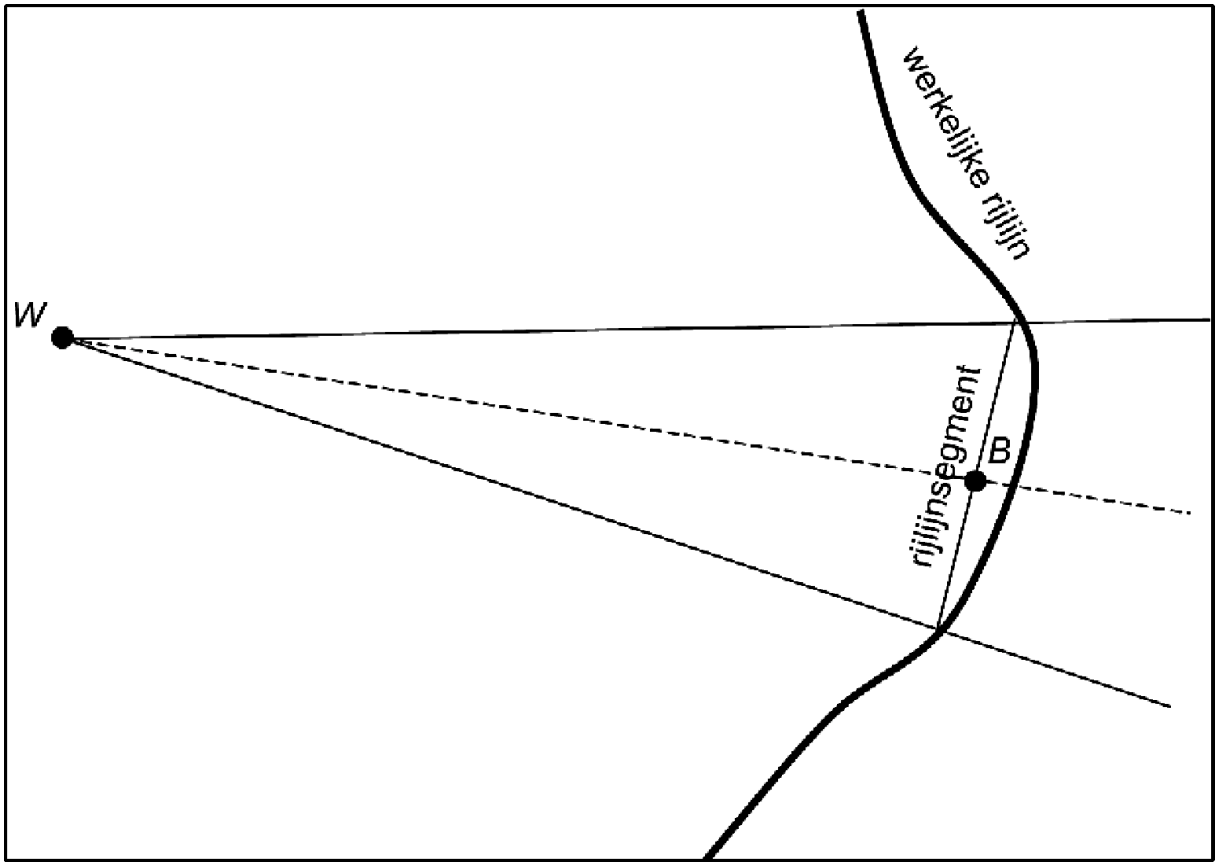
Voor de toepassing van dit hoofdstuk worden de volgende categorieën motorvoertuigen onderscheiden:

a. categorie lv (lichte motorvoertuigen): motorvoertuigen op drie of meer wielen, met uitzondering van de in categorie mv en categorie zv bedoelde motorvoertuigen;
b. categorie mv (middelzware motorvoertuigen): gelede en ongelede autobussen, en andere motorvoertuigen die ongeleed zijn en voorzien van een enkele achteras waarop vier banden zijn gemonteerd;
c. categorie zv (zware motorvoertuigen): gelede motorvoertuigen, en motorvoertuigen die zijn voorzien van een dubbele achteras, met uitzondering van autobussen.

Als gebruik wordt gemaakt van automatische telapparatuur met een andere dan de hierboven genoemde categorie-indeling, zijn deze tellingen toepasbaar als van deze automatische telapparatuur is aangetoond dat het berekende, op tienden van decibellen afgeronde equivalente geluidniveau niet meer dan 0,5 dB afwijkt bij voor de betreffende wegtype representatieve verkeerssamenstelling.



Figuur 2.1 Illustratie bij de begripsbepalingen.



Figuur 2.2 Illustratie bij het begrip rijlijnsegment.

2.2. De hoofdformule

Het equivalente geluidniveau in dB(A), het L_{Aeq}, wordt berekend volgens de (2.1)

$$L_{Aeq} = 10\lg \sum_{i=1}^{8} \sum_{j=1}^{J} \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=lv}^{zv} 10^{L_{eq,i,j,n,m}/10}$$

waarbij $L_{eq,i,j,n,m}$ de bijdrage is aan het L_{Aeq} in één octaaf (index *i*), van één sector (index *j*), van één bronpunt (index *n*) en van één voertuigcategorie (index *m*).

$L_{eq,i,j,n,m}$ wordt berekend volgens de formule:

$L_{eq,i,j,n,m} = L_E + \Delta L_{OP} + \Delta L_{GU} - \Delta L_L - \Delta L_B - C_M - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58{,}6$	(2.2)

Met:

L_E: het geluidemissiegetal	§ 2.4
ΔL_{OP}: de optrektoeslag[1]	§ 2.5
ΔL_{GU}: de geometrische uitbreidingsterm	§ 2.6
ΔL_L: de luchtdemping	§ 2.7
ΔL_B: de bodemdemping	§ 2.8
C_M: de meteocorrectieterm van de te beschouwen periode ($C_M=C_d$ voor de dagperiode, $C_M=C_{en}$voor de avond- en nachtperiode):	§ 2.9
ΔL_{SW}: de schermwerking[1] [2]	§ 2.10
ΔL_R: de niveaureductie ten gevolge van reflecties[1] [3]	§ 2.11

[1] Als dat van toepassing is.
[2] Als dat van toepassing is.
[3] Als dat van toepassing is.

Er wordt gesommeerd over de octaafbanden met indices *i* = 1 tot en met *i* = 8 en middenfrequenties respectievelijk 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 en 8.000 Hz.

De sectorindeling is zo dat de geometrie en de verkeerssituatie in een sector goed worden beschreven met de geometrie en de verkeerssituatie in het sectorvlak. Hierbij wordt uitgegaan van een vaste openingshoek. Deze openingshoek is 2°. De hoeken van de sectorvlakken worden bepaald door de even hoeken in een windroos (0°, 2°, 4°, etcetera). Bij bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt afgeweken van deze sectorindeling (zie 2.6).

Het aantal bronpunten *N* binnen één sector wordt bepaald door het aantal keer dat het sectorvlak een rijlijn (segment) snijdt.

De sommatie aangegeven met de index *m* vindt plaats over de drie onderscheiden voertuigcategorieën, te weten: lichte (*m* = lv), middelzware (*m* = mv) en zware (*m* = zv) motorvoertuigen. Als andere categorieën dan de hiervoor genoemde categorieën akoestisch relevant zijn, dan kan de sommatie worden uitgebreid met deze categorieën.

2.3. Reflecties

Als zich binnen een sector objecten met een verticaal, hard oppervlak bevinden, die voldoen aan de hieronder gestelde voorwaarden, dan wordt het L_{Aeq} ook bepaald door het geluid dat via reflecties het waarneempunt bereikt. De bijdrage van deze reflecties aan het L_{Aeq} wordt in rekening gebracht voor het sectordeel dat zich, gezien vanuit het waarneempunt, achter dat reflecterend oppervlak bevindt, te vervangen door zijn spiegelbeeld ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Als het reflecterend oppervlak niet verticaal is, dan wordt:

- voor de bodemdemping (paragraaf 2.8) de spiegeling in het horizontale vlak uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus gelijk;
- voor de schermwerking van objecten gezien vanuit de spiegelbron (spiegelend oppervlak niet meegenomen) wordt (paragraaf 2.10) de spiegeling in drie dimensies uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus niet noodzakelijkerwijs gelijk. De hoogte van de spiegelbron wordt bepaald door een volledige 3D-analyse van de reflectie.

Om als reflecterend oppervlak te worden aangemerkt doorsnijdt het vlak, of een aaneengesloten samenstel van vlakken, de gehele sectorhoek.

Als het reflecterend oppervlak uit een samenstel van vlakken bestaat wordt het vlak dat wordt doorsneden gebruikt voor de spiegeling van het bronpunt. Als het sectorvlak een object of samenstel van objecten precies op de grens tussen twee vlakken of objecten doorsnijdt wordt het bronpunt gespiegeld in het vlak dat het meest haaks staat op het sectorvlak.

Nader onderzoek naar de invloed van reflecties op het L_{Aeq} is vereist als het reflecterend oppervlak oneffenheden bevat waarvan de afmetingen van dezelfde orde van grootte zijn als de afstand van het vlak tot het waarneempunt of de afstand van het vlak tot het bronpunt.

Bij de berekeningen wordt standaard uitgegaan van één reflectie. In geval van berekeningen met meervoudige reflecties wordt de spiegeling herhaald toegepast.

2.4. Het geluidemissiegetal L_E

Bij de bepaling van het geluidemissiegetal L_E wordt gebruik gemaakt van de indeling in voertuigcategorieën als bedoeld in onderdeel 2.1 van deze bijlage. Voor de berekening van L_E zijn de volgende gegevens nodig:

Q: de gemiddelde intensiteit van de voertuigcategorie [h^{-1}];
v_m: de representatief te achten gemiddelde snelheid van de voertuigcategorie [km/u];
v_0: de referentiesnelheid van de voertuigcategorie, deze bedraagt voor lv 80 km/u en voor mv en zv 70 km/u [km/u];
C_{wegdek}: de wegdekcorrectie [dB(A)];
C_H: de hellingcorrectie [dB(A)].

De berekening verloopt volgens de formule:

$$L_{E_{i,m}} = 10\lg\left(\frac{Q_m}{v_m}\right) + \alpha_{i,m} + \beta_{i,m}\lg\left(\frac{v_m}{v_{0,m}}\right) + C_{wegdek_{i,m}} + C_{H_m} \quad (2.3)$$

waarin:
$\alpha + \beta \cdot lg(v/v_0)$ het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau van de voertuigcategorie is en C_{wegdek} de emissiecorrectie voor verschillende wegdektypen.

2.4.1. Het A-gewogen equivalente bronvermogensniveau.

De waarden van emissiekentallen α en β zijn gegeven in de tabel 2.1 en tabel 2.2 als functie van de octaafband en de voertuigcategorie. De getallen gelden voor horizontale weggedeelten met een wegverharding van dicht asfaltbeton.

Tabel 2.1 Emissiekental α als functie van voertuigcategorie m en octaafband *i*

Octaafbandindex (*i*)	*α*		
	m = lv	*m* = mv	*m* = zv

1	69,8	77,9	79,3
2	80,1	87,1	89,1
3	86,6	94,6	96,3
4	94,5	103,8	105,9
5	103,3	105,3	107,6
6	98,5	99,1	100,6
7	89,5	92,9	94,3
8	77,7	83,9	84,6

Tabel 2.2 Emissiekental β als functie van voertuigcategorie m en octaafband *i*

Octaafbandindex (*i*)	*β*		
	m = lv	*m* = mv	*m* = zv
1	15,2	29,7	10,8
2	27,6	26,6	18,1
3	23,1	32,2	24,3
4	29,1	44,1	33,0
5	40,4	42,9	36,1
6	40,1	35,9	28,0
7	37,0	29,8	20,2
8	34,8	29,3	17,8

Als het in rekening brengen van motorfietsen en bromfietsen noodzakelijk wordt geacht, kan dit gebeuren door het introduceren van extra voertuigcategorieën in de formule 2.1. De emissiekentallen *α* en *β* voor motorfietsen en bromfietsen zijn gegeven in tabel 2.2a en kunnen gebruikt worden in formule 2.3. De referentiesnelheid v_0 is voor motorfietsen 80 km/u voor bromfietsen is de (fictieve) referentiesnelheid 1 km/u.

Tabel 2.2a Emissiekental α en β voor motorfietsen en bromfietsen als functie van octaafband *i*

Octaafbandindex (*i*)	Motorfietsen		Bromfietsen	
	α	*β*	*α*	*β*
1	82	29	60	0
2	90	29	75	0
3	97	29	86	0
4	99	29	93	0
5	96	29	97	0
6	96	29	96	0

7	93	29	94	0
8	87	29	91	0

2.4.2. De wegdekcorrectie C_{wegdek}

Voor een wegdektype dat afwijkt van het referentiewegdek (dicht asfaltbeton of SMA 0/11) wordt een correctie op het A-gewogen equivalente bronvermogen in rekening gebracht. De wegdekcorrectie Cwegdek is het verschil tussen het geluidemissiegetal dat is gebaseerd op dicht asfaltbeton en het geluidemissiegetal bepaald voor het afwijkende wegdektype. De wegdekcorrectie is in het algemeen afhankelijk van de verkeerssamenstelling en de snelheid en wordt beschreven met de volgende verhouding:

$$C_{wegdek_{i,m}} = \sigma_{i,m} + \tau_m \lg\left(\frac{v_m}{v_{0,m}}\right) \qquad (2.4)$$

met:

v_0: is de referentiesnelheid in km/u: 80 km/u voor lichte motorvoertuigen (m = lv) en 70 km/u voor middelzware en zware motorvoertuigen (m = mv, resp. m = zv);

$\sigma_{m,i}$: verschil in dB(A) bij de referentiesnelheid v_0;

τ_m: snelheidsindex in dB(A) per decade snelheidstoename.

De coëfficiënten $\sigma_{m,i}$ en τ_m zijn gegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3a Coëfficiënten $\sigma_{m,i}$ en τ_m voor de C_{wegdek} voor lichte motorvoertuigen

Vo	Wegdektype	$\sigma_{lv,i}$								τ_{lv}
		i=1	*i*=2	*i*=3	*i*=4	*i*=5	*i*=6	*i*=7	*i*=8	
1	Referentiewegdek	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1L ZOAB	0,5	3,3	2,4	3,2	-1,3	-3,5	-2,6	0,5	-6,5
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	1,7	2,0	-0,3	1,6	-5,4	-5,9	-4,3	-2,4	-12,1
4	2L ZOAB	0,4	2,4	0,2	-3,1	-4,2	-6,3	-4,8	-2,0	-3,0
5	2L ZOAB fijn	-1,0	1,7	-1,5	-5,3	-6,3	-8,5	-5,3	-2,4	-0,1
6	SMA 0/5	1,1	-1,0	0,2	1,3	-1,9	-2,8	-2,1	-1,4	-1,0
7	SMA 0/8	0,3	0,0	0,0	-0,1	-0,7	-1,3	-0,8	-0,8	-1,0

8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	2,9	1,2	-0,3	-0,5	-2,8	-2,9	-1,1	-0,8	-4,8
9	Uitgeborsteld beton	1,1	-0,4	1,3	2,2	2,5	0,8	-0,2	-0,1	1,4
10	Geoptimaliseerd uitgeborsteld beton	-0,2	-0,7	0,6	1,0	1,1	-1,5	-2,0	-1,8	1,0
11	Fijngebezemd beton	1,1	-0,5	2,7	2,1	1,6	2,7	1,3	-0,4	7,7
12	Oppervlakbewerking	1,1	1,0	2,6	4,0	4,0	0,1	-1,0	-0,8	-0,2
13	Elementenverharding keperverband	8,3	8,7	7,8	5,0	3,0	-0,7	0,8	1,8	2,5
14	Elementenverharding niet in keperverband	12,3	11,9	9,7	7,1	7,1	2,8	4,7	4,5	2,9
15	Stille elementenverharding	7,8	6,3	5,2	2,8	-1,9	-6,0	-3,0	-0,1	-1,7
16	Dunne deklagen A	3.8	0,6	-2,5	-1,6	-4,4	-4,5	-2,2	-2,3	-8,2
17	Dunne deklagen B	3,6	0,4	-2,7	-2,0	-5,2	-5,4	-2,7	-2,5	-9,8

Tabel 2.3b Coëfficiënten $\sigma_{m,i}$ en τ_m voor de C_{wegdek} voor (middel)zware motorvoertuigen

Volgnr	Wegdektype	$\sigma_{(m)zv,i}$								$\tau_{m(z)v}$
		i=1	*i*=2	*i*=3	*i*=4	*i*=5	*i*=6	*i*=7	*i*=8	
1	Referentiewegdek	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	1L ZOAB	0,9	1,4	1,8	-0,4	-5,2	-4,6	-3,0	-1,4	0,2
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	0,9	0,4	0,3	-0,3	-6,1	-4,3	-3,2	-2,9	-8,4
4	2L ZOAB	0,4	0,2	-0,7	-5,4	-6,3	-6,3	-4,7	-3,7	4,7
5	2L ZOAB fijn	1,0	0,1	-1,8	-5,9	-6,1	-6,7	-4,8	-3,8	-0,8
6	SMA 0/5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

7	SMA 0/8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	-0,2	-0,6	-0,6	-1,4	-1,9	-1,1	-0,6	-1,1	-2,6
9	Uitgeborsteld beton	0,0	1,1	0,4	-0,3	-0,2	-0,7	-1,1	-1,0	4,4
10	Geoptimaliseerd uitgeborsteld beton	-0,3	1,0	-1,7	-1,2	-1,6	-2,4	-1,7	-1,7	-6,6
11	Fijngebezemd beton	0,0	3,3	2,4	1,9	2,0	1,2	0,1	0,0	3,7
12	Oppervlakbewerking	0,0	2,0	1,8	1,0	-0,7	-2,1	-1,9	-1,7	1,7
13	Elementenverharding keperverband	8,3	8,7	7,8	5,0	3,0	-0,7	0,8	1,8	2,5
14	Elementenverharding niet in keperverband	12,3	11,9	9,7	7,1	7,1	2,8	4,7	4,5	2,9
15	Stille elementenverharding	0,2	0,7	0,7	1,1	1,8	1,2	1,1	0,2	0,0
16	Dunne deklagen A	0,7	-0,1	-0,4	-1,4	-2,7	-2,7	-1,7	-1,9	-8,5
17	Dunne deklagen B	0,7	-0,1	-0,4	-1,4	-2,7	-2,7	-1,7	-1,9	-8,5

In hoofdstuk 4 is de procedure voor het vaststellen van een C_{wegdek} voor een wegdekproduct gegeven. Wegdekproducten worden op basis van deze procedure ingedeeld in één van bovenstaande wegdektypen. Voor het bepalen van nieuwe wegdektypen wordt ook gebruik gemaakt van de procedure in hoofdstuk 4.

2.4.3. De hellingcorrectie C_H

Als het stijgend gedeelte van het verkeer een helling van ten minste 3% moet overwinnen over een hoogteverschil van ten minste 6 m, dan wordt de volgende hellingcorrectie C_H in rekening gebracht:

Tabel 2.4 De hellingcorrectie C_H voor de verschillende voertuigcategorieën

m	C_H
lv	$C_H = 0{,}25p_h - 0{,}75$
mv	$C_H = 0{,}5p_h - 1{,}5$
zv	

waarin:

p_h het hellingspercentage van het wegvak is.

2.4.4. Stalen kunstwerken

Bij stalen kunstwerken, waarbij redelijkerwijs een verhoogde emissie verwacht wordt, wordt de toename van de emissie ten gevolge van de invloed van het kunstwerk in rekening gebracht met een geluidemissietoeslag. Voor de hoogte van deze toeslag is nader onderzoek noodzakelijk.

2.5. Optrektoeslag ΔL_{OP}

De optrektoeslag ΔL_{OP} is een correctieterm ten gevolge van het afremmen en optrekken van het verkeer door de aanwezigheid van een kruispunt of een situatie die de gemiddelde snelheid van het verkeer sterk beperkt. De optrektoeslag ten gevolge van deze snelheidsbeperkende maatregelen wordt alleen toegepast als ten gevolge van die obstakels de gemiddelde snelheid van de voertuigen ten minste wordt gehalveerd. De correctieterm geeft een toeslag weer ten opzichte van verkeer dat rijdt met een constante snelheid van 50 km/u. De optrektoeslag is het maximum van twee correctietermen, volgens de formule:

$$\Delta L_{OP,m} = \max (\Delta L_{kruispunt,m}; \Delta L_{obstakel,m}) \quad (2.5)$$

met:

$\Delta L_{kruispunt,m}$: de toeslag door een kruispunt;

$\Delta L_{obstakel,m}$: de toeslag door een situatie die de gemiddelde snelheid sterk beperkt.

Bij 'modelleringsnelheden' die afwijken van 50 km/u moet nader onderzoek plaatsvinden naar de hoogte van de optrektoeslag. Bij een modelleringssnelheid van 30 km/u wordt geen optrektoeslag gehanteerd.

2.5.1. De kruispunttoeslag $\Delta L_{kruispunt}$

Bij de berekening van de kruispunttoeslag $\Delta L_{kruispunt}$ wordt onderscheid gemaakt naar verschillende typen kruispunt.
Het type van een kruispunt wordt bepaald met behulp van de volgende drie criteria:

1. de orde van het kruispunt:
   a. een kruispunt is van de eerste orde als ten minste drie van de op het kruispunt aansluitende weggedeelten een totale intensiteit van 2.500 motorvoertuigen per etmaal hebben;
   b. een kruispunt is van de tweede orde als twee van de op het kruispunt aansluitende weggedeelten een totale intensiteit van 2.500 motorvoertuigen per etmaal hebben;
2. de verkeersregeling op het kruispunt. Zijn verkeerslichten afwezig of niet in werking, dan spreekt men van een ongeregeld kruispunt. In alle andere gevallen van een geregeld kruispunt;
3. de intensiteitverhouding van de kruisende verkeersstromen. Als deze verhouding tussen de 1/3 en 3 ligt, is er sprake van een gelijkwaardig kruispunt, in alle andere gevallen van een ongelijkwaardig kruispunt. Een voorrangskruising is in alle gevallen ongelijkwaardig.

Voor de berekening van de kruispunttoeslag $\Delta L_{kruispunt}$ zijn de volgende gegevens nodig:

a: de afstand van het waarneempunt tot het snijpunt van de betrokken rijlijn met het verlengde van de dichtstbijzijnde wegrand van het kruisende weggedeelte [m];

q: het type kruispunt (dat wil zeggen de orde, de verkeersregeling en de intensiteitverhouding).

Bij ongeregelde kruispunten wordt geen kruispunttoeslag in rekening gebracht.
De berekening voor geregelde kruispunten gebeurt op de volgende manier.

Voor lichte motorvoertuigen (lv):

$$\Delta L_{kruispunt} = 0 \quad \text{voor } a \leq 150\text{m} \quad (2.6)$$

Voor middelzware (mv) en zware voertuigen (zv):

$$\Delta L_{kruispunt} = q(2{,}4 - 0{,}016a) \quad \text{voor } a > 150\text{m} \quad (2.7)$$

waarbij q afhankelijk is van het type kruispunt. De waarde van q volgt uit tabel 2.5.

Voor alle voertuigcategorieën geldt:

$\Delta L_{kruispunt} = 0$	voor a > 150m	(2.8)

Ligt het waarneempunt in de invloedssfeer van meerdere kruispunten, dan wordt alleen de hoogste kruispunttoeslag in rekening gebracht.

Tabel 2.5 De kruispuntkentallen q als functie van het type kruispunt

Orde van het kruispunt	Gelijkwaardig kruispunt	Ongelijkwaardig kruispunt
Eerste	1	2/3 (1/2[1])
Tweede	1 (2/3[1])	1/2[2]

[1] In geval van een groene golf.
[2] Hierin zijn ook met verkeerslichten beveiligde voetgangersoversteekplaatsen begrepen.

2.5.2. Obstakeltoeslag $\Delta L_{obstakel}$

De toeslag voor de aanwezigheid van een situatie die de snelheid sterk beperkt $\Delta L_{obstakel}$ wordt toegepast tot 100 m van de oorzaak van de snelheidsbeperking. Deze correctie wordt toegepast als ten gevolge van de obstakel de gemiddelde snelheid van het verkeer ten minste wordt gehalveerd en het verkeer ten gevolge van de obstakel afremt en weer optrekt. Deze toeslag wordt op de volgende manier berekend:

Voor middelzware (mv) en zware motorvoertuigen (zv):

$\Delta L_{obstakel} = 0$	(2.9)

Voor lichte motorvoertuigen (lv):

$\Delta L_{obstakel} = 1 - 0{,}01a$	(2.10)

met: a = de afstand van het waarneempunt tot het midden van de obstakel [m].

Voor alle voertuigcategorieën geldt:

$\Delta L_{obstakel} = 0$	voor a > 100m	(2.11)

Als meerdere snelheidsbeperkingen in rekening zouden kunnen worden gebracht, wordt alleen de meest dichtstbijzijnde snelheidsbeperking beschouwd.

2.6. De geometrische uitbreidingsterm ΔL_{GU}

Voor de berekening van de geometrische uitbreidingsterm zijn de volgende gegevens nodig:

R_0: de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindingslijn (in 3D) [m].
Θ:de hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment (in graden).
Φ: de openingshoek van de sector (in graden).

Voor bronnen met een afmeting groter dan een sectorhoek worden de hoeken Θ en Φ bepaald op basis van het vlak gevormd door het waarneempunt en de snijpunten van de sectorgrensvlakken met de bron. Als het eindpunt van een bron binnen een sector valt wordt het eindpunt van de bron genomen als snijpunt om de hoek Φ te bepalen. Als een rijlijn segment doorloopt tot de volgende sectorhoek, maar daar niet dat volgende sectorvlak doorsnijdt wordt het eindpunt van dat segment genomen om de hoeken Φ te bepalen. Bronnen (met een afmeting groter dan een sectorhoek) hebben geen bijdrage in een sectorhoek als er geen snijpunt is tussen sectorvlak en bron.

Voor bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt de bijdrage van de bron berekend door uit te gaan van het midden van die bron voor de bepaling van het sectorvlak. Het begin en eindpunt van de bron wordt gebruikt voor de bepaling van de hoek Φ.

De berekening van ΔL_{GU} verloopt volgens de formule:

$$\Delta L_{GU} = 10\lg\left(\frac{\Phi}{R_0 \sin(\Theta)}\right) \quad (2.12)$$

Als de hoek Θ een waarde aanneemt die gelijk is aan 0 is nader onderzoek vereist ter bepaling van de term ΔL_{GU}.

2.7. De luchtdemping ΔL_L

Voor de berekening van ΔL_L is het volgende gegeven nodig:

R_0: de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindingslijn [m].

De berekening verloopt als volgt:

$$\Delta L_L = R_0 \delta_{lucht_i} \quad (2.13)$$

waarbij δ_{lucht} de luchtdempingscoëfficiënt is. De waarde van δ_{lucht} wordt gegeven in tabel 2.6.

Tabel 2.6 De luchtdempingscoëfficiënt δ_{lucht} als functie van de octaafband *i*

Octaafbandindex (i)	δ_{lucht}[dB/m]
1	0
2	0
3	0,001
4	0,002
5	0,004
6	0,010
7	0,023
8	0,058

2.8. De bodemdemping ΔL_B

Bij de bepaling van de bodemdemping ΔL_B wordt de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt (symbool *R*) verdeeld in drie afzonderlijke delen:

- een brongebied;
- een waarneemgebied;
- en een middengebied.

Bron- en waarneemgebied hebben elk een lengte van 70 m. Het resterende gedeelte van de afstand *R* tussen bron- en waarneempunt is het middengebied. Als de afstand *R* kleiner is dan 140 m, dan is de lengte van het middengebied nihil. Als de afstand *R* kleiner is dan 70 m, dan zijn de lengtes van bron- en waarneemgebied beide gelijk aan de afstand *R*.

Voor elk van de drie gebieden wordt de gemiddelde (bodem)absorptiefractie bepaald. De gemiddelde absorptiefractie in een gebied wordt berekend door middeling van de absorptiefracties van de deelgebieden, waarbij een weging wordt toegepast die is gebaseerd op het quotiënt van de lengte van het deelgebied en de lengte van het totale gebied. Als de lengte van het middengebied nihil is, wordt de gemiddelde absorptiefractie van het middengebied op 1,0 gesteld.

Voor akoestisch hard gebied (water, geasfalteerde vlakken en dergelijke) is de absorptiefractie gelijk aan 0,0. Voor akoestisch zacht gebied zoals grasland, akkerland en bos- en duingrond is de absorptiefractie gelijk aan 1,0. Bij een wegdektype dat significant absorberende eigenschappen heeft (zoals ZOAB en (Fijn) tweelaags ZOAB), wordt een absorptiefractie van 0,5 aangehouden. Een diffractor, niet zijnde een diffractor op scherm, heeft een absorptiefractie van 0,0.

In de situatie dat het bronpunt boven een wegdek met significant absorberende eigenschappen ligt, zijn de volgende regels van toepassing bij de bepaling van de gemiddelde absorptiefractie van het brongebied:

- Voor de eerste Y m vanuit het bronpunt wordt een absorptiefractie gelijk aan 0,0 toegepast. De waarde van Y wordt gegeven volgens de formule:

$$Y = \frac{X}{\sin(\Theta)} \qquad (2.14)$$

waarbij wordt verstaan onder:

Θ: de hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment (in graden)

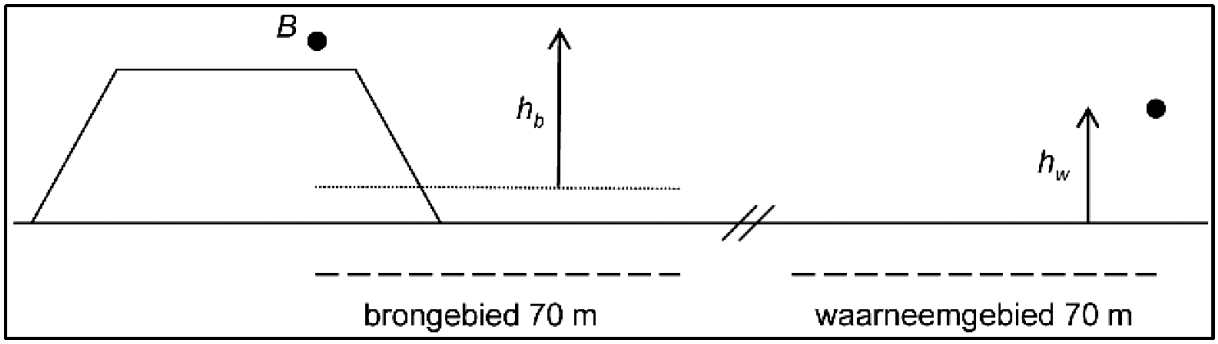
X: 5 m

- De waarde van Y wordt begrensd door de lengte van het brongebied.
- Voor het restant van het brongebied worden de absorptiefracties gebruikt die voor het brongebied zijn gemodelleerd.

Voor de berekening van de bodemdemping zijn de volgende gegevens nodig:

R: de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt [m];
h_b: de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];
h_w: de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m];
B_b: de absorptiefractie van het brongebied [-];
B_m: de absorptiefractie van het middengebied [-];
B_w: de absorptiefractie van het waarneemgebied [-];
S_w: effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied [-];
S_b: effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied [-].

Ter verduidelijking van de definitie van h_b en h_w is in figuur 2.3 de ligging van de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied aangegeven voor een verhoogd aangelegde weg in een willekeurig sectorvlak.



Figuur 2.3 De bron- en waarneemhoogte ten opzichte van het gemiddeld plaatselijk maaiveld. Door de verhoogde ligging van de weg ligt het gemiddelde maaiveld in het brongebied iets boven het maaiveld naast het wegtalud.

Als h_b en/of h_w kleiner is dan 0, wordt voor h_b respectievelijk h_w de waarde 0 aangehouden. Als in de sector geen afscherming in rekening wordt gebracht, geldt dat S_w en S_b beide de waarde 1,0 aannemen. In geval van afscherming worden S_w en S_b berekend volgens formule 2.20 in § 2.10.

De berekening van de bodemdemping verloopt volgens de formules, gegeven in tabel 2.7.

Tabel 2.7 De formules voor de bepaling van bodemdemping ΔL_B als functie van de octaafband *i*. De cursief gedrukte symbolen vormen de waarden die voor de variabelen x en y moeten worden gesubstitueerd in de functie γ (x, y).

Octaafbandindex (*i*)	**Bodemdemping *ΔLB* [dB]**			
1		$-3\,\gamma_o\,(h_b + h_w,R)$		-6
2	$[S_b\gamma_1\,(h_b,R) + 1]B_b$	$-3[1-B_m]\,\gamma_o\,(h_b + h_w,R)$	$+[S_w\gamma_1(h_w,R)+ 1]B_w$	-2
3	$[S_b\gamma_2\,(h_b,R) + 1]B_b$	$-3[1-B_m]\,\gamma_o\,(h_b + h_w,R)$	$+[S_w\gamma_2(h_w,R)+ 1]B_w$	-2
4	$[S_b\gamma_3\,(h_b,R) + 1]B_b$	$-3[1-B_m]\,\gamma_o\,(h_b + h_w,R)$	$+[S_w\gamma_3(h_w,R)+ 1]B_w$	-2
5	$[S_b\gamma_4\,(h_b,R) + 1]B_b$	$-3[1-B_m]\,\gamma_o\,(h_b + h_w,R)$	$+[S_w\gamma_4(h_w,R)+ 1]B_w$	-2
6	B_b	$-3[1-B_m]\,\gamma_o\,(h_b + h_w,R)$	$+ B_w$	-2
7	B_b	$-3[1-B_m]\,\gamma_o\,(h_b + h_w,R)$	$+ B_w$	-2
8	B_b	$-3[1-B_m]\,\gamma_o\,(h_b + h_w,R)$	$+ B_w$	-2

De functie γ worden als volgt gedefinieerd:

$\gamma_0(x,y) = 1 - 30\frac{x}{y}$	voor $y \geq 30x$	(2.15a)
$\gamma_0\,(x, y) = 0$	voor $y < 30x$	
$\gamma_1(x,y) = 3{,}0\left[1 - e^{-y/50}\right]e^{-0{,}12(x-5)^2} + 5{,}7\left[1 - e^{-2{,}8\cdot10^{-6}y^2}\right]e^{-0{,}09x^2}$		(2.15b)
$\gamma_2(x,y) = 8{,}6\left[1 - e^{-y/50}\right]e^{-0{,}09x^2}$		(2.15c)
$\gamma_3(x,y) = 14{,}0\left[1 - e^{-y/50}\right]e^{-0{,}46x^2}$		(2.16d)
$\gamma_4(x,y) = 5{,}0\left[1 - e^{-y/50}\right]e^{-0{,}90x^2}$		(2.15e)

Voor de variabelen x en y worden de waarden van de grootheden gesubstitueerd die tussen haakjes in cursieven achter de overeenstemmende functies γ uit de formules als gegeven in tabel 2.7 zijn geplaatst.

2.9. De meteocorrectieterm C_M

Voor de berekening van de meteocorrectieterm C_M zijn de volgende gegevens nodig:

R: de horizontaal gemeten afstand tussen (spiegel)bron- en (spiegel)waarneempunt [m];
ζ: de hoek van de voortplantingsrichting (0^o is van Noord naar zuid, 90^o is oost naar west, etcetera) bezien in een directe lijn tussen bron en ontvanger zonder rekening te houden met eventuele spiegelbronnen of spiegelontvangers;
h_b: de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];
h_w: de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m].

Als h_b en/of h_w kleiner is dan 0, wordt voor h_b respectievelijk h_w de waarde 0 aangehouden. De berekening verloopt als volgt:

$$C_d = max\left\{(-10 \cdot lg(0{,}34 - 0{,}1 \cdot \sin(\zeta + 35) + 0{,}045 \cdot \sin^2(\zeta + 35)) - 0{,}67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r}\right); 0\right\} \quad (2.16a)$$

$$C_{en} = max\left\{(-10 \cdot lg(0{,}40 - 0{,}1 \cdot \sin(\zeta + 60) + 0{,}035 \cdot \sin^2(\zeta + 60)) - 0{,}67) \cdot \left(1 - 10 \cdot \frac{h_b + h_w}{r}\right); 0\right\} \quad (2.16b)$$

2.10. De schermwerking ΔL_{SW} inclusief de termen S_w en S_b uit de bodemdempingsformules als gegeven in tabel 2.7.

Als zich binnen een sector objecten bevinden waarvan de zichthoek ten minste samenvalt met de openingshoek van die sector en waarvan daarnaast in redelijkheid is te verwachten dat die de geluidoverdracht zullen belemmeren, wordt de schermwerking ΔL_{SW} samen met een verminderde bodemdemping (vervat in de termen S_w en S_b, zie tabel 2.7 van § 2.8) in rekening gebracht.
Voor de bepaling van de totale schermwerking wordt onderscheid gemaakt tussen objecten die voldoen aan de definitie van een middenbermscherm als bedoeld in hoofdstuk 6 en alle andere afschermende objecten.

De totale schermwerking ΔL_{SW} wordt berekend volgens de formule:

$$\Delta L_{SW} = \Delta L_{SWN} + C_{mbs} + C_{diff} \quad (2.17)$$

waarin:

ΔL_{SWN}: de schermwerking van een afschermend object, niet zijnde een middenbermscherm;
C_{mbs}: de middenbermcorrectie;
C_{diff}: de correctie voor een diffractoreffect voor een ingegraven diffractor.

De waarde van de correctieterm voor een middenbermscherm C_{mbs} volgt uit de methode, beschreven in hoofdstuk 6.

De waarde van de correctieterm voor een diffractor C_{diff} volgt uit de methode, beschreven in hoofdstuk 7.

De berekeningsformule van de schermwerking ΔL_{SWN} van een willekeurig gevormd object (niet zijnde een middenbermscherm of ingegraven diffractor) bevat vier termen, zie formule 2.18:

1. De eerste term beschrijft de afscherming van een equivalent ideaal scherm (een dun, verticaal vlak). De hoogte van het equivalente scherm is gelijk aan de grootste hoogte van het obstakel. De bovenrand van het equivalente scherm valt samen met de bovenrand van het object. Als op grond hiervan meerdere locaties van het equivalente scherm mogelijk zijn, wordt hieruit die locatie gekozen die maximale schermwerking tot gevolg heeft.
2. De tweede, de derde en de vierde term zijn alleen van belang als het profiel, dat wil zeggen de doorsnede in het sectorvlak, van het afschermend object afwijkt van dat van het ideale scherm;

a. Het extra afschermend effect van een diffractor bovenop een geluidscherm wordt in rekening gebracht met een correctieterm $C_{S,diff}$;
b. Het extra afschermende effect van een schermtop – mits deze voldoet aan de in hoofdstuk 5 omschreven eisen – kan in rekening worden gebracht met een correctieterm C_T door een schermtop;
c. Het effect van alle andere van het ideale scherm afwijkende profielen wordt in rekening gebracht door het toepassen van een profielafhankelijke correctieterm C_p.

Als er meerdere afschermende objecten in een sector aanwezig zijn, wordt alleen het object in rekening gebracht dat, bij afwezigheid van de andere objecten, de grootste afscherming zou geven

De schermwerking ΔL_{SWN} wordt berekend volgens de formule:

$$\Delta L_{SWN} = HF(N_f) + C_{S,diff} + C_T - C_p \qquad (2.18)$$

waarin:

H: de effectiviteit van het scherm is;
$F(N_f)$: een functie met argument N_f (het fresnelgetal);
$C_{S,diff}$: de correctieterm voor een diffractor als schermtop op een geluidscherm;
C_T: de correctieterm door een schermtop in de vorm van een T-top;
C_p: de profielafhankelijke correctieterm.

Als de schermwerking ΔL_{SWN} op grond van formule 2.18 negatief wordt, wordt de waarde $\Delta L_{SW} = 0$ aangehouden.

Definities

Voor de berekening van de afschermende effecten zijn de volgende gegevens nodig:

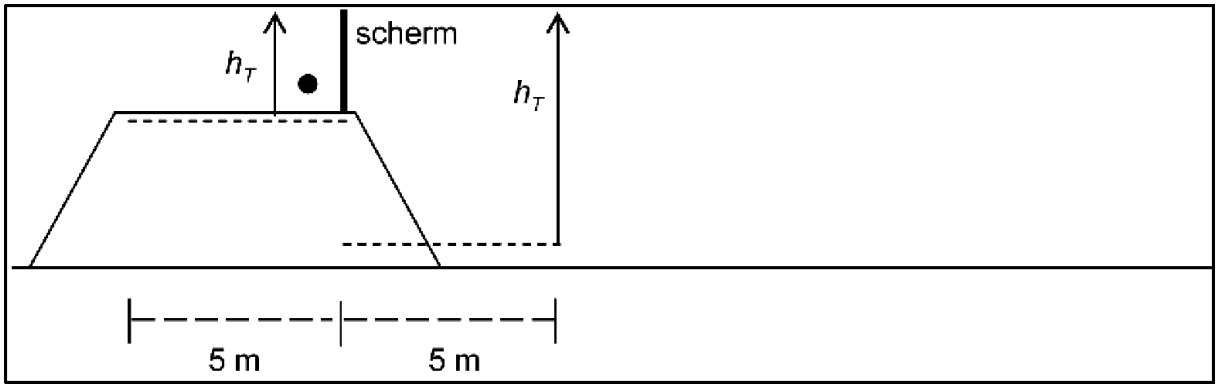
z_B: de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil (= horizontaal vlak waarin z = 0) [m];
z'_B: de rekenhoogte ten behoeve van het bepalen van het Fresnelgetal N_f voor de schermwerking van de bron ten opzichte van het referentiepeil [m];
z_W: de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m];
z_T: de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];
h_b: de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];
h_w: de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m];
h_T: de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het plaatselijk maaiveld. Het plaatselijk maaiveld bij een scherm is de gemiddelde maaiveldhoogte in een strook ter breedte van 5 m aan beide zijden van het scherm. Als aan beide zijden van het scherm de maaiveldhoogte verschillend is, wordt de grootste waarde van h_T genomen, zie figuur 2.4 [m];
R_0: de afstand tussen bron- en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindingslijn [m];
R_w: de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm [m];
R: de horizontaal gemeten afstand tussen waarneem- en bronpunt [m]; en
–: het profiel van het afschermend object.

De rekenhoogte z'_B wordt gegeven door:

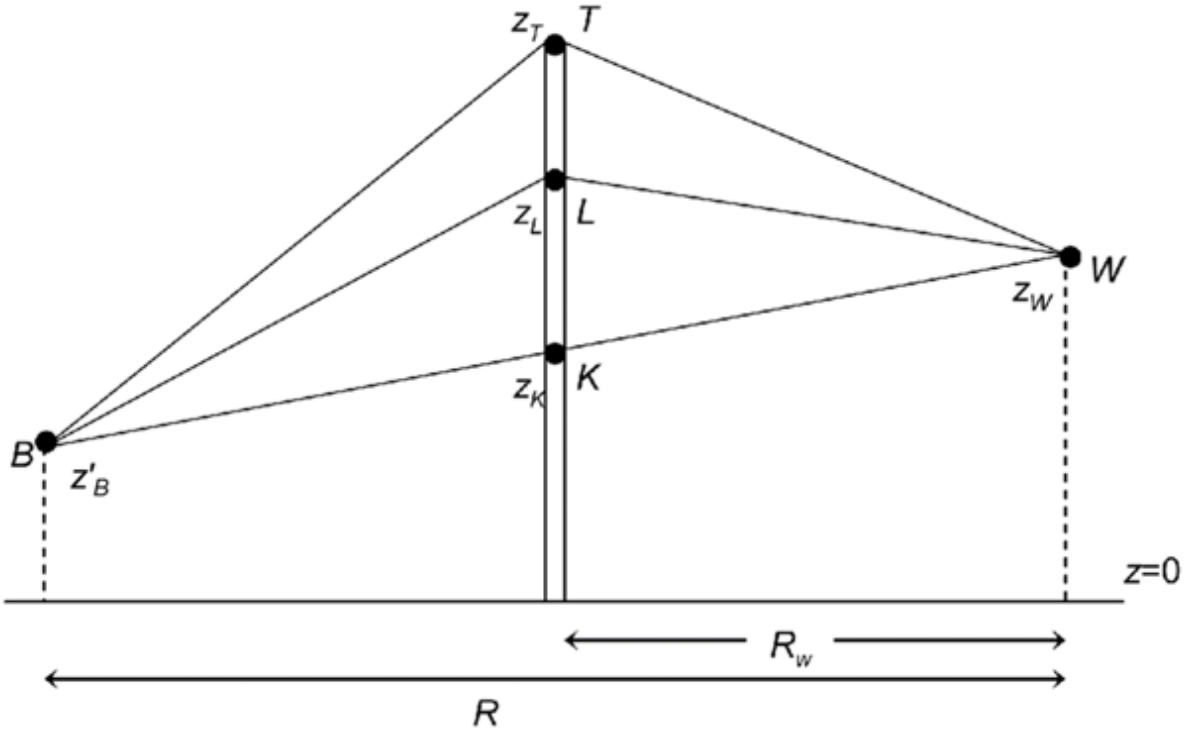
$$z'_B = z_B + \Delta z_B$$

met

$\Delta z_B = 0{,}65$	als $0{,}75\ (z_B - z_T + 0{,}25) < 0$	
$\Delta z_B = 0{,}4625 - 0{,}75\ (z_B - z_T)$	als $0 < 0{,}75\ (z_B - z_T + 0{,}25) < 0{,}65$	(2.18a)
$\Delta z_B = 0$	als $0{,}75\ (z_B - z_T + 0{,}25) > 0$	



Figuur 2.4 De schermhoogte hT bij een scherm op een verhoogd wegtalud. In dit voorbeeld is de situatie rechts bepalend voor hT.



Figuur 2.5 Een sectorvlak met een ideaal scherm, waarop de punten K, T en L zijn aangegeven. De gebroken lijn BLW is een schematisering van een gekromde geluidstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt.

Voor de berekening worden op het scherm een drietal punten gedefinieerd (zie figuur 2.5):

K: het snijpunt van het scherm met de zichtlijn (= de rechte tussen bron- en waarneempunt);
L: het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt; en
T: de top van het scherm.

Deze drie punten bevinden zich op de respectievelijke hoogten z_K, z_L en z_T boven het referentiepeil. Voor de afstand tussen de punten *K* en *L* geldt:

$$z_L - z_K = \frac{R_w(R - R_w)}{26R} \qquad (2.19)$$

Verder geldt:
R_L is de som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW;

R_T is de som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW; en
R_0 is de som van de lengtes van de lijnstukken BK en KW.

Berekening verminderde bodemdemping

De factoren Sw en Sb uit formules als gegeven in tabel 2.7 (§ 2.8) worden berekend volgens de formules:

$S_w = 1 - \frac{R - R_w}{R} \frac{3h_e}{3h_e + 3h_w + 1}$	als he < 0 dan Sw = 1	(2.20)
$S_b = 1 - \frac{R_w}{R} \frac{3h_e}{3h_e + 3h_b + 1}$	als he < 0 dan Sb = 1	

waarin h_e de effectieve schermhoogte is, gedefinieerd als:

$h_e = Z_T - Z_L$	(2.21)

Berekening schermwerking van ideaal scherm
De schermwerking van een ideaal scherm is gelijk aan H F(N_f).
H wordt als bepaald volgens de formule:

$H = 0{,}25 h_T \, 2^{i\,-1}$	(2.22)

i is hierin de octaafbandindex. De minimale hoogte van de top van het scherm ten opzichte van het plaatselijk maaiveld h_T waarmee wordt gerekend, is 0,5 m. De maximale waarde van H is 1.
N_f wordt als volgt bepaald:

$N_f = 0{,}37 \varepsilon 2^{i\,i-1}$	(2.23)

met ε de ‘akoestische omweg’, die wordt gedefinieerd als:

$\varepsilon = R_T - R_L$	voor $z_T \geq z_K$	(2.24)
$\varepsilon = 2R_0 - R_T - R_L$	voor $z_T < z_K$	

De definitie van de functie F is gegeven in de formules 2.25a tot en met f uit tabel 2.8.

Tabel 2.8 De definitie van de functie F met als variabele Nf voor zes intervallen van Nf (formules 2.25a tot en met f)

Geldig in het interval van N_f		**Definitie $F(N_f)$**
van	**tot**	
- ∞	- 0,314	0
- 0,314	- 0,0016	$- 3{,}682 - 9{,}288 \lg \lvert N_f \rvert - 4{,}482 \lg^2 \lvert Nf \rvert - 1{,}170 \lg^3 \lvert Nf \rvert - 0{,}128 \lg^4 \lvert Nf \rvert$
- 0,0016	+ 0,0016	5
+ 0,0016	+ 1	$12{,}909 + 7{,}495 \lg Nf + 2{,}612 \lg^2 Nf + 0{,}073 \lg^3 Nf - 0{,}184 \lg^4 Nf - 0{,}032 \lg^5 Nf$
+ 1	+ 16,1845	$12{,}909 + 10 \lg Nf$
+ 16,1845	+ ∞	25

Berekening van correctietermen voor afwijkende schermprofielen

Diffractor op scherm
De waarde van de correctieterm voor een diffractor op een scherm $C_{S,diff}$ volgt uit de methode, beschreven in hoofdstuk 7.

Schermtop in de vorm van een T-top
De waarde van de correctieterm voor een schermtop C_T volgt uit de methode beschreven in hoofdstuk 5.

Andere profielen
De waarden van de profielafhankelijke correctieterm C_p volgen uit tabel 2.9.

Tabel 2.9 De profielafhankelijke correctieterm C_p. T is de tophoek (in graden) van de dwarsdoorsnede van het object

C_p	object
0 dB	– Alle gebouwen – Dunne wanden waarvan de hoek met verticaal ≤ 20° – grondlichamen met 0° ≤ T ≤ 70° – alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte minder dan twee maal de hoogte van die wand is, of als de wand hoger is dan 3,5 m – bij toepassing van een diffractor op een scherm, waarvan het effect met de correctieterm $C_{S,diff}$ in rekening wordt gebracht – bij toepassing van een schermtop, waarvan het effect met de correctieterm C_T in rekening wordt gebracht
2 dB	– randen van weglichamen in ophoging – randen van wegen op een viaduct – alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte meer bedraagt dan twee maal de hoogte van die wand en de wand niet hoger is dan 3,5 m – grondlichamen met 70° < T ≤ 165°

In de gevallen waarin het profiel van het afschermend object niet overeenkomt met een van de in tabel 2.9 genoemde profielen wordt een nader onderzoek naar de schermwerking van dat object verricht.

Als de isolatiewaarde van de afscherming minder dan 10 dB groter is dan de berekende schermwerking ΔLSWN is nader onderzoek vereist naar de totale geluidreducerende werking van de afscherming.

2.11. De niveaureductie ΔL_R bij reflecties

De niveaureductie die optreedt bij reflecties wordt berekend met de volgende formule:
$\Delta L_R = \Delta L_{R,abs} + \Delta L_F$

Hierin is:
$\Delta L_{R,}$abs de niveaureductie op als gevolg van absorptie bij de reflecties;
ΔL_F de niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.
Berekening van $\Delta L_{R,abs}$

Voor de berekening van de niveaureductie ten gevolge van de absorptie bij reflecties is het volgende gegeven nodig:
N_{refl} het aantal reflecties (zie ook § 2.3) tussen bron- en waarneempunt [-].

De berekening verloopt volgens de formule:

$$\Delta L_R = N_{refl} \cdot \delta_{refl} \qquad (2.26)$$

waarin δ_{refl} de niveaureductie ten gevolge van één reflectie is. Voor gebouwen en reflecterende geluidschermen geldt voor alle octaafbanden δ_{refl} = 1 dB. Voor alle andere objecten geldt δ_{refl} = 0 dB voor alle octaafbanden, tenzij het object aantoonbaar geluidabsorberend is uitgevoerd. In dat geval geldt per octaafband $\delta_{refl} = -10 \lg(1 - \alpha)$, waarin α de geluidabsorptiecoëfficiënt van het object is in de betrokken octaafband.

Berekening van ΔL_F

De berekening van ΔL_F wordt beschreven voor een enkele reflectie. Bij meer dan een reflectie moeten de niveaureducties voor de afzonderlijke reflecties bij elkaar worden opgeteld, waarbij telkens wordt uitgegaan van het geluidpad van de spiegelbron uit de voorgaande reflectie naar de waarnemer.

De niveaureductie ΔLF wordt berekend volgens de formule:

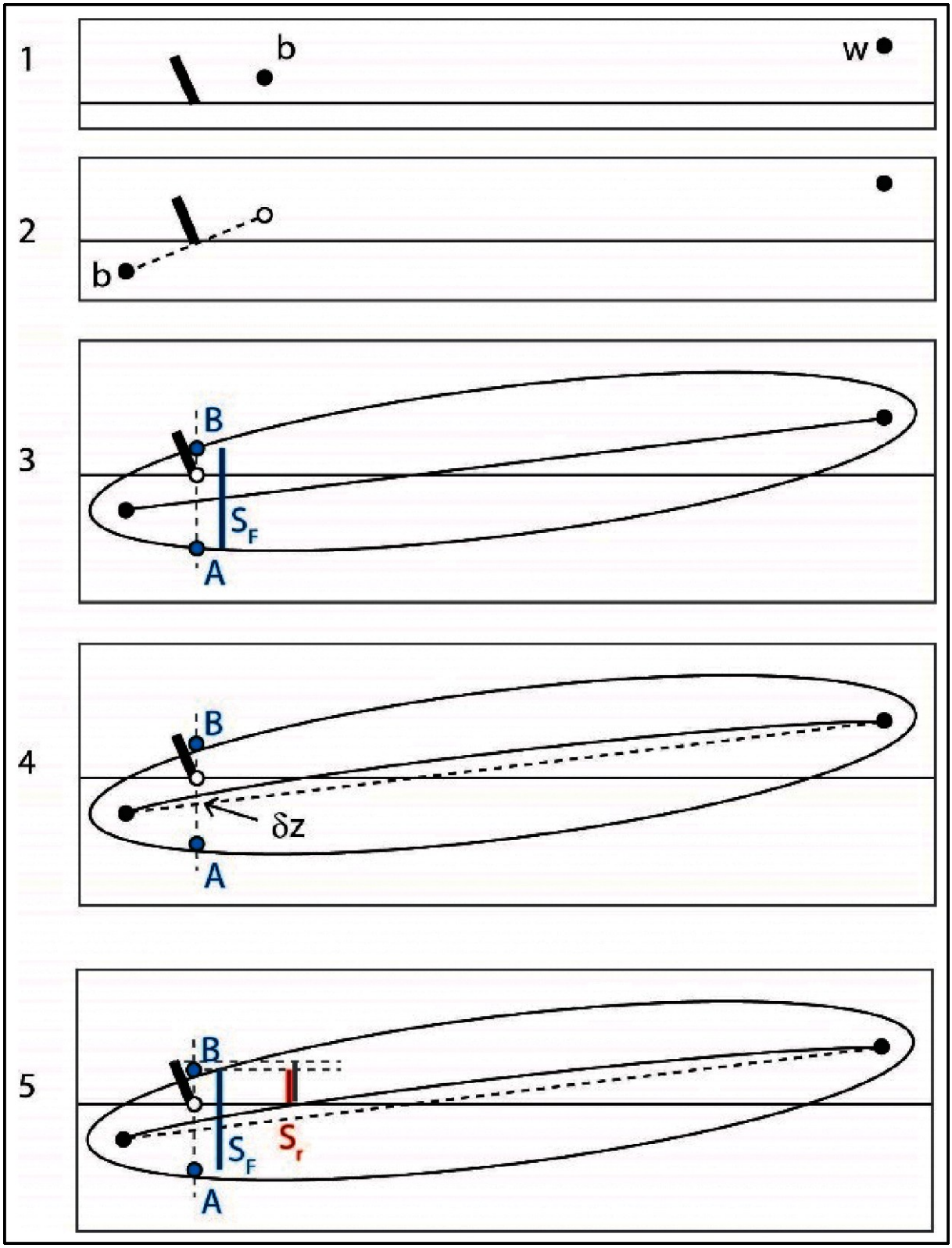
$\Delta L_F = – 20 \lg (S_r / S_F)$

waarbij wordt verstaan onder:

S_F: een maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoide ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak;

S_r: een maat voor het gedeelte van SF dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak.

De berekening van S_F en S_r bestaat uit vijf stappen, die zijn geïllustreerd in figuur 2.6.



Figuur 2.6 Illustratie van vijf stappen (1-5) voor de berekening van SF en Sr, voor reflectie aan een hellend oppervlak.

Stap 1. De posities van de bron (b), waarnemer (w) en het reflecterende oppervlak (in het verticale sectorvlak) vormen het uitgangspunt van de berekening.

Stap 2. De bron wordt vervangen door de spiegelbron (b), door geometrische spiegeling in het reflecterende vlak.

Stap 3. Punten A en B op de Fresnelellipsoide worden bepaald, op een loodrechte lijn ter plaatse van de voet van het scherm. Voor punten p op de Fresnelellipsoide geldt $|bp|+|pw|-|bw| = \lambda/8$, waarin $\lambda = 340/f_i$ de golflengte is bij de middenfrequentie f_i van een octaafband. De waarde van S_F is gelijk aan |AB|.

Stap 4. Punten A en B worden omhoog verschoven over afstand $\delta z = r_b r_w/[26(r_b+r_w)]$ door de invloed van straalkromming. Hierin zijn r_b en r_w de horizontale afstanden tussen b respectievelijk w en de voet van het scherm.

Stap 5. De afmeting S_r wordt berekend als de hoogte van het gedeelte van het verticale lijnstuk tussen A en B dat ligt tussen top en voet van het reflecterende oppervlak.

De waarden van S_F en S_r worden aldus berekend voor alle acht octaafbanden, van 63 Hz (i=1) tot en met 8 kHz (i=8). Op het resulterende spectrum $\Delta L_F(f_i)$ wordt tenslotte een correctie toegepast. Beginnend bij 63 Hz (i=1) wordt bij toenemende frequentie een bovengrens van 3 dB per octaafband opgelegd op het verschil $\Delta L_F(f_{i+1}) - \Delta L_F(f_i)$. Dus voor successievelijk i = 1, …, 7 wordt $\Delta L_F(f_i+1)$ vervangen door de kleinste van de volgende waarden:
$\Delta L_F(f_i+1)$,
$\Delta L_F(f_i) + 3$
Als geldt $\Delta L_F(f1) = \infty$, dan worden alle waarden $\Delta L_F(f_i)$ gelijkgesteld aan ∞. De reflectie kan dan worden verwaarloosd.

2.12. Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidniveau
Het A-gewogen equivalente geluidniveau in octaafband *i*, symbool $L_{eq,i}$, wordt gegeven door:

$$L_{eq,i} = 10\lg \sum_{j=1}^{J} \sum_{n=1}^{N} \sum_{m=lv}^{zv} 10^{L_{eq,i,j,n,m}/10} \qquad (2.27)$$

waarin de betekenis van de grootheden en de uitwerking ervan analoog zijn aan die van formule 2.1.

3. Standaardmeetmethode
Voor het bepalen van de geluidbelasting met behulp van metingen wordt de aanpak voor L_{den}-metingen gevolgd van de norm NEN-ISO 1996-2:2017, hierna te noemen ‘de norm’. Voor de metingen kunnen drie soorten van situaties worden onderscheiden:

1. Een situatie die binnen het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. Dat wil zeggen dat de situatie berekend kan worden met de formules uit de standaardrekenmethode. In dat geval kan een gemeten L_{den} worden gebruikt om de geluidbelasting te valideren die met de standaardrekenmethode voor de locatie wordt vastgesteld. Een gemeten L_{den} kan daarmee inzicht bieden in de kwaliteit en betrouwbaarheid van de rekenmethode, mits de metingen ook zelf van voldoende kwaliteit zijn en mits de totale meetonzekerheid correct is bepaald en op navolgbare wijze gerapporteerd. Een gemeten L_{den} kan in deze situatie geen zelfstandige juridische status hebben als ‘geluidbelasting’ die wordt getoetst aan geluidnormen.
2. Een situatie die gedeeltelijk binnen en gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dit geval kan het nuttig zijn om metingen uit te voeren ter verbetering van de rekenmethode, of om de meetresultaten te gebruiken om rekenresultaten mee te corrigeren. De gehanteerde methode moet worden onderbouwd en moet geschikt zijn voor de specifieke situatie.

3. Een situatie die volledig buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dat geval kan het noodzakelijk zijn om de geluidbelasting vast te stellen op basis van metingen.

Naast metingen kunnen, met in achtneming van de onder 1, 2 en 3 genoemde criteria, ook alternatieve reken- of meetmethoden worden gebruikt, als een situatie geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt.
Onder zekere voorwaarden kan van de voorgeschreven werkwijze uit de norm worden afgeweken en kan een eenvoudige methode worden gebruikt. Deze eenvoudige methode is alleen toegestaan voor metingen als bedoeld bij punt 1.
Voor situaties (gedeeltelijk) buiten het toepassingsgebied (punt 2 en 3) is een vereenvoudiging niet aan de orde, omdat dit bijzondere situaties zijn waarvoor per geval naar de meest geschikte mogelijkheden wordt gekeken om een representatieve geluidbelasting te bepalen. Daarbij worden de uitgangspunten gehanteerd van paragraaf 3.3.

3.1. Voorwaarden eenvoudige methode
Voor de meetafstand en meethoogte wordt uitgegaan van een afstand die de invloed van de meteo-condities en bodemreflecties op de meetonzekerheid zo klein mogelijk maakt. De locatie moet zo worden gekozen dat er geen beïnvloeding is van andere of kruisende (spoor)wegen of gevelreflecties.
Om volgens de eenvoudige methode een L_{den} te bepalen, moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

A. Voor de meetafstand D tot de weg geldt: $D \leq 20 (h_s + h_r)$, waarbij h_s de bronhoogte is (source) en h_r de meethoogte (receiver). De bronhoogte is de hoogte van het wegdek boven maaiveld, vermeerderd met 0,75 m. Voor de meethoogte geldt: $h_r \geq 4$ m.
B. Het gaat om één afzonderlijke weg, met een of meer rijstroken.
C. Er zijn geen reflecterende objecten binnen een afstand 2D tot de microfoon.
D. De meetgegevens (verstoorde uren niet meegeteld) hebben betrekking op:
    ○. ten minste 720 daguren, 240 avonduren en 480 nachturen;
    ○. met een gelijke verdeling over de weekdagen (elke weekdag heeft tussen 12% en 17% van het totaal aantal uren);
    ○. waarbij de optreedfrequentie voor de vier meteoklassen ten minste de helft bedraagt van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie (zie tabel 3.3);
    ○. waarbij de temperatuur T na middeling over de gehele meetperiode tussen 5 en 15°C ligt; en
    ○. de relatieve luchtvochtigheid RH gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 70 en 90% ligt.
E. Voor de meetapparatuur geldt: IEC-klasse 2 is toegelaten, mits het bronspectrum naar verwachting breedbandig is (geen tonaal geluid, geen excessief laag- of hoogfrequent geluid, bij twijfel wordt IEC klasse 1 gebruikt); windbol is vereist; meting van ten minste 1 L_{eq}-waarde per seconde (A-gewogen equivalente geluidniveau), of 1 L_E-waarde per event (A-gewogen geluidexpositieniveau). IJking vindt plaats vooraf, achteraf en tussendoor ten minste eens per drie maanden. Verschillen tussen de ijkingen zijn niet groter dan 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. Als grotere verschillen optreden, worden die in de meetonzekerheid verdisconteerd.

Als aan de criteria onder D niet wordt voldaan, moet de meetperiode worden verlengd.
De metingen worden uitgevoerd volgens de werkwijze van paragraaf 3.2.

3.2. Werkwijze eenvoudige methode
Residueel geluid
De microfoon wordt met zijn gevoeligste richting omhoog georiënteerd. De meetpositie, de omgeving, de meetperiode en apparatuur moeten voldoen aan de voorwaarden uit paragraaf 3.1.
Meetwaarden (L_{eq} per seconde of L_E per event) waarbij kortstondig, dat wil zeggen enkele seconden of minuten, verstoring plaatsvindt door residueel geluid, worden buiten de bepaling van de

uurgemiddelden gehouden. Herkenning van verstorende geluiden kan gebeuren op basis van spectrale of temporele kenmerken (fluitende vogels, vliegtuigen, sirenetest luchtalarm, tikkende vlaggenmasten, vuurwerk en dergelijke).
De overige meetwaarden worden verwerkt tot uurwaarden, dat wil zeggen uurgemiddelde A-gewogen ruwe waarden L' en uurgemiddelde waarden voor residueel geluid L_{res}. Voor het niveau van het residuele geluid kan de L_{90} of L_{95} worden gebruikt. Bij een zeer drukke weg zal de L_{90} of L_{95} geen representatief beeld van het residueel geluid geven en in dat geval kan het nodig zijn het residueel geluid te schatten.
Markeren en stratificeren
Uurwaarden worden als verstoord beschouwd en buiten beschouwing gelaten als één of meer van onderstaande situaties zich voordoen:
−. Overmatig residueel geluid, dat wil zeggen uurwaarden met $L' - L_{res} < 5$ dB;
−. Regen (>1,0 mm neerslag per uur);
−. Verstoring door windgeruis (direct of indirect zoals door het ritselen van bladeren);
−. Niet-representatieve geluidoverdracht (sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen).

Als richtlijn voor verstoring door windgeruis op de microfoon met een 90 mm windbol gelden de volgende toegestane windsnelheden W_{max}.

Tabel 3.1 Toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

Passageniveau (LA,max) groter dan:	[dB(A)]	40	50	60	70
W_{max}	[m/s]	4	6	8	11

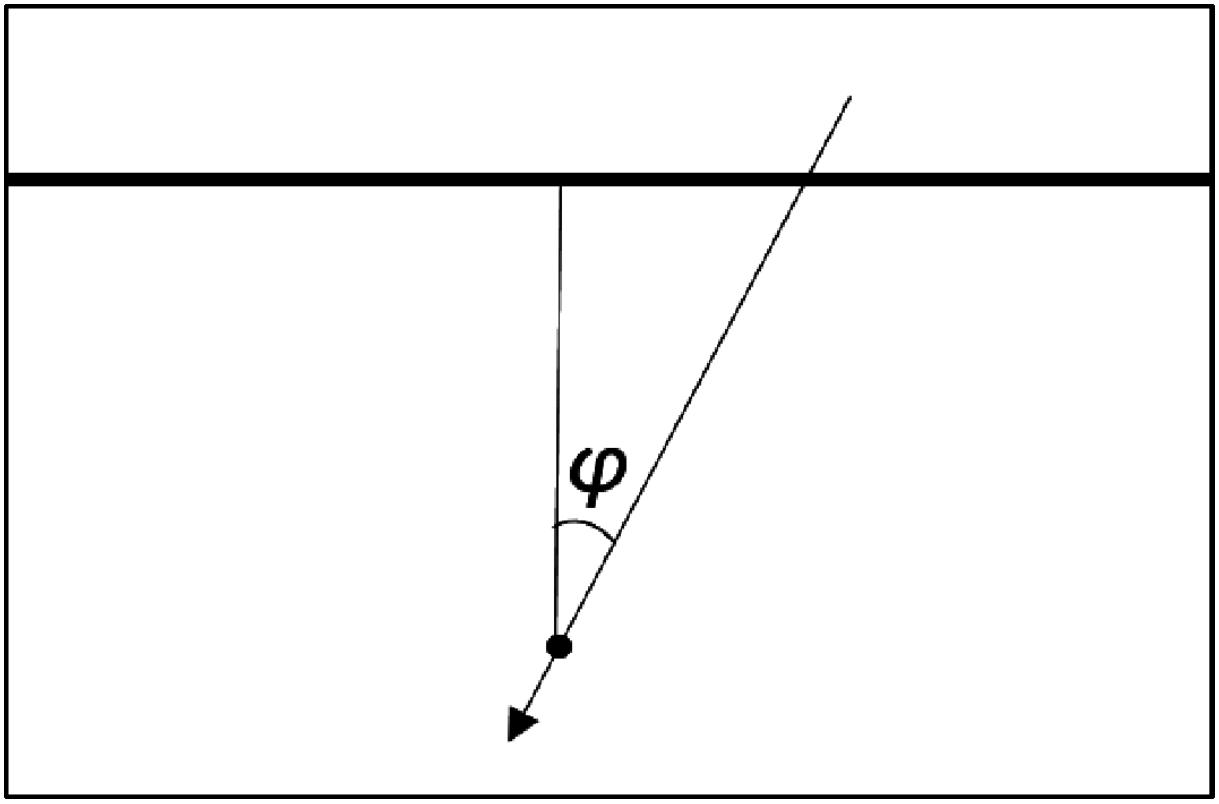
Uren waarbij een hogere uurgemiddelde windsnelheid dan Wmax aanwezig is, worden als verstoord beschouwd. Om W_{max} uit de tabel af te kunnen lezen moet het (gemiddelde) passageniveau ($L_{A,max}$) voor de microfoonpositie op de meetlocatie bekend zijn. Als dat passageniveau niet uit de meetgegevens zelf kan worden afgeleid, kan het geschat worden, bijvoorbeeld met behulp van vergelijkbare metingen van elders of met berekeningen op basis van een geschikt rekenmodel.
De volgende meteogegevens zijn van belang: windrichting, windsnelheid, neerslag, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Deze worden bij voorkeur van een eigen meetstation op de meetlocatie betrokken. Als geen eigen neerslagwaarden beschikbaar zijn, worden registraties van de KNMI-neerslagradars gebruikt. Als ook die niet beschikbaar zijn, worden uurgegevens van de twee of drie meest nabije KNMI-weerstations of gelijkwaardig gebruikt, waarbij voor elk uur het maximale neerslagniveau (mm) van die weerstations wordt gebruikt, als worst-case benadering voor de geluidmeetlocatie.

De uurwaarden voor L' en L_{res} die worden meegenomen in de analyse worden gecorrigeerd voor het aandeel residueel geluid volgens de formule:

$$L = L' + 10\lg(1 - 10^{\frac{L_{res} - L'}{10}}) \quad (3.1)$$

Meteostratificatie
Op basis van de meewindcomponent V_{mee} van de windsnelheid V_{wind}, gemeten op 10 m hoogte, moet per uur worden bepaald van welke meteoklasse M1 tot en met M4 sprake is. Als φ de hoek is tussen de windrichting en dominante voortplantingsrichting vanuit de geluidbron (dat is meestal de kortste verbindingslijn tussen de weg en de meetpositie), wordt deze component gegeven door:

$$V_{mee} = V_{wind} \cos(\varphi) \quad (3.2)$$



Figuur 3.1 Bepaling van de hoek φ.

De meteoklassen hangen af van de meteorologische dag en nacht, en van de meewindcomponent zoals in tabel 3.2 aangegeven.

Tabel 3.2 Meteoklassen eenvoudige methode.

Meteoklasse	Omschrijving	Overdag	's Nachts
M1	ongunstig	V_{mee}< 1 m/s	V_{mee} < -1 m/s
M2	homogeen	1 m/s ≤ V_{mee} < 3 m/s	niet van toepassing
M3	gunstig	3 m/s ≤ V_{mee} ≤ 6 m/s	niet van toepassing
M4	zeer gunstig	V_{mee} > 6 m/s	V_{mee} ≥ -1 m/s

De mate waarin deze meteoklassen tijdens de meetperiode optreden, zal in het algemeen afwijken van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie van deze meteoklassen. Om een representatieve L_{den}-waarde te bepalen is het nodig om de metingen te corrigeren voor het verschil tussen de optreedfrequentie in de meetperiode en de langtijdgemiddelde optreedfrequentie. Daartoe wordt van elke meetdag k het energetisch gemiddelde geluidniveau $L_{p,m,k}$ per etmaalperiode en per meteoklasse bepaald over de uurwaarden. Daarin geeft de index p de drie etmaalperioden aan (dag 7-19 uur, avond 19-23 uur, nacht 23-7 uur) en de index m de vier meteoklassen (M1, M2, M3, M4). Daarnaast wordt de fractie $q_{p,m,k}$ berekend. Deze is gedefinieerd als het aantal geldige meeturen per meteoklasse m, gedeeld door het aantal geldige uren van die etmaalperiode. Per etmaalperiode (p) van elke meetdag (k) geldt $\sum_m q_{p,m,k} = 1$.

Het equivalente geluiddrukniveau per etmaalperiode en per meteoklasse, aangeduid met $L_{p,m}$, wordt over de gehele meetperiode bepaald met weging naar $q_{p,m,k}$.

$$L_{p,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} 10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} \right) \text{ dB} \qquad (3.3)$$

waarin $Q_{p,m}$ als volgt is gedefinieerd:

$$Q_{p,m} = \sum_k q_{p,m,k}$$

Deze met $q_{p,m,k}$ gewogen energetische middeling van geluidwaarden is nodig om de bijdragen van onafhankelijke metingen correct te verwerken. Alleen metingen afkomstig uit verschillende etmalen gelden meteorologisch als onafhankelijk van elkaar. Het totale aantal bijdragende etmalen kan worden berekend door $Qp_{,m}$ te sommeren over de meteoklassen: $\Sigma_m Q_{p,m}$.

Voor de standaardafwijking $u_{p,m}$ die de onzekerheid in de emissie representeert voor $L_{p,m}$, geldt dat alle $L_{p,m,k}$ onafhankelijke metingen betreffen. De standaardafwijking u_m kan daarom worden berekend volgens de formule:

$$u_{p,m} = 10 \lg \left(10^{\frac{L_{p,m}}{10}} + S_{p,m}\right) - L_{p,m} \quad \text{dB} \tag{3.4}$$

waarin $Sp_{,m}$ wordt bepaald door

$$S_{p,m}^2 = \frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} \left(10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} - 10^{\frac{L_{p,m}}{10}}\right)^2 \tag{3.5}$$

Verwerking meetresultaat per periode

Voor het extrapoleren van de meetresultaten naar een jaargemiddelde waarde is het noodzakelijk de langtijdgemiddelde optreedfrequenties $f_{optreed,p,m}$ van de verschillende meteoklassen in elke etmaalperiode te kennen. De optreedfrequentie wordt in tabel 3.3 opgezocht bij de betrokken etmaalperiode p en bij de sectorhoek die van toepassing is op de meetsituatie. Voor meetlocaties op grotere afstand van De Bilt kan een eigen langtijdgemiddelde worden bepaald op basis van uurgegevens van een nabijgelegen KNMI-meetstation over een recente periode van ten minste 20 jaar.

Tabel 3.3 Optreedfrequentie $f_{optreed}$ per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt (1989-2018). Hier representeert 0° een meewindrichting van noord naar zuid, 90° van oost naar west, enz.

sectorhoek (°)	p=dag				p=avond; p=nacht			
'van' – 't/m'	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
350 – 10	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
10 – 30	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
30 – 50	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
50 – 70	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
70 – 90	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
90 – 110	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
110 – 130	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
130 – 150	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
150 – 170	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
170 – 190	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
190 – 210	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
210 – 230	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
230 – 250	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
250 – 270	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
270 – 290	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7

290 – 310	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
310 – 330	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
330 – 350	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6

Het jaargemiddelde geluidniveau per etmaalperiode, L_p, wordt als volgt bepaald:

$$L_p = 10 \lg \left(\sum_m f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right) \quad \text{dB} \tag{3.6}$$

De totale meetonzekerheid voor L_p bedraagt:

$$u_p = \sqrt{\sum_m c_{p,m}^2 u_{p,m}^2 + u_{\text{wind}}^2 + u_{\text{nat}}^2 + u_{\text{meteo}}^2 + u_{\text{res}}^2 + u_{\text{slm}}^2} \tag{3.7}$$

waarin de gevoeligheidscoëfficiënten $c_{p,m}$ zijn gedefinieerd als

$$c_{p,m} = \frac{f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}}}{10^{\frac{L_p}{10}}} \tag{3.8}$$

en waarin de overige bronnen van meetonzekerheid als volgt zijn bepaald:

- u_{wind} is de onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind. Ook het geluid in die geschrapte periodes draagt bij aan het totale geluid in de gemeten situatie. Hiervoor geldt: $u_{wind} = (6/W_{max})^2$ [dB].
- u_{nat} is de onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol. Een natte windbol kan tot enkele uren na de regenbui een effect hebben van enkele dB's. Voor een langdurige meetperiode, zoals bij de eenvoudige methode, is het percentage natte uren niet variabel en is het effect te schatten op u_{nat} = 0,3 dB. Op basis van artikel 8.3 van de ISO-norm kan de meetonzekerheid nauwkeuriger worden bepaald, als het geluideffect voor het type microfoon en windbol afhankelijk van de neerslagwaarde en opdroogtijd in detail bekend is.
- u_{meteo} is de onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse. Deze wordt geschat op 0,3 dB. Met annex F.1 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.
- u_{res} is de onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van L_{90} of L_{95} tijdens onbemande metingen. Deze wordt geschat op 0,5 dB. Met annex F.2 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.
- u_{slm} is de meetonzekerheid van de meetketen. Deze bedraagt 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. De bij de ijkingen gevonden afwijkingen kunnen aanleiding geven om hogere onzekerheden in rekening te brengen.

Bepaling L_{den}

De resultaten van dag, avond en nacht worden samengenomen om de L den met de bijbehorende meetonzekerheid te bepalen. De L den wordt berekend met:

$$L_{\text{den}} = 10 \lg \left(\tfrac{12}{24} 10^{L_{\text{dag}}/10} + \tfrac{4}{24} 10^{(L_{\text{avond}}+5)/10} + \tfrac{8}{24} 10^{(L_{\text{nacht}}+10)/10} \right) \quad \text{dB} \tag{3.9}$$

De totale meetonzekerheid voor L_p bedraagt:

$$u_{\text{den}} = \sqrt{\left[\left(\frac{12}{24} 10^{\frac{L_{\text{dag}}}{10}} \right)^2 u_{\text{dag}}^2 + \left(\frac{4}{24} 10^{\frac{L_{\text{avond}}+5}{10}} \right)^2 u_{\text{avond}}^2 + \left(\frac{8}{24} 10^{\frac{L_{\text{nacht}}+10}{10}} \right)^2 u_{\text{nacht}}^2 \right] / 10^{\frac{L_{\text{den}}}{10}}} \tag{3.10}$$

Het eindresultaat wordt genoteerd met 95% betrouwbaarheidsinterval. De grootte van dat interval is tweemaal de standaard meetonzekerheid. De notatie is 'L_{den} = [L_{den}] ± 2 · [u_{den}] dB (95% BI)', waarin de rechte haken de getalswaarden aangeven.
Vergelijking met standaardrekenmethode
Als de gemeten L_{den} wordt vergeleken met een L_{den}-waarde die voor de onderzochte situatie is bepaald met de standaardrekenmethode, zijn er aanvullende factoren waar rekening mee gehouden moet worden:

- Komt de gemodelleerde omgeving in het rekenmodel overeen met die bij de metingen?
- Komt het wegdektype in het model overeen met die bij de metingen?
- Komen de verkeersgegevens (intensiteiten en snelheden per voertuigcategorie) overeen, voor zover bekend?
- Betreft de berekende L den-waarde de actuele situatie of een plafondsituatie/basisgeluidemissie?

Bij een vergelijking van berekende en gemeten L_{den}-waarde moet in elk geval rekening worden gehouden met het potentiële verschil tussen de momentane en gemiddelde emissie over de levensduur voor wegdekken. Akoestisch is dit een effect met een zaagtandverloop in de tijd, waarbij de cyclus ten minste enkele jaren bedraagt. Daarnaast moet rekening worden gehouden met het emissieverhogend effect van een nat wegdek, dat wel in de meetwaarden aanwezig zal zijn maar niet in de berekende waarden. Ook wordt de temperatuurcorrectie betrokken bij een vergelijking van metingen en berekeningen. De correctiemethode daarvoor houdt in dat formule 3.1 wordt gecorrigeerd met C_{temp} (uur) = 0,05 (T_{lucht}(uur) – 20), waarna nogmaals de formules 3.3, 3.6 en 3.9 worden toegepast. De te rapporteren waarde van de temperatuurcorrectie is gelijk aan het verschil tussen de L_{den} met en zonder toepassing van deze correctiemethode.

Rapportage eenvoudige methode

1. Het doel van de metingen.
2. Naam en adres van de instantie en naam van de personen die de meting hebben uitgevoerd.
4. Datum en plaats van de metingen.
5. Gegevens van de weg: aantal rijstroken, type wegdekverharding, de aanwezige geluidmaatregelen, de verkeerintensiteiten en snelheden volgens opgaaf van de bronbeheerder, en (als die beschikbaar is) de met de standaardrekenmethode berekende L den voor de meetpositie en een bronverwijzing (naam, datum en kenmerk van het akoestisch onderzoek waarin die berekeningen zijn opgenomen).
6. Omschrijving en foto’s van de meetlocatie: omgeving, bodem met eventuele begroeiing, meetpositie.
7. Een lijst van de gebruikte meetapparatuur en type microfoons en analyseapparatuur/software met serienummers en de laatste kalibratiedatum, als dat van toepassing is.
8. Het verloop van de temperatuur en luchtvochtigheid tijdens de gehele meetperiode, apart voor alle dagperioden en voor alle nachtperioden; het verloop van de uurwaarde L (uit formule 3.1) over het etmaal, apart per weekdag, als energetisch gemiddelde over de gehele meetperiode.
9. Een kwantitatieve onderbouwing waaruit blijkt dat aan de voorwaarden voor eenvoudige methode is voldaan. Een lijst van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven methode die mogelijk van invloed zijn op het resultaat.
10. Het percentage van de ongeldige uren op het totaal aantal (geldige en ongeldige) uren, uitgesplitst naar oorzaak van verstoring (overmatig residueel geluid, regen, wind, niet-representatieve geluidoverdracht); de gehanteerde maximale waarde van de windsnelheid W max met een toelichting van die keuze.
11. Meetonzekerheidsberekening voor dag, avond en nacht.
12. De L den en het 95%-betrouwbaarheidsinterval, de schatting van de temperatuurcorrectie.
13. Bij vergelijking van gemeten en berekende L den: een beschrijving van overeenkomsten en verschillen in uitgangspunten en waar mogelijk een kwantitatieve inschatting daarvan; een

kwantitatieve inschatting van het effect van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven meetsituatie en meetperiode ten opzichte van de werkelijke meetsituatie en meetperiode.
14. Als voor de meetsituatie een eigen langtijdgemiddelde optreedfrequentie is bepaald: een beschrijving van de gebruikte gegevens en de wijze van verwerking tot een langtijdgemiddelde.

3.3. Uitgangspunten bepaling geluidbelasting

Voor metingen met het doel een geluidbelasting of correctiewaarde vast te stellen (in situaties geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode) gelden de eisen en werkwijzen van de ISO-norm met inachtneming van de volgende bijzondere uitgangspunten:

1. Instrumentatie: volgens artikel 5 van de norm, met als aanvulling dat in tertsbanden van 25 Hz tot 10 kHz wordt gemeten.
2. Als het onvermijdelijk is om te meten op locaties met geluid van meerdere wegen en/of spoorwegen, worden de bijdragen per weg of spoorweg eerst uitgesplitst, voordat de overige bewerkingen, controles en correcties worden uitgevoerd. Voor het uitsplitsen kan afhankelijk van de lokale situatie worden gebruik gemaakt van bijvoorbeeld detectielussen, lichtsluizen of hulpmicrofoons dichtbij elke bron.
3. De geluidbelasting kan op drie manieren wordt bepaald, volgens artikel 10.6.1, 10.6.2 of 10.6.3 van de norm.
4. Er wordt gestreefd naar een totale meetonzekerheid van niet meer dan ±1 dB. De meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval is per definitie tweemaal zo groot, dus bij voorkeur niet meer dan ±2 dB.
5. Het resultaat van de meting is een L_{den} die met bijbehorende meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt opgegeven, met de volgende notatiewijze: L_{den} = 61,2 ± 1,8 dB (95% BI). De uiteindelijke geluidbelasting (voor juridische context) wordt op hele dB's afgerond en zonder marge opgegeven, in dit voorbeeld 61 dB.
6. Residueel geluid ('achtergrondgeluid') wordt verwerkt volgens annex I van de norm.
7. Meteostratificatie (M1, M2, M3 en M4) is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de langtijdgemiddelde situatie. In sommige gevallen moet een geschikt overdrachtsmodel worden gebruikt voor deze correctie. Bij de meteostratificatie kan het nodig zijn de aanpak van annex A van de norm te volgen. In dat geval zijn de optreedfrequenties van tabel 3.3 niet van toepassing, omdat deze op basis van eenvoudige uitgangspunten zijn vastgesteld. Meteogegevens voor wind, temperatuur en luchtvochtigheid worden bij voorkeur op de meetlocatie geregistreerd, maar kunnen worden betrokken van nabije KNMI-stations. Voor neerslag moeten eigen registraties op de meetlocatie worden gebruikt.
8. Correctie voor de luchtdemping volgens annex D.1 van de norm, naar 10°C en 80% RH voor Nederland.
9. Emissiestratificatie is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de maatgevende emissie of referentiesituatie. Deze correctie is volgens annex D.2 van de norm. Voor wegdekken wordt gecorrigeerd naar 20°C volgens paragraaf 4.1.5 van het rekenvoorschrift.
10. Als daar aanleiding voor is, moeten de meetwaarden ook worden gecorrigeerd voor het verschil tussen de wegdekkwaliteit tijdens de meetperiode en de gemiddelde kwaliteit over de levensduur.
11. Meetwaarden tijdens en na neerslag: volgens artikel 8.3 van de norm. Voor meetwaarden tijdens de opdroogperiode van de windbol wordt rekening gehouden met extra meetonzekerheid. Meetwaarden tijdens uren met te harde wind worden geschrapt, zo ook meetwaarden bij een nat wegdek. Meetwaarden tijdens uren met een sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen worden geschrapt vanwege niet-representatieve geluidoverdracht.
12. Rapportage zoals bij de eenvoudige methode, met aanvullend: tabellen met gemiddelde meetwaarden per meetdag (gesplitst per etmaalperiode en meteoklasse), een analyse van de meetonzekerheid volgens annex F van de norm.

4. Wegdekcorrectie

4.1. Metingen

4.1.1

Om de wegdekcorrectie voor een bepaald product te bepalen, worden metingen uitgevoerd op ten minste vijf verschillende, geografisch gescheiden werken[1)] met hetzelfde product volgens de Statistical Pass-By-methode (SPB-methode), beschreven in NEN-EN-ISO 11819-1:2001. Volgens de SPB-methode worden de geluidniveaus gemeten van afzonderlijke voertuigpassages. Het meetpunt ligt op 7,5 m uit het hart van de rijstrook waarop de te meten voertuigen passeren. Naast het geluidniveau wordt ook de voertuigsnelheid gemeten.

1) Een wegvak met aaneensluitende dagproducties wordt beschouwd als één werk

4.1.2

Er wordt onderscheid gemaakt tussen de drie voertuigcategorieën: lichte motorvoertuigen, middelzware en zware motorvoertuigen. Voor het bepalen van de wegdekcorrectie zijn alleen de gemeten geluidniveaus LAmax van passages van lichte en zware motorvoertuigen van belang. De wegdekcorrectie voor middelzware motorvoertuigen wordt gelijkgesteld aan de wegdekcorrectie voor zware motorvoertuigen. Bij de lichte voertuigen worden de voertuigen, bedoeld in categorie 1b in annex B van NEN-EN-ISO 11819-1:2001, buiten beschouwing gelaten.

4.1.3

In afwijking van NEN-EN-ISO 11819-1:2001 geldt het volgende:

- De meethoogte bedraagt 3,0 m.
- De in NEN-EN-ISO 11819-1:2001 gestelde eisen aan de akoestische eigenschappen van het bodemgebied op de meetlocatie hoeven niet strikt te worden gevolgd, wel wordt aanbevolen om bij de keuze van de meetlocaties zoveel mogelijk met deze eisen rekening te houden.
- Als richtlijn geldt dat op elke locatie metingen aan ten minste 100 lichte en 50 zware motorvoertuigen beschikbaar moeten zijn. Het kan voorkomen dat deze aantallen op een locatie niet zijn gehaald, bijvoorbeeld omdat er onvoldoende vrachtwagens passeren. Het resultaat van die locatie kan dan wel worden meegenomen bij de verdere analyse voor het vaststellen van de wegdekcorrectie. Uiteindelijk bepaalt de grootte van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde over alle meetlocaties of het eindresultaat betrouwbaar genoeg is.

4.1.4

Op het moment van publicatie van de wegdekcorrectie van een wegdekproduct zijn de achterliggende meetgegevens niet ouder dan tien jaar. Bij wijziging van een referentiespectrum uit tabel 4.1 of de referentiewaarden uit 4.3.5 moeten de wegdekcorrecties opnieuw worden vastgesteld met inachtneming van de termijn van tien jaar

4.1.5

De luchttemperatuur op 1,2 m boven het wegoppervlak ligt tijdens de metingen tussen 5°C en 30°C. Bij de gemeten geluidniveaus wordt een temperatuurcorrectie opgeteld, waarmee alle meetresultaten worden genormaliseerd naar een referentietemperatuur van 20°C. De temperatuurcorrecties $Ct_{emp,m}$ voor m = 1 (lichte motorvoertuigen) en m = 3 (zware motorvoertuigen) worden bepaald uit de luchttemperatuur T_{lucht} (in°C op 1,2 m hoogte boven het wegdek) volgens de formules:

$C_{temp}, 1 = 0{,}05 \cdot (T_{lucht} - 20)$	(voor lichte motorvoertuigen)	(4.1)
$C_{temp}, 3 = 0{,}03 \cdot (T_{lucht} - 20)$	(voor zware motorvoertuigen)	(4.2)

4.2. Bepalen van het gemiddelde geluidniveau per voertuigcategorie en per meetlocatie

4.2.1

Per meetlocatie worden de lineaire regressielijnen voor lichte en zware motorvoertuigen bepaald van het A-gewogen gemeten geluidniveau (na temperatuurcorrectie) als functie van lg(vm), waarin vm de snelheid is van voertuigcategorie m. Er wordt onderscheid gemaakt tussen lichte motorvoertuigen (m = 1) en zware motorvoertuigen (m = 3).

4.2.2

De SPB-meting voor lichte of zware motorvoertuigen is niet bruikbaar voor het vaststellen van de wegdekcorrectie als bij de gemiddelde snelheid van de gemeten lichte of zware motorvoertuigen de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de regressielijn, na afronding op één decimaal, groter is dan

$$0{,}3 \cdot \sqrt{\left(\frac{99}{N_1} - 1\right)} \qquad (4.3)$$

en

$$0{,}8 \cdot \sqrt{\left(\frac{49}{N_3} - 1\right)} \qquad (4.4)$$

Hierin is N1 het aantal gemeten lichte motorvoertuigen en N3 het aantal gemeten zware motorvoertuigen op de meetlocatie. Als voor een voertuigcategorie na uitsluiting van een of meer locaties op grond van deze eis minder dan vijf locaties over blijven, kan voor die voertuigcategorie geen wegdekcorrectie (of verouderingscorrectie, zie 4.4.2) worden bepaald.

4.2.3

Uit de regressielijn volgt voor discrete waarden van de snelheid van 30, 40, ... 130 km/u (in stappen van 10 km/u, voor zware motorvoertuigen tot en met 100 km/u), het gemiddelde A-gewogen geluidniveau en het 95%-betrouwbaarheidsinterval van dat gemiddelde.

4.2.4

Bij N1 lichte en N3 zware motorvoertuigen wordt een gemiddeld A-gewogen geluidniveau uit 4.2.3 als ‘betrouwbaar’ gekwalificeerd als de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval, na afronding op één decimaal, kleiner is dan of gelijk is aan:

$$0{,}3 \cdot \sqrt{\left(\frac{99}{N_1} - 1\right)} \qquad (4.5)$$

en

$$0{,}8 \cdot \sqrt{\left(\frac{49}{N_3} - 1\right)} \qquad (4.6)$$

4.3. Bepalen van de initiële wegdekcorrectie uit middeling over verschillende locaties

4.3.1

Met het gemiddelde geluidniveau per voertuigcategorie en per meetlocatie, bepaald volgens paragraaf 4.2, zijn er bij elke discrete waarde van de snelheid v_m (in stappen van 10 km/u) per voertuigcategorie m ten minste vijf gemiddelde waarden van op verschillende locaties k (k = 1, 2, ...) gemeten totale A-gewogen geluidniveaus $L_{k,m}(v_m)$ van voertuigpassages. Van de beschikbare waarden bij iedere snelheid is een deel als 'betrouwbaar' gekwalificeerd op basis van de grenzen aan het 95%-betrouwbaarheidsinterval in 4.2.4. Vervolgens wordt bij iedere snelheid gecontroleerd of van deze als betrouwbaar gekwalificeerde waarden de maximale spreiding tussen de verschillende locaties kleiner is dan 2,0 dB(A). Als de spreiding groter is, dan wordt de locatie met de waarde die het meeste afwijkt van het gemiddelde van de als betrouwbaar gekwalificeerde waarden voor de betrokken voertuigcategorie buiten beschouwing gelaten. Zo nodig wordt dit proces herhaald totdat de spreiding kleiner is dan 2,0 dB(A). Blijven er voor een voertuigcategorie minder dan vijf locaties over, dan kan voor die voertuigcategorie geen wegdekcorrectie worden bepaald.

4.3.2

Per voertuigcategorie m wordt van de (ten minste vijf) gemiddelde geluidniveaus $L_{k,m}$ (v_m) van de afzonderlijke meetlocaties bij snelheid v_m (in stappen van 10 km/u) een gewogen gemiddelde $L_{gem,m}(v_m)$ berekend op basis van de grootte van het 95%-betrouwbaarheidsinterval, volgens de formule:

$$L_{gem,m}(v_m) = \frac{\sum_i \frac{L_{k,m}(v_m)}{\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)^2}}{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)^2}} \qquad (4.7)$$

Hierin is $\Delta 95\% ci_{k,m}$ de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor locatie k en voertuigcategorie m. In het gemiddelde worden alle waarden $L_{k,m}$ (v_m) meegenomen, dus niet alleen de waarden die op basis van 4.2.4 als betrouwbaar zijn gekwalificeerd.

4.3.3

Bij de gemiddelde waarden over de locaties bij snelheid v_m, $L_{gem,m}(v_m)$, wordt $\Delta 95\% ci_{gem,m}(v_m)$, de helft van de grootte van het bijbehorende betrouwbaarheidsinterval, bepaald, volgens:

$$\Delta 95\% ci_{gem,m}(v_m) = \frac{1}{\sqrt{\sum_i \frac{1}{\Delta 95\% ci_{k,m}(v_m)^2}}} \qquad (4.8)$$

4.3.4

Uit de gemiddelde waarden over alle locaties $L_{gem,m}(v_m)$ bij discrete waarden van de snelheid v_m (in stappen van 10 km/u) wordt per voertuigcategorie m het verband afgeleid tussen het totale A-gewogen geluidniveau en de logaritme van de snelheid, met lineaire regressie volgens $a_m + b_m \lg (v_m/v_{0,m})$. De lineaire regressie wordt gebaseerd op de gemiddelde waarden bij snelheid vm die voldoen aan de volgende eisen:

- lichte motorvoertuigen (m = 1): snelheidsbereik 30-130 km/u en $\Delta 95\% ci_{gem,1}(v_m)$ (na afronding op één decimaal) ≤ 0,3
- zware motorvoertuigen (m = 3): snelheidsbereik 30-100 km/u en $\Delta 95\% ci_{gem,3}(v_m)$ (na afronding op één decimaal) ≤ 0,8.

De referentiesnelheid $v_{0,m}$ is gelijk aan 80 km/u voor lichte motorvoertuigen (m = 1) en 70 km/u voor zware motorvoertuigen (m = 3).

4.3.5
Uit het verschil tussen de waarden a_m en b_m uit de regressie volgens 4.3.4 en de waarden $a_{ref,m}$ en $b_{ref,m}$ van het referentiewegdek worden de waarden ΔL_m en τ_m bepaald volgens de formules:

$\Delta L_m = a_m - a_{ref,m}$	(4.9)
$\tau_m = b_m - b_{ref,m}$	(4.10)

waarin:
$a_{ref,1}$ = 77,5 en $b_{ref,1}$ = 36,8 voor lichte motorvoertuigen (m = 1) bij metingen op 3,0 m hoogte;
$a_{ref,3}$ = 83,6 en $b_{ref,3}$ = 29,9 voor zware motorvoertuigen (m = 3) bij metingen op 3,0 m hoogte.

4.3.6
Per meetlocatie en per voertuigcategorie wordt het (lineair of rekenkundig) gemiddelde frequentiespectrum in acht octaafbanden (met middenfrequenties van 63 tot en met 8.000 Hz) berekend over alle gemeten frequentiespectra van individuele voertuigpassages op het moment dat het maximum geluidniveau tijdens de passage optreedt. Vervolgens wordt per octaafband lineair gemiddeld over de locaties, zonder weging op grond van betrouwbaarheid. Als een locatie op grond van 4.2.2 of 4.3.1 buiten beschouwing is gelaten, wordt het frequentiespectrum van die locatie ook in de middeling van de octaafbandwaarden niet meegenomen. Van de octaafbandwaarden van dit over de meetlocaties gemiddelde spectrum wordt de energetische som bepaald. Vervolgens wordt de energetische som van alle octaafbandwaarden afgetrokken, waarna de energetische som over de octaafbanden van het 'genormeerde' spectrum gelijk is aan 0 dB(A).

4.3.7
Van de genormeerde octaafbandwaarden uit 4.3.6 worden de octaafbandwaarden $a_{nref,i,m}$ van het genormeerde spectrum van het referentiewegdek uit tabel 4.1 afgetrokken. Bij iedere octaafbandwaarde van het verschil wordt vervolgens de waarde ΔL_m uit 4.3.5 opgeteld. Dit levert de octaafbandwaarden van de snelheidsonafhankelijke term van de initiële wegdekcorrectie $\Delta L_{i,m}$, waarin i het nummer is van de octaafband (i = 1, 2 ... 8, voor de octaafbanden van 63 Hz tot en met 8.000 Hz).

Tabel 4.1 Octaafbandwaarden $a_{nref,i,m}$ van de genormeerde frequentiespectra van het geluidniveau in het meetpunt bij het referentiewegdek

Voertuigcategorie	**Middenfrequentie octaafband (Hz)**							
	63	**125**	**250**	**500**	**1.000**	**2.000**	**4.000**	**8.000**
Lichte motorvoertuigen (m = 1)	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
Zware motorvoertuigen (m = 3)	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5

4.3.8
De waarden $\Delta L_{i,m}$ en τ_m, leggen de initiële wegdekcorrectie $C_{initieel,i,m}$ in octaafbanden vast volgens de formule:

$C_{initieel,i,m}(v_m) = \Delta L_{i,m} + \tau_m \lg(v_m/v_{0m})$	(4.11)

De initiële wegdekcorrectie is alleen geldig voor die snelheden waarbij $\Delta 95\%ci_{gem,m}(v_m)$, na afronding op één decimaal, kleiner is dan of gelijk is aan 0,1 voor lichte motorvoertuigen (m = 1) en kleiner of gelijk is aan 0,4 dB(A) voor zware motorvoertuigen (m = 3). Het geldige snelheidsbereik voor de wegdekcorrectie zal in het algemeen voor lichte en zware motorvoertuigen verschillend zijn.

4.4. Bepalen van de verouderingscorrectie (C_{tijd})

4.4.1
De verouderingscorrectie $C_{tijd,i,m}$ van een specifiek product volgt per octaafband i en voertuigcategorie m uit het verschil tussen het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties met een nieuw wegdek ($SPB_{nieuw,i,m}$) en het gemiddelde resultaat van SPB-metingen op locaties waar hetzelfde wegdektype of -product langer in gebruik is dan 75% van de verwachte levensduur ($SPB_{>75\%levensduur,i,m}$) volgens de formule:

$$C_{tijd,i,m} = (SPB_{>75\%levensduur,i,m} - SPB_{nieuw,i,m})/2 \quad (4.12)$$

waarin:

$$SPB_{nieuw,i,m} = a_{ref,m} + b_{ref,m} \lg(v_{x,m}/v_{0,m}) + a_{nref,i,m} + C_{initieel,i,m}(v_{x,m}) \quad (4.13)$$

met de waarden $a_{ref,m}$ en $b_{ref,m}$ uit 4.3.5, $a_{nref,i,m}$ volgens tabel 4.1 en $C_{initieel,i,m}$ zoals bepaald in 4.3.8. De verouderingscorrectie wordt een vaste waarde van de snelheid $v_{x,m}$. Voor snelheid $v_{x,m}$ moet gelden dat deze binnen het snelheidsbereik ligt waarvoor de initiële wegdekcorrectie $C_{initieel}$ geldig is volgens 4.3.8.
De waarden voor $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ kunnen op drie manieren worden verkregen. Het heeft de voorkeur om de waarden voor $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ vast te stellen op basis van SPB-metingen aan wegvakken aan het einde van de levensduur van het betrokken wegdektype of product. Deze methode staat beschreven in 4.4.2. Als er wel SPB-metingen beschikbaar zijn aan oudere wegvakken maar onvoldoende of geen daarvan betreffen wegvakken aan het einde van de levensduur, kan op basis van de extrapolatiemethode (zie 4.4.3) ook een $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ worden vastgesteld.
Bij nieuwe wegdektypen of -producten zijn er logischerwijs geen meetgegevens aan oudere wegvakken beschikbaar. In dat geval kan tijdelijk de $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ worden gebaseerd op de waarden van een standaard wegdektype (zie 4.4.4). Zodra er voldoende oudere wegvakken beschikbaar zijn, kan de verouderingscorrectie worden vervangen en worden gebaseerd op metingen.

4.4.2
De waarden $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ worden bepaald uit de resultaten van SPB-metingen op ten minste vijf verschillende locaties waar het wegdek ouder is dan 75% van de verwachte levensduur. Na temperatuurcorrectie volgens 4.1.5 worden per meetlocatie en per voertuigcategorie de regressielijnen bepaald volgens 4.2.1 en wordt $\Delta 95\%ci_{k,m}$ (de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval) getoetst bij snelheid vx,m (in plaats van bij de gemiddelde snelheid). De $\Delta 95\%ci_{k,m}$ moet kleiner of gelijk zijn aan 0,3 dB voor lichte motorvoertuigen of 0,8 dB voor zware motorvoertuigen. Na eventuele uitsluiting van meetlocaties op grond van deze toets zijn per voertuigcategorie ten minste vijf locaties beschikbaar om de verouderingscorrectie te kunnen bepalen. Van die locaties wordt:

a. het gemiddelde A-gewogen geluidniveau $L_{rgem,m}(v_{x,m})$ bepaald door de waarden van de regressielijnen bij snelheid $v_{x,m}$ rekenkundig te middelen; en
b. het gemiddelde frequentiespectrum berekend over de gemeten individuele voertuigpassages (per voertuigcategorie afzonderlijk) en genormeerd volgens 4.3.6, zodat de energetische som over de octaafbanden van het genormeerde spectrum gelijk is aan 0 dB(A).

Sommatie van $L_{rgem,m}(v_{x,m})$ en de octaafbandwaarden van het genormeerde spectrum levert $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$.

4.4.3
Als er nog geen wegdekken beschikbaar zijn die al langer in gebruik zijn dan 75% van de verwachte gemiddelde levensduur, is er de mogelijkheid om de waarden $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ via extrapolatie af te leiden uit de resultaten van SPB-metingen op (ten minste) vijf locaties met wegdekken die ten minste vier jaar in gebruik zijn. Daarbij moet van elke locatie met een ten minste vier jaar oud wegdek bekend zijn hoe lang het wegdek al op die locatie in gebruik is. Van de locaties worden (na

temperatuurcorrectie volgens paragraaf 4.1.5) per voertuigcategorie de regressielijnen bepaald volgens 4.2.1 en wordt $\Delta 95\%ci_{k,m}$ (de helft van het 95%-betrouwbaarheidsinterval) getoetst bij snelheid $v_{x,m}$ (in plaats van bij de gemiddelde snelheid). Na eventuele uitsluiting van meetlocaties op grond van deze toets moeten per voertuigcategorie ten minste vijf locaties beschikbaar zijn. Van elke locatie wordt de SPB-waarde bij $v_{x,m}$ en het bijbehorende octaafbandspectrum bepaald. Van deze resultaten wordt het rekenkundig gemiddeld octaafbandspectrum vastgesteld wat resulteert in de $SPB_{>4jaar,i,m}$. Het verloop tussen $SPB_{nieuw,i,m}$ en $SPB_{>4jaar,i,m}$ wordt geëxtrapoleerd van de gemiddelde gebruiksduur Tggd van de meetlocaties met ten minste vier jaar oude wegdekken naar 80% van de verwachte gemiddelde levensduur $T_{80\%}$ van het betrokken wegdek volgens de formule:

$$SPB_{>75\%levensduur,i,m} = SPB_{nieuw,i,m} + \left(SPB_{>4jaar,i,m} - SPB_{nieuw,i,m}\right) \cdot \left(\frac{T_{80\%}}{T_{ggd}}\right) \quad (4.14)$$

4.4.4

Als van een specifiek product geen wegdekken voorhanden zijn om de verouderingscorrectie C_{tijd} vast te stellen, kan deze worden gebaseerd op de gegevens van het standaard (generieke) wegdektype waartoe het wegdek behoort. In dat geval wordt $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ overgenomen van het betrokken wegdektype en op basis daarvan wordt de verouderingscorrectie $C_{tijd,i,m}$ vastgelegd met behulp van formule 4.12.

De $SPB_{>75\%levensduur,i,m}$ voor een bepaald wegdektype kan voor snelheid $v_{x,m}$ worden bepaald uit tabel 4.2a met de regressieparameters $a_{>75\%levensduur,i,m}$ en $b_{>75\%levensduur,i,m}$ en onderstaande vergelijking:

$$SPB_{>75\%levensduur,i,m} = a_{>75\%levensduur,i,m} + b_{>75\%levensduur,m} \log(v_{x,m}/v_0) \quad (4.15)$$

De waarden voor a>75%levensduur,i,m en $b_{>75\%levensduur,m}$ zijn opgenomen in tabel 4.2.

Tabel 4.2a Coëfficiënten voor a>75%levensduur,i,m en b>75%levensduur,m voor lichte motorvoertuigen

Volgnr.	Wegdektype	a>75%levensduur,i,lv								b
		i=1	*i*=20	*i*=3	*i*=4	*i*=5	*i*=6	*i*=7	*i*=8	>75%
1	Referentiewegdek	40,0	48,2	58,1	66,9	75,6	71,0	61,1	50,8	36,8
2	1L ZOAB	40,1	51,8	60,8	70,3	77,0	69,1	60,0	52,9	30,3
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	40,5	51,1	59,5	70,6	73,2	66,2	57,7	50,0	33,8
4	2L ZOAB	40,5	51,1	59,5	65,6	73,2	66,2	57,7	50,0	33,8
5	2L ZOAB fijn	39,0	50,5	57,8	63,8	71,1	64,2	57,5	50,1	36,7
6	SMA 0/5	42,2	48,3	59,4	69,3	74,8	69,3	60,1	50,1	35,8
7	SMA 0/8	41,4	49,3	59,2	67,9	76,0	70,8	61,4	51,4	35,8
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	41,4	49,3	59,2	67,9	76,0	70,8	61,4	51,4	35,8
9	Uitgeborsteld beton	42,2	48,9	60,5	70,2	79,2	72,9	62,0	51,8	38,2
10	Geoptim. uitgeborsteld beton	40,9	48,6	59,8	69,0	77,8	70,6	60,2	50,1	37,8
11	Fijngebezemd beton	42,2	48,8	61,9	70,1	78,3	74,8	63,5	51,5	44,5
12	Oppervlak- bewerking	42,2	50,3	61,8	72,0	80,7	72,2	61,2	51,1	36,6
13	Elementen- verharding keperverband	48,5	57,6	66,6	73,0	80,4	71,5	63,0	52,8	39,3
14	Elementen- verharding niet in keperverband	52,5	60,8	68,5	75,1	84,5	75,0	66,9	55,5	39,7
15	Stille elementen- verharding	48,0	55,2	64,0	70,8	75,5	66,2	59,2	50,9	35,1
16	Dunne deklagen A	44,6	49,34	56,8	66,9	74,6	68,9	59,9	49,4	28,6
17	Dunne deklagen B	44,4	49,14	56,4	66,6	74,6	69,3	60,4	49,3	27,0

Tabel 4.2a Coëfficiënten voor a>75%levensduur,i,m en b>75%levensduur,m voor (middel)zware motorvoertuigen

Volgnr.	Wegdektype	a>75%levensduur,i,lv								b
		i=1	*i*=20	*i*=3	*i*=4	*i*=5	*i*=6	*i*=7	*i*=8	>75%
1	Referentiewegdek	51,6	58,9	67,7	79,0	80,7	74,1	66,4	57,7	29,9

2	1L ZOAB	52,2	60,5	69,9	79,9	77,5	70,5	64,6	58,0	29,7
3	Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	52,1	59,9	68,2	80,0	75,7	68,6	62,5	54,8	34,5
4	2L ZOAB	52,1	59,9	68,2	75,0	75,7	68,6	62,5	54,8	34,5
5	2L ZOAB fijn	52,1	59,3	66,5	74,5	75,4	67,6	61,7	54,5	29,1
6	SMA 0/5	51,6	58,9	67,7	79,0	80,7	74,1	66,4	57,7	29,9
7	SMA 0/8	51,6	58,9	67,7	79,0	80,7	74,1	66,4	57,7	29,9
8	Akoestisch geoptimaliseerd SMA	51,6	58,9	67,7	79,0	80,7	74,1	66,4	57,7	29,9
9	Uitgeborsteld beton	51,6	60,0	68,1	78,7	80,5	73,4	65,3	56,7	34,3
10	Geoptim. uitgeborsteld beton	51,3	59,9	66,0	77,8	79,1	71,7	64,7	56,0	23,2
11	Fijngebezemd beton	51,6	62,2	70,1	80,9	82,7	75,3	66,5	57,7	33,6
12	Oppervlak- bewerking	51,6	60,9	69,5	80,0	80,0	72,0	64,5	56,0	31,4
13	Elementen- verharding keperverband	60,1	68,3	76,2	85,1	85,5	74,6	68,3	59,7	32,4
14	Elementen- verharding niet in keperverband	64,1	71,5	78,1	87,2	89,6	78,1	72,2	62,4	32,6
15	Stille elementen- verharding	52,0	60,3	69,1	81,2	84,3	76,5	68,6	58,1	29,9
16	Dunne deklagen A	52,5	59,4	67,6	79,4	81,2	72,3	64,6	56,0	21,4
17	Dunne deklagen B	52,5	59,4	67,6	79,4	81,2	72,3	64,6	56,0	21,4

4.5. Bepalen van de wegdekcorrectie uit de initiële wegdekcorrectie en C_{tijd}

4.5.1
De wegdekcorrectie voor octaafband i, voertuigcategorie m en snelheid v_m volgt uit $\Delta L_{i,m}$, τ_m en $C_{tijd,i,m}$ volgens:

$$C_{wegdek,i,m}(v_m) = \sigma_{i,m} + \tau_m \log v_m/v_{0,m} \quad (4.16)$$

Met

$$\sigma_{i,m} = \Delta L_{i,m} + C_{tijd,i,m} \quad (4.17)$$

De referentiesnelheid $v_{0,m}$ is gelijk aan 80 km/u voor lichte motorvoertuigen (m = 1) en 70 km/u voor middelzware en zware motorvoertuigen (m = 2 of m = 3).

4.5.2
Voor middelzware voertuigen (m = 2) wordt de wegdekcorrectie gelijkgesteld aan de wegdekcorrectie voor zware voertuigen.

4.5.3
Om het effect van het wegdek op de geluidniveaus te kunnen beoordelen of te kunnen vergelijken met andere wegdektypen, is het wenselijk dat deze als ééngetalswaarde kan worden uitgedrukt. Om tot deze ééngetalswaarde te komen wordt gebruikgemaakt van een standaardspectrum voor wegverkeersgeluid. Het resultaat is een inschatting van het wegdekeffect in geluidberekeningen, maar geldt derhalve als indicatief.

De wegdekcorrectie, $C_{wegdek,m}$, in dB(A) wordt berekend volgens de formule:

$$C_{wegdek,m} = \sigma_m + \tau_m \log(v_m/v_{0,m}) \quad (4.18)$$

De waarde σ_m volgt uit $\sigma_{i,m}$ en de octaafbandwaarden van het genormeerde standaardspectrum voor het geluid van wegverkeer, $L_{weg,i,m}$, uit tabel 4.3:

$$\sigma_m = 10 \log\left(\sum 10^{((\sigma_{i,m}+L_{weg,i,m})/10)}\right) \quad (4.19)$$

Tabel 4.3 Octaafbandwaarden $L_{weg,i,m}$ voor octaafband i en voertuigcategorie m van het genormeerde standaardspectrum voor wegverkeersgeluid

I=	1	2	3	4	5	6	7	8
Middenfrequentie octaafband [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
$L_{weg,i,1}$ (lichte motorvoertuigen)	-24	-23	-21	-13	-2,5	-5	-13	-27
$L_{weg,i,3}$ (zware motorvoertuigen)	-17	-17	-15	-8	-3	-6,5	-14	-27

4.6. Indeling wegdek in categorie

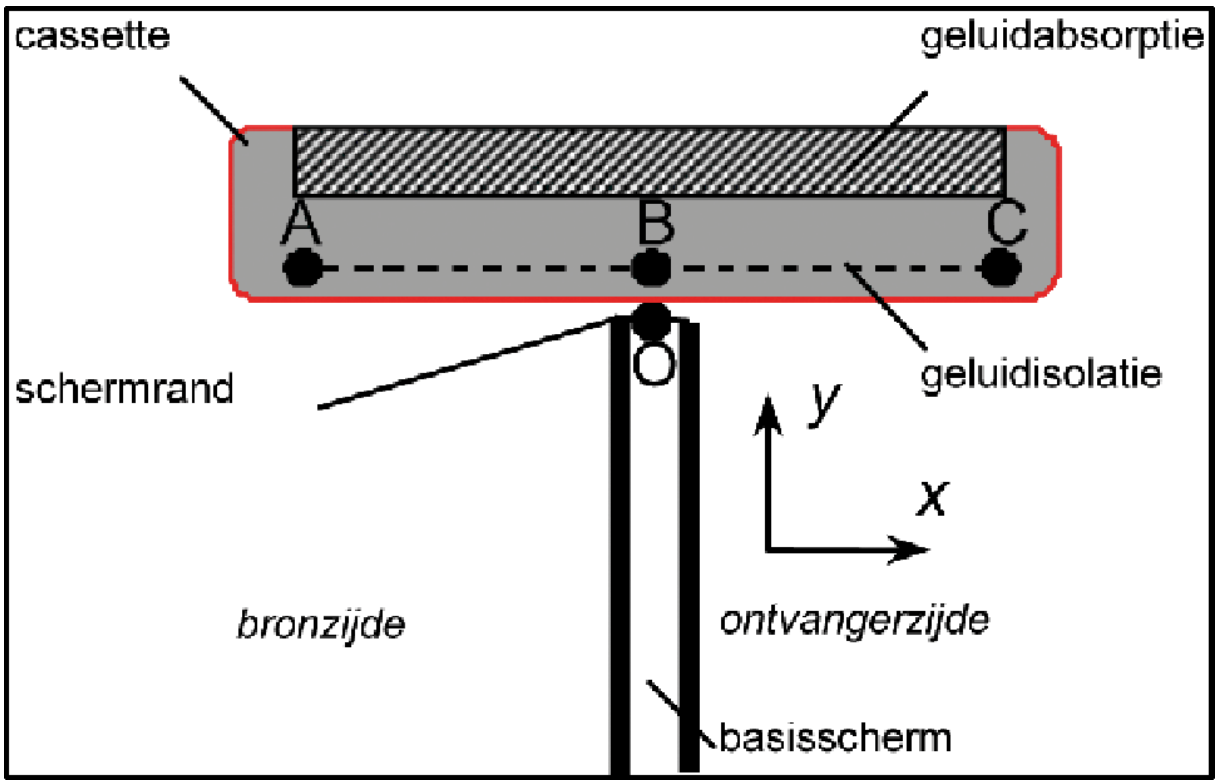
Een wegdekproduct wordt ingedeeld in een wegdektype gebaseerd op civieltechnische eigenschappen en de gemeten wegdekcorrectie. Bij het indelen in een wegdektype geldt de volgende op de eengetalswaarde geluidreductie gebaseerde, voorwaarde: $C_{wegdek,lv,categorie} - C_{wegdek,lv,product} > 0,0$ als de indeling plaats vindt op basis van alleen lichte motorvoertuigen en $C_{wegdek,m,categorie} - C_{wegdek,m,product} > -0,5$ als de indeling plaatsvindt voor zowel lichte als zware motorvoertuigen.

5. Rekenregel schermtop

5.1. Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de waarde van de correctieterm van een schermtop (C_T) als bedoeld in paragraaf 2.10 van hoofdstuk 2 van deze bijlage.
De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel is alleen toepasbaar voor een zogenaamde 'T-top', die voldoet aan de volgende geometrische randvoorwaarden (zie figuur 5.1):

- punt A ligt aan de weg- of bronzijde van het scherm. De (horizontale) afstand tussen punt A en punt B is ten minste 1,0 m. Punt A ligt ten minste op gelijke hoogte als punt B met een tolerantie van ± 0,1 m;
- bij de aansluiting van de T-top op het verticale scherm bij het punt O zijn spleten tot niet meer dan 10 mm toelaatbaar;
- punt C ligt aan de ontvangerzijde van het scherm. De (horizontale) afstand tussen punt B en punt C is ten minste 1,0 m. Punt C ligt ten minste op gelijke hoogte als punt B ± 0,1 m.



Figuur 5.1 Schematische weergave van de T-top.

Daarnaast gelden de volgende eisen aan geluidisolatie en -absorptie:

- Geluidisolatie van de T-top: Tussen punten A en B en tussen punten B en C is geluidisolerend materiaal aanwezig, waarvan de geluidisolatie (DL_R) ten minste 20 dB(A) is, bepaald volgens NEN-EN 1793-2 voor het standaard-wegverkeersgeluidspectrum. Voor gesloten (niet poreuze) panelen is hieraan voldaan als het oppervlaktegewicht op de lichtste plaats ten minste 15 kg/m^2 is.
- Geluidabsorptie van de T-top: Het geluidabsorberend materiaal is over de gehele breedte tussen punten A en C aanwezig boven de geluidisolerende panelen. Het geluidabsorberende materiaal bevindt zich niet onder de denkbeeldige lijn tussen punten A en C. De initiële geluidabsorptie van een nieuwe T-top is zodanig dat de niveaureductie door absorptie DL_α, zoals bepaald volgens NEN-EN 1793-1 ten minste 9 dB(A) is voor wegverkeerslawaai.

5.2. Rekenregel

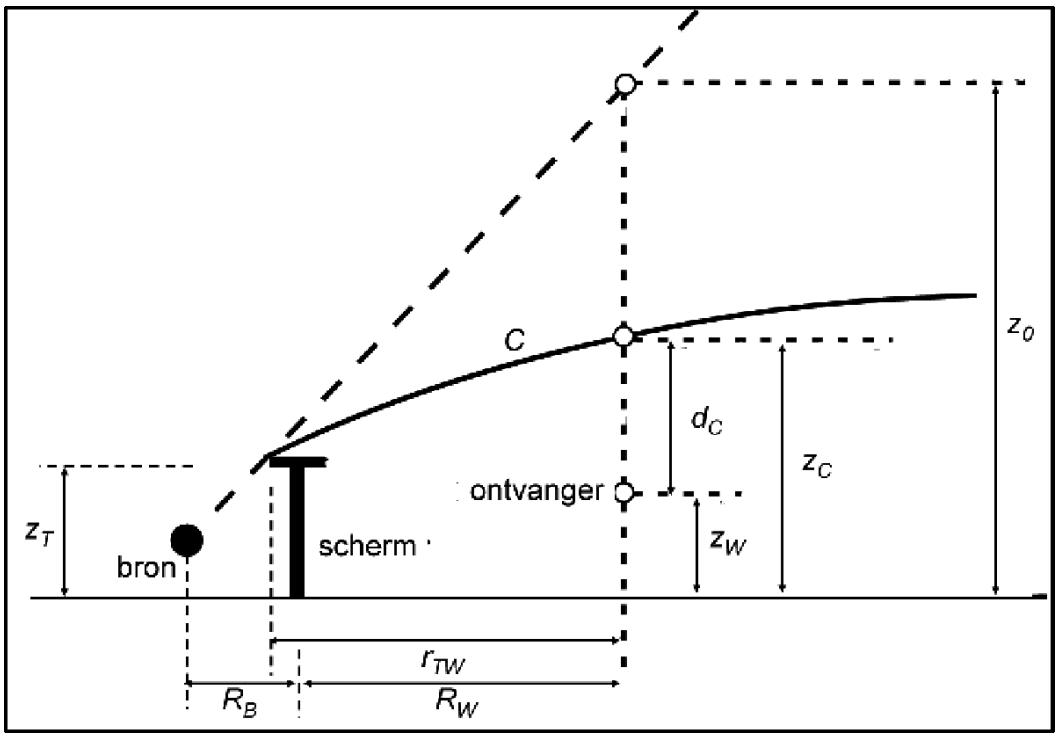
De waarde van de correctieterm C_T is onafhankelijk van de frequentie en wordt voor iedere bronpunt – waarneempunt verhouding afzonderlijk berekend. De berekening gebeurt in twee stappen.

1. De eerste stap bepaalt een kromme *C* in het verticale vlak door een bronpunt en een waarneempunt. De kromme start voor elk sectorvlak in het punt op de rand van de schermtop aan de bronzijde. De kromme wordt beschreven volgens de formule

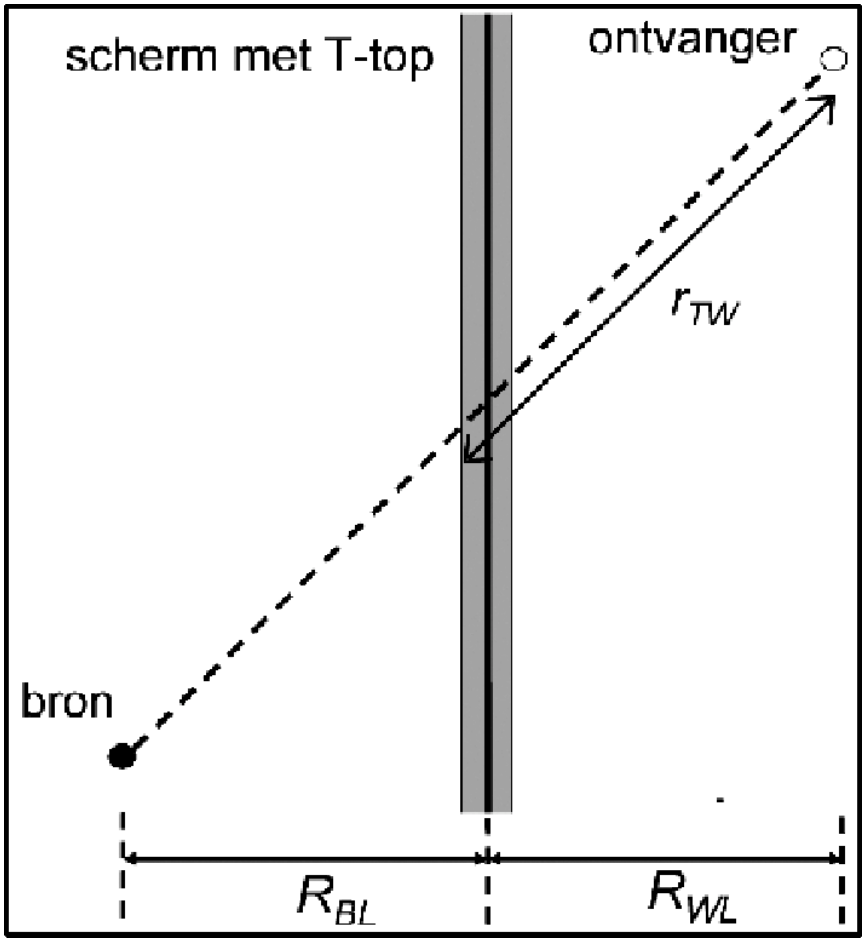
$$z_C(r_{TW}) = z_0(r_{TW}) - \frac{r_{TW}}{C_1} - \left(\frac{r_{TW}}{C_2}\right)^2 \qquad (5.1)$$

waarbij wordt verstaan onder:
$z_C(r_{TW})$: de hoogte van de kromme C van de bron ter plaatse van het waarneempunt;
$z_0(r_{TW})$: de hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van het waarneempunt;
r_{TW}: de horizontale afstand tussen de rand van de schermtop (aan de bronzijde) en de ontvanger;
C_1 enC_2: constanten.

De parameters zijn grafisch weergegeven in figuur 5.2 en figuur 5.3.



Figuur 5.2 Dwarsdoorsnede van de berekening van de verticale afstand dC tussen de kromme C en de ontvanger.



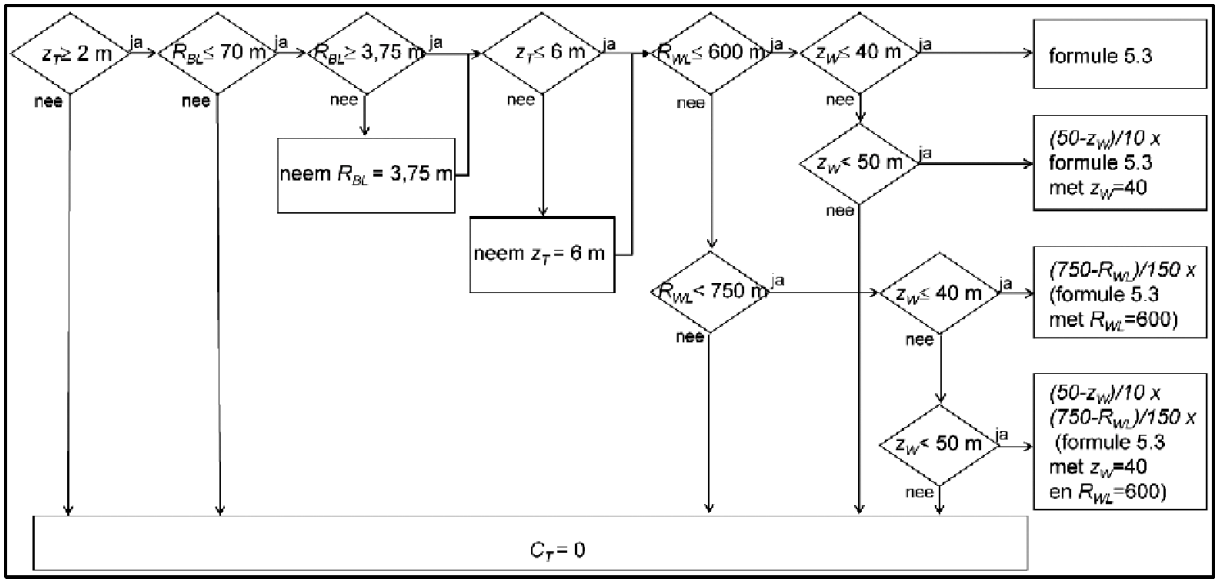
Figuur 5.3 Bovenaanzicht van de berekening van de afstand rTW tussen het scherm en de ontvanger.

De verticale afstand dC tussen de kromme C en het waarneempunt wordt berekend volgens de formule:

$$d_C = z_W - z_C \qquad (5.2)$$

waarbij:
z_W: de hoogte is van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil (horizontaal vlak waarin z=0) [m];
z_C: de hoogte is van de kromme *C*ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt [m]; en
de term d_C negatief als het waarneempunt lager is dan de kromme *C*.

2. In de tweede stap wordt de waarde van C_T bepaald volgens de in figuur 5.4 weergegeven procedure.
Naast de al vermelde parameters d_C en r_{TW}, zijn de volgende gegevens nodig:
R_B: de horizontaal gemeten afstand tussen de bron en het geluidscherm langs een bepaald bron-waarneempunt-pad [m];
R_w: de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm langs een bepaald bron-waarneempunt-pad [m];
R_{BL}: de afstand tussen bron en geluidscherm gemeten langs de kortste verbindingslijn [m];
R_{WL}: de afstand tussen geluidscherm en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindingslijn [m];
z_T: de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];
z_W: de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m].
Ook deze parameters zijn grafisch weergegeven in figuur 5.2 of figuur 5.3.
Voor de bepaling van de waarde van de correctieterm van een schermtop (C_T) ligt het referentiepeil op de hoogte van het maaiveld ter plaatse van de bron.



Figuur 5.4 Procedure voor de bepaling van de waarde van C_T.

De basisberekening van CT is verloopt volgens de formule:

$$C_T = \begin{cases} A & d_c \leq -C_3 r_{TW} \\ A\dfrac{C_3 r_{TW} - d_C}{2C_3 r_{TW}} & -C_3 r_{TW} < d_C < C_3 r_{TW} \\ 0 & d_c \geq -C_3 r_{TW} \end{cases} \quad (5.3)$$

met:

C_3 en A: constanten.

De waarden van de constanten voor de in paragraaf 5.1 beschreven T-top zijn weergegeven in de onderstaande tabel. De constante C_0 heeft als waarde de breedte van de rand van de T-top aan de wegzijde ten opzichte van het midden van het scherm.

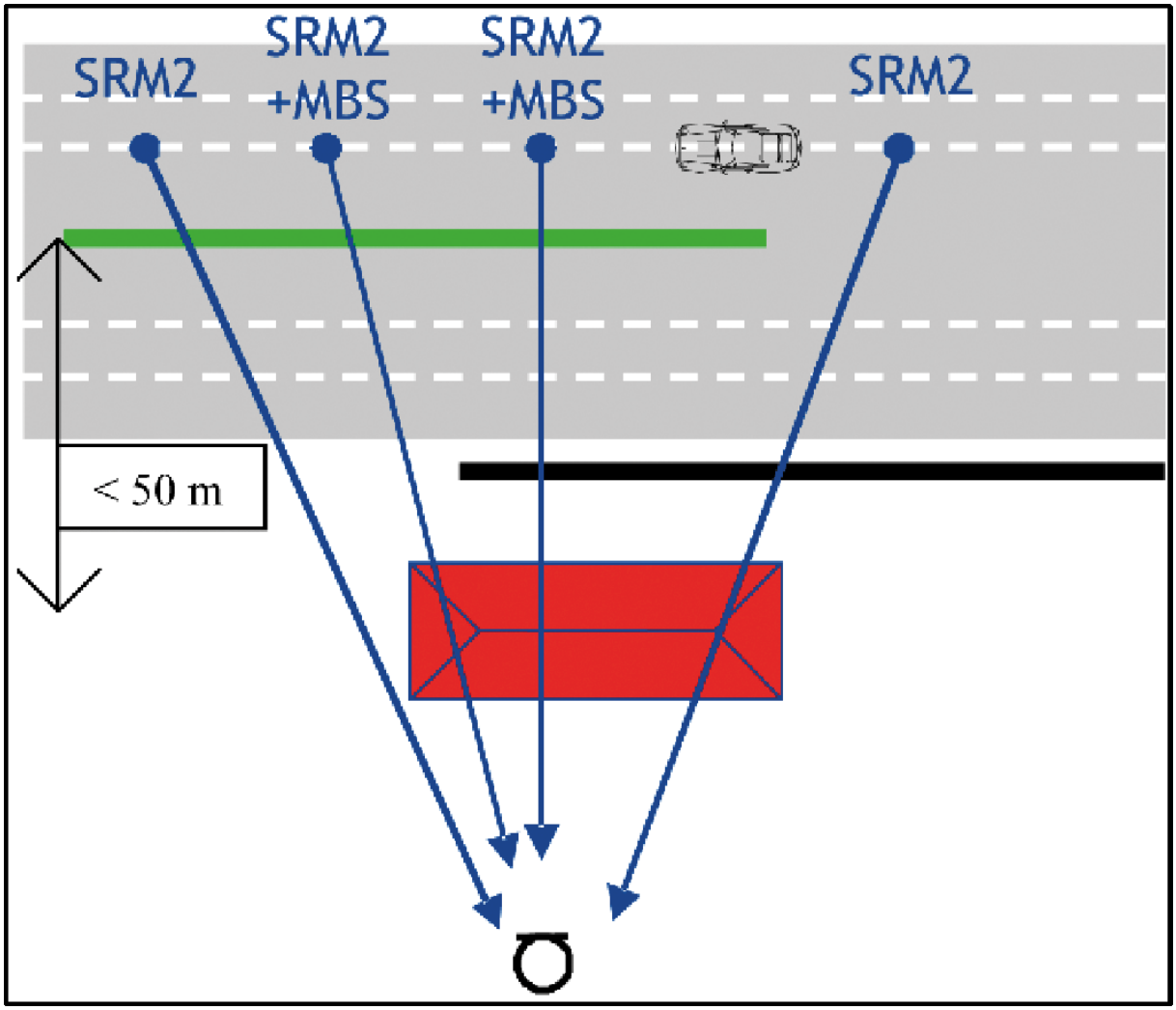
Tabel 5.1 Waarden van de constanten ter bepaling van de correctieterm voor een schermtop

Constante	C_0	C_1	C_2	C_3	A
Waarde voor T-top	1,0	8,3	150	0,13	5,0

6. Rekenregel middenbermscherm

6.1. Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de waarde van de correctieterm voor een middenbermscherm als bedoeld in paragraaf 2.10 van deze bijlage.
De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel is alleen toepasbaar voor een zogenaamd middenbermscherm dat voldoet aan de volgende voorwaarden.
De middenbermcorrectie, C_{mbs}, is van toepassing op die afschermende objecten die bestaan uit dunne wanden en waarvoor geldt dat in het pad tussen bron- en waarneempunt zich behalve het genoemde afschermende object een tweede afschermend object bevindt op een afstand van, loodrecht gemeten, ten hoogste 50 m en waarvan de hoogte ten minste gelijk is aan de bronhoogte. Daarnaast bevindt zich tussen beide afschermende objecten ten minste één rijlijn. Als niet aan deze voorwaarden voldaan is, dan wordt de afschermende werking van het ‘middenbermscherm’ op eenzelfde manier bepaald als van andere afschermende objecten, zoals beschreven in paragraaf 2.10 van deze bijlage.



Figuur 6.1 Schematische weergave van situaties waarbij het effect van een middenbermscherm wordt bepaald volgens de rekenregel middenbermscherm.

Als het tweede afschermende object een gebouw is, dan bevindt dat gebouw zich ook op een afstand van het middenbermscherm van ten hoogste 50 m. Deze afstand is gemeten loodrecht op het middenbermscherm en is de afstand tussen beide voor de afscherming bepalende diffractieranden. Zie figuur 6.1.
Het effect van een wand tussen de beide rijbanen in tunnelbakken, een soort middenbermscherm, wordt niet op deze wijze bepaald omdat deze situatie extra complex is en vooralsnog niet is geverifieerd of de effecten op een juiste wijze worden beschreven. Een weg wordt geacht in een tunnelbak te liggen als er sprake is van een betonnen bakconstructie waarbij het niveau van het wegdek ten minste 2 m onder het maaiveld ligt. Nader onderzoek naar toepassingsmogelijkheden voor tunnelbakken wordt nog uitgevoerd.

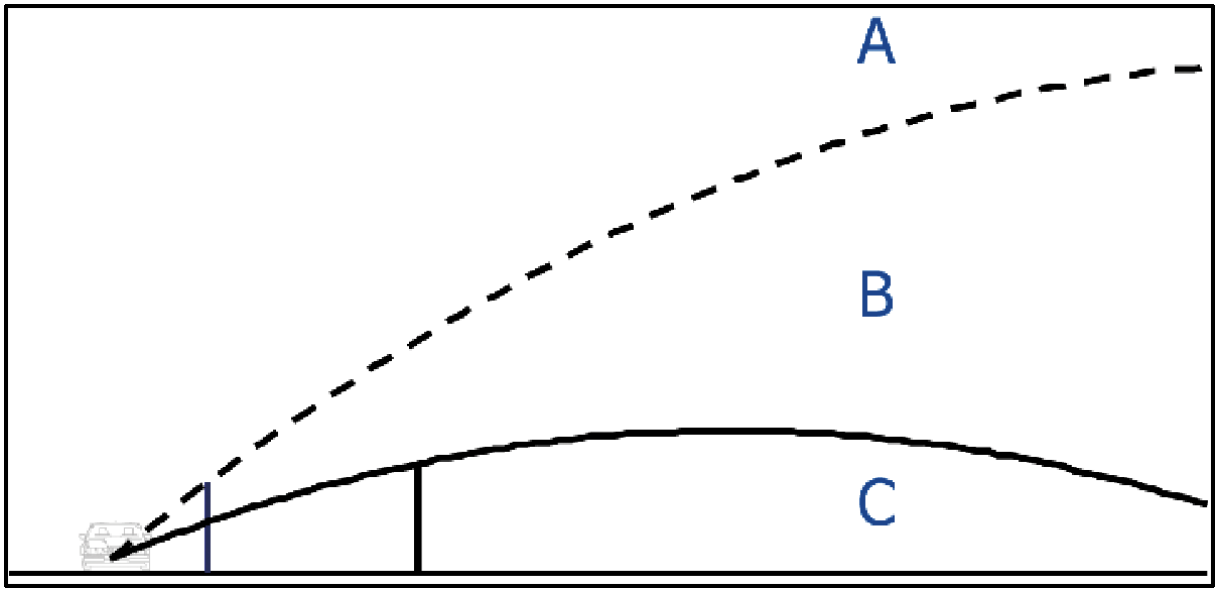
6.2. Rekenregel

De correctieterm voor een middenbermscherm, C_{mbs}, wordt bepaald in twee stappen:
1. Er worden drie gebieden onderscheiden waarin het waarneempunt zich kan bevinden;
2. Per gebied wordt aangegeven hoe de middenbermcorrectie moet worden bepaald.

De middenbermcorrectie voor een waarneempunt is gelijk aan de middenbermcorrectie zoals die wordt bepaald voor het gebied waarin het waarneempunt zich bevindt.

Stap 1: de te onderscheiden gebieden
Er wordt onderscheid gemaakt in drie gebieden zoals weergegeven in figuur 6.2. De lijnen zijn respectievelijk de lijn van het bronpunt over het dichtstbijzijnde afschermende object gebogen volgens

de straal met een kromming als aangegeven in paragraaf 2.10 en de gebogen lijn over het verst afgelegen afschermende object met eenzelfde kromming.



Figuur 6.2 Indeling van de gebieden ter bepaling van effect middenbermscherm; gebied A: het gebied boven beide lijnen; gebied B: het gebied tussen de twee lijnen; gebied C: het gebied onder beide lijnen.

Het waarneempunt ligt boven de gekromde lijn door de top van het middenbermscherm als:

$$z_w > z_b + \frac{R}{R_{mbs}}\left[z_{mbs} - \frac{R_{mbs}(R - R_{mbs})}{26R} - z_b\right] \quad (6.1)$$

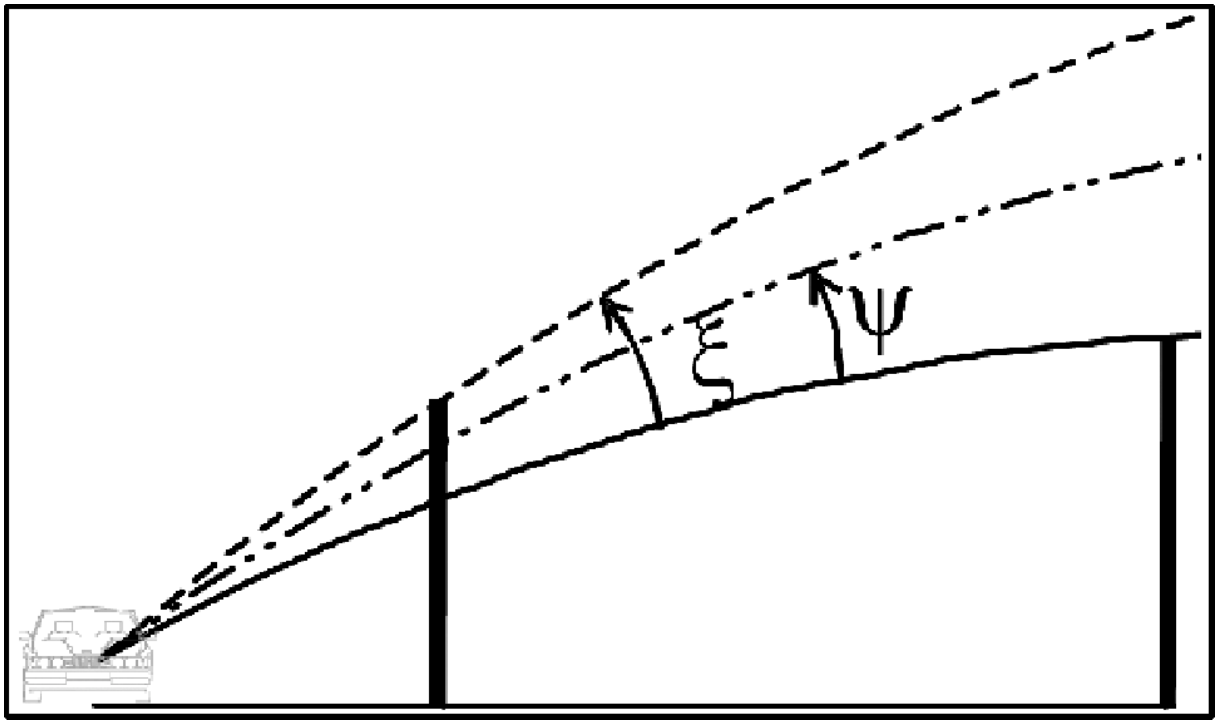
Het waarneempunt ligt boven de gekromde lijn door de top van het zijscherm als:

$$z_w > z_b + \frac{R}{R_{zs}}\left[z_{zs} - \frac{R_{zs}(R - R_{zs})}{26R} - z_b\right] \quad (6.2)$$

waarbij:
z_w: de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil;
z_b: de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil;
z_{mbs}: de hoogte van het middenbermscherm ten opzichte van het referentiepeil;
z_{zs}: de hoogte van het zijscherm ten opzichte van het referentiepeil;
R_{mbs}: de horizontale afstand tussen bron en middenbermscherm;
R_{zs}: de horizontale afstand tussen bron en zijbermscherm;
R: de horizontale afstand tussen waarneempunt en bronpunt.

Binnen de gebieden B en C wordt C_{mbs} berekend op basis van de hoek ξ tussen de twee lijnen die gebied B begrenzen. Voor ontvangers binnen gebied B moet ook de hoek ψ tussen de gekromde lijn van de bron naar de ontvanger en de gekromde lijn van de bron door de top van het zijscherm worden

bepaald, zie figuur 6.3.



Figuur 6.3 Illustratie van de hoeken ξ en ψ.

ξ: de hoek tussen de raaklijnen in het bronpunt aan de gekromde lijnen van de bron over het maatgevende diffractiepunt van beide afschermende objecten;
ψ: de hoek tussen de raaklijnen in het bronpunt aan de gekromde lijnen van de bron over het maatgevende diffractiepunt van het zijbermscherm en de gekromde lijn tussen het bronpunt en het waarneempunt.

De hoeken ξ en ψ worden berekend volgens de formules:

$\xi = \xi_{mbs} - \xi_{zs}$	(6.3)
$\xi_{mbs} = \arctan\left\{\frac{1}{R_{mbs}}\left[z_{mbs} - \frac{R_{mbs}(R - R_{mbs})}{R} - z_b\right] + \frac{1}{26}\right\}\frac{180}{\pi}$	(6.4)
$\xi_{zs} = \arctan\left\{\frac{1}{R_{zs}}\left[z_{zs} - \frac{R_{zs}(R - R_{zs})}{R} - z_b\right] + \frac{1}{26}\right\}\frac{180}{\pi}$	(6.5)
$\varphi = \arctan\left\{\frac{z_w - z_b}{R} + \frac{1}{26}\right\}\frac{180}{\pi} - \xi_{zs}$	(6.6)

Stap 2: Berekening van C_{mbs}
De waarde van C_{mbs} wordt als volgt bepaald:
$C_{mbs} = C_{mbs\,(A)}$ als het waarneempunt zich in gebied A bevindt;
$C_{mbs} = C_{mbs\,(B)}$ als het waarneempunt zich in gebied B bevindt;
$C_{mbs} = C_{mbs\,(C)}$ als het waarneempunt zich in gebied C bevindt.
Bepaling $C_{mbs\,(A)}$

Voor waarneempunten in gebied A wordt $C_{mbs\,(A)}$ bepaald volgens de methode zoals beschreven in paragraaf 2.10 volgens de formule:

$C_{mbs\,(A)} = H\,F(N_f)$	(6.7)

waarbij:
H de effectiviteit van het scherm is,
$F(N_f)$ een functie met argument N_f (het fresnelgetal) is;

Bepaling $C_{mbs\ (C)}$
Voor waarneempunten in gebied C geldt een vaste waarde die wordt berekend aan de hand van hoek ξ (in graden) tussen de twee lijnen die gebied B begrenzen. Hoek ξ wordt ter plaatse van de bron bepaald. De correctie wordt gegeven door:

als ξ ≤ 0 :	$C_{mbs\ (C)} = 5 + \frac{5\xi}{6}$	met $C_{mbs\ (C)} \geq 0$	(6.8)
als ξ > 0 :	$C_{mbs\ (C),i} = 5 + \frac{5\xi}{3}\left(\frac{i}{8}\right)$	met $C_{mbs\ (C),i} \leq 5 + 5\left(\frac{i}{8}\right)$	(6.9)

waarbij *i* de octaafbandindex is.

Bepaling $C_{mbs\ (B)}$
Voor waarneempunten in gebied B is de correctie afhankelijk van de ligging van het waarneempunt. Deze wordt uitgedrukt in de hoek ψ (in graden) tussen de gekromde lijn van de bron naar de ontvanger en de gekromde lijn van de bron naar het zijscherm. $C_{mbs\ (B)}$ wordt bepaald volgens de formules:

als $C_{mbs\ (B),i} = C_{mbs\ (C),i} + \left(\frac{2\psi}{\xi}\right)\left[5 + 2\xi\left(\frac{i}{8}\right) - C_{mbs\ (C),i}\right]$	(6.10)
als $C_{mbs\ (B),i} = 5 + 4\xi\left(1 - \frac{\psi}{\xi}\right)\left(\frac{i}{8}\right)$	(6.11)
met $C_{mbs\ (B),i} \leq 5 + 20\left(\frac{i}{8}\right)$	

waarbij *i* de octaafbandindex is.
De correctie in gebied B wordt alleen toegepast als de lijn door de top van het middenbermscherm hoger ligt dan die door de top van het zijscherm. De hoek ξ heeft dan een positieve waarde. In situaties waarin de hoek ξ negatief is (bij een relatief laag middenbermscherm) worden waarneempunten binnen gebied B behandeld zoals in gebied C.

7. Reken- en meetvoorschrift diffractor

7.1. Definitie
In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de correctieterm voor een diffractor als bedoeld in paragraaf 2.10 van deze bijlage. De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel voor C_{diff} is alleen toepasbaar voor een diffractor die op maaiveldniveau is ingegraven. Deze is niet toepasbaar bij een diffractor op een afschermend object of grondlichaam. De rekenregel voor $C_{S,diff}$ is alleen bedoeld voor een diffractor die op een geluidscherm als schermtop is toegepast.

7.2. Rekenregel C_{diff}
Het effect van een diffractor die op maaiveldniveau is ingegraven wordt berekend volgens de formule:

$$C_{diff} = C_{i,diff,hard} \cdot max;(1 - 0{,}6 \cdot B_{voor} - 0{,}6 \cdot B_{na}) \cdot maxmin[1 + 10 \cdot (N_f + 0{,}1); 1];0 \qquad (7.1)$$

waarbij wordt verstaan onder:
$C_{i,diff,hard}$: het diffractoreffect met een nabijgelegen volledig harde bodem voor octaafbandindex *i;*
B_{voor}: de gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de bron met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand diffractor);
B_{na}: de gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de ontvanger met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand van de diffractor);
N_f: het fresnelgetal.

Het fresnelgetal N_f wordt bepaald volgens de methode beschreven in hoofdstuk 2.10. Hierbij geldt:

$z_B = z'_B + \Delta h$	(7.2a)
$z_T = z'_T + \Delta h$	(7.2b)
$z_W = z'_W$	(7.2c)

waarbij wordt verstaan onder:
z'_B: de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil [m];
z'_T: de hoogte van het midden van de diffractor, vermeerderd met 65 cm, ten opzichte van het referentiepeil met een maximum waarde gelijk aan z'_B -10 cm [m];

z'_W: de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m]; en

$\Delta h = max;2 \cdot \min[15;R - 5]/15$	voor $i \leq 5$	(7.3a)
$\Delta h = max;2 \cdot \min[30;R - 5]/30$	voor $i \geq 6$	(7.3b)

waarbij wordt verstaan onder:
R: de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt [m].
In het geval van afscherming achter de diffractor, vanuit de bron gezien, wordt het fresnelgetal bepaald door de positie van de top van het maatgevende scherm als waarneempunt te beschouwen.
In het geval van afscherming voor de diffractor wordt het fresnelgetal bepaald door de positie van de top van dit scherm als bronpositie te beschouwen.

$C_{i,diff,hard}$ wordt berekend volgens de formules:

$C_{i,diff,hard} = max\left\{0; -0{,}7 \cdot \max\left[r_d - 1{,}7 - {}^{d_d}/_2;\ 0\right] \cdot \cos(min[\lvert\theta\rvert; 60]) + A_{i,diff}\right\}$	$voor\ A_{i,diff} > 0$	(7.4a)
$C_{i,diff,hard} = min\left\{0; +0{,}3 \cdot \max\left[r_d - 1{,}7 - {}^{d_d}/_2;\ 0\right] \cdot \cos(min[\lvert\theta\rvert; 60]) + A_{i,diff}\right\}$	$voor\ A_{i,diff} < 0$	(7.4b)
$C_{i,diff,hard} = 0$	$voor\ i = 1,7\ en\ 8$	(7.4c)

waarbij wordt verstaan onder:
$A_{i,diff}$: de producteigenschap van de diffractor voor octaafbandindex i[dB];
d_d: de totale breedte van de diffractor [m];
r_d: de afstand van het rijlijnsegment tot het midden van de diffractor [m];
θ: de hoek, beschouwd in het horizontale platte vlak, van de zichtlijn met de normaal van de diffractor [°].

7.3. Rekenregel $C_{S,diff}$

Bij het toepassen van de diffractor op een scherm wordt de hoogte van de top van de afscherming (z_T) bepaald door de hoogte van het scherm inclusief de extra hoogte van de diffractor.
Het diffractoreffect wordt berekend met de volgende formule:

$$C_{S,diff} = \begin{cases} 0{,}20\ A_{i,S,diff} D_{scherm}(N_f)\ als\ A_{i,S,diff} < 0 \\ 0{,}05\ A_{i,S,diff} D_{scherm}(N_f)\ als\ A_{i,S,diff} \geq 0 \end{cases} \quad (7.5)$$

en

$D_{scherm}(N_f) = 10lg[max(1\ ;\ 20N_f + 3)]$	(7.6)

Met:
$A_{i,S,diff}$: de producteigenschap van de diffractor voor octaafbandindex i, bepaald volgens de meetmethode uit 7.5
N_f: het fresnelgetal
Het fresnelgetal N_f wordt bepaald volgens de methode, beschreven in hoofdstuk 2.10. Hierbij geldt:
z_B: de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil.

z_T: de hoogte van het scherm inclusief diffractor, ter plaatste van het diffractiepunt, vermeerderd met 65 cm ten opzichte van het referentiepeil
z_W: de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil.

7.4. Meettechnische bepaling producteigenschappen van een ingegraven diffractor

7.4.1. Algemeen

De producteigenschappen $A_{i,diff}$ worden volgens de regels in dit hoofdstuk bepaald.
Deze methode is geschikt voor het bepalen van akoestische eigenschappen van een diffractor onder de volgende voorwaarden:
De diffractor is bedoeld om langs een weg geplaatst te worden op dezelfde hoogte als de weg.
Metingen van de geluiddruk worden uitgevoerd met een afgedekte en onafgedekte diffractor.
Een geluidbron, zoals een luidspreker, wordt dicht bij de grond gebruikt.
Een akoestisch harde bodem is aanwezig tussen de geluidbron en de microfoonpositie.
De akoestische eigenschappen worden bepaald in 1/3 octaafbanden van 100 tot en met 2.500 Hz.
De omrekening naar octaafbanden vindt plaats door toepassing van het standaard geluidspectrum voor wegverkeer zoals opgenomen is in NEN-EN 1793-3:1997.

7.4.2. Meetopstelling en omstandigheden

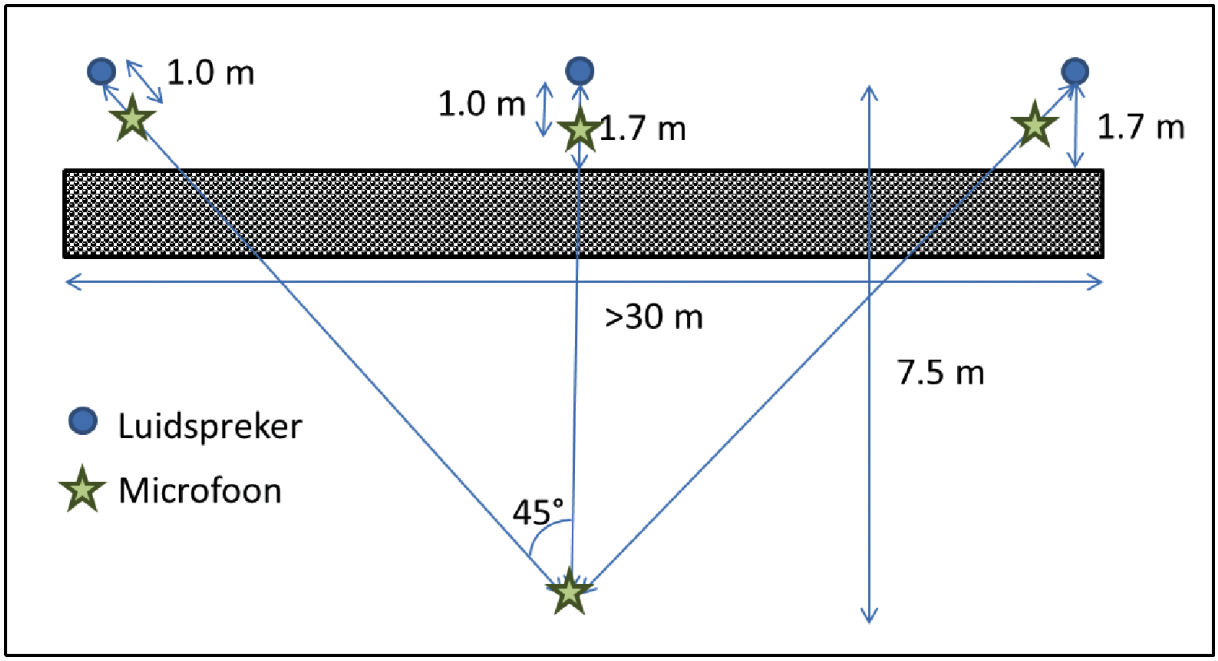
Eisen meetopstelling:
– Harde, vlakke bodem;
– Ingegraven diffractor;
– Geen reflecterende objecten in de omgeving;
– Minimale lengte diffractor van 30 m;
– Afdekplaten met voldoende massa om een akoestisch harde bodem te representeren (kunststof rijplaten).

De metingen voldoen aan NEN-EN 1793-4:2015 op de volgende aspecten:
– Meetapparatuur;
– Testsignaal;
– Achtergrondgeluid;
– Wind;
– Temperatuur.

Metingen worden uitgevoerd met een luidspreker met een hoogte tussen 10 en 20 cm boven de bodem (het wegdek), op een afstand van 1,70 m tot de voorste rand van de diffractor. De microfoon bevindt zich op 1,20 m hoogte en op 7,5 m afstand van de luidspreker. Daarnaast wordt er gemeten met twee aanvullende luidsprekerposities. Deze metingen vinden plaats onder een hoek van +45° en -45°. De afstand tussen microfoon en luidspreker is hier $7{,}5 \cdot \sqrt{2} = 10{,}6$ m. Eventueel kan alleen onder een hoek van +45° of -45° gemeten worden waarbij het meetresultaat voor beide hoeken geldt. Dan reduceert de minimale lengte van de diffractor tot 22,5 m.

Een tweede (referentie) microfoon voor het bepalen van de bronsterkte wordt op 1 m van de luidspreker geplaatst.

De bron- en meetposities zijn weergeven in figuur 7.1.

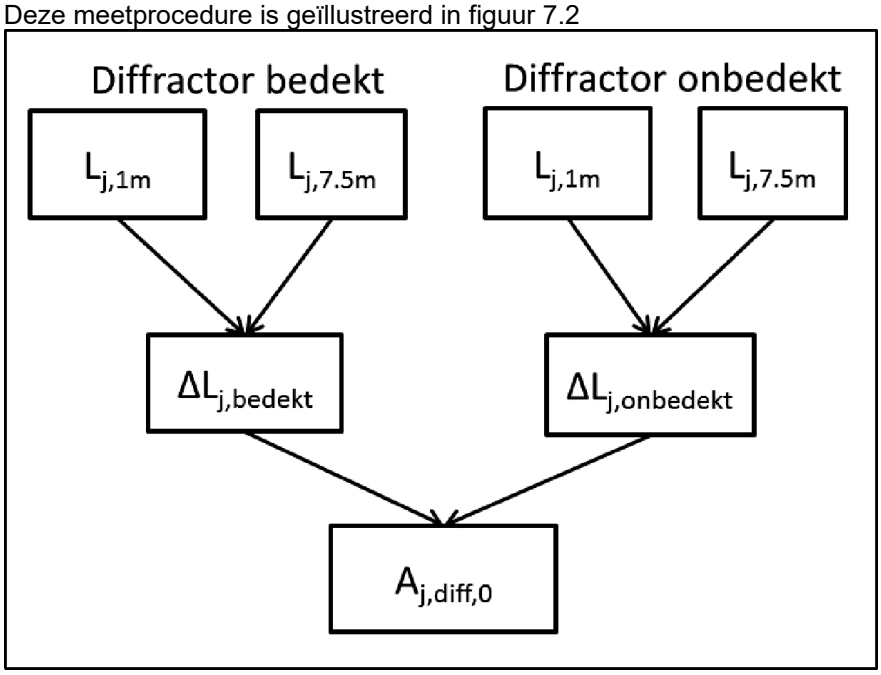


Figuur 7.1 Schematische voorstelling van de meetposities met hoeken θ van -45°, 0° en 45°.

7.4.3. Meetprocedure

Voor iedere meetpositie wordt een geluidoverdrachtmeting uitgevoerd met zowel een afgedekte als onafgedekte diffractor. Voor het volledige frequentiebereik van 100 tot en met 2.500 Hz wordt, per 1/3 octaafband, het verschil in niveau op de referentiepositie (1 m van de luidspreker) en op de testmicrofoon bepaald.
Voorafgaand aan de metingen met afgedekte diffractor wordt, met dezelfde procedure, een meting op een vlakke volledig harde bodem uitgevoerd. De meetopstelling met afgedekte diffractor is geschikt voor gebruik als voor iedere 1/3 octaafband het verschil tussen de meting op harde bodem en die met de afgedekte diffractor kleiner is dan 2dB.

Deze meetprocedure is geïllustreerd in figuur 7.2



Figuur 7.2 Bepaling van het diffractoreffect per 1/3 octaafband $A_{j,diff,0}$ bij één hoek (hier 0°).

Per 1/3 octaafband j wordt $A_{j,diff,0}$ berekend volgens de formule:

$$A_{j,diff,0} = \Delta L_{j,onbedekt} - \Delta L_{j,bedekt} \quad (7.7)$$

waarbij:

$$\Delta L_j = L_{j,7.5m} - L_{j,1m} \quad (7.8)$$

De meetprocedure wordt herhaald voor -45° en +45*.

* Het is toegestaan om, naast de meting onder 0°, alleen onder 45° of -45 ° te meten en het meetresultaat voor zowel -45° als +45° te gebruiken

Vervolgens wordt per 1/3 octaafband het effect van de drie hoeken energetisch gemiddeld door

$$A_{j,diff} = -10lg\left(\frac{10^{\left(A_{j,diff,-45}/10\right)}}{3} + \frac{10^{\left(A_{j,diff,0}/10\right)}}{3} + \frac{10^{\left(A_{j,diff,45}/10\right)}}{3}\right) \quad (7.9)$$

Het effect per octaafband, Ai,diff, wordt berekend door de bijdrage van het diffractoreffect van de 3 1/3 octaafband waarden in het betrokken octaafband te wegen met het wegverkeerspectrum uit NEN=EN 1793-3:1997.

7.4.4. Akoestisch rapport

Van de metingen wordt een akoestisch rapport opgesteld. In dit rapport zijn ten minste de volgende gegevens opgenomen:

– Naam van het meetbureau;
– Datum en locatie testmetingen;
– Omschrijving resultaat controlemeting bij harde bodem en afgedekte diffractor;
– Omschrijving van de meetlocatie;
– Beschrijving van de gebruikte meetapparatuur;
– Foto's van de meetopstelling en geteste diffractor zowel bedekt als onbedekt;
– Omschrijving van de diffractor, waaronder type, afmetingen, waaronder de breedte, en fabrikant;
– Meteorologische omstandigheden;
– Resultaten van de metingen in 1/3 octaafbanden;
– Rapportage van $A_{i,diff}$ in 1/3 octaafbanden en in 1/1 octaafbanden.

7.5. Meettechnische bepaling producteigenschappen van een diffractor op scherm

7.5.1. Meetmethode

De producteigenschappen $A_{i,S,diff}$ worden bepaald door metingen uit te voeren volgens de norm NEN-EN 1793-4:2015. Dit betreft het uitvoeren van geluidoverdrachtmetingen aan een testopstelling met een 4 meter hoog geluidscherm, met en zonder de diffractor.

Bij de meting met de diffractor op het scherm moet de geometrie van bron- en ontvangerposities worden opgehoogd met de extra hoogte van de diffractor. Deze extra hoogte moet expliciet worden opgenomen in de meetrapportage.

Het resultaat van de metingen is een zogenoemde diffractie index, die een maat is voor het extra effect van de schermtop, ten opzichte van het basisscherm zonder top.
Ten opzichte van NEN-EN 1793-4:2015 worden de volgende afwijkingen toegepast:

- Metingen worden alleen uitgevoerd met een reflecterend scherm
- De uiteindelijke middeling van het diffractoreffect voor de verschillende meetposities wordt lineair in plaats van energetisch uitgevoerd.

Voor het middelen van de posities geldt het volgende. Eerst wordt voor elke 1/3 octaafband (j) per hoek (h=0 of h=45) graden voor elk van de meetposities (k=1 t/m 5) en bronhoogte (b=1 t/m 2) voor het scherm met diffractor (t=1) en scherm zonder diffractor (t=2) de diffractie index bepaald volgens onderstaande formule.

$$DI_{j,k,b,h,t} = -10lg\left(\frac{\int_{\Delta f_j}|F[h_{dkbh}(t)w_{dkbh}(t)]|^2 df}{\int_{\Delta f_j}|F[h_{ikbh}(t)w_{ikbh}(t)]|^2 df}\right) \quad (7.10)$$

Vervolgens wordt per meetpunt k het verschil bepaald tussen $DI_{j,k}$ voor het scherm met diffractor en zonder diffractor volgens:

$$DI_{j,k,b,h} = DI_{j,k,b,h,t\ =1} - DI_{j,k,b,h,t\ =2} \quad (7.11)$$

Vervolgens vindt lineaire middeling plaats over alle meetposities k (5), hoeken h (2) en bronhoogtes b (2) volgens:

$$DI_j = \frac{1}{20}\sum_{b=1}^{2}\sum_{h=1}^{2}\sum_{k=1}^{5} DI_{j,k,b,h} \quad (7.12)$$

Het effect per octaafband, $A_{i,S,diff}$, wordt berekend door de bijdrage van het diffractoreffect van de 1/3 octaafband waarden in de betrokken octaafband te wegen met het wegverkeerspectrum uit NEN=EN 1793-3:1997.

7.5.2. Akoestisch rapport

Van de metingen wordt een akoestisch rapport opgesteld volgens de vereisten in de meetnorm EN 1793-4. Aanvullend wordt de extra hoogte van bron- en ontvangerposities die is aangehouden bij de meting met de diffractor op het scherm vermeld.

8. Toelichting

8.1. Begrippen

In de definitie van maatgevende verkeersintensiteit worden de termen ‘het voor de geluidbelasting bepalende jaar’ en ‘een representatief tijdvak’ gebruikt. Het akoestisch onderzoek richt zich, voor wegen zonder geluidproductieplafond, op het maatgevende (dat wil zeggen het voor de geluidbelasting bepalende) jaar en (in dat jaar) op een periode die in akoestische zin, voor het gehele jaar representatief is. Voor zulk een periode (het representatieve tijdvak) wordt het zogenaamde langtijdig equivalente geluidniveau bepaald. Als de ene dag ten aanzien van verkeersintensiteiten en verkeerssamenstelling niet significant verschilt van een andere dag, dan hoeft het representatieve tijdvak niet langer dan een dag te zijn. Daar waar periodieke verschijnselen optreden met betrekking tot het verkeersbeeld, moeten langere tijdvakken worden beschouwd. De in het tijdvak van het voor de geluidbelasting bepalende jaar optredende variabele intensiteiten worden rekenkundig gemiddeld tot een representatieve verkeersintensiteit: de maatgevende verkeersintensiteit.

Voor wegen die op de met een geluidproductie, is het akoestisch onderzoek niet gericht op het maatgevende jaar, maar op het geldende geluidproductieplafond. Alle benodigde gegevens voor het opnemen van de bron in het akoestisch onderzoek zijn te vinden in een openbaar geluidregister. Bij gebruik van de geluidbrongegevens kan het nodig zijn om nadere detaillering in te voeren. Zo kan in de geluidbrongegevens er één lijn per rijbaan zijn gehanteerd terwijl dit voor de berekening op woningniveau moet worden opgesplitst in meerdere rijlijnen.

Als de representatief te achten snelheid kan in principe de maximale wettelijke snelheid worden aangehouden. Als echter wordt aangetoond dat deze wettelijke snelheid niet overeenkomt met de gemiddelde snelheid op het geluidemissietraject, dan kan hiervan gemotiveerd worden afgeweken.

In het tweede lid zijn categorieën motorvoertuigen onderscheiden. Gebleken is dat motorrijwielen niet meer dan een zo gering deel uitmaken van de totale verkeersstroom, dat ze doorgaans ook geen significante invloed hebben op het equivalente geluidniveau. Ze zijn daarom niet opgenomen in de in ogenschouw te nemen categorieën motorvoertuigen. Overigens wordt geen uitspraak gedaan over de hinderlijkheid van motorrijwielen. Door bepaald rijgedrag en de staat van onderhoud kunnen motorrijwielen soms als bijzonder hinderlijk worden ervaren.

De gegeven categorie-indeling is gekozen om visuele verkeerstellingen mogelijk te maken. Automatische telapparatuur is vaak gebaseerd op een afwijkende categorie-indeling (bv met als onderscheidend criterium de lengte van de voertuigen). De categorie-indeling van de automatische tellingen kan meestal niet een op een worden 'terugvertaald' naar de categorie-indeling van deze bijlage. De verschillen in het equivalente geluidniveau die hierdoor zullen optreden, zijn meestal gering, zodat het gebruik van de geautomatiseerde telcijfers geen bezwaar hoeft te ontmoeten. Er moet wel een verantwoording worden gegeven waaruit blijkt dat het verschil bij de gebruikte telmethode op het betrokken wegtype gering is (minder dan een halve decibel). Deze verantwoording hoeft niet voor ieder individueel akoestisch onderzoek te worden afgelegd. Volstaan kan worden met een verantwoording per telmethode, zo nodig uitgesplitst naar de verschillende verkeerssamenstellingen die kunnen voorkomen op de wegen waarop de automatische telling wordt uitgevoerd.

8.2. Standaardrekenmethode

8.2.1. Algemeen

De standaardrekenmethode kent een zeker toepassingsgebied. Omdat het onmogelijk is om in deze regeling een methode te geven die in alle mogelijke gevallen toepasbaar is, wordt per onderdeel van de rekenmethode aangegeven onder welke omstandigheden nader onderzoek op dat onderdeel noodzakelijk is.

8.2.2. De hoofdformule

De gegeven formules 2.1 en 2.2 zijn afgeleid uit de definitie van het equivalente geluidniveau *LAeq* die volgens NEN-ISO 1996-1:2016 luidt:

$$L_{Aeq} = 10\,lg\left[\frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2}\left(\frac{p_{A(t)}}{p_0}\right)^2 dt\right] \qquad (8.1)$$

waarin t_1 en t_2 respectievelijk de begin- en eindtijd zijn van een gespecificeerd tijdinterval in seconden, $p_{A(t)}$ de momentane A-gewogen geluidsdruk (in Pa) en p_o de referentiegeluidsdruk van 20 µPa is.
De totale openingshoek van het waarneempunt kan twee waarden hebben, te weten:
a. 180° als L_{Aeq} dient voor het berekenen van het geluid op een geluidgevoelig gebouw; of
b. 360° in andere situaties.

8.2.3. Reflecties

Bij oneffenheden van het reflecterende oppervlak moet bij gevels worden gedacht aan balkons, galerijen, trappenhuizen en dergelijke. Als het bron- of waarneempunt zich op korte afstand hiervan bevindt, kan het verstrooiend effect van de oneffenheden leiden tot geluidniveaus die niet overeenkomen met de uitkomsten van deze rekenmethode. Een nader onderzoek, bijvoorbeeld praktijk- of schaalmodelmetingen, kan hierin uitkomst brengen. Als het waarneempunt zich op de gevel bevindt (dit is het geval wanneer de geluidbelasting van de gevel moet worden vastgesteld), is bovenstaande uiteraard niet van toepassing op het waarneempunt.

In sommige gevallen hebben gebruikte databestanden een hoge mate van detaillering. Hierdoor kan het zijn dat een object uit een groot aantal zeer kleine vlakjes bestaat, of dat meerdere aaneengesloten objecten een groter object vormen. In dit geval wordt er gekeken of het samenstel van objecten of vlakken groot genoeg is. Vervolgens wordt alleen gerekend met het vlak dat door de zichtlijn wordt doorsneden alsof dit vlak met al de bijbehorende eigenschappen de gehele sectorhoek doorsnijdt. In de praktijk kan voor de toets of een object groot genoeg is in een 2D vlak gekeken worden of meerdere objecten elkaar raken. Dan worden deze objecten als 1 object beschouwd en wordt gekeken of dit object de gehele sectorhoek doorsnijdt.

Bij reflecties in hellende objecten wordt de spiegelbron in het schuine scherm gespiegeld. Hierbij krijgt deze spiegelbron een andere hoogte. Dit heeft effect op de verdere overdracht. Voor het bepalen van de bodemdemping zou in feite het bodemverloop mee moeten worden gespiegeld. Het handhaven van de bronhoogte voor de bodemdemping heeft echter hetzelfde effect. De mate van reflectie wordt ook bepaald door de hoogte van het reflecterend oppervlak. Om dit te bepalen wordt de overlap van de Fresnelzone met het scherm berekend.

8.2.4. Het geluidgeluidemissiegetal L_E

De geluidemissiegetallen zijn gewijzigd ten opzichte van de geluidemissiegetallen in het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012. De emissies zijn bepaald op basis van emissiemetingen in 2020.

Er is een logaritmisch verband aangenomen tussen het bronvermogen en de snelheid, dat naar onderen extrapoleerbaar is tot 30 km/u en naar boven tot 110 km/u in geval van de middelzware en zware motorvoertuigen en tot 160 km/u in geval van lichte motorvoertuigen.

Op het geluidemissiegetal wordt een correctie voor het wegdektype toegepast. In het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 werd voor de wegdekcorrectiefactoren van standaard wegdektypen en producten van producenten verwezen naar de website www.stillerverkeer.nl. In deze regeling wordt niet naar deze website verwezen, maar zijn de wegdekcorrecties opgenomen in deze bijlage. Dit zijn alleen wegdekcorrecties voor standaardwegdekken die ook als wegdektype beschouwd kunnen worden. Dit houdt in dat er bij berekeningen gebruik moet worden gemaakt van deze correcties. Op deze manier wordt bij de berekening van het geluid van een weg van min of meer stabiele waarden uitgegaan. Dit past beter bij het stelsel van geluidproductieplafonds als omgevingswaarden en de basisgeluidemissie. De correcties worden toepast bij wegdektypen en niet bij wegdekproducten, omdat de gerapporteerde wegdekcorrecties bij wegdekproducten regelmatig kunnen wijzigen. Een dergelijke wijziging kan gevolgen hebben voor de monitoring van de geluidproductieplafonds als omgevingswaarden. Er zou een overschrijding of onderschrijding kunnen worden geconstateerd, alleen omdat de wegdekcorrecties zijn aangepast terwijl het wegdek zelf niet is gewijzigd. Een wegdekproduct, dat wil zeggen een producentspecifiek product, zal, gebaseerd op metingen, in een van de wegdektypen ingedeeld worden op basis van de procedure in hoofdstuk 4.

8.2.5. De optrektoeslag ΔL_{OP}

Dat in de omgeving van kruispunten en andere punten waar sprake is van afremmen en optrekken een andere geluidbelasting wordt gevonden dan bij vrij doorstromend verkeer, is voornamelijk een gevolg van een toenemende geluidemissie bij het accelereren van de individuele voertuigen. Op grond hiervan zou dus eigenlijk sectorgewijs een optrektoeslag bij het geluidemissiegetal L_E (§ 2.4) moeten worden opgeteld. Een goed rekenmodel ter bepaling van deze optrektoeslag vereist echter zoveel – vaak niet voorhanden zijnde – invoergegevens, dat hier is gekozen voor een sterk geschematiseerd model.

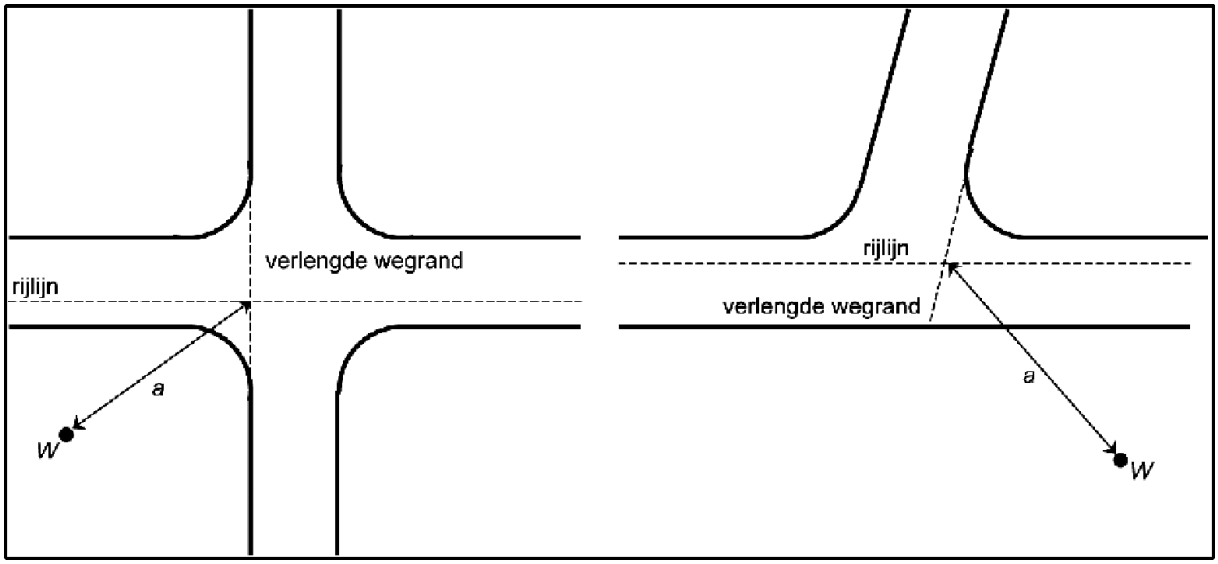
Door de in formule 2.2 gekozen rekenwijze te volgen moet in iedere sector en iedere octaafband een optrektoeslag in rekening worden gebracht. De correctie is afhankelijk van de voertuigcategorie.

De optrektoeslag ΔL_{OP} brengt het effect in rekening van afremmend en optrekkend verkeer nabij kruisingen van wegen en het effect van snelheidsbeperkende obstakels zoals minirotondes, verkeersdrempels en dergelijke. Het is niet bedoeld voor de modellering van verkeer in files of verkeersopstoppingen.

De met de gegeven formules te berekenen toeslagen geven de toeslag op het geluidniveau weer ten opzichte van een situatie waar het verkeer met een constante snelheid van 50 km/u rijdt. Voor wegen met een rijsnelheid van 30 km/u geldt geen optrektoeslag. Bij die wegen is het optrekken zeer beperkt tot de lage snelheid. Ook zal er meestal geen sprake zijn van een significante afname van rijsnelheid door obstakels.

8.2.6. De kruispunttoeslag $\Delta L_{kruispunt}$

In figuur 8.1 wordt aan de hand van een voorbeeld toegelicht hoe de afstand a wordt bepaald in het geval van een kruispunt. Bij de berekening zijn alleen de afstand *a* van het waarneempunt tot de rand van het kruispunt en het type kruispunt van belang.



Figuur 8.1 Twee voorbeelden van de bepaling van de afstand a. In de punten W wordt het L_{Aeq} vanwege de geschetste rijlijnen berekend.

8.2.7. De bodemdemping ΔL_B

Het absorberende effect van geluidabsorberende wegdektypen op de overdracht wordt in de berekeningen meegenomen. Dit is relevant voor brede wegverhardingen, zoals meerstrooks auto(snel) wegen. Omdat de methode voor bepaling van de wegdekcorrectie (ook) rekening houdt met de absorberende eigenschappen van het wegdek, wordt het weggedeelte onder de rijlijn als akoestisch hard gemodelleerd.

Voor de bepaling van de absorptie in het brongebied wordt een vaste strook hard bodemgebied onder de rijlijn gedefinieerd, waardoor het eerste deel van de geluidoverdracht altijd over een reflecterende bodem plaatsvindt. De lengte van dit gedeelte is voor elke sector verschillend. De lengte X is proportioneel gemaakt ten opzichte van lengte Y, via de formulering X/sin(θ).

De gekozen aanpak (met een vaste afstand van 5 m loodrecht op de rijlijn met akoestisch harde bodem) wordt alleen gebruikt als er onder een bronpunt een significant absorberend wegdektype aanwezig is (ZOAB, (Fijn) tweelaags ZOAB). Voor de overige situaties wijzigt de methode voor het bepalen van de gemiddelde absorptiefractie niet. Het vlak onder het bronpunt (dat gemodelleerd is op basis van de werkelijke grenzen van het wegdek) heeft een absorptiefractie van 0.

8.2.8. De schermwerking ΔL_{SW}

In paragraaf 2.10 is de mogelijkheid opgenomen om rekening te houden met het (positieve) effect van een zogenaamde schermtop op de schermwerking. Dit effect is met een aparte term in de formule voor de bepaling van de schermwerking beschreven. Omdat er strikt genomen overlap bestaat tussen deze correctieterm (C_T) en de profielafhankelijke correctieterm (C_P) wordt in tabel 2.9 bepaald dat de laatste term 0 is als gebruikt wordt gemaakt van de correctie voor een schermtop.

De rekenregel om de waarde van deze correctieterm te kunnen bepalen is opgenomen in hoofdstuk 5 van deze bijlage. Deze rekenregel is toepasbaar voor alle gangbare schermtypen, waarbij in het geval van reflecterende schermen wordt gewerkt met een spiegelbron.

Van tabel 2.9 afwijkende profielen zijn onder andere overhuivingen, gehele of gedeeltelijke overkappingen, wegen in ingravingen met een tophoek tussen de 165° en 180°.

Wanneer een weg aan beide zijden wordt voorzien van een (hoog) reflecterend geluidscherm, ontstaat door reflectie en interferentie in de ingesloten ruimte een zeer complex geluidveld, waardoor de met het afschermingsmodel berekende geluidniveaus vooral op waarneempunten gelegen in de buurt van de zichtlijnen van het scherm, niet altijd voldoende betrouwbaar kunnen zijn. Dit geldt ook voor specifieke schermconstructies, zoals luifels en overkappingen. Als de situatie daartoe aanleiding geeft, kan met meerdere reflecties gerekend worden. In dergelijke gevallen kan nader onderzoek met meer geavanceerde modellen nodig zijn.

8.2.9. De niveaureductie bij reflecties

Bij reflectie op een scherm wordt gekeken naar de overlap van de Fresnel zone op de scherm. Dit geeft een maat van het percentage geluid dat wordt gereflecteerd. Hiermee heeft het formaat van een scherm ook invloed op de mate van reflectie. Daarnaast hebben de schermeigenschappen gevolgen voor de mate van reflectie. Er wordt alleen gekeken in het 2D vlak bij de zichtlijn voor het bepalen van de overlap.

Bij reflectie op een geluidabsorberend scherm kan de frequentieafhankelijke absorptieterm α (in paragraaf 2.11) worden afgeleid uit een door de fabrikant van de constructie te verstrekken absorptiespectrum. De bepaling van een dergelijk absorptiespectrum moet hebben plaatsgevonden in een onafhankelijk, gespecialiseerd laboratorium en volgens een aangegeven verifieerbare methode.

8.2.10. De meteocorrectieterm

Ten opzichte van het Reken en meetvoorschrift geluid 2012 is de wijze waarop rekening wordt gehouden met de meteocorrectieterm gewijzigd. In het verleden werd geen rekening gehouden met de richting van het geluid. In navolging van de Europese methode Cnossos-EU is gekeken naar het effect van verschillende richtingen in een windroos bij de voortplanting van geluid. Hierop is de maximale waarde van de meteocorrectieterm aangepast. Deze is nu afhankelijk van de richting en van de etmaalperiode. Uit onderzoek is gebleken dat er, jaargemiddeld, geen significant verschil is tussen de avond- en nachtperiode. Ook blijkt de locatie in Nederland geen invloed te hebben op de mate van gunstige overdracht per richting. Hierdoor kan voor heel Nederland worden volstaan met de in paragraaf 2.9 genoemde formules.

8.3. Standaardmeetmethode

Bij het uitvoeren van metingen volgens de standaardmeetmethode moet er inzicht zijn in de rol en het doel van de metingen. Als het om toetsing aan normen gaat, binnen het kader van deze bijlage, dan kunnen metingen een rol hebben als rekenmodellen tekortschieten. Deze schieten tekort als ze gebruikt worden buiten het toepassingsgebied waar ze voor bedoeld zijn. In sommige gevallen is er een klein deel van de berekening die buiten het toepassingsgebied valt. In dat geval kan voor die deelbijdrage worden gedacht aan metingen.

Een exacte beschrijving van het toepassingsgebied van de rekenmethode is niet gegeven. Buiten het toepassingsgebied vallen bijvoorbeeld de gevallen waarvan is aangegeven dat nader onderzoek noodzakelijk is en situaties waarin de standaardrekenmethode niet voorziet.

Het kan ook voorkomen dat er gebruik wordt gemaakt van een specialistische rekenmethode, als een specifieke situatie buiten het toepassingsgebied valt van de meet- en rekenmethode. Een dergelijke methode is niet voor te schrijven, omdat deze afhankelijk is van de situatie.

Het meten van een L_{den} volgens de ISO-norm (NEN-ISO 1996-2:2017) is in het algemeen complex, omdat over een groot aantal variabelen moet worden nagedacht bij het plannen en uitvoeren van de metingen. De uitwerking van de metingen is erop gericht inzicht te geven in de representativiteit en betrouwbaarheid van de L_{den}-waarde. Vooral bij langdurige onbemande metingen is een systematische en zorgvuldige analyse van de meetonzekerheid van belang, omdat de resultaten door tal van factoren onbedoeld kunnen worden beïnvloed. Toch is langdurig meten vaak juist nodig om een resultaat te verkrijgen dat een representatief beeld geeft.

De eenvoudige meetmethode kan onder zekere voorwaarden worden gebruikt om met onbemande langdurige metingen een indicatie te verkrijgen van L_{den}. De meteorologische criteria onder punt D van de eenvoudige methode worden gebruikt om een representatief jaargemiddelde te bepalen zonder dat correcties nodig zijn voor afwijkingen in de overdracht en de emissie. In het algemeen geldt met deze criteria, die zijn gebaseerd op een minimale meetperiode van twee maanden, dat metingen in enkel de wintermaanden of enkel de zomermaanden niet voldoen. Als aan een van deze criteria niet wordt voldaan, moet langer worden gemeten. Bij het besluit om wel of niet langer door te meten kan gebruik worden gemaakt van KNMI-data die daags na elke meetdag beschikbaar komen (toetsing aan de meteorologische criteria). Opmerking: KNMI-uurgegevens zijn opgegeven in Universal Time. Deze moeten worden omgezet naar de tijdrekening van het geluidmeetstation.

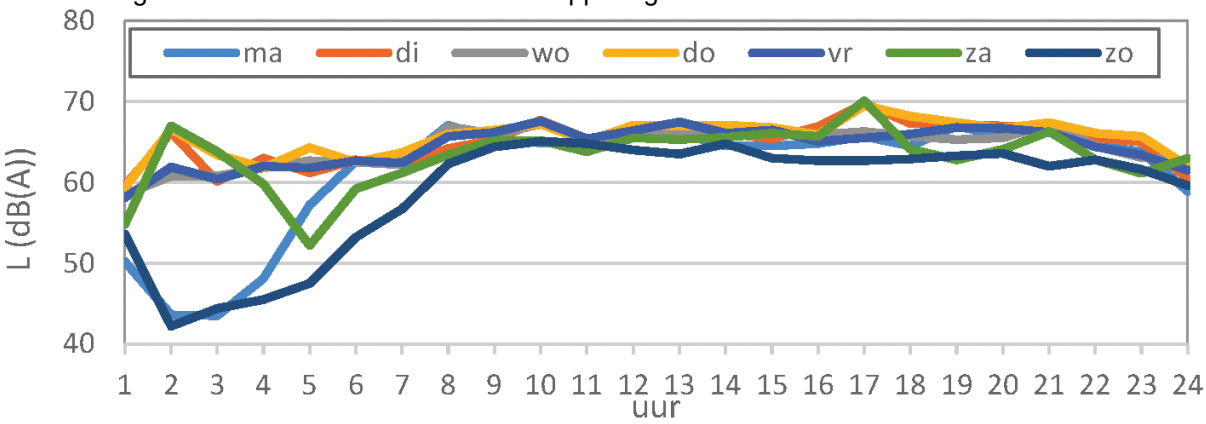
De verwerking van meetresultaten kan deels worden geautomatiseerd met spreadsheets met draaitabellen, of met scripts. Om de verwerking in goede banen te leiden, vooral de bepaling van de

meetonzekerheid, moet de in het voorschrift aangegeven volgorde worden gevolgd. Hoewel het daarbij gaat om een vereenvoudigde aanpak ten opzichte van de ISO-norm, kan men bij grote aantallen meetgegevens gemakkelijk het spoor bijster raken. Als leidraad voor de verwerking worden in onderstaande paragraaf voorbeelden geven.

8.3.1. Leidraad verwerking metingen eenvoudige methode

Voor de verwerking van de ruwe meetwaarden, dat wil zeggen de L_{eq} per seconde of L_E per event, kunnen de volgende stappen worden gehanteerd:

1. Verwijder L_{eq}-waarden en L_E-waarden met kortdurende verstoringen, dit wil zeggen stoorgeluid dat enkele seconden tot enkele minuten aanhoudt.
2. Bepaal uurgemiddelde waarden L' en L_{res}. Maak daartoe een lange tabel met uurwaarden L' en L_{res}, voor de gehele meetperiode. Dus één regel per uur, 24 regels voor elke meetdag.
3. Markeer de uren met achtereenvolgens *overmatig residueel geluid* (het gaat dan om residueel geluid dat min of meer continu aanwezig is, want kortdurend stoorgeluid is al verwijderd), met *regen*, met *harde wind*, of met *niet-representatieve geluidoverdracht*. Van elk van deze vier oorzaken van verstoringen wordt het percentage uren ten opzichte van het geheel gerapporteerd. Als een uur door meerdere oorzaken is verstoord, telt het uur mee bij de eerste daarvan uit dit rijtje. Bijvoorbeeld wanneer een uur wordt verstoord door zowel harde wind als regen, telt dit mee bij *regen*.
4. Vul de lange tabel aan met een kolom voor de waarde L die wordt berekend met formule 3.1.
5. Om inzicht te geven in het verloop van het geluid over het etmaal, wordt een grafiek gemaakt van L per uur van het etmaal, waarbij energetisch wordt gemiddeld over de gehele meetperiode. Zie het onderstaande voorbeeld. Deze grafiek is een tussenresultaat: ze wordt in de rapportage opgenomen maar niet verder gebruikt in de stappen hierna. Opvallende zaken in het verloop per weekdag worden becommentarieerd in de rapportage.



6. Vul de lange tabel uit stap 4 aan met een kolom voor de meteostratificatie. Bepaal voor elk uur de meteoklasse M1 tot en met M4 op basis van de windsnelheid en -richting.
7. Maak hulptabellen per etmaalperiode met op elke regel een meetdag, zie onderstaande voorbeeldtabel. De getoonde waarden voor elke meetdag zijn $L_{p\ =dag,\ m,k}$ en $q_{p\ =dag,\ m,k}$. De totalen $L_{p=\ dag\ ,m}$ worden berekend met formule 3.3.

Tabel 8.3.1a Hulptabel dagperiode

	Dag (7-19 uur)							
Meetdag *k*	L_{M1}	q_{M1}	L_{M2}	q_{M2}	L_{M3}	q_{M3}	L_{M4}	q_{M4}
8-jun			72,5	0,09	65,8	0,91		
9-jun	65,5	1,00						
10-jun	63,3	0,17	66,1	0,67	67,8	0,17		
11-jun	61,0	0,17	63,8	0,50	66,8	0,33		
12-jun	65,4	0,92	68,1	0,08				
13-jun	66,6	1,00						
14-jun	66,4	0,58	65,5	0,42				

15-jun	68,6	0,42	63,0	0,33	67,9	0,25	
16-jun	66,5	1,00					
17-jun	67,6	0,75	63,2	0,25			
18-jun	65,5	0,83	64,8	0,17			
19-jun	65,1	0,42	66,2	0,58			
20-jun	68,6	1,00					

$Q_{p=dag,m}$		8,25		3,09		1,66	
$L_{p=dag,m}$	66,6		65,8		66,6		
$u_{p=dag,m}$	1,22		2,29		0,85		

8. Maak een meetonzekerheidsberekening per etmaalperiode. Zie onderstaand voorbeeld. De ISO-norm noemt dit het 'meetonzekerheidsbudget'. In het voorbeeld is de meewindrichting 140° (van het zuidoosten naar het noordwesten).

Tabel 8.3.1b Meetonzekerheidsbudget dagperiode

	Herkomst	M1	M2	M3	M4	Resultaat
$f_{optreed}$ bij 140°	Uit tabel 3.3	0,6	0,2	0,1	0,1	
$L_{p=dag,m}$	Overnemen uit hulptabel dagperiode	66,6	65,8	66,6		
$u_{p=dag,m}$		1,22	2,29	0,85		
$L_{p=dag}$	Formule 3.6					66,0
$c_{p=dag,m}$	Formule 3.8	0,69	0,19	0,12		
$\sqrt{(u^2_{wind} + u^2_{nat} + u^2_{meteo} + u^2_{res} + u^2_{slm})}$						1,7
$u_{p=dag}$	Formule 3.7					2,0

9. Bepaal de L_{den} en de bijbehorende meetonzekerheid. Zie het voorbeeld hieronder.

Tabel 8.1.3c Meetonzekerheid

		p=dag	*p*=avond	*p*=nacht	Resultaat
L_p	Neem over uit tabellen meetonzekerheidsbudget	66,0	62,1	62,9	
u_p		2,0	2,6	2,3	
L_{den}	Formule 3.9				69,7
u_{den}	Formule 3.10				1,7

10 Geef het eindresultaat als volgt op: L_{den} = 69,7 ± 3,4 dB (95% BI).
Bij een vergelijking van een berekende L_{den} met de gemeten L_{den} wordt altijd dit betrouwbaarheidsinterval betrokken. Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de uitgangspunten van de rekenmethode betrokken die kunnen leiden tot verschillen tussen rekenen en meten. Dat laatste is nodig omdat van de berekende waarde geen betrouwbaarheidsinterval bekend is.

8.3.2. Metingen in afwijkende situaties

In situaties die afwijken van de voorwaarden voor de eenvoudige methode uit paragraaf 3.1, is het soms mogelijk om met enkele controles of aanpassingen toch de aanpak van de eenvoudige methode te volgen. Bij rapportage-items 8 en 12 moet daarop worden ingegaan. Het gaat dan bijvoorbeeld om metingen op korte afstand voor een reflecterende gevel. Annex B van de ISO-norm geeft aan op welke wijze zulke metingen worden gecorrigeerd en welke aanvullende meetonzekerheid daarvoor geldt. Een ander voorbeeld betreft situaties waarin de meetafstand D (veel) groter is dan 20 (h_s + h_r).

In dat geval kan de eenvoudige meteostratificatie van tabel 3.2 en tabel 3.3 niet worden gebruikt. Annex A van de ISO-norm geeft aan hoe de meteostratificatie dan moet gebeuren en annex F.1 laat zien welke onzekerheid daarmee gepaard gaat.

In situaties die geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode vallen, wordt de ISO-norm onverkort gevolgd, zij het dat daarbij enkele specifieke uitgangspunten gelden voor de Nederlandse situatie. In paragraaf 3.3 zijn deze uitgangspunten vermeld.

8.4. Methode bepaling wegdekcorrectie

De wegdekcorrectie is de in dB(A) of in dB(A) per octaafband uitgedrukte toename van de geluidemissie ten opzichte van het referentiewegdek (zoals dicht asfaltbeton en SMA 0/11). In dit geactualiseerde voorschrift is de methode voor de bepaling van de wegdekcorrectie gewijzigd ten opzichte van het Reken en meetvoorschrift geluid 2012. De achtergrond daarvoor is het inzicht dat het gebruik van een verouderingsterm (C_{tijd}) van een standaard wegdektype voor een specifiek wegdekproduct tot een overschatting van de geluidreductie van stille wegdekken kan leiden. Door uit te gaan van eenzelfde eindreductie als een standaard wegdektype wordt dit hersteld. Het is altijd mogelijk om voor een specifiek wegdekproduct een eigen verouderingsterm vast te stellen.

Met de aanpassing van de verouderingscorrectie (C_{tijd}) kunnen de effecten van wegdektypen op het equivalente geluidniveau nauwkeurig bij de berekeningen worden meegenomen. De in dit voorschrift beschreven wegdekcorrectie kan worden gezien als de beste schatting van de gemiddelde geluideigenschappen van een wegdektype gedurende de gehele gebruiksperiode. Daarnaast is in de methode het effect van recente emissiemetingen op de referentie verwerkt, waardoor zowel de emissie als de wegdekcorrectie is gebaseerd op de resultaten van dezelfde meetcampagne.

In de methode is nu expliciet vastgelegd dat bij vaststellen van een nieuwe referentiewaarde van het referentiewegdek de C_{wegdek} opnieuw moet worden vastgesteld op basis van relatief recente metingen. De aanleiding is dat als de emissie van voertuigen verandert de werkelijke geluidreductie van wegdekken ook kan veranderen.

Hoofdstuk 4 beschrijft de methode om de wegdekcorrectie te bepalen. Hiermee kan worden aangetoond dat een bepaald wegdekproduct binnen een wegdektype valt. Het gaat hier niet alleen om de geluidreducerende werking, maar ook om de globale civieltechnische eigenschappen. Zo zal een elementenverharding niet in een asfaltverharding-categorie passen. Omdat de civieltechnische eigenschappen globaal overeen moeten komen met het wegdektype is het uitgangspunt dat de spectrale geluidreductie ook globaal overeenkomt. Daarom is het voldoende het wegdek te beoordelen op de eengetalswaarde van de wegdekcorrectie. In veel gevallen is alleen een wegdekcorrectie voor lichte motorvoertuigen bekend. In dat geval moet de geluidreductie ten minste even groot zijn als die van het wegdektype. Als er zowel voor lichte als zware motorvoertuigen een wegdekcorrectie bekend is, is de toetsing minder strikt. In dat geval is er 0,5 dB marge. Als een wegdekproduct wel civieltechnische overeenkomsten toont met een van de standaardwegdektypen, maar niet voldoet aan de geluideis, moet het wegdekproduct bij een ander wegdektype ingedeeld worden. Hierbij wordt gekeken naar een zo goed mogelijke civieltechnische overeenkomst. Daarbij kan worden gedacht aan gradering, oppervlaktetextuur en percentage holle ruimte.

Als door nieuwe ontwikkelingen blijkt dat er aanvullende wegdektypen nodig zijn, kan dit blijken uit de verschillende rapportages met gemeten wegdekcorrecties. Uitgangspunt is wel dat voor een nieuw wegdektype de eigenschappen zowel voor lichte als (middel)zware motorvoertuigen is bepaald. Aan de hand van rapportages over de productspecifieke wegdekcorrecties kan het product worden ingedeeld in een wegdektype.

8.5. Rekenregel middenbermscherm

Algemeen

Met de methode uit hoofdstuk 2 van deze bijlage is altijd het effect van een scherm te bepalen. Als er meerdere diffractieranden zijn, zal het effect van de meest bepalend diffractierand in rekening worden gebracht. Het effect van een dubbele diffractie wordt op deze manier niet verdisconteerd. Met behulp van methoden uit HARMONOISE zijn de effecten van dubbele diffractieranden bepaald en vervolgens geverifieerd met BEM-PE rekenmodellen. De uitkomsten bleken goed overeen te komen.

Omdat het effect niet zondermeer toepasbaar is in de Meakawa-formules is gekozen om het effect

van een middenbermscherm op de volgende wijze in rekening te brengen. Per rijlijn wordt het effect bepaald van het scherm in de zijberm of een ander afschermend object naast de weg. Voor de rijlijnen die tussen een geluidscherm in de middenberm en het afschermende object naast de weg zijn gesitueerd, wordt ook de reflectie tegen het middenbermscherm in rekening gebracht. Voor de rijlijnen die, gezien vanuit het afschermende object naast de weg, achter het middenbermscherm liggen wordt een octaafbandafhankelijke correctie toegepast C_{mbs} op de schermwerking van het object naast de weg.

C_{mbs} wordt voor iedere bron, per sector en per octaafband bepaald. De toetsing of een afschermend object in de middenberm voldoet aan de voorwaarden zoals in hoofdstuk 6 wordt beschreven, wordt ook per bron-waarneempunt-pad uitgevoerd.

Onderscheiden gebieden
Er wordt een drietal gebieden onderscheiden. De schermwerking van het middenbermscherm in gebied A wordt met de bestaande formules van hoofdstuk 2 berekend, met uitzondering van de correctie voor een schermtop en de profielafhankelijke correctie. Voor gebied B is de schermwerking afhankelijk van de hoek tussen de lijnen over beide schermen en de situatie van de lijn van bron naar waarnemer. Voor gebied C geldt een constante waarde die ook afhankelijk is van de van de hoek tussen de lijnen over beide schermen.

8.6. Rekenregel diffractor

Een diffractor is een nieuw type overdrachtsmaatregel dat op een andere manier werkt dan een geluidscherm. Er zijn twee type diffractoren opgenomen in het rekenvoorschrift. Een type diffractor, bedoeld om direct langs een weg te worden ingegraven in het maaiveld, waarbij de diffractor niet boven de weg uitsteekt, en een ander type diffractor dat wordt toegepast als schermtop bovenop een geluidscherm.

8.6.1. Ingegraven diffractor langs een weg

Op basis van metingen en numerieke berekeningen (FEM-PE) is het effect van de diffractor op korte en grote afstand bepaald. Aan de hand van deze resultaten is een rekenregel opgesteld die geschikt is binnen het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode.

Op basis van de schermwerkingsformules uit hoofdstuk 2 wordt een schaduwzone berekend waarbinnen de diffractor effect heeft. Daarbij kan een ingegraven diffractor een aanvullend effect geven ten opzichte van alleen een scherm mits de top van het maatgevend scherm zich in de schaduwzone bevindt. Ten opzichte van de eerste implementatie is de methode iets gewijzigd. Het gebied waar het diffractor effect heeft is iets groter geworden. De schaduwzone is nu met niet meer dan 2 m opgehoogd. De aanleiding is dat op relatief korte afstand (ca 20 m uit de bron) de schaduwzone erg laag was. Om meer overeenstemming te krijgen met metingen is het effect hier opgehoogd. Voor 1.000 Hz en lager is de schaduwzone lineair met 2 m opgehoogd tussen de 5 en 20 m uit de bron. Voor 2.000 Hz en hoger gaat dat geleidelijk tussen de 5 en 35 m uit de bron.

Het totale effect van de diffractor is afhankelijk van de afstand van het bronpunt tot de diffractor en van de absorptiefractie van de bodem vlak voor en na de diffractor. Het diffractoreffect wordt voor iedere bron, per sector en per octaafband bepaald.

De rekenregel voorziet in een methode om de akoestische eigenschappen van de diffractor vast te stellen met geluidoverdrachtmetingen. Deze ingemeten eigenschappen worden gebruikt in de formules van de rekenregel. De meetmethode maakt gebruikt van een kunstmatige bron waarbij een vergelijking wordt gemaakt tussen een afgedekte diffractor om een harde bodem te simuleren en een niet afgedekte diffractor. Om te controleren of de afdekking geschikt is en of er geen andere neveneffecten worden gemeten wordt eerst de meetopstelling van de afgedekte diffractor vergeleken met een volledig harde, vlakke bodem. Uiteindelijk wordt per 1/3 octaafband een diffractoreffect gemeten. Omdat het rekenvoorschrift uitgaat van emissie en overdracht in octaafbanden worden deze 1/3 octaafband waarden omgerekend naar hele octaafbanden. Hierbij wordt rekening gehouden met het standaard geluidspectrum voor wegverkeer uit NEN-EN 1793-3.

8.6.2. Diffractor op een geluidscherm

Op basis van metingen en numerieke berekeningen (FEM-PE) is het effect van de diffractor op korte en grote afstand bepaald. Aan de hand van deze resultaten is een rekenregel opgesteld die geschikt

is binnen het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode.

Uit de FEM-PE sommen bleek een relatie te liggen tussen het extra effect van de diffractor en het Fresnelgetal (N_f). De relatie is onderzocht voor verschillende typen diffractoren, die op verschillende frequenties waren afgesteld. Deze relatie bleek nauwelijks af te hangen van de octaafband: wel was er een verschil al naar gelang er een versterking optreedt vanwege de diffractor of een verzwakking.

Voor wegverkeer is in de FEM-PE berekeningen uitgegaan van een bronhoogte van 10 cm. Dit is in de rekenregel verwerkt door bij de bepaling van het Fresnelgetal (alleen voor het diffractoreffect en niet voor de schermwerking zelf) de hoogte van het diffractiepunt op te hogen met 65 cm. Met deze ophoging wordt een goede overeenstemming bereikt met metingen vlak achter een scherm en met de resultaten uit FEM-PE op grotere afstand.

Bij het toepassen van een diffractoreffect op een scherm wordt geen profielcorrectieterm of effect T-top in rekening gebracht. Het toepassingsbereik van de methode bij een diffractor op scherm beperkt zich tot schermen waarvan de profielcorrectie CP gelijk is aan 0 in de situatie dat op dat object de diffractor zelf niet zou zijn toegepast.

Naast een rekenregel is tevens een meetmethode voor het bepalen van het diffractoreffect vastgelegd. Als basis voor deze meetmethode wordt NEN-EN 1793-4 gebruikt. Er is wel gebleken dat er ten opzichte van deze methode een kleine aanpassing noodzakelijk was. De norm gaat uit van een energetische middeling van het diffractoreffect van alle meetposities. Het blijkt dat de bovenste meetposities ertoe leiden dat er een relatief klein diffractoreffect wordt gemeten waardoor de relatie met het Fresnelgetal niet goed te leggen is. Met een lineaire middeling over de meetpunten is er wel een goede relatie.

8.7. Lijst van symbolen

Symbool	Eenheid	Omschrijving	paragraaf
α	–	Geluidabsorptiecoëfficiënt van het object in de octaafband	2.11
α	dB(A)	Emissiekental	2.4
β	dB(A)	Emissiekental	2.4
ζ	Graden	De hoek van de voortplantingsrichting van het geluid tov een windroos (0° is van Noord naar zuid, 90° is oost naar west, etcetera)	2.9
δ_{lucht}	dB/m	De luchtdempingscoëfficiënt	2.7
δ_{refl}	dB(A)	De niveaureductie ten gevolge van één reflectie	2.11
ε	m	Akoestische omweg	2.10
σ_m	dB(A)	Verschil bij referentiesnelheid v_0	4.5
$\sigma_{m,i}$	dB(A)	Verschil voor een octaafband bij de referentiesnelheid v_0	2.4; 4.5
Φ	°	De openingshoek van de sector	2.6
Φ	°	De gemiddelde hoek tussen de gemiddelde windrichting tijdens de meting en de kortste verbindingslijn tussen het waarneempunt en de weg	3.3
Θ	°	De hoek die het sectorvlak maakt met het rijlijnsegment	2.6
θ	°	De hoek, beschouwd in het horizontale platte vlak, van de zichtlijn met de normaal van de diffractor	7.2
γ	-	Functies die worden gebruikt om de bodemdemping te berekenen	2.8
a	m	De afstand van het waarneempunt tot het midden van het obstakel	2.5
$A_{i,diff}$	dB	De producteigenschap van de ingegraven diffractor voor octaafbandindex i	7.2
$A_{i,S,diff}$	dB	De producteigenschap van de diffractor op een geluidscherm voor octaafbandindex i	7.3
B_b	–	De absorptiefractie van het brongebied	2.8
B_m	–	De absorptiefractie van het middengebied	2.8

B_w	–	De absorptiefractie van het waarneemgebied	2.8
B_{na}	–	De gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de ontvanger met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand van de diffractor)	7.2
B_{voor}	–	De gemiddelde absorptiefractie tussen de diffractor en de bron met een maximum horizontale afstand van 10 m (vanaf de rand diffractor)	7.2
b_m	dB(A)	Snelheidsindex per decade snelheidstoename	2.4; 5.1
C_H	dB(A)	De hellingscorrectie	2.4
C_M	dB(A)	De meteocorrectieterm	2.9
C_d	dB(A)	De meteocorrectieterm voor de dag- en avondperiode	2.9
C_{en}	dB(A)	De meteocorrectieterm voor de nachtperiode	2.9
$C_{i,diff,hard}$	dB	Het diffractoreffect met een nabijgelegen volledig harde bodem voor octaafbandindex *i.*	7.2
C_p	dB(A)	De profielafhankelijke correctieterm	2.10
$C_{p,m}$		Gevoeligheidscoëfficiënten voor de meetonzekerheid u_p	3.1
$C_{S,diff}$	dB	Correctieterm voor een diffractor op een geluidscherm	2.10; 7.3
C_T	dB(A)	Correctieterm vanwege een schermtop	2.10; 6.1; 6.2
$C_{temp,licht}$	dB(A)	Temperatuurcorrectie voor lichte motorvoertuigen	5.4
$C_{temp,zwaar}$	dB(A)	Temperatuurcorrectie voor (middel)zware motorvoertuigen	5.4
C_{wegdek}	dB(A)	De wegdekcorrectie	1.5; 2.4; 5.1; 5.3
95%c.i.	dB(A)	95%-confidentie-interval van een SPB-meting	5.4
$DI_{j,k,b,h,t}$	dB	Diffractie index voor 1/3 octaafband j, meetpositie k, hoek h en hoogte bron b.	7.3
DI_j	dB	Diffractie index van een diffractor op een geluidscherm voor 1/3 octaafband j	7.3
DL_R	dB(A)	Niveaureductie door geluidisolatie	6.1
$DL\alpha$	dB(A)	Niveaureductie door geluidabsorptie	6.1
d_C	m	Verticale afstand tussen de kromme C en de ontvanger	6.2
d_d	m	De totale breedte van de diffractor	7.2
$f_{optreed}$		Optreedfrequentie per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt	3.1
H	–	De effectiviteit van het scherm	2.10
h_b	m	De hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied	2.8; 2.9; 2.10
h_e	m	De effectieve schermhoogte	2.10
h_T	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het plaatselijke maaiveld	2.10
h_w	m	De hoogte van het waarneempunten boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied	2.8; 2.9; 2.10
i	–	Octaafbandindex	2.4; 2.10; 2.12
j	–	Aanduiding van een sector	2.2; 2.12
K	–	Het snijpunt van het scherm met de zichtlijn	2.10
L	–	Het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt	2.10
L'	dB(A)	Uurgemiddelde ruwe meetwaarde	3.1
L_{res}	dB(A)	Uurgemiddelde waarde voor residueel geluid	3.1
L	dB(A)	Uurgemiddelde voor residueel geluid gecorrigeerde meetwaarde	3.1

L_p	dB(A)	Jaargemiddeld geluidniveau per etmaalperiode gebaseerd op metingen	3.1
lv	–	Categorie lichte motorvoertuigen	2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 4.1
L_{Aeq}	dB(A)	Het equivalente geluidniveau	2.2; 2.3
$L_{A,max}$	dB(A)	Maximale A-gewogen geluidniveau	4.1L'_{Aeq}
ΔL_B	dB(A)	De bodemdemping	2.2; 2.8
L_E	dB(A)	Het geluidemissiegetal	2.2; 2.4
$L_{eq,i}$	dB(A)	Het A-gewogen equivalente geluidniveau in octaafband i	2.12
$L_{Aeq,i}$	dB(A)	Bijdrage aan het L_{Aeq} in 1 octaaf, van 1 sector, van 1 bronpunt en van 1 voertuigcategorie	2.2
ΔL_F	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.	2.11
ΔL_{GU}	dB(A)	De geometrische uitbreidingsterm	2.2; 2.6
$\Delta L_{kruispunt,m}$	dB(A)	De toeslag wegens een kruispunt	2.5
ΔL_L	dB(A)	De luchtdemping	2.2; 2.7
$\Delta L_{obstakel,m}$	dB(A)	De toeslag wegens een situatie die de gemiddelde snelheid sterk beperkt	2.5
ΔL_{OP}	dB(A)	De optrektoeslag	2.2; 2.5
ΔL_{SW}	dB(A)	De schermwerking	2.2; 2.10
ΔL_R	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van reflecties	2.2; 2.11
$\Delta L_{R,abs}$	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van absorptie bij de reflecties	2.11
m	–	Voertuigcategorie	2.2; 2.4
mv	–	Categorie middelzware motorvoertuigen	2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 4.1
N	–	Het aantal bronpunten	2.2
N_f	–	Het fresnelgetal	2.10; 7.2
N_{refl}	–	Het aantal reflecties tussen bron- en waarneempunt	2.11
n	–	Bronpunt	2.2; 2.12
n	–	Aantal gemeten voertuigen	5.4
p_h	%	Het hellingspercentage van het wegvak	2.4
Q	h^1	De gemiddelde intensiteit van de voertuigcategorie	2.4
q	–	Het type kruispunt	2.5
R_0	m	De afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindingslijn	2.6; 2.7; 2.10
R	m	De horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt	2.8; 2.9; 2.10; 7.2
R_B	m	De horizontaal gemeten afstand tussen de bron en het geluidscherm	6.2
R_L	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW	2.10
R_T	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW	2.10
R_w	m	De horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm	2.10; 6.2
R_{BL}	m	De afstand tussen bron en geluidscherm gemeten langs de kortste verbindingslijn	6.2
R_{WL}	m	De afstand tussen geluidscherm en waarneempunt gemeten langs de kortste verbindingslijn	6.2
r_d	m	De afstand van het rijlijnsegment tot het midden van de diffractor	7.2
r_{TW}	m	De horizontale afstand tussen de rand van de schermtop (aan de bronzijde) en de ontvanger	6.2

S_b	–	De effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied	2.8; 2.10
S_w	–	De effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied	2.8; 2.10
S_F	m	Maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoide ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak	2.11
S_r	m	Maat voor het gedeelte van *SF* dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak	2.11
T	°	De tophoek van het scherm	2.10
u_p	dB(A)	De totale meetonzekerheid voor L_p	3.1
$u_{p,m}$	dB(A)	Standaardafwijking die de gecombineerde onzekerheid in emissie en meteorologische omstandigheden representeert	3.1
u_{wind}	dB(A)	De onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind	3.1
u_{nat}	dB(A)	De onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol	3.1
u_{meteo}	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse	3.1
u_{res}	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van L_{90} of L_{95} tijdens onbemande metingen	3.1
u_{slm}	dB(A)	De meetonzekerheid van de meetketen	3.1
u_{den}	dB(A)	De meetonzekerheid van door metingen vastgesteld L_{den}	3.1
v_0	km/u	De referentiesnelheid van de voertuigcategorie	2.4; 5.1
V_{wind}	m/s	Uurgemiddelde windsnelheid	3.1
V_{mee}		Uurgemiddelde meewindcomponent windsnelheid	3.1
W	–	Waarneempunt/waarnemer	2.10
W_{max}	m/s	Toegestane windsnelheden	3.1
Y	m	Gedeelte van het wegdek dat in het brongebied bij bepaling van absorptiefractie altijd als akoestisch hard wordt gerekend	2.8
zv	–	Categorie zware motorvoertuigen	2.1, 2.2, 2.4, 2.5, 4.1
z_0	m	De hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van het waarneempunt	6.2
z_B	m	De hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil	2.10
z_C	m	De hoogte van de kromme C ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt	6.2
z_K	m	De hoogte van punt K (snijpunt scherm en zichtlijn) ten opzichte van het referentiepeil	2.10
z_L	m	De hoogte van punt L (snijpunt scherm en gekromde geluidstraal) ten opzichte van het referentiepeil	2.10
z_T	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil	2.10; 6.2
z_W	m	De hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil	2.10; 6.2
z'_B	m	De hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil	7.2
z'_T	m	De hoogte van het midden van de diffractor, vermeerderd met 65 cm, ten opzichte van het referentiepeil met een maximum waarde gelijk aan *z'B -10 cm*	7.2
z'_W	m	De hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil	7.2

Bijlage IVf. (meet- en rekenmethode geluid spoorwegen)

1. Algemeen

1.1. Begrippen

In deze bijlage wordt verstaan onder:

rekeneenheid: locomotief, treinstel, rijtuig of wagen, als deze deel uitmaakt van het spoorvoertuigtype;

snelheid: de voor het betreffende emissietraject, per etmaalperiode, representatief te achten snelheid per spoorvoertuigtype;

verkeersintensiteit: het aantal rekeneenheden van een spoorvoertuigtype dat jaarlijks per uur, gemiddeld over een etmaalperiode, op een bepaald geluidemissietraject passeert.

1.2. Spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

1.2.1. Bestaande spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

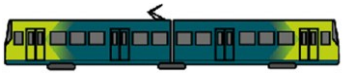
Alle spoorvoertuigtypen worden ingedeeld in een spoorvoertuigcategorie.

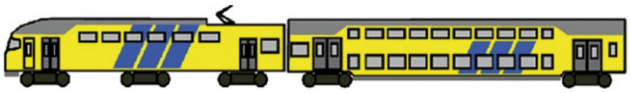
De spoorvoertuigentypen die op de Nederlandse spoorweginfrastructuur rijden, zijn ingedeeld in de in onderstaande tabel opgenomen twaalf spoorvoertuigcategorieën. De indeling is vooral gebaseerd op verschillen in type aandrijving en wielremsysteem.

De in deze bijlage gehanteerde emissie is gekoppeld aan een rekeneenheid van een spoorvoertuigcategorie. De onderstaande tabel geeft het aantal rekeneenheden van een bepaalde samenstelling van een spoorvoertuig aan. In het algemeen valt een rekeneenheid samen met een locomotief of spoorwegrijtuig. Voor verschillende spoorvoertuigen is dat niet het geval. In het geval van hogesnelheidsmaterieel wordt een totale trein opgevat als één rekeneenheid.

Tabel 1.1 Rekeneenheden van samenstellingen van spoorvoertuigen

Cat	**Type**	Tekening (onderling op schaal)	Getoond aantal rekeneenheden	Getoonde lengte
1	**Spoorvoertuigcategorie 1: blokgeremd reizigersmaterieel** – elektrisch reizigersmaterieel met alleen gietijzeren blokremmen met de bijbehorende locomotieven: treinstellen van Materieel '64.			
	Mat'64		2	52 m
2	**Spoorvoertuigcategorie 2: schijf+blokgeremd reizigersmaterieel** - elektrisch reizigersmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde gietijzeren blokremmen: het intercitymaterieel van de typen ICM III, ICR en DDM-1.			
	ICM III	 ICM-III met blokremmen. Heeft 3 rekeneenheden per treinstel.	2	54 m
	ICR	 Met toegevoegde gietijzeren blokkenrem	2	53 m
	ICR(BNL)	 Met toegevoegde gietijzeren blokkenrem	2	53 m
	DDM-1	 Heeft toegevoegde blokkenrem. Uiterlijk vrijwel gelijk aan de DDM-2/3 die in categorie 8 is ingedeeld. Altijd met locomotief.	2	52 m

3	**Spoorvoertuigcategorie 3: schijf+blokgeremd elektrisch materieel** – elektrisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen en met motorgeluid: het stadsgewestelijk materieel (SGM-II/III); – elektrische locomotieven, zoals de series 1600, 1700 en 1800; – de Utrechtse sneltram (SUNIJ).			
	SGM		2	52 m
	SUNIJ	 Er zijn 2 geledingen per rekeneenheid.	1	29 m
4	**Spoorvoertuigcategorie 4: goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen** – alle typen goederenmaterieel met gietijzeren blokremmen.			
	Goederen	 Habbiins-16  Hiirs  Laeks  Fccpps  De categorie van goederenwagens hangt af van het remsysteem. Wagens met gietijzeren blokken vallen in categorie 4. Wagens met alternatieve (K- of LL-) blokkenrem of schijfremmen vallen in categorie 11. Sommige goederenwagens, zoals Hiirs en Laeks, hebben geledingen. Gelede goederenwagens lijken aparte wagens, maar rijden onder één wagennummer en tellen als 1 rekeneenheid.	1 1 1 1 1	Variabel Vlootgemiddelde is circa 15 m
5	**Spoorvoertuigcategorie 5: blokgeremd dieselmaterieel** – dieselelektrisch reizigersmaterieel met alleen blokremmen met de bijbehorende locomotieven: de treinstellen van het type DE-I/II/III; – dieselelektrische locomotieven, behalve de DE-6400.			
6	**Spoorvoertuigcategorie 6: schijfgeremd dieselmaterieel** – dieselhydraulisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen en met motorgeluid: de Wadloper (DH), de Buffel (DM'90); – de dieselelektrische locomotief DE-6400.			
	DM'90 Buffel		2	52 m
7	**Spoorvoertuigcategorie 7: schijfgeremd metro- en sneltrammaterieel** – metro- en sneltrammaterieel van de GVB en de RET; – HSG3, RSG3- en SG3-materieel (Randstadrail). Scharnierende geledingen met 3 of 4 draaistellen zijn 1 eenheid.			
	HSG3, RSG3 en SG3		1	43 m
8	**Spoorvoertuigcategorie 8: schijfgeremd reizigersmaterieel** – elektrisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen: de typen ICM III, ICM IV, vIRM-IV/VI, DDM-2/3, ICK, Protos; – elektrisch reizigersmaterieel met afgeschakelde blokremmen of met toegevoegde blokkenrem met L-remblokken (aangepaste ICR); – dieselelektrisch lightrailmaterieel: De Lint, Talent, GTW-DMU.			

	ICM III	 ICM-III met alleen schijfremmen. Heeft 3 rekeneenheden per treinstel.	2	54 m
	ICM-IV	 Heeft 4 rekeneenheden per treinstel.	2	54 m
	IRM		2	54 m
	DDM-2/3	 Uiterlijk vrijwel gelijk aan de DDM-1 die in categorie 2 is ingedeeld. Rijdt meestal met motorbak mDDM in plaats van locomotief.	2	52 m
	Protos		2	53 m
	ICR	 Met afgeschakelde blokkenrem of met toegevoegde blokkemrem met L-remblokken	2	53 m
	ICR (BNL)	 Met afgeschakelde blokkenrem of met toegevoegde blokkemrem met L-remblokken	2	53 m
	Talent		2	42 m
	GTW2/6-DMU		2	41 m
	GTW2/8-DMU		3	56 m
	Lint		2	42 m
9	**Spoorvoertuigcategorie 9: schijf+blokgeremd hogesnelheidsmaterieel** – elektrisch hogesnelheidsmaterieel met voornamelijk schijfremmen en toegevoegde blokremmen op de motorwagens: de treinstellen van het type Thalys; – elektrisch hogesnelheidsmaterieel van het type ICE-3 en Eurostar; – elektrisch hogesnelheidsmaterieel met alleen schijfremmen van het type ICNG.			
	V250	 Een V250 (Albatros) bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (201 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.	0,25	52 m
	ICE	 Een ICE bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (201 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.	0,25	51 m

	Thalys (Eurostar red)	 Een Thalys bestaat uit 10 geledingen en telt als 1 rekeneenheid (200 m). Getoond zijn de eerste 3 geledingen.	0,30	63 m
	Eurostar blue	 Een Eurostar blue bestaat uit 16 geledingen en telt als 2 rekeneenheden (402 m). Getoond zijn de eerste 2 geledingen.	0,25	51 m
	ICNG		0,67	110 m
		 Een ICNG-5 bestaat uit 5 geledingen en telt als 0,67 rekeneenheden. Een ICNG-8 bestaat uit 8 geledingen en telt als 1 rekeneenheid. Getoond zijn de eerste 4 geledingen.	0,5	82 m
10	**Spoorvoertuigcategorie 10: lightrailmaterieel** – lightrailmaterieel van het type A32 en de Regio Citadis; – andere typen schijf of magneetgeremd lightrailmaterieel met de volgende kenmerken: aslast kleiner dan 10 ton, geveerde wielen met een doorsnede kleiner dan 700 mm, afscherming van wielen en rails door lage vloer en vergelijkbare asdichtheid als A32 materieel; – lage vloertram met (deels) afgeschermde en afgeveerde wielen; – trams.			
	A32	 Aantal rekeneenheden ≠ aantal geledingen	2	30 m
	Regio Citadis		3	38 m
11	**Spoorvoertuigcategorie 11: goederenmaterieel met alternatieve blokremmen (K- of LL-blokken)** – alle typen goederenmaterieel met alternatieve (K- of LL-) blokremmen. Voor figuren: zie bij categorie 4.			
12	**Spoorvoertuigcategorie 12: schijfgeremd stil reizigersmaterieel** – elektrisch reizigersmaterieel met alleen schijfremmen: de typen SLT, FLIRT, GTW-EMU en SNG.			
	SLT-S100	 Getoond is een half treinstel. Een heel treinstel bestaat uit 6 rekeneenheden.	3	50 m
	SLT-S70	 Getoond is een half treinstel. Een heel treinstel bestaat uit 4 rekeneenheden.	2	35 m
	FLIRT-II		2	46m
	FLIRT-III		3	63m
	FLIRT IV		4	81 m

GTW2/8	 Aantal rekeneenheden ≠ aantal geledingen.	3	56 m
GTW2/6	 Aantal rekeneenheden ≠ aantal geledingen.	2	41 m
SNG-3		3	60 m
SNG-4		4	76 m

1.2.2. Nieuwe spoorvoertuigcategorieën en spoorwegconstructies

Van de in paragraaf 1.2.1 met naam genoemde spoorvoertuigtypen zijn de emissiekenmerken in het verleden vastgesteld. Deze indeling is gebaseerd op type aandrijving en remsysteem.

De emissiekenmerken van een nieuw spoorvoertuigtype of een nieuwe spoorwegconstructie worden bepaald door middel van een meting.

Bij wijzigingen aan deze spoorvoertuigtypen of bij het beschikbaar komen van nieuwe spoorvoertuigtypen gelden de volgende regels:

1. Als er een modificatie van een bestaand spoorvoertuigtype (met ander typenummer en dergelijke) plaatsvindt waarbij het type aandrijving en het type remsysteem niet wijzigt: dit spoorvoertuigtype wordt in dezelfde spoorvoertuigcategorie ingedeeld als waarin het voor de modificatie was geplaatst.
2. Als er een modificatie van een bestaand spoorvoertuigtype (met ander typenummer en dergelijke) plaatsvindt waarbij het aandrijf- en/of remsysteem wel is gewijzigd: met procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 wordt getoetst of het spoorvoertuigtype kan worden ingedeeld in een bestaande categorie.
3. Als toepassing van procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 niet leidt tot een indeling in een bestaande categorie: met procedure B uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 worden nieuwe emissiekentallen voor het spoorvoertuigtype vastgesteld.

Bij het bepalen van de correctieterm van een nieuw type bovenbouwconstructie wordt procedure C uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 gebruikt.

Een andere meetmethode dan opgenomen in de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 is toegestaan als aannemelijk is gemaakt dat die andere meetmethode in die situatie ten minste gelijkwaardig is aan de in de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 beschreven methoden.

Voor trams is een aparte meetmethode vastgesteld voor het bepalen van emissiekentallen en correctiewaarden voor de spoorwegconstructie. Deze zijn opgenomen in paragraaf 4.3.

2. De geluidemissiegetallen per octaafband

2.1. Bronhoogten

De bepaling van de geluidemissiegetallen per octaafband vindt plaats op vijf verschillende bronhoogten, te weten:

- op de hoogte van de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal L_E^{bs});
- op een hoogte van 0,5 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal L_E^{as});
- op een hoogte van 2,0 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal L_E^{2m});
- op een hoogte van 4,0 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal L_E^{4m});
- op een hoogte van 5,0 m boven de bovenkant van het spoor (het geluidemissiegetal L_E^{5m}).

2.2. Bovenbouw

Bovenbouwconstructies

Het geluidemissietraject wordt als volgt getypeerd naar bovenbouwconstructie en baangesteldheid:
- baan op betonnen mono- of duoblok dwarsliggers in ballastbed (index *bb* = 1);
- baan op houten of zigzag betonnen dwarsliggers in ballastbed (index *bb* = 2);
- baan met ballastbed met niet-doorgelaste spoorstaven, spoorstaafonderbreking of wissels (index *bb* = 3);
- baan met blokkenspoor (index *bb* = 4);
- baan met blokkenspoor en ballastbed (index *bb* = 5);
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging (index *bb* = 6);
- baan met regelbare spoorstaafbevestiging en ballastbed (index *bb* = 7);
- baan met ingegoten spoorstaaf (index *bb* = 8);
- baan met directe railbevestiging op een onderheide betonplaat voor metro- en sneltrammaterieel (index *bb* = 9);
- baan met raildempers op betonnen mono- of duoblok dwarsliggers in ballastbed (index *bb* = 10);
- baan met HSL-Rhedaspoor (index *bb* = 11);
- baan met HSL-Rhedaspoor en raildempers (index *bb* = 12);
- baan bij overweg;
- trambaan in gras (index *bb*=13);
- trambaan in asfalt (index *bb*=14);
- tramplatenspoor (index *bb*=15);
- trambaan in klinkers (index *bb*=16).

Spoorconditie

De conditie van het spoor wordt in rekening gebracht via de term spoorconditie. In deze term is het effect van spoorstaafonderbrekingen en de sporstaafruwheid opgenomen.

Spoorstaafonderbrekingen en wissels

Bij de bepaling van de geluidemissiegetallen wordt onderscheid gemaakt naar de mate van voorkomen van spoorstaafonderbrekingen op het geluidemissietraject:
– voegloze spoorstaaf (doorgelast) met of zonder voegloze wissels en kruisingen (index *m* = 1);
– niet doorgelaste spoorstaaf (=voegenspoorstaaf) (*m* = 2);
– wissels (*m* = 3 of m = 4).

Wissels worden direct gemodelleerd met de werkelijke lengte. Bij de modellering van een wissel kan het worden opgesplitst in meerdere delen. De bovenbouwcorrectie wordt bepaald aan de hand van het type wissel: 'voegloos'/'intern-voegloos'/'niet-voegloos':
– een voegloze wissel krijgt de bovenbouwcode die hoort bij het type dwarsligger;
– een intern-voegloze/niet-voegloze wissel krijgt bovenbouwcode *bb* = 3;
– voor een intern-voegloze wissel wordt aangenomen dat deze gemiddeld één voeg heeft;
– voor een niet-voegloze wissel wordt aangenomen dat deze gemiddeld drie voegen heeft;
– het aantal voegen gedeeld door de totale lengte van het wissel levert de informatie om de stootgeluidcorrectie te bepalen (de factor f_m voor toepassing in formule 2.3c).

Spoorstaafruwheid
Ten slotte is het mogelijk om rekening te houden met situaties waarbij structureel sprake is van een fors afwijkende spoorstaafruwheid dan het landelijk gemiddelde dat de basis is voor de Standaadrekenmethode 2 in deze bijlage. Dit is met name bedoeld om de mogelijkheid te bieden de geluidreducerende effecten in de berekening te verwerken van het onderhouden van het spoor in een toestand met extra lage spoorstaafruwheid (door bijvoorbeeld intensief onderhoud of akoestisch slijpen).

2.3. Gegevens
Voor de berekening van de geluidemissiegetallen per octaafband zijn de volgende gegevens nodig:
$Q_{p,c}$: het gemiddelde aantal rekeneenheden van spoorvoertuigen met snelheidsprofiel *p* van de betrokken spoorvoertuigcategorie *c*[h^{-1}];
$Q_{p,r,c}$: het gemiddelde aantal eenheden van spoorvoertuigen met snelheidsprofiel *p* van de betrokken spoorvoertuigcategorie *c* waarvan het remsysteem is ingeschakeld [h^{-1}];
$v_{p,c}$: de gemiddelde snelheid van de spoorvoertuigen met snelheidsprofiel *p* van de betrokken spoorvoertuigcategorie *c* [kmh^{-1}];
p: snelheidsprofiel: doorgaand (d), stoppend (s) en rangerend (r);
bb: het type bovenbouwconstructie/baangesteldheid [-];
m: aanduiding van de mate van voorkomen van spoorstaafonderbrekeningen [-].

2.4. Berekeningswijze
De berekening verloopt als volgt:

$$L_{E,i}^{\mathrm{bs}} = 10\lg\left(\sum_{p=\mathrm{d,s,r}}\sum_{c=1}^{12} 10^{\frac{E_{p,i,c}^{\mathrm{bs}}+C_{bb,i,c}^{\mathrm{bs}}+C_{\mathrm{spoorconditie},i,c,m}}{10}}\right) \quad (2.1a)$$

$$L_{E,i}^{\mathrm{as}} = 10\lg\sum_{p=d,s,r}\left(\sum_{c=1}^{12} 10^{\frac{E_{p,i,c}^{\mathrm{as}}+C_{bb,i,c}^{\mathrm{as}}+C_{\mathrm{spoorconditie},i,c,m}}{10}} + \sum_{c=1}^{12} 10^{\frac{E_{\mathrm{rem},p,i,c}}{10}} + \sum_{c=3,5,6} 10^{\frac{E_{\mathrm{motor},p,i,c}}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{E_{\mathrm{aero},p,i,c}^{\mathrm{as}}}{10}}\right) \quad (2.1b)$$

$$L_{E,i}^{2m} = 10\lg\sum_{p=d,s,r}\left(\sum_{c=9} 10^{\frac{E_{\mathrm{aero},p,i,c}}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{E_{\mathrm{koeling},p,i,c}}{10}}\right) \quad (2.1c)$$

$$L_{E,i}^{4m} = 10\lg\sum_{p=d,s,r}\left(\sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{\mathrm{aero},p,i,c}-3)}{10}} + \sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{\mathrm{koeling},p,i,c}-3)}{10}}\right) \quad (2.1d)$$

$$L_{E,i}^{5m} = 10\lg \sum_{p=d,s,r} \left(\sum_{c=9} 10^{\frac{(E_{\text{aero},p,i,c}-3)}{10}} \right) \quad (2.1e)$$

Voor de categorieën 1, 2, 3, 6, 7 en 8 is:

$$E_{p,i,c}^{\text{bs}} = E_{p,i,c} - 1$$
$$E_{p,i,c}^{\text{as}} = E_{p,i,c} - 7$$

Voor de categorieën 4, 5 en 11 is:

$$E_{p,i,c}^{\text{bs}} = E_{p,i,c} - 3$$
$$E_{p,i,c}^{\text{as}} = E_{p,i,c} - 3$$

Voor categorie 9 is:

$$W = -3{,}2 - 1{,}5 \arctan \frac{v - 200}{50}$$
$$E_{p,i,9}^{\text{bs}} = E_{p,i,9} + W$$
$$E_{p,i,9}^{\text{as}} = E_{p,i,9} + 10\lg\left(1 - 10^{W/10}\right)$$

Voor de categorieën 10 en 12 is:

$$E_{p,i,c}^{\text{bs}} = E_{p,i,c-bs}$$
$$E_{p,i,c}^{\text{as}} = E_{p,i,c-as}$$

Met:

$E_{p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c}$ (2.2a)

$E_{rem,p,i,c} = a_{i,c} + b_{i,c} \lg v_{p,r,c} + 10 \lg Q_{p,r,c} + C_{rem,i,c}$ (2.2b)

en voor c = 3, 5, 6:

$E_{motor,p,i,c} = a_{motor,i,c} + b_{motor,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c}$ (2.2c)

en voor c = 9:

$E_{koeling,p,i,c} = a_{koeling,i,c} + b_{koeling,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c}$ (2.2d)

$E_{aero,p,i,c} = a_{aero,i,c} + b_{aero,i,c} \lg v_{p,c} + 10 \lg Q_{p,c}$ (2.2e)

De waarden van de emissiekentallen a_c en b_c zijn gegeven in de tabellen 2.1 en 2.2.

Tabel 2.1 Emissiekentallen a_c en b_c als functie van spoorvoertuigcategorie c en octaafbandindex (i)

Categorie	Kental	Octaafbandindex *i* met middenfrequentie in [Hz]							
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k Hz
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	*a*	20	55	86	86	46	33	40	29
	b	19	8	0	3	26	32	25	24
2	*a*	51	76	91	84	46	15	24	36

	b	5	0	0	7	26	41	33	20
3	*a*, *v*<60 v≥60	54 36	50 15	66 66	86 68	68 51	68 51	45 27	39 21
	b, *v*<60 *v*≥60	0 10	10 30	10 10	0 10	10 20	10 20	20 30	20 30
3 motor	*a*, *v*<60 *v*≥60	72 72	88 35	85 50	51 68	62 9	54 71	25 7	15 -3
	b, v<60 v≥60	-10 -10	-10 20	0 20	20 10	10 40	20 10	30 40	30 40
4	*a*	30	74	91	72	49	36	52	52
	b	15	0	0	12	25	31	20	13
5	*a*, *v*<60 *v*≥60	41 41	90 72	89 89	76 94	59 76	58 58	51 51	40 40
	b, *v*<60 *v*≥60	10 10	-10 0	0 0	10 0	20 10	20 20	20 20	20 20
5 motor	*a*	88	95	107	113	109	104	98	91
	b	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10	-10
6	*a*, *v*<60 *v*≥60	54 36	50 15	66 66	86 68	68 51	68 51	45 27	39 21
	b, *v*<60 *v*≥60	0 10	10 30	10 10	0 10	10 20	10 20	20 30	20 30
6 motor	*a*, *v*<60 *v*≥60	72 72	88 35	85 50	51 68	62 9	54 71	25 7	15 -3
	b, *v*<60 *v*≥60	-10 -10	-10 20	0 20	20 10	10 40	20 10	30 40	30 40
7	*a*	56	62	53	57	37	36	41	38
	b	2	7	18	18	31	30	25	23
8	*a*	31	62	87	81	55	35	39	35
	b	15	5	0	6	19	28	23	19
9	*a*, *v*<120 *v*≥120	56 38	78 69	100 92	106 87	75 62	73 43	88 48	58 46
	b, *v*<120 *v*≥120	5 15	1 5	-4 0	-4 6	13 19	13 28	3 23	16 19
9 koeling	*a*	54	69	79	84	84	83	82	78
	b	0	0	0	0	0	0	0	0
9 aero	*a*	-45	-35	-27	-25	-26	-25	-25	-30
	b	50	50	50	50	50	50	50	50

10-bs	*a*	7	50	62	69	42	43	30	14
	b	20	10	9	8	24	23	25	28
10-as	*a*	25	78	51	39	29	26	25	18
	b	13	-8	9	20	25	29	31	28
11	*a*	57	30	59	71	45	66	22	18
	b	0	24	16	10	24	14	34	32
12-bs	*a*	23,5	60,8	70,7	55,5	46,0	51,2	60,6	53,8
	b	17,8	7,5	6,8	16,4	19,7	17,8	10,9	511,2
12-as	*a*	18,9	55,9	67,3	50,6	43,2	47,4	57,3	50,0
	b	18,1	7,5	6,7	17,7	19,7	17,8	10,4	11,0

$C_{rem,i,c}$ wordt bepaald volgens tabel 2.2.

Tabel 2.2 De remgeluid-correctieterm $C_{rem,i,c}$ als functie van de spoorvoertuigcategorie (c) en octaafbandindex (i)

Octaafbandindex *i*	$C_{rem,i,c}$				
	c = 1, 4, 5	*c* = 2	*c* = 7	*c* = 3, 6, 8, 9, 11,12	*c* = 10
1	-20	-20	-8	-20	2
2	-20	-20	-7	-20	-1
3	-20	-20	-20	-20	0
4	-2	0	-20	-20	2
5	2	1	-20	-20	5
6	3	2	-20	-20	4
7	8	5	-20	-20	4
8	9	5	-5	-20	3

De bovenbouwcorrectietermen

$$C_{bb,i,c}^{bs}$$

en

$$C_{bb,i,c}^{as}$$

brengen het effect van verschillende baanconstructies in rekening op twee bronhoogten. Daarbij is een spoorstaafruwheid zoals gemiddeld in Nederland optreedt het uitgangspunt. De bovenbouwcorrectietermen zijn als volgt gedefinieerd:

$$C_{bb,i,c}^{bs} = C_{bb,i} \qquad (2.3a)$$

$$C_{bb,i,c}^{as} = \begin{cases} C_{bb,i} \text{ voor } c \neq 9 \\ 0 \text{ voor } c = 9 \end{cases}$$

De waarde voor de bovenbouwcorrectieterm voor verschillende bovenbouwconstructies is gegeven in tabel 2.3.

Tabel 2.3 Correctieterm $C_{bb,i}$ als functie van bovenbouwconstructie/baangesteldheid (bb) en octaafbandindex (i)

$C_{bb,i}$	**Octaafbandindex (i)**							
	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
bb=1	0	0	0	0	0	0	0	0
bb=2	1	1	1	5	2	1	1	1
bb=3	1	3	3	7	4	2	3	4
bb=4	6	8	7	10	8	5	4	0
bb=5	6	8	8	9	2	1	1	1
bb=6	3	4	-1	3	7	4	3	3
bb=7	6	1	0	0	0	0	0	0
bb=8	5	4	3	6	2	1	0	0
bb=9	7	2	1	4	7	9	5	1
bb=10	0	0	-1	-2	-4	-3	-2	-1
bb=11	0	0	0	7	7	3	2	0
bb=12	0	0	-2	4	5	-5	-3	-4
bb=13	8,6	5,4	2,6	3,3	3,5	0,7	-3,5	-2,7
bb=14	3,8	-0,3	2,9	-0,7	5,1	2,0	-1,0	-2,6
Bb=15	7,9	3,1	1,0	0,3	4,6	1,0	-1,4	-1,1
Bb=16	4,0	3,4	0,0	-1,3	0,5	-1,7	2,0	-4,1

De invloed van de conditie van het spoor op de geluidemissie wordt in rekening gebracht met de term $C_{\text{spoorconditie},\ i,c,m}$. Hiermee wordt het effect beschreven van eventuele voegen in het spoor of van een spoorstaafruwheid die sterk afwijkt van het Nederlands gemiddelde. Voor de bepaling van deze term wordt formule (2.3b) of (2.3c) gebruikt, afhankelijk van de mate van spooronderbreking. Voor tramspoorconstructies waarvan de spoorconditie niet is vastgesteld wordt gebruik gemaakt van de formule (2.3d) of (2.3e).

$C_{\text{spoorconditie},\ i,c,1} = C_{ruwheid,i,c}$ *voor* $m = 1$	(2.3b)
of	
$C_{\text{spoorconditie},\ i,c,m} = 10 \lg(1 + f_m A_i)$ voor $m = 2$, 3 of 4	(2.3c)
$C_{\text{spoorconditie},\ i,c,1} = 5$ voor trambaan in normale spoorconditie (bb = 13, 14, 15 of 16)	(2.3d)

of	
$C_{\text{spoorconditie},\ i,c,1}$ = 3 voor geslepen trambaan (bb = 13, 14,15 of 16)	(2.3e)

Voor voegend spoor en voegende wissels zijn de waarden voor f_m en A_i in de tabellen 2.4 en 2.5 opgenomen. De lengte van het wissel (in de tabel genoemd 'lengte wissel') wordt bepaald door de totale lengte van het wissel (van de voorlas tot de achterlas) en niet de lengte van het gemodelleerde wisselgedeelte.

Tabel 2.4 Waarden voor de factor f_m (als *m* ongelijk is aan 1)

Omschrijving	***m***	f_m
Voegenspoor	2	1/30
Intern-voegloos wissel	3	1/lengte wissel
Niet-voegloos wissel	4	3/lengte wissel

Tabel 2.5 Kental voor stootgeluidemissie A_i als functie van octaafbandindex (i)

octaafbandindex *i*	A_i
1	3
2	40
3	20
4	3
5, 6, 7, 8	0

De extra geluidemissie van ruwe spoorstaven of de geluidreductie door gladdere spoorstaven wordt verwerkt door het verschil in de energetische som van wiel- en spoorstaafruwheid in de bovenbouwcorrectieterm te verwerken. Deze methodiek geldt alleen voor voegloze spoorstaven (*m*=1). Voor niet-voegloze spoorstaven wordt geen spoorstaafruwheidscorrectie toegepast.

Het effect van de afwijkende ruwheid wordt in rekening gebracht met de coëfficiënt $C_{\text{ruwheid},\ i,c}$. Deze term is afhankelijk van de snelheid (*v*) en de spoorvoertuigcategorie (*c*). Als ervoor wordt gekozen niet te corrigeren voor een eventueel lokaal afwijkende spoorstaafruwheid, geldt $C_{\text{ruwheid},\ i,c} = 0$.

$$C_{\text{ruwheid},\ i,c} = (L_{\text{i,rtr,feitelijk}} \oplus L_{\text{i,rveh,c}}) - (L_{\text{i,rtr,ref}} \oplus L_{\text{i,rveh,c}}) \qquad (2.3f)$$

met:
$L_{i,rtr,ref}(v)$: de referentieruwheid (afgeleid uit de gemiddelde spoorstaafruwheid in Nederland);
$L_{i,rtr,feitelijk}(v)$: de lokale ruwheid van de spoorstaven waar de berekeningen worden uitgevoerd;
$L_{i,rveh,c}(v)$: de wielruwheid van de diverse spoorvoertuigcategorieën, volgens tabel 2.7.
Het symbool $\oplus$ staat voor energetische sommatie ($x \oplus y = 10\lg(10^{x/10} + 10^{y/10})$).

Voor de spoorvoertuigcategorieën uit deze bijlage geldt het volgende verband tussen remsysteem en spoorvoertuigcategorie:
- de categorieën 1, 4, 5: gietijzeren blokkenrem;
- categorie 2: schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem;
- de categorieën 3, 6, 7, 8, 9, 10 en 12: schijfrem;

– categorie 11: alleen alternatieve blokkenrem.

Voor nieuwe spoorvoertuigen die worden ingemeten volgens procedure B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 volgt de gemiddelde wielruwheid uit de metingen.

Tabel 2.6a Spoorstaafruwheid als functie van de golflengte

Golflengte (mm)	630	500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	40	31,5	25
Referentieruwheid	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	-1
Geoptimaliseerd voor snelheden < 200 km/u	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	5,5	4,0	2,5	1,0	-0,5	-2,0	-3,5	-5,0	-6,5	-8,0
Geoptimaliseerd voor snelheden > 200 km/u	13,0	12,0	5,0	4,0	3,0	2,0	1,0	0,0	-1,0	-1,5	-2,0	-2,5	-3,0	-3,5	-4,0

[1] Gegevens zijn niet beschikbaar, geadviseerd wordt om voor deze golflengten uit te gaan van de referentieruwheid

Tabel 2.6b Spoorstaafruwheid als functie van de golflengte

Golflengte (mm)	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4	3,15	2,5	2	1,6	1,25	1
Referentieruwheid	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15
Geoptimaliseerd voor snelheden < 200 km/u	-9,5	-11,0	-11,3	-11,6	-11,9	-12,2	-12,5	-12,8	-13,1	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]
Geoptimaliseerd voor snelheden > 200 km/u	-4,5	-5,0	-5,0	-5,0	-6,0	-7,0	-8,0	-9,0	-10,0	-11,0	-12,0	-13,0	[1]	[1]

[1] Gegevens zijn niet beschikbaar, geadviseerd wordt om voor deze golflengten uit te gaan van de referentieruwheid

Tabel 2.7a Wielruwheid afhankelijk van het type remsysteem als functie van de golflengte

Golflengte [mm]	630	500	400	315	250	200	160	125	100	80	63	50	40	31,5	25
Schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem	16	15	14	13	12	11	11	12	13	14	16	15	12	11	10
Alleen gietijzeren blokkenrem	10	9	8	7	6	5	6	7	9	11	13	12	10	8	6
Alleen schrijfrem	13	12	11	10	9	8	7	7	6	6	3	1	-1	-2	-3
Alleen alternatieve blokkenrem	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]

[1] Gegevens niet bekend; voor zover nodig vaststellen met behulp van methode B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006.

Tabel 2.7b Wielruwheid afhankelijk van het type remsysteem als functie van de golflengte

Golflengte [mm]	20	16	12,5	10	8	6,3	5	4	3,15	2,5	2	1,6	1,25	1
Schijfrem + toegevoegde gietijzeren blokkenrem	6	3	-2	-5	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
Alleen gietijzeren blokkenrem	5	0	-1	-1	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-11	-12
Alleen schrijfrem	-3	-4	-4	-5	-7	-8	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16
Alleen alternatieve blokkenrem	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]	[1]

[1] Gegevens niet bekend; voor zover nodig vaststellen met behulp van methode B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006.

De spoorstaafruwheid L_{rtr} van de meetlocatie wordt gemeten in 1/3-octaven volgens de procedures omschreven in NEN-EN-ISO 3095:2013. De spoorstaafruwheid wordt op representatieve locaties gemeten en in het model verwerkt. Deze meetlocaties zijn verdeeld over het gehele spoorweggedeelte dat in het model wordt opgenomen. De meetgegevens zijn onderdeel van de rapportage van het akoestisch onderzoek.

De wiel- en spoorstaafruwheden moeten in octaafbanden zijn uitgedrukt. Om van ruwheidsgolflengte de correctie in geluidoctaafbanden te krijgen, wordt de volgende methode gehanteerd:

1. Bepaal de ruwheidscorrectie per golflengtegebied λ (van 1 tot 630 mm)

$$C_{\text{ruwheid},\lambda,c} = \left(L_{\lambda,\text{rtr,feitelijk}} \oplus L_{\lambda,\text{rveh},c}\right) - \left(L_{\lambda,\text{rtr,ref}} \oplus L_{\lambda,\text{rveh},c}\right) \quad (2.4a)$$
$$= 10\lg\left(10^{\frac{L_{\lambda,\text{rtr,feitelijk}}}{10}} + 10^{\frac{L_{\lambda,\text{rveh},c}}{10}}\right) - 10\lg\left(10^{\frac{L_{\lambda,\text{rtr,ref}}}{10}} + 10^{\frac{L_{\lambda,\text{rveh},c}}{10}}\right)$$

Als de ruwheid niet afwijkt van de referentieruwheid dan is de ruwheidscorrectie voor een bepaalde golflengte: $C_{\text{ruwheid},\lambda,c} = 0$.

2. Bepaal de ruwheidscorrectie per werkelijke geluidsfrequentie f: $C_{\text{ruwheid},(f,v),c} = C_{\text{ruwheid},\lambda,c}$). Met f = 1.000⁄3,6 · (*v*/*f*). Met frequentie *f* in Hz, voertuigsnelheid *v* in km/u en golflengte λ in mm. Dus:

$$C_{\text{ruwheid},(f=2500\text{Hz},v=90\text{km/u}),c} = C_{\text{ruwheid},\lambda=10\text{mm},c} \quad (2.4b)$$

3. De werkelijke geluidsfrequentie f komt in het algemeen niet overeen met de preferente tertsbandmiddenfrequenties (deze zijn voor deze toepassing f_{terts} = 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150, 4.000, 5.000, 6.300, 8.000 en 10.000 Hz). Daarom worden de waarden van $C_{\text{ruwheid}(f=2500\text{Hz},v=90\text{km/u}),c} = C_{\text{ruwheid},\lambda=10\text{mm},c}$ bepaald uit lineaire interpolatie van de waarden van $C_{\text{ruwheid},(f,v),c}$. Zoek hiervoor de twee werkelijke geluidsfrequenties f_- en f_+ die het dichtst liggen bij de tertsmiddenbandfrequentie f_{terts} zodat geldt: $f_- < f_{terts} < f_+$. Dan geldt:

$$C_{\text{ruwheid},(f_{\text{terts}},v),c} = C_{\text{ruwheid},(f_-,v),c} + \left(C_{\text{ruwheid},(f_+,v),c} - C_{\text{ruwheid},(f_-,v),c}\right) \cdot \left(\frac{\lg(f_{\text{terts}}) - \lg(f_-)}{\lg(f_+) - \lg(f_-)}\right) \quad (2.4c)$$

Hiermee is de ruwheidscorrectie per tertsband bepaald.

4. De ruwheidscorrectie per tertsband wordt ten slotte energetisch gemiddeld om een ruwheidscorrectie per octaafbandindex *i* te berekenen. Daarvoor worden eerst de drie tertsbandmiddenfrequenties gezocht die binnen de octaafband vallen. Dit is samengevat in onderstaande tabel:

Tabel 2.8 Standaard middenfrequenties voor octaaf- en tertsbanden

i	**Octaafband** f_{oct}	**Tertsbanden** $f_{terts1}, f_{terts1}, f_{terts3}$
1	63	50, 63, 80

2	125	100, 125, 160
3	250	200, 250, 315
4	500	400, 500, 630
5	1.000	800, 1.000, 1.250
6	2.000	1.600, 2.000, 2.500
7	4.000	3.150, 4.000, 5.000
8	8.000	6.300, 8.000, 10.000

Vervolgens kan de ruwheidscorrectie per octaafband worden bepaald met de volgende formule:

$$\begin{aligned} C_{\text{ruwheid},i,c} &= C_{\text{ruwheid},(f_{\text{oct}},v),c} \\ &= C_{\text{ruwheid},(f_{terts1},v),c} \oplus C_{\text{ruwheid},(f_{terts2},v),c} \oplus C_{\text{ruwheid},(f_{terts3},v),c} - 10\lg(3) \\ &= 10\lg\frac{1}{3}\left(10^{\frac{C_{\text{ruwheid},(f_{terts1},v),c}}{10}} + 10^{\frac{C_{\text{ruwheid},(f_{terts2},v),c}}{10}} + 10^{\frac{C_{\text{ruwheid},(f_{terts3},v),c}}{10}}\right) \end{aligned} \quad \text{(2.4d)}$$

In veel situaties waarin wordt overwogen plaatselijk een extra lage spoorstaafruwheid aan te brengen en te onderhouden is het ten tijde van het akoestisch onderzoek nog niet mogelijk de spoorstaafruwheid door meting vast te stellen, omdat deze pas wordt aangebracht nadat geluidprocedures zijn doorlopen. In dat geval wordt aangetoond dat de lage spoorstaafruwheid waarmee wordt gerekend, in de praktijk is te realiseren en te onderhouden.

Maatgevend daarbij is dat per spoorvoertuigcategorie de op basis van de verwachte lage spoorstaafruwheid berekende geluidsreductie, gemiddeld over de tijdsperiode tussen twee slijpbeurten en over het betrokken spoorweggedeelte bezien, ook in werkelijkheid optreedt. Daarnaast worden lokale afwijkingen voorkomen als die gemiddeld over de tijdsperiode tussen twee slijpbeurten leiden tot een 1 dB lagere geluidsreductie dan was berekend. De middelingen over de tijd en over het spoorweggedeelte zijn lineaire middelingen.

Als emissiegegevens volgens procedure B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 beschikbaar zijn met effectieve ruwheden en overdrachten van het te berekenen spoorweggedeelte en spoorvoertuig, dan worden de termen $C_{bb,i}$ en $C_{spoorconditie,i,c,m}$ niet gebruikt.

2.5. Emissie van betonnen en stalen kunstwerken

2.5.1. Betonnen kunstwerken

Bij betonnen kunstwerken en de daarop toegepaste bovenbouwconstructie is de emissie ten gevolge van het rolgeluid en van de geluiduitstraling door het kunstwerk zelf verwerkt in de bovenbouwcorrectie (tabel 2.3). Bij toepassing van schermen op het kunstwerk wordt hierdoor het effect van de schermen bij lage frequenties overschat. Deze modellering is daarom alleen toelaatbaar voor schermen met een maximum hoogte van 2 m boven de bovenkant van het spoor.

Voor hogere schermen is nader akoestisch onderzoek noodzakelijk.

De toe te passen bovenbouwcorrecties voor verschillende typen betonnen kunstwerken is gegeven in tabel 2.9.

Tabel 2.9 Toe te passen bovenbouwcorrecties bij verschillende typen betonnen kunstwerken[1)]

Type kunstwerk	Type bovenbouw op het kunstwerk	Code *bb*
TT- en kokerliggerbrug	Regelbare bevestiging	6
Plaat- en trogbrug	Dwarsliggers in ballastbed (betonnen of houten)	1 of 2
	Regelbare bevestiging	6
	Regelbare bevestiging volgestort met ballast	7
Plaatbrug	Blokkenspoor	4
	Blokkenspoor volgestort met ballast	5
	Ingegoten spoorstaaf	8

[1] De cijfers in de tabel verwijzen naar de codes van tabel 2.3.

2.5.2. Stalen kunstwerken

Bij stalen kunstwerken wordt de toename van de emissie ten gevolge van de invloed van het kunstwerk in rekening gebracht met een geluidemissietoeslag. De toename van de emissie kan worden toegeschreven aan geluidemissie van het kunstwerk zelf en een toename van het rolgeluid op het kunstwerk. De emissie ten gevolge van de geluiduitstraling door het kunstwerk zelf wordt verwerkt door het toevoegen van een bronlijn op 0 m BS en de extra emissie ten gevolge van de toename van het rolgeluid wordt verrekend als toename van de emissie op de al gemodelleerde bronnen op 0 en 0,5 m BS.

In de geluidemissietoeslag is het effect van een mogelijk afwijkende bovenbouwconstructie en eventuele extra afschermende delen van het kunstwerk al verwerkt. Daarom wordt bij stalen kunstwerken in de modellering uitgegaan van bovenbouwconstructie *bb*=1 en worden de afschermende delen van het kunstwerk niet gemodelleerd.

De geluidemissietoeslag voor een stalen kunstwerk wordt meettechnisch bepaald volgens de methode beschreven in paragraaf 4.2.

Voor het toepassen van schermen als geluidmaatregel op het kunstwerk is nader onderzoek nodig.

2.6. Snelheden

Het geluidemissiegetal wordt bepaald voor snelheden vanaf 40 km/u tot een maximumsnelheid per spoorvoertuigcategorie zoals gegeven in tabel 2.10. Treinen die langzamer rijden dan 40 km/u worden in de berekeningen gemodelleerd als treinen met een snelheid van 40 km/u. Uitzondering is categorie 10 (light rail en trams), hiervoor geldt dat het geluidemissiegetal bepaald wordt vanaf 30 km/u. Voor nieuw ingemeten materieel volgens de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 geldt als maximale snelheid het maximum dat bij de metingen is meegenomen. Voor treinen wordt geen hogere snelheid ingevoerd dan de voor dat treintype geldende maximumsnelheid daadwerkelijk (kunnen) rijden.

Tabel 2.10 Maximale snelheden per spoorvoertuigcategorie

Categorie	Maximale snelheid (km/u)
1	140
2	160
3	160
4	100

5	140
6	120
7	100
8	160
9	300
10	100
11	100
12	160

Voor spoorvoertuigen die niet zijn vermeld in een van de categorieën, geldt het maximum dat bij het betreffende spoorvoertuig hoort volgens de specificaties van de fabrikant.

2.7. Overstand

Het geluid van stilstaande treinen wordt berekend als de aaneensloten duur van de geluidemissie van de stilstaande trein ten minste een uur bedraagt. Het geluid wordt berekend volgens de methode voor industrielawaai (bijlage IVh). De spectrale bijdrage van overstandgeluid op een rekenpunt wordt bepaald door de bijdragen van alle stilstaande treinen logaritmisch op te tellen.

3. Standaardrekenmethode

3.1. Begrippen

bronlijn: lijn gelegen boven het hart van het spoor op een bepaalde hoogte boven de bovenkant van het spoor (BS), die de plaats van de geluidsafstraling van een (gedeelte van een) geluidemissietraject representeert; afhankelijk van het type materieel worden twee tot vijf bronlijnen onderscheiden;

bronlijnsegment: rechte verbindingslijn tussen de snijpunten van een bronlijn met de grensvlakken van een sector;

bronpunt: snijpunt van een sectorvlak met een bronlijnsegment;

openingshoek van een sector: hoek tussen de begrenzingvlakken van een sector in het horizontale vlak;

sector: ruimte begrensd door twee verticale half-vlakken waarvan de grenslijnen samenvallen met de verticaal door het waarneempunt;

sectorvlak: bissectricevlak van de twee grensvlakken van een sector;

totale openingshoek: som van de openingshoeken van alle sectoren die voor het bepalen van het equivalente geluidsniveau in dB van belang zijn;

waarneempunt: punt waarvoor het equivalente geluidsniveau in dB, het L_{Aeq}, moet worden bepaald; als deze bepaling dient ter vaststelling van de geluidbelasting van een gevel dan ligt dit punt in het betrokken gevelvlak;

zichthoek: hoek waaronder een object (gevel, scherm, baanvak en dergelijke) in horizontale projectie wordt gezien vanuit het waarneempunt.

3.2. De hoofdformule

Het equivalent geluidniveau in dB, het L_{Aeq}, wordt berekend volgens de formule:

$$L_{Aeq} = 10\lg \sum_{i=i}^{8} \left(10^{\left(10\lg \sum_{j=1}^{J} \sum_{n=1}^{N} 10^{\Delta L_{eq,i,j,n}/10}\right)/10} + 10^{L_{overstand,i}/10} \right) \quad (3.1a)$$

Waarbij:

$\Delta L_{eq,i,j,n}$ de bijdrage is aan het L_{Aeq} in één octaafbandindex (index *i*), van één sector (index *j*) en van één bronpunt (index *n*); en

$L_{overstand,i}$ de, volgens bijlage IVh berekende, bijdrage van de overstand is voor octaafband index i.

$\Delta L_{eq,i,j,n}$ wordt samengesteld uit de volgende termen:

$$L_{eq,i,j,n} = L_E + \Delta L_{GU} - \Delta L_{OD} - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58{,}6 \quad (3.1b)$$

waarin:

$L_{E,..}$: de geluidemissiegetallen per bronhoogte en per octaafband, bepaald volgens hoofdstuk 2;
ΔL_{GU}: de geometrische uitbreidingsterm (paragraaf 3.4);
ΔL_{OD}: de overdrachtsverzwakking (paragraaf 3.5);
ΔL_{SW}: de schermwerking, voor zover van toepassing (paragraaf 3.6);
ΔL_R: de niveaureductie ten gevolge van reflecties, als dit van toepassing is (paragraaf 3.9).

Er wordt gesommeerd over de octaafbanden met de nominale middenfrequenties 63, 125, 250, 500, 1.000, 2.000, 4.000 en 8.000 Hz.

De sectorindeling is zo dat de geometrie en een geluidemissietraject in een sector goed worden beschreven met de geometrie in het sectorvlak. Hierbij wordt uitgegaan van een vaste openingshoek. Deze openingshoek is 2°. De hoeken van de sectorvlakken worden bepaald door de even hoeken in een windroos (0°, 2°, 4°, etcetera). Bij bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt afgeweken van deze sectorindeling (zie paragraaf 3.4).

Het aantal bronpunten, *N*, binnen een sector wordt bepaald door het aantal keer dat het betrokken sectorvlak een bronlijn (segment) snijdt.

3.3. Modellering van de situatie

3.3.1. Bronlijnen

Bij het modelleren van geometrische gegevens is het uitgangspunt voor verticale maten de bovenkant van het spoor (BS) en voor horizontale maten het hart van het spoor. De lijnen die op het hart van het spoor lopen met verschillende hoogten boven de bovenkant van het spoor (BS) zijn in de modellering de bronlijnen. Voor de meeste spoorvoertuigcategorieën zijn er twee bronlijnen op 0 cm en op 0,5 m boven de bovenkant van het spoor (BS). Voor spoorvoertuigcategorie 9 zijn er vijf bronlijnen op 0 m, 0,5 m, 2,0 m, 4,0 m en 5,0 m boven de bovenkant van het spoor (BS).

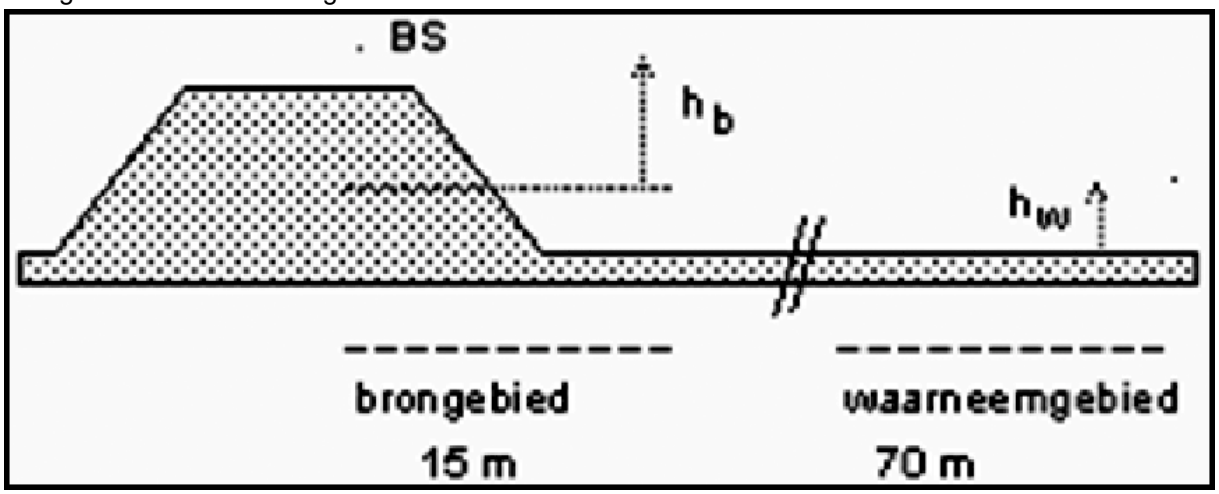
3.3.2. Bodemgesteldheid

De bodemgesteldheid wordt verdeeld in twee groepen, te weten akoestisch hard en niet hard. Onder akoestisch hard (B=0) wordt verstaan: klinkers, asfalt, beton, andere bodemverhardingen, wateroppervlakken en dergelijke. Als akoestisch niet hard (B=1) gelden: ballastbed, grasland, landbouwgrond met of zonder gewas, zandvlakten, bodem zonder vegetatie en dergelijke.

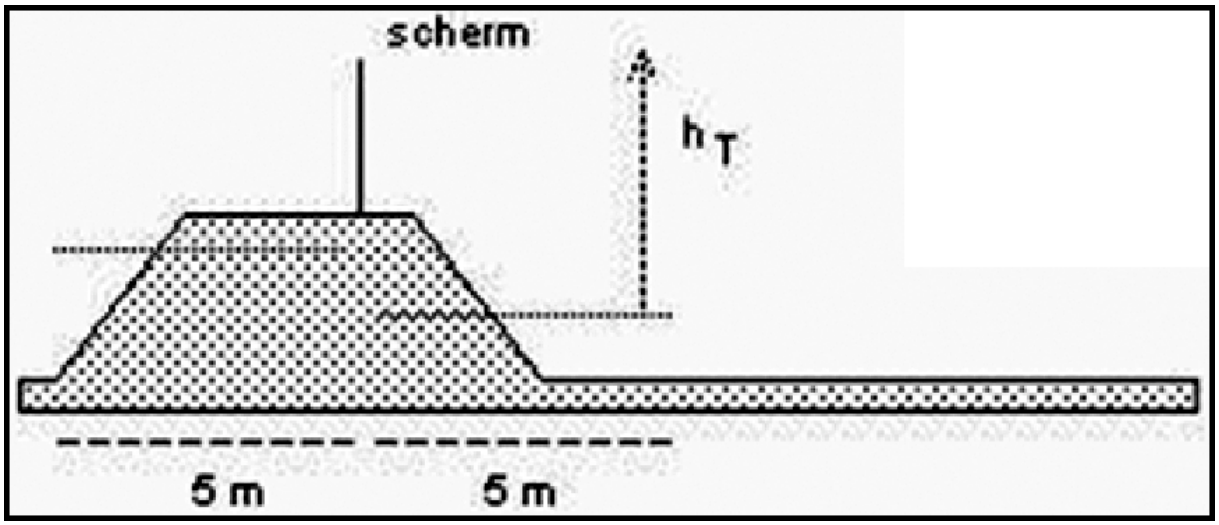
3.3.3. Hoogteverschillen in bodem

De hoogte van bronnen, objecten en waarneempunten is gedefinieerd ten opzichte van de gemiddelde hoogte van het plaatselijk maaiveld. Deze gemiddelde hoogte wordt bepaald uit de

doorsnede in het beschouwde sectorvlak als een (oppervlakte) gemiddelde over een aangegeven horizontale afstand. Zo geldt voor de bron de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied en voor een scherm de gemiddelde maaiveldhoogte binnen 5 m vanaf het equivalente scherm. In de figuren 3.1 en 3.2 is dit geïllustreerd.

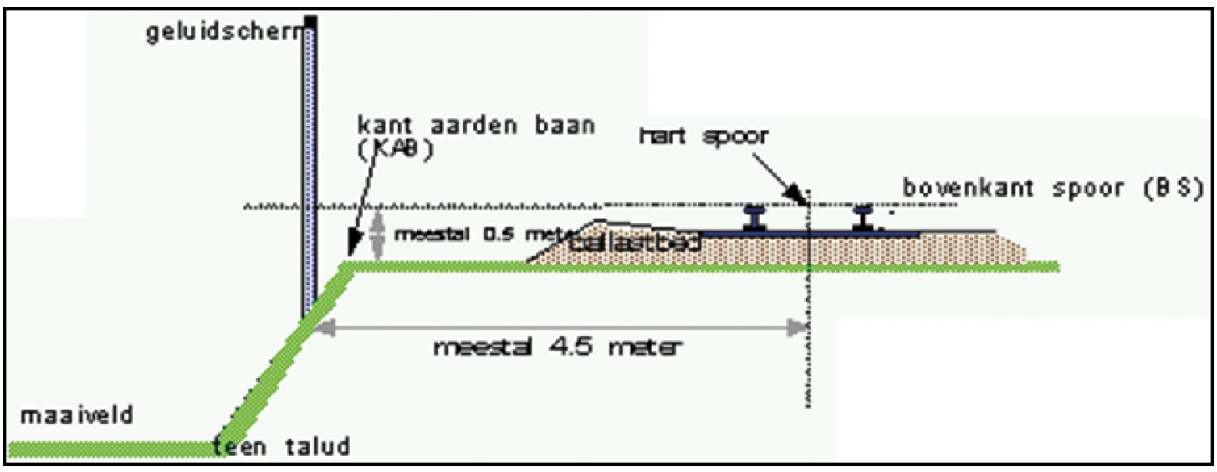


Figuur 3.1 Hoogten ten opzichte van gemiddeld plaatselijk maaiveld. Door de verhoogde baan ligt het gemiddelde maaiveld in het brongebied iets boven het maaiveld naast het talud.



Figuur 3.2 Scherm op een verhoogde baan; het gemiddelde maaiveld links is wat lager dan de bovenzijde en rechts wat hoger dan naast het talud. De situatie rechts is bepalend voor h_T.

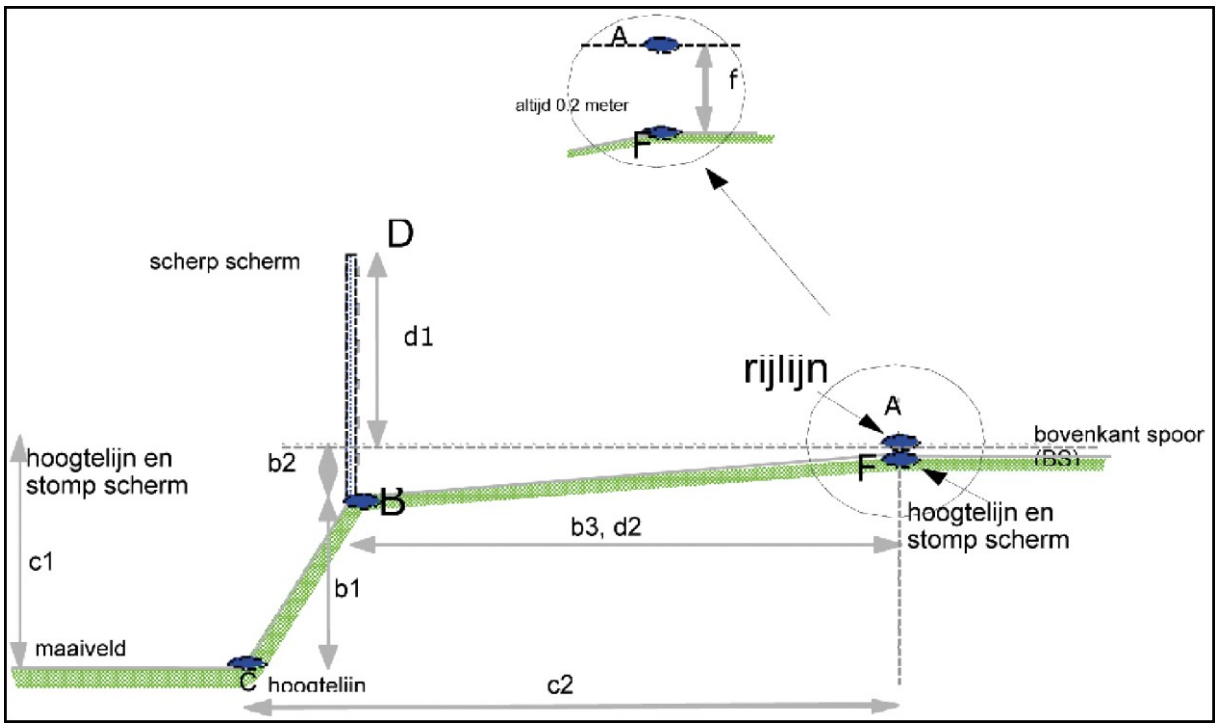
3.3.4. Standaard talud



Figuur 3.3 Dwarsdoorsnede van een standaard talud.

Figuur 3.3 geeft een dwarsdoorsnede van een deel van een spoortalud in werkelijkheid weer. In figuur 3.4 is de modellering ervan weergegeven. Bij het modelleren gelden de volgende regels:

- centraal in de modellering staat de bronlijn; voor elk spoor wordt een bronlijn midden tussen de spoorstaven in gemodelleerd (de afstand tussen de twee spoorstaven bedraagt 1,42 m);
- elke bronlijn (A) wordt op de hoogte van de werkelijke bovenkant van het spoor (BS) gemodelleerd;
- op 0,2 m recht onder elke bronlijn wordt een hoogtelijn en een daaraan gekoppeld een stomp scherm C_p=2 dB (F) gemodelleerd (het absorberende ballastbed ligt op 0,2 m onder BS);
- de kant aarden baan (KAB) wordt als hoogtelijn met daaraan gekoppeld een stomp geluidsscherm (B) op werkelijke hoogte ten opzichte van BS (b1) en van maaiveld (b2) en op 4,5 m (b3) naast de naastliggende bronlijn gemodelleerd; alleen als de werkelijke afstand tussen het hart van het spoor en de KAB meer dan 1 m verschilt van de hiervoor genoemde 4,5 m wordt voor b3 de deze werkelijke afstand gemodelleerd (meestal zal de afwijking echter minder dan 1 m bedragen en meestal zal de KAB op 0,5 m onder BS liggen);
- een eventueel aanwezig geluidsscherm op de rand van het talud wordt gemodelleerd als (scherp) scherm (*D*) op werkelijke hoogte ten opzichte van BS (*d*1) en op werkelijke afstand van het hart van het spoor (*d*2); (geluidsschermen zijn meestal op 4,5 of 4,75 m uit het hart van het spoor geplaatst);
- de teen van het talud wordt als hoogtelijn (C) op de hoogte van het werkelijke maaiveld ten opzichte van BS (*c*1) en op de werkelijke afstand van het hart van het spoor (*c*2) gemodelleerd;
- kies voor de helling van het talud een verhouding 1:1,5. De kant aarden baan is de lijn waar het vlakke deel van het talud overgaat in een helling; deze ligt per definitie op 4,5 m van de naastliggende bronlijn;
- de kant aarden baan is een stomp, absorberend scherm (C_p = 2 dB);
- bij een ballastbed is het bodemvlak voor het gehele horizontale deel van het talud absorberend (*B*=1), tenzij de daadwerkelijk harde delen van dit gebied breder zijn dan 1 m.



Figuur 3.4 Modellering van de dwarsdoorsnede van een standaard talud.

Als de werkelijke horizontale afstanden van het talud (andere taludbreedte, andere helling) meer dan 0,5 m afwijken van dit standaard talud, hanteer dan op overeenstemmende wijze de werkelijke afstanden.

3.3.5. Overwegen

Modelleer het deel van de spoorweg waarin zich een overweg bevindt met de betrokken bovenbouwconstructie en een hard bodemgebied.

3.3.6. Tunnelbakken

Modelleer de hoogte van de wanden van open tunnelbakken, de lokale maaiveldhoogte en de afstanden in overeenstemming met de werkelijkheid en de bodem van de tunnelbak 0,2 m onder de bovenkant van het spoor (BS). Modelleer de wanden als absorberende schermen met een scherpe tophoek (C_p = 0 dB). De bovenbouwcorrectie volgt uit de toegepaste bovenbouwconstructie.

Bij een open tunnelbak met geluidsabsorberende wanden (zie paragraaf 3.3.10) bevinden de bronlijnen zich op de voorgeschreven hoogten ten opzichte van BS.

Bij een open tunnelbak zonder geluidsabsorberend beklede wanden worden de bronlijnen die lager liggen dan de bovenrand van de tunnelbak op de hoogte van die rand gemodelleerd of zoveel lager als de hoogte van het dak van het spoorvoertuig. Dit betekent in de praktijk een maximale verhoging met 4,0 m.

Over het traject van de tunnel zelf worden geen bronlijnen gemodelleerd.

3.3.7. Geluidsschermen en afschermende objecten

Om als afschermend object te worden aangemerkt moet het object:

- voldoende geluidsisolatie hebben, dat wil zeggen dat de isolatie 10 dB hoger is dan de afschermende werking (een massa van 40 kg/m^2 is in ieder geval voldoende) en er bevinden zich geen grote kieren en openingen in het object;
- een zichthoek hebben die ten minste gelijk is aan de openingshoek van de beschouwde sector.

Geluidsschermen nabij het spoor zijn aan de spoorzijde bij voorkeur geluidsabsorberend uitgevoerd. In paragraaf 3.3.10 is beschreven wanneer een scherm als geluidsabsorberend kan worden aangemerkt.

Voor berekening van de effecten van geluidsschermen wordt bij de modellering met de octaafbandrekenmethode altijd uitgegaan van een 100% absorberend scherm. Reflecterende of deels reflecterende geluidsschermen nabij het spoor worden ook als geluidsabsorberende schermen gemodelleerd met een nader bepaalde effectieve hoogte. De te modelleren effectieve hoogte van het scherm boven de bovenkant van het spoor (BS) wordt als volgt bepaald:

$$h_{s,eff} = h_s \qquad (3.2)$$

of:

$$h_{s,eff} = h_s\,(1 + \alpha)/2 \qquad (3.3)$$

Hierin is:
$h_{s,eff}$: effectieve schermhoogte ten opzichte van BS t.b.v. de modellering;
h_s: werkelijke hoogte van het geluidsscherm ten opzichte van BS;
α: fractie van het scherm dat geluidsabsorberend is uitgevoerd.

Formule 3.2 is toepasbaar voor:

- geheel absorberende schermen;
- (deels) reflecterende rechte schermen die hellend naar de baan toe zijn geplaatst onder een hoek van ten minste 15° bij het spoor op ballastbed. Als het spoor niet op een ballastbed is uitgevoerd, wordt in het overdrachtsgebied tussen de bron en het scherm een zelfde hoeveelheid geluidsabsorptie bewerkstelligd als bij een spoor op een ballastbed optreedt. Voorwaarde hierbij is dat aan de overzijde van het spoor geen reflecterend scherm is geplaatst.

Formule 3.3 is toepasbaar voor:

- alle overige situaties met geheel of gedeeltelijk geluidsreflecterende schermen. Deze benadering is conservatief.

De feitelijke schermwerking is waarschijnlijk geringer dan zou worden berekend voor schermen die hoger zijn dan 4,0 m ten opzichte van BS. Voor deze schermen wordt een nader onderzoek verricht.

Een scherm wordt altijd gemodelleerd alsof het recht is en verticaal staat, ook als het in werkelijkheid bijvoorbeeld gekromd is uitgevoerd, of scheef wordt geplaatst. De bovenkant van het geluidsscherm in het model wordt gelegd op de positie van de diffractierand van het werkelijke scherm. Vervolgens wordt de bovenbeschreven methode toegepast voor het bepalen van de effectieve schermhoogte.

3.3.8. Perrons

De perronhoogte bij het hoofdspoor is 0,8 m boven bovenkant van het spoor (BS). Modelleer perrons met twee absorberende stompe schermen ter plaatse van de randen van het perron, waarbij de rand nabij het spoor zich op 2,0 m afstand uit het hart van het spoor bevindt. Voor het scherm nabij het spoor wordt de bodem onder het spoor (-0,2 m BS) als plaatselijke maaiveldhoogte gehanteerd. De toe te passen profielafhankelijke correctieterm C_p voor elk van de schermen is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van een geluidsabsorberende bekleding (zie tabellen 3.4 en 3.3.10). Perrons die aan beide zijden open zijn (dat wil zeggen: geen zijwanden aan spoorzijde en buitenzijde) worden niet als scherm gemodelleerd. Perrons die alleen aan de spoorzijde open zijn, kunnen als geluidsabsorberend worden aangemerkt.

Perrons voor treinen met een lage instap (bijvoorbeeld lage-vloertrams) worden met de werkelijke hoogte gemodelleerd.

3.3.9. Kunstwerken

Modelleer de hoogten en afstanden bij kunstwerken in overeenstemming met de werkelijkheid. Kies het type bovenbouwconstructie in overeenstemming met paragraaf 2.5.

Bij ontbreken van absorptie op het kunstwerk wordt het gehele brugdek als hard bodemgebied gemodelleerd. Bij spoor op ballast bed of een volgestort spoor met ten minste 15 cm ballast wordt het gehele brugdek als absorberend bodemgebied gemodelleerd, tenzij harde delen van het brugdek breder zijn dan 1 m. Dan worden die delen als hard bodemgebied gemodelleerd. Bij stalen bruggen wordt het brugdeel als absorberend bodemgebied gemodelleerd.

Modelleer bij plaatbruggen, TT-liggerbruggen en kokerliggerbruggen de rand van de brug als absorberend stomp scherm (zie tabel 3.4 en paragraaf 3.3.10).

Modelleer bij trogliggerbruggen en bij een M-baanconstructie de rand met twee absorberende stompe schermen ter plaatse van de beide zijden van de rand. Voor het scherm nabij het spoor wordt de bodem onder het spoor (-0,2 m BS) als plaatselijke maaiveldhoogte gehanteerd. De toe te passen profielafhankelijke correctieterm C_p voor elk van de schermen is afhankelijk van het al dan niet aanwezig zijn van geluidsabsorberende bekleding (zie tabel 3.4 en paragraaf 3.3.10).

Bij betonnen kunstwerken kunnen schermen op het kunstwerk tot een hoogte van 2,0 m boven de bovenkant van het spoor (BS) in overeenstemming met de uitvoering van die schermen worden gemodelleerd.

Bij hogere schermen kan de directe geluidsafstraling van het kunstwerk een dusdanige bijdrage gaan leveren dat berekeningen niet zonder meer mogelijk zijn en een nader akoestisch onderzoek nodig is.

Bij stalen bruggen met schermen kan het effect van de schermen niet worden berekend, maar wordt de brugtoeslag bepaald voor de brug met scherm.

3.3.10. Geluidsabsorberende uitvoering

Bekleding of uitvoering van objecten als schermen, perrons en tunnelwanden is als geluidsabsorberend te beschouwen als de spoorspecifieke absorptie groter is dan of gelijk is aan 5 dB. Zie voor de bepaling van deze absorptie paragraaf 3.7.

3.3.11. Reflecties

Als zich binnen een sector objecten met een verticaal, hard oppervlak bevinden, die voldoen aan de hieronder gestelde voorwaarden, dan wordt het L_{Aeq} ook bepaald door het geluid dat via reflecties het waarneempunt bereikt. De bijdrage van deze reflecties aan het L_{Aeq} wordt in rekening gebracht door het sectordeel dat zich, gezien vanuit het waarneempunt, achter dat reflecterend oppervlak bevindt, te vervangen door zijn spiegelbeeld ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Als het reflecterend oppervlak niet verticaal is, dan wordt:

- voor de bodemdemping (paragraaf 2.8) de spiegeling in het horizontale vlak uitgevoerd; de hoogtes van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus gelijk; en
- voor het bepalen van de schermwerking van objecten voor een overdrachtspad met een reflectie (paragraaf 2.10), wordt de spiegeling in drie dimensies uitgevoerd; de hoogten van bronpunt en spiegelbronpunt zijn dus niet noodzakelijkerwijs gelijk. De hoogte van de spiegelbron wordt bepaald door een volledige 3D-analyse van de reflectie.

Om als reflecterend oppervlak te worden aangemerkt:

- doorsnijdt het vlak, of een aaneengesloten samenstel van vlakken, de gehele sectorhoek;
- heeft het vlak een absorptiecoëfficiënt < 0,8; en
- staat het vlak op zodanige afstand van het spoor dat afscherming en reflectie van de passerende spoorvoertuigen kunnen worden verwaarloosd.

Als het reflecterend oppervlak uit een samenstel van vlakken bestaat wordt het vlak dat wordt doorsneden gebruikt voor de spiegeling van het bronpunt. Als het sectorvlak een object of samenstel van objecten precies op de grens tussen twee vlakken/objecten doorsnijdt, wordt het bronpunt gespiegeld in het vlak dat het meest haaks staat op het sectorvlak.

Nader onderzoek naar de invloed van reflecties op het L_{Aeq} is vereist als:

- het reflecterend oppervlak oneffenheden bevat waarvan de afmetingen van dezelfde orde van grootte zijn als de afstand van het vlak tot het waarneempunt of de afstand van het vlak tot het bronpunt.

Bij de berekeningen wordt standaard uitgegaan van één reflectie. Bij berekeningen met meervoudige reflecties wordt de spiegeling herhaald toegepast.

3.4. De geometrische uitbreidingsterm ΔL_{GU}

Voor de berekening van de geometrische uitbreidingsterm zijn de volgende gegevens nodig:
r: de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindingslijn (m);
Θ : de hoek die het sectorvlak maakt met het bronlijnsegment (in graden);

Φ: de openingshoek van de sector (in graden).
Voor bronnen met een afmeting groter dan een sectorhoek worden de hoeken Θ en Φ bepaald op basis van het vlak gevormd door het waarneempunt en de snijpunten van de sectorgrensvlakken met de bron. Als het eindpunt van een bron binnen een sector valt, wordt het eindpunt van de bron genomen als snijpunt om de hoek Φ te bepalen. Als een bronlijnsegment doorloopt tot de volgende sectorhoek, maar daar niet dat volgende sectorvlak doorsnijdt, wordt het eindpunt van dat segment genomen om de hoeken Φ te bepalen. Bronnen (met een afmeting groter dan een sectorhoek) hebben geen bijdrage in een sectorhoek als er geen snijpunt is tussen sectorvlak en bron.

Voor bronnen met een afmeting kleiner dan een sectorhoek wordt de bijdrage van die bron berekend door uit te gaan van het midden van die bron voor de bepaling van het sectorvlak. Het begin- en eindpunt van de bron wordt gebruikt voor de bepaling van de hoek Φ.

De berekening van ΔL_{GU} verloopt als volgt:
voor een dipooluitbreiding:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left(\frac{\Phi}{r \sin \Theta} \cdot \sin \Theta^2 \right) \quad (3.4a)$$

voor een monopooluitbreiding:

$$\Delta L_{GU} = 10 \lg \left(\frac{\Phi}{r \sin \Theta} \right) \quad (3.4b)$$

De dipooluitbreiding wordt gebruikt voor de uitbreiding van het rolgeluid, terwijl in specifieke gevallen, zoals bij de uitbreiding van het kunstwerkaandeel van een brug, de monopooluitbreiding wordt gebruikt. Zie paragraaf 4.2.

Als de hoek Θ een waarde aanneemt die gelijk is aan 0, is nader onderzoek vereist ter bepaling van ΔL_{GU}.

3.5. De overdrachtsverzwakking ΔL_{OD}

De overdrachtsverzwakking ΔL_{OD} is samengesteld uit de volgende termen:

$$\Delta L_{OD} = D_L + D_B + C_M \quad (3.5)$$

waarin D_L de verzwakking door absorptie in de lucht voorstelt, D_B de verzwakking ten gevolge van de bodeminvloed en C_M de meteocorrectieterm van de te beschouwen periode ($C_M=C_d$ voor de dagperiode, $C_M=C_{en}$ voor de avond- en nachtperiode):

3.5.1. De luchtdemping D_L

Voor de berekening van D_L is het volgende gegeven nodig:
r: de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindingslijn (m).
De berekening verloopt als volgt:

$$D_L = r\delta_{lucht} \quad (3.6)$$

waarbij δ_{lucht} de luchtdempingscoëfficiënt is. De waarde van δ_{lucht} wordt gegeven in tabel 3.1.

Tabel 3.1 De luchtdempingscoëfficiënt δ_{lucht} als functie van de octaafbandindex (i)

Octaafbandindex	Octaafband middenfrequentie (Hz)	δ_{lucht} (dB/m)
1	63	0

2	125	0
3	250	0,001
4	500	0,002
5	1.000	0,004
6	2.000	0,010
7	4.000	0,023
8	8.000	0,058

3.5.2. De bodemdemping D_B

Bij de bepaling van de bodemdemping D_B wordt de horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt (symbool r_0) verdeeld in drie afzonderlijke delen: een brongebied, een waarneemgebied en een middengebied.

Het brongebied heeft een lengte van 15 m, de lengte van het waarneemgebied bedraagt 70 m. Het resterende gedeelte van de afstand r_0 tussen bron- en waarneempunt is het middengebied.

Als de afstand r_0 kleiner is dan 85 m, is de lengte van het middengebied nihil.

Als de afstand r_0 kleiner is dan 70 m, is de lengte van het waarneemgebied gelijk aan de afstand r_0.

Als de afstand r_0 kleiner is dan 15 m, is de lengte van het brongebied en de lengte van het waarneemgebied elk gelijk aan de afstand r_0.

Voor elk van de drie gebieden wordt de (bodem)absorptiefractie vastgesteld.

De absorptiefractie is het quotiënt van de lengte van het betreffende gebied dat niet akoestisch hard is en de totale lengte van het betreffende gebied. Als de lengte van het middengebied nihil is, wordt de absorptiefractie op één gesteld.

Voor de berekening van de bodemdemping zijn de volgende gegevens nodig:
r_0: de horizontaal gemeten afstand tussen bron en waarneempunt [m];
h_b: de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m];
h_w: de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m];
B_b: de absorptiefractie van het brongebied;
B_m: de absorptiefractie van het middengebied;
B_w: de absorptiefractie van het waarneemgebied;
S_w: effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied;
S_b: effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied.

Als h_b kleiner is dan nul, wordt voor h_b de waarde nul aangehouden; hetzelfde geldt voor h_w. Als in de betrokken sector geen afscherming in rekening wordt gebracht, geldt dat S_w en S_b beide de waarde één aannemen. In geval van afscherming worden S_w en S_b berekend volgens de formules 3.11a en 3.11b in paragraaf 3.6.

De berekening verloopt volgens de formules 3.7a tot en met 3.7h als gegeven in tabel 3.2.

Tabel 3.2 De formules 3.7a tot en met 3.7h voor de bepaling van bodemdemping D_b als functie van de octaafbandindex (i)[1)]

Octaafbandindex	Octaafband middenfrequentie [Hz]	Bodemdemping D_B [dB]
1	63	$-3\gamma_0(h_b+h_w,r_0)-6$
2	125	$[S_b\gamma_2(h_b,r_0)+1]B_b-3(1-B_m)\,\gamma_0(h_b+h_w,r_0)+[S_w\gamma_2(h_w,r_0)+1]B_w-2$
3	250	$[S_b\gamma_3(h_b,r_0)+1]B_b-3(1-B_m)\,\gamma_0(h_b+h_w,ro)+[S_w\gamma_3(h_w,r_0)+1]B_w-2$
4	500	$[S_b\gamma_4(h_b,r_0)+1]B_b-3(1-B_m)\,\gamma_0(h_b+h_w,r_0)+[S_w\gamma_4(h_w,r_0)+1]B_w-2$
5	1.000	$[S_b\gamma_5(h_b,r_0)+1]B_b-3(1-B_m)\,\gamma_0(h_b+h_w,r_0)+[S_w\gamma_5(h_w,r_0)+1]B_w-2$
6	2.000	$B_b-3(1-B_m)\gamma_0(h_b+h_w,r_0)+B_w-2$
7	4.000	$B_b-3(1-B_m)\gamma_0(h_b+h_w,r_0)+B_w-2$
8	8.000	$B_b-3(1-B_m)\gamma_0(h_b+h_w,r_0)+B_w-2$

1) De cursief gedrukte symbolen vormen de waarden die voor de variabelen x en y moeten worden vervangen in de functie (x,y).

De functies γ zijn als volgt gedefinieerd:

$$\gamma_0(x,y)=1-30\frac{x}{y} \quad \text{voor } y \geq 30x \qquad (3.8a)$$

$\gamma_0(x,y)=0$ voor $y < 30x$

$$\gamma_2(x,y)=3{,}0\left[1-e^{-y/50}\right]e^{-0{,}12(x-5)^2}+5{,}7\left[1-e^{-2{,}8\cdot10^{-6}y^2}\right]e^{-0{,}09x^2} \qquad (3.8b)$$

$$\gamma_3(x,y)=8{,}6\left[1-e^{-y/50}\right]e^{-0{,}09x^2} \qquad (3.8c)$$

$$\gamma_4(x,y)=14{,}0\left[1-e^{-y/50}\right]e^{-0{,}46x^2} \qquad (3.8d)$$

$$\gamma_5(x,y)=5{,}0\left[1-e^{-y/50}\right]e^{-0{,}90x^2} \qquad (3.8e)$$

Voor de variabelen *x* en *y* worden de waarden van de grootheden vervangen die tussen haakjes achter de gelijkluidende functies uit de formules 3.7a tot en met 3.7h zijn geplaatst (in cursief).

3.5.3. De meteocorrectieterm C_M

Voor de berekening van de meteocorrectieterm C_M zijn de volgende gegevens nodig:
r_0: de horizontaal gemeten afstand tussen (spiegel)bron en (spiegel)waarneempunt [m];
ζ: de hoek van de voortplantingsrichting (0° is van noord naar zuid, 90° is oost naar west, etcetera)
h_b: de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied [m]; en
h_w: de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m].

Als h_b en/of h_w kleiner is dan nul, wordt voor h_b respectievelijk h_w de waarde nul aangehouden.

Op basis van bovenstaande gegevens wordt de meteocorrectie bepaald voor de dagperiode (C_d) of voor de avond- en nachtperiode (C_{en}) volgens de formules:

$$C_d=max\left\{(-10\cdot lg(0{,}34-0{,}1\cdot\sin(\zeta+35)+0{,}045\cdot\sin^2(\zeta+35))-0{,}67)\cdot\left(1-10\cdot\frac{h_b+h_w}{r}\right);0\right\} \qquad (3.9a)$$

$$C_{en}=max\left\{(-10\cdot lg(0{,}40-0{,}1\cdot\sin(\zeta+60)+0{,}035\cdot\sin^2(\zeta+60))-0{,}67)\cdot\left(1-10\cdot\frac{h_b+h_w}{r}\right);0\right\} \qquad (3.9b)$$

3.6. De schermwerking ΔL_{SW} met de termen S_w en S_b uit de bodemdempingsformules 3.7a tot en met 3.7h

Als zich binnen een sector objecten bevinden waarvan de zichthoek ten minste samenvalt met de openingshoek van de betrokken sector en waarvan daarnaast in redelijkheid is te verwachten dat die de geluidsoverdracht zullen belemmeren, wordt de schermwerking ΔL_{SW} samen met een verminderde bodemdemping (vervat in de termen S_w en S_b uit formule 3.7) in rekening gebracht.

De berekeningsformule van de afscherming van een willekeurig gevormd object bevat drie termen.

De eerste term beschrijft de afscherming van een equivalent ideaal scherm (een dun, verticaal vlak). De hoogte van het equivalente scherm is gelijk aan de grootste hoogte van het obstakel. De bovenrand van het equivalente scherm valt samen met de bovenrand van het object. Als op grond hiervan meerdere locaties van het equivalente scherm mogelijk zijn, wordt hieruit die locatie gekozen die maximale schermwerking tot gevolg heeft.

De tweede term is alleen van belang als het scherm een diffractor heeft als schermtop. De afscherming van een object is dan de afscherming plus de extra afscherming door de diffractor.

De derde term is alleen van belang als het profiel, dat wil zeggen de doorsnede in het sectorvlak, van het afschermende object afwijkt van dat van het ideale scherm. De afscherming van het object is gelijk aan de afscherming van het equivalente scherm verminderd met een profielafhankelijke correctieterm C_p.

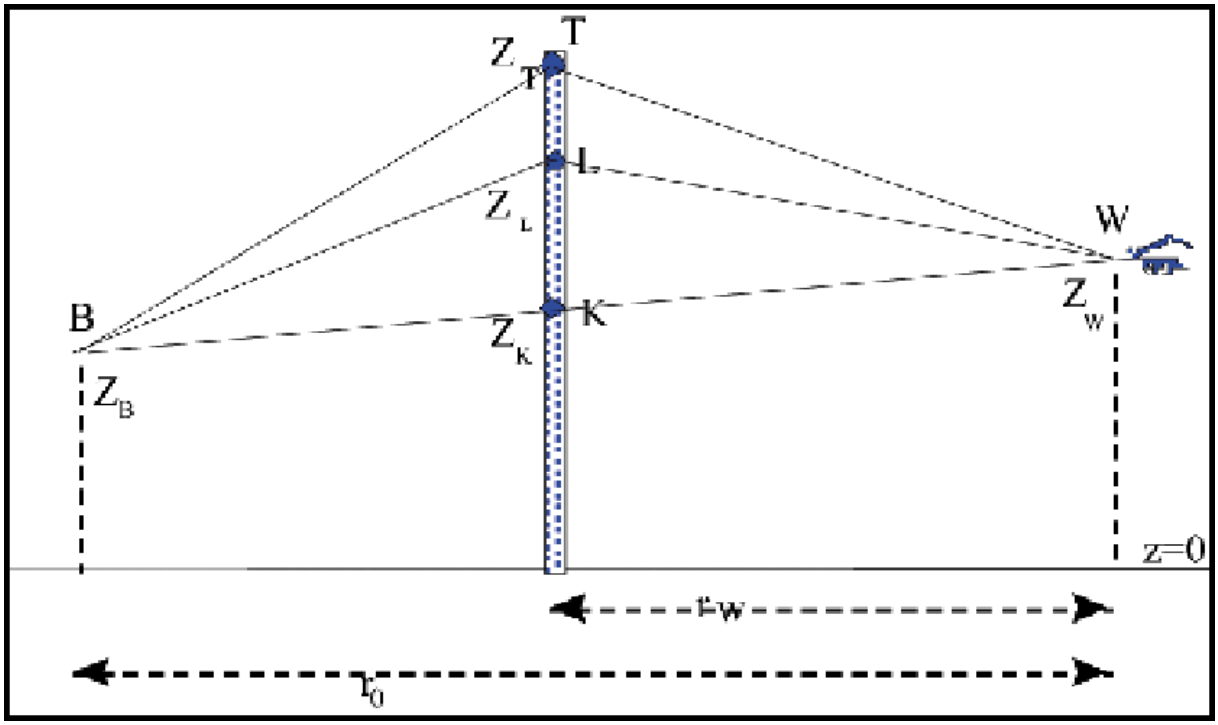
Als er meerdere afschermende objecten in een sector aanwezig zijn, wordt alleen het object in rekening gebracht dat, bij afwezigheid van de andere objecten, de grootste afscherming zou geven.

Voor de berekening van de afschermende effecten zijn de volgende gegevens nodig:
z_b: de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil (= horizontaal vlak, waarin z = 0) [m];
z_w: de hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil [m];
z_T: de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil [m];
h_b: de hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte van het brongebied [m];
h_w: de hoogte van het waarneempunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied [m];
h_T: de hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van de gemiddelde maaiveldhoogte binnen een strook van 5 m vanaf het scherm. Als de maaiveldhoogte aan beide zijden van de afscherming verschillend is: de grootste waarde van h_T [m];
r: de afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindingslijn [m];
r_w: de horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm [m];
r_o: de horizontaal gemeten afstand tussen waarneem- en bronpunt [m];

- –: het profiel van het afschermend object.

Berekend wordt:

- de verminderde bodemdemping zoals verdisconteerd in de factoren S_w en S_b uit formules 3.7a tot en met 3.7h van paragraaf 3.5.2;
- de schermwerking ΔL_{SW}.



Figuur 3.5 Een sectorvlak met een ideaal scherm, waarop de punten K, T en L zijn aangegeven.

Voor de berekening wordt op het scherm een drietal punten gedefinieerd (zie figuur 3.5):
K: het snijpunt van het scherm met de zichtlijn (= rechte tussen bron- en waarneempunt);
L: het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidsstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt;
T: de top van het scherm.

De gebroken lijn BLW is een schematisering van de gekromde geluidsstraal onder meewindcondities.

Deze drie punten bevinden zich op de respectievelijke hoogten z_K, z_L en z_T boven het referentiepeil.

Voor de afstand tussen de punten K en L geldt:

$$z_L - z_K = \frac{r_w(r_0 - r_w)}{26 r_0} \qquad (3.10)$$

Verder geldt:
r_L is de som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW;
r_T is de som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW.

De factoren S_w en S_b uit formules 3.7a tot en met 3.7f worden als volgt berekend:

$$S_w = 1 - \frac{r_0 - r_w}{r_0}\frac{3h_e}{3h_e + h_W + 1} \qquad \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_w = 1 \qquad (3.11a)$$

$$S_b = 1 - \frac{r_w}{r_0}\frac{3h_e}{3h_e + h_b + 1} \qquad \text{als } h_e < 0 \text{ dan } S_b = 1 \qquad (3.11b)$$

waarin h_e de effectieve schermhoogte is, gedefinieerd als:

$$h_e = z_T - z_L \qquad (3.12)$$

De schermwerking ΔL_{SW} wordt als volgt berekend:

$$\Delta L_{SW} = HF(N_f) + C_{S,diff} - C_p \qquad (3.13)$$

waarin H de effectiviteit van het scherm is en $F(N_f)$ een functie met argument N_f (het fresnelgetal). De term $C_{S,diff}$ is de correctieterm voor een scherm met een diffractor als schermtop en C_p is de profielafhankelijke correctieterm. Als de schermwerking ΔL_{SW} op grond van formule 3.13 negatief wordt, wordt de waarde $\Delta L_{SW} = 0$ aangehouden.

De waarde van de correctieterm voor een diffractor op scherm $C_{S,diff}$ volgt uit de methode beschreven in hoofdstuk 5.

H wordt als volgt bepaald:

$$H = 0{,}25 h_T \, 2^{i\,-1} \qquad (3.14)$$

i is hierin de octaafbandindex. De maximale waarde van H is 1.

De definitie van de functie F is gegeven in de formules 3.15a tot en met 3.15f uit tabel 3.3. De waarden van C_p volgen uit tabel 3.4.

Tabel 3.3 De definitie van de functie F met als variabele N_f voor vijf intervallen van N_f (formules 3.15a tot en met 3.15f)

Geldig in het interval van N_f		**Definitie $F(N_f)$**
van	tot	
$-\infty$	-0,314	0
-0,314	-0,0016	$-3{,}682 - 9{,}288 \lg \lvert N_f\rvert - 4{,}482 \lg^2 \lvert N_f\rvert - 1{,}170 \lg^3 \lvert N_f\rvert - 0{,}128 \lg^4 \lvert N_f\rvert$
-0,0016	+0,0016	5
+0,0016	+1,0	$12{,}909 + 7{,}495 \lg N_f + 2{,}612 \lg^2 N_f + 0{,}073 \lg^3 N_f - 0{,}184 \lg^4 N_f - 0{,}032 \lg^5 N_f$
+1,0	+16,1845	$12{,}909 + 10 \lg N_f$
+16,1845	$+\infty$	25

Tabel 3.4 De profielafhankelijke correctieterm C_p. T is de tophoek van de dwarsdoorsnede van het object

C_p	**Object (T = tophoek in graden)**
0 dB	– dunne wanden waarvan de hoek met de verticaal ≤ 20° – grondlichaam met 0°≤ T ≤ 70° – alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte minder is dan tweemaal de hoogte van die wand of als de wand hoger is dan 3,5 m – alle gebouwen – bij toepassing van een diffractor op een scherm, waarvan het effect met de correctieterm $C_{S,diff}$ in rekening wordt gebracht

2 dB	– rand van aarden baan in ophoging – grondlichaam met 70° ≤ T ≤ 165° – alle grondlichamen met daarop een dunne wand, als de totale constructiehoogte meer bedraagt dan tweemaal de hoogte van die wand en de wand niet hoger is dan 3,5m – geluidsabsorberende[1]rand aan spoorzijde van perron – rand aan niet-spoorzijde van perron – rand van baan op een viaduct of brug, anders dan trogliggerbrug of M-baan – geluidsabsorberende[1] rand aan spoorzijde van trogliggerbrug – rand aan niet-spoorzijde van trogliggerbrug – geluidsabsorberende[1] rand aan spoorzijde van M-baan – rand aan niet-spoorwegzijde van M-baan
5 dB	– rand (niet geluidsabsorberend[1]) aan spoorzijde van perron – rand (niet geluidsabsorberend[1]) aan spoorzijde van trogliggerbrug – rand (niet geluidsabsorberend[1]) aan spoorzijde van M-baan

[1] Zie paragraaf 3.3.10.

N_f wordt als volgt bepaald:

$$N_f = 0{,}37\varepsilon 2^{(i-1)} \qquad (3.16)$$

met ε de 'akoestische omweg', die wordt gedefinieerd als:

$$\varepsilon = r_T - r_L \quad \text{voor } z_T \geq z_K \qquad (3.17a)$$

$$\varepsilon = 2r - r_T - r_L \quad \text{voor } z_T < z_K \qquad (3.17b)$$

In de gevallen waarin het profiel van het afschermend object niet overeenkomt met een van de in tabel 3.4 genoemde profielen, wordt een nader onderzoek naar de schermwerking van dat object verricht.

Als de spoorspecifieke geluidisolatie van de afscherming minder dan 10 dB groter is dan de berekende schermwerking ΔL_{SW} is nader onderzoek vereist naar de totale geluidsreducerende werking van de afscherming.

3.7. Bepaling spoorspecifieke absorptie

De absorptiecoëfficiënten worden bepaald overeenkomstig NEN-EN-ISO 354. De bepaalde absorptiecoëfficiënten in tertsbanden worden **gewogen** gemiddeld, waarbij een gemiddeld A-gewogen tertsbandspectrum van de spoorverkeersspectra als weging wordt gebruikt, zie tabel 3.5.

Tabel 3.5 A-gewogen en op 0 dB genormeerd spectrum voor spoorverkeergeluid voor de berekening van een ééngetalswaarde in dB voor de spoorspecifieke absorptie en spoorspecifieke geluidisolatie van geluidsschermen.

	Spoorverkeer	
Terts	**Spectrum (dB)**	**Spectrum (dB)**
100	-16,2	-24,0
125		-21,0
160		-19,2
200	-10,0	-17,0
250		-15,0
315		-13,2
400	-6,1	-11,7
500		-10,8

630		-10,4
800	-4,9	-10,0
1.000		-9,7
1.250		-9,4
1.600	-5,0	-9,4
2.000		-9,4
2.500		-10,6
3.150	-15,0	-17,1
4.000		-21,0
5.000		-24,0

De spoorspecifieke absorptie $DL_{\alpha,rail}$ wordt bepaald volgens:

$$DL_{\alpha,rail} = -10\lg\left|1 - \frac{\sum_{i=1}^{18} \alpha_{si} 10^{0,1L_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}}\right| \qquad (3.18a)$$

waarbij de ratio van de sommen niet meer dan 0,99 is.
$DL_{\alpha,rail}$ wordt afgerond op gehele dB's en heeft een maximale waarde van 20 dB. Het eisen van een spoorspecifieke absorptie met een waarde hoger dan 10 dB zal in het algemeen niet zinvol zijn.

3.8. Bepaling spoorspecifieke geluidisolatie

De geluidisolatie wordt bepaald in overeenstemming met NEN-EN ISO 140-3. De bepaalde geluidisolatie R in tertsbanden worden gewogen gemiddeld, waarbij een gemiddeld A-gewogen tertsbandspectrum van spoorverkeersgeluid als weging wordt gebruikt. Zie tabel 3.5. Bij de meting wordt het gehele scherm met steunconstructies betrokken.

De spoorspecifieke geluidisolatie $DL_{R,rail}$ wordt bepaald volgens:

$$DL_{R,rail} = -10\lg\left|\frac{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i} 10^{-0,1R_i}}{\sum_{i=1}^{18} 10^{0,1L_i}}\right| \qquad (3.18b)$$

$DL_{R,rail}$ wordt afgerond op gehele dB’s.

Bij schermen met een hoogte van 2 m boven BS bedraagt de spoorverkeerspecifieke geluidisolatie ten minste 25 dB, bij 4 m hoge schermen is dat 30 dB.

3.9. De niveaureductie ten gevolge van reflecties ΔL_R

De niveaureductie die optreedt bij reflecties wordt berekend volgens de formule:
$\Delta L_R = \Delta L_{R,abs} + \Delta L_F$.

Hierin is:

- $\Delta L_{R,abs}$ de niveaureductie als gevolg van absorptie bij de reflecties;
- ΔL_F de niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken.

Berekening van $\Delta L_{R,abs}$

Voor de berekening van de niveaureductie door de absorptie die optreedt bij reflecties zijn de volgende gegevens nodig:

N_{ref}: het aantal reflecties (zie ook paragraaf 6.3) tussen bron en waarneempunt [-]

- -: type reflecterend object.

De berekening verloopt als volgt:

$$\Delta L_{R,abs} = N_{ref}\delta_{ref} \quad (3.19)$$

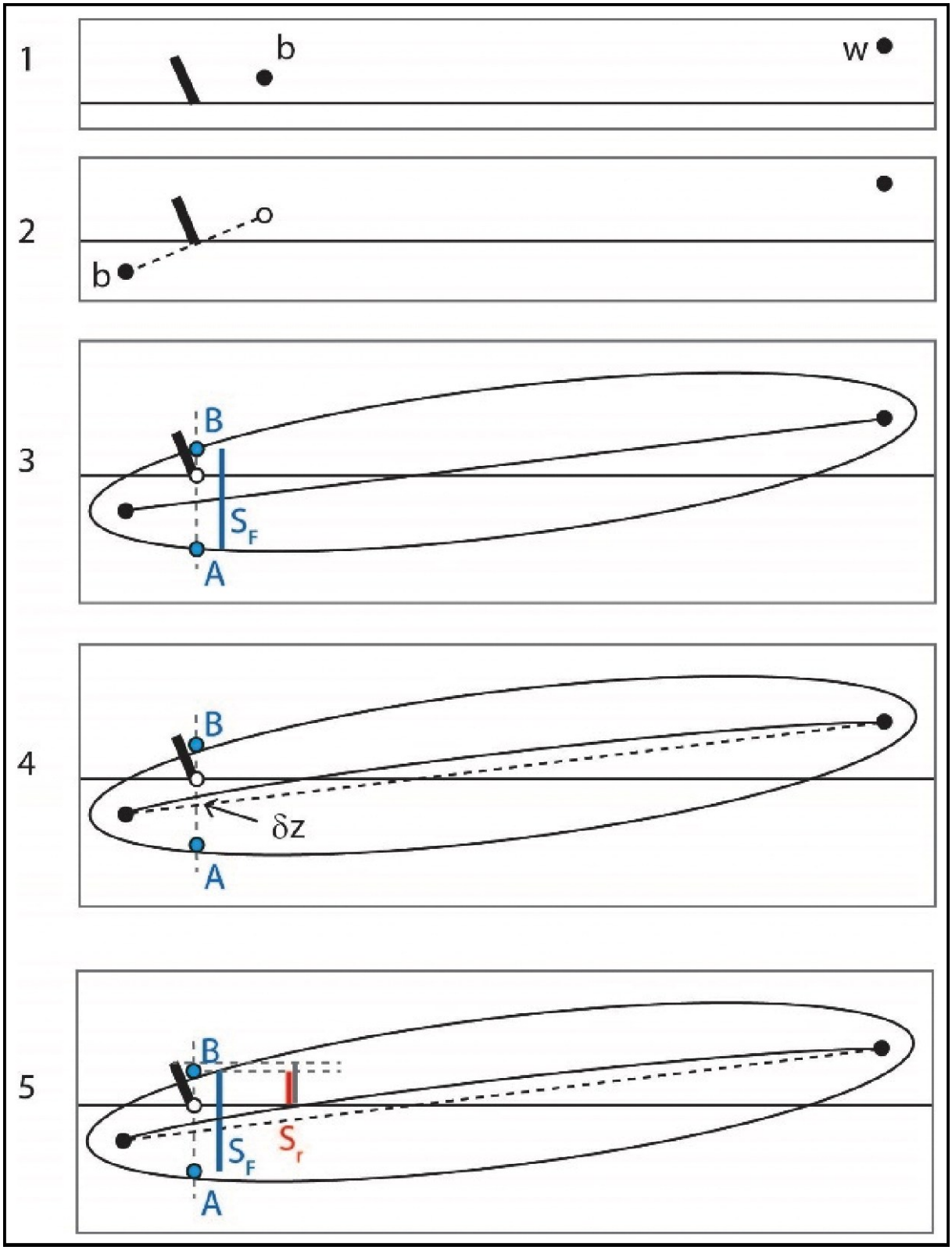
waarin δ_{ref} de niveaureductie door één reflectie is. Voor gebouwen geldt voor alle octaafbanden δ_{ref} = -10 lg 0,8. Voor alle andere objecten is δ_{ref} = 1 voor alle octaafbanden, tenzij het object aantoonbaar geluidsabsorberend is uitgevoerd. In dat geval geldt per octaafband δ_{ref} = -10 lg (1 – α), waarin α de geluidsabsorptiecoëfficiënt van het object is in de betrokken octaafband. N_{ref} kan ten hoogste de waarde 1 aannemen.

Berekening van ΔL_F
De berekening van ΔL_F wordt beschreven voor een enkele reflectie. Bij meer dan een reflectie moeten de niveaureducties voor de afzonderlijke reflecties bij elkaar worden opgeteld, waarbij steeds wordt uitgegaan van het geluidpad van de spiegelbron uit de voorgaande reflectie naar de waarnemer.

De niveaureductie ΔL_F wordt berekend met de volgende formule:
$\Delta L_F = -20 \lg (S_r / S_F)$.

Hierin is:
- S_F een maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoide ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak;
- S_r een maat voor het gedeelte van S_F dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak.

De berekening van S_F en S_r bestaat uit vijf stappen, die zijn geïllustreerd in figuur 3.6.



Figuur 3.6. Illustratie van vijf stappen (1-5) voor de berekening van SF en Sr, voor reflectie aan een hellend oppervlak.

Stap 1. De posities van de bron (b), waarnemer (w) en het reflecterende oppervlak (in het verticale sectorvlak) vormen het uitgangspunt van de berekening.

Stap 2. De bron wordt vervangen door de spiegelbron (b), door geometrische spiegeling in het reflecterende vlak.

Stap 3. Punten A en B op de Fresnelellipsoide worden bepaald, op een loodrechte lijn ter plaatse van de voet van het scherm. Voor punten p op de Fresnelellipsoide geldt |bp|+|pw|-|bw|=λ/8, waarin λ=340/f_i de golflengte is bij de middenfrequentie f_i van een octaafband. De waarde van S_F is gelijk aan |AB|.

Stap 4. Punten A en B worden omhoog verschoven over afstand $\delta z = r_b r_w/[26(r_b+r_w)]$ door de invloed van straalkromming. Hierin zijn r_b en r_w de horizontale afstanden tussen b respectievelijk w en de voet van het scherm.

Stap 5. De afmeting S_r wordt berekend als de hoogte van het gedeelte van het verticale lijnstuk tussen A en B dat ligt tussen top en voet van het reflecterende oppervlak.

De waarden van S_F en S_r worden aldus berekend voor alle acht octaafbanden, van 63 Hz (i=1) tot en met 8 kHz (i=8). Op het resulterende spectrum $\Delta L_F(f_i)$ wordt een correctie toegepast. Beginnend bij 63 Hz (i=1) wordt bij toenemende frequentie een bovengrens van 3 dB per octaafband opgelegd op het verschil $\Delta L_F(f_{i+1}) - \Delta L_F(f_i)$. Dus voor successievelijk i = 1, …, 8 wordt $\Delta L_F(f_{i+1})$ vervangen door de kleinste van de volgende waarden:

- $\Delta L_F(f_{i+1})$;
- $\Delta_{LF}(f_i) + 3$.

Als geldt $\Delta LF(f_1) = \infty$, dan worden alle waarden $\Delta L_F(f_i)$ gelijkgesteld aan ∞. De reflectie kan dan worden verwaarloosd.

3.10. Het octaafbandspectrum van het equivalente geluidniveau

Het A gewogen equivalente geluidsniveau in octaafbandindex i, symbool $L_{eq,i}$, wordt gegeven door:

$$L_{eq,i} = 10 \lg \sum_{j=1}^{J} \sum_{n=1}^{N} 10^{\frac{\Delta L_{eq,i,j,n}}{10}} \qquad (3.20)$$

---

waarin de betekenis van de grootheden en de uitwerking ervan analoog zijn aan die van formule 3.1a.

4. Meetmethoden

4.1. Standaardmeetmethode

Voor het bepalen van de geluidbelasting met behulp van metingen wordt de aanpak voor L_{den}-metingen gevolgd van de norm NEN-ISO 1996-2:2017, hierna te noemen ‘de norm’. Voor de metingen kunnen drie soorten situaties worden onderscheiden:

1. Een situatie die *binnen* het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. Dat wil zeggen dat de situatie berekend kan worden met de formules uit de standaardrekenmethode. In dat geval kan een gemeten L_{den} worden gebruikt om de geluidbelasting te valideren die met de standaardrekenmethode voor de betrokken locatie wordt vastgesteld. Een gemeten L_{den} kan daarmee inzicht bieden in de kwaliteit en betrouwbaarheid van de rekenmethode, mits de metingen ook zelf van voldoende kwaliteit zijn en mits de totale meetonzekerheid correct is bepaald en op navolgbare wijze gerapporteerd. Een gemeten L_{den} kan in deze situatie geen zelfstandige juridische status hebben als ‘geluidbelasting’ die wordt getoetst aan geluidnormen.
2. Een situatie die *gedeeltelijk binnen en gedeeltelijk buiten* het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dat geval kan het nuttig zijn om metingen uit te voeren ter verbetering van de rekenmethode of om de meetresultaten te gebruiken om

rekenresultaten mee te corrigeren. De gehanteerde methode moet worden onderbouwd en moet geschikt zijn voor de specifieke situatie.

3. Een situatie die volledig buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt. In dat geval kan het noodzakelijk zijn om de geluidbelasting vast te stellen op basis van metingen.

Naast metingen kunnen, met inachtneming van de onder 1, 2 en 3 genoemde criteria, ook alternatieve reken- of meetmethoden worden gebruikt, als een situatie geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode valt.

Onder zekere voorwaarden kan van de voorgeschreven werkwijze uit de norm worden afgeweken en kan een eenvoudige methode worden gebruikt. Deze eenvoudige methode is alleen toegestaan voor metingen als bedoeld bij punt 1.

Voor situaties (gedeeltelijk) buiten het toepassingsgebied (punt 2 en 3) is een vereenvoudiging niet aan de orde, omdat dit bijzondere situaties zijn waarvoor per geval naar de meest geschikte mogelijkheden wordt gekeken om een representatieve geluidbelasting te bepalen. Daarbij worden de uitgangspunten van paragraaf 4.1.3 gehanteerd.

4.1.1. Voorwaarden eenvoudige meetmethode

Voor de meetafstand en meethoogte wordt uitgegaan van een afstand die de invloed van de meteo-condities en bodemreflecties op de meetonzekerheid zo klein mogelijk maakt. De locatie moet zo worden gekozen dat er geen beïnvloeding is van andere of kruisende (spoor)wegen of gevelreflecties. Om volgens de eenvoudige meetmethode een L_{den} te bepalen, moet aan de volgende voorwaarden worden voldaan:

A. Voor de meetafstand D tot de spoorweg geldt: $D \leq 20\ (h_s + h_r)$, waarbij h_s de bronhoogte is (*source*) en h_r de meethoogte (*receiver*). De bronhoogte is de hoogte van het spoor boven maaiveld, vermeerderd met 0,25 m. Voor de meethoogte geldt: $h_r \geq 4$ m.

B. Het gaat om één afzonderlijke spoorweg, met een of meer sporen.

C. Er zijn geen reflecterende objecten binnen een afstand $2D$ tot de microfoon.

D. De meetgegevens (verstoorde uren niet meegeteld) hebben betrekking op:

- ten minste 720 daguren, 240 avonduren en 480 nachturen;
- vallend binnen één dienstregelingsjaar;
- met een gelijke verdeling over de weekdagen (elke weekdag heeft tussen 12% en 17% van het totaal aantal uren);
- waarbij de optreedfrequentie voor de vier meteoklassen ten minste de helft bedraagt van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie (zie tabel 4.3);
- waarbij de temperatuur T gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 5 en 15°C ligt; en
- de relatieve luchtvochtigheid RH gemiddeld over de gehele meetperiode tussen 70 en 90% ligt.

E. Voor de meetapparatuur geldt: IEC-klasse 2 is toegelaten, mits het bronspectrum naar verwachting breedbandig is (geen tonaal geluid, geen excessief laag- of hoogfrequent geluid, bij twijfel wordt IEC klasse 1 gebruikt; windbol is vereist; meting van ten minste 1 L_{eq}-waarde per seconde (A-gewogen equivalente geluidniveau), of 1 L_E-waarde per event (A-gewogen geluidexpositieniveau). IJking vindt plaats vooraf, achteraf en tussendoor ten minste eens per drie maanden. Verschillen tussen de ijkingen zijn niet groter dan 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. Als grotere verschillen optreden, worden die in de meetonzekerheid verdisconteerd.

Als aan de criteria onder D niet wordt voldaan, moet de meetperiode worden verlengd.

De metingen worden uitgevoerd volgens de werkwijze van paragraaf 4.1.2.

4.1.2. Werkwijze eenvoudige meetmethode

Residueel geluid

De microfoon wordt met zijn gevoeligste richting omhoog georiënteerd. De meetpositie, de omgeving, de meetperiode en apparatuur moeten voldoen aan de voorwaarden uit paragraaf 4.1.1.

Meetwaarden (L_{eq} per seconde of L_E per event) waarbij kortstondig, dat wil zeggen enkele seconden of minuten, verstoring plaatsvindt door residueel geluid, worden buiten de bepaling van de uurgemiddelden gehouden. Herkenning van verstorende geluiden kan gebeuren op basis van spectrale of temporele kenmerken (fluitende vogels, vliegtuigen, sirenetest luchtalarm, tikkende vlaggenmasten, vuurwerk, en dergelijke).

De overige meetwaarden worden verwerkt tot uurwaarden, dat wil zeggen uurgemiddelde A-gewogen ruwe waarden *L*' en uurgemiddelde waarden voor residueel geluid *U*. Voor het niveau van het residuele geluid kan de L_{90} of L_{95} worden gebruikt.

Markeren en stratificeren

Uurwaarden worden als verstoord beschouwd en buiten beschouwing gelaten als een of meer van onderstaande situaties zich voordoen:

- overmatig residueel geluid, dat wil zeggen uurwaarden met $L' - L_{res} < 5$ dB;
- regen (>1,0 mm neerslag per uur);
- verstoring door windgeruis (direct of indirect zoals door het ritselen van bladeren);
- niet-representatieve geluidoverdracht (sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen).

Als richtlijn voor verstoring door windgeruis op de microfoon met een 90 mm windbol gelden de volgende toegestane windsnelheden W_{max}.

Tabel 4.1 Toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

Passageniveau ($L_{A,max}$) groter dan	[dB(A)]	40	50	60	70
W_{max}	[m/s]	4	6	8	11

Uren tijdens welke een hogere uurgemiddelde windsnelheid dan W_{max} aanwezig is, worden als verstoord beschouwd. Om W_{max} uit de tabel af te kunnen lezen moet het (gemiddelde) passageniveau ($L_{A,max}$) voor de microfoonpositie op de meetlocatie bekend zijn. Als dat passageniveau niet uit de meetgegevens zelf kan worden afgeleid, kan het geschat worden, bijvoorbeeld met behulp van vergelijkbare metingen van elders of met berekeningen op basis van een geschikt rekenmodel

De volgende meteogegevens zijn van belang: windrichting, windsnelheid, neerslag, temperatuur en relatieve luchtvochtigheid. Deze worden bij voorkeur van een eigen meetstation op de meetlocatie betrokken. Als geen eigen neerslagwaarden beschikbaar zijn, worden registraties van de KNMI-neerslagradars gebruikt. Als ook die niet beschikbaar zijn, worden uurgegevens van de twee of drie meest nabije KNMI-weerstations of gelijkwaardig gebruikt, waarbij voor elk uur het maximale neerslagniveau (mm) van die weerstations wordt gebruikt, als *worst-case* benadering voor de geluidmeetlocatie.

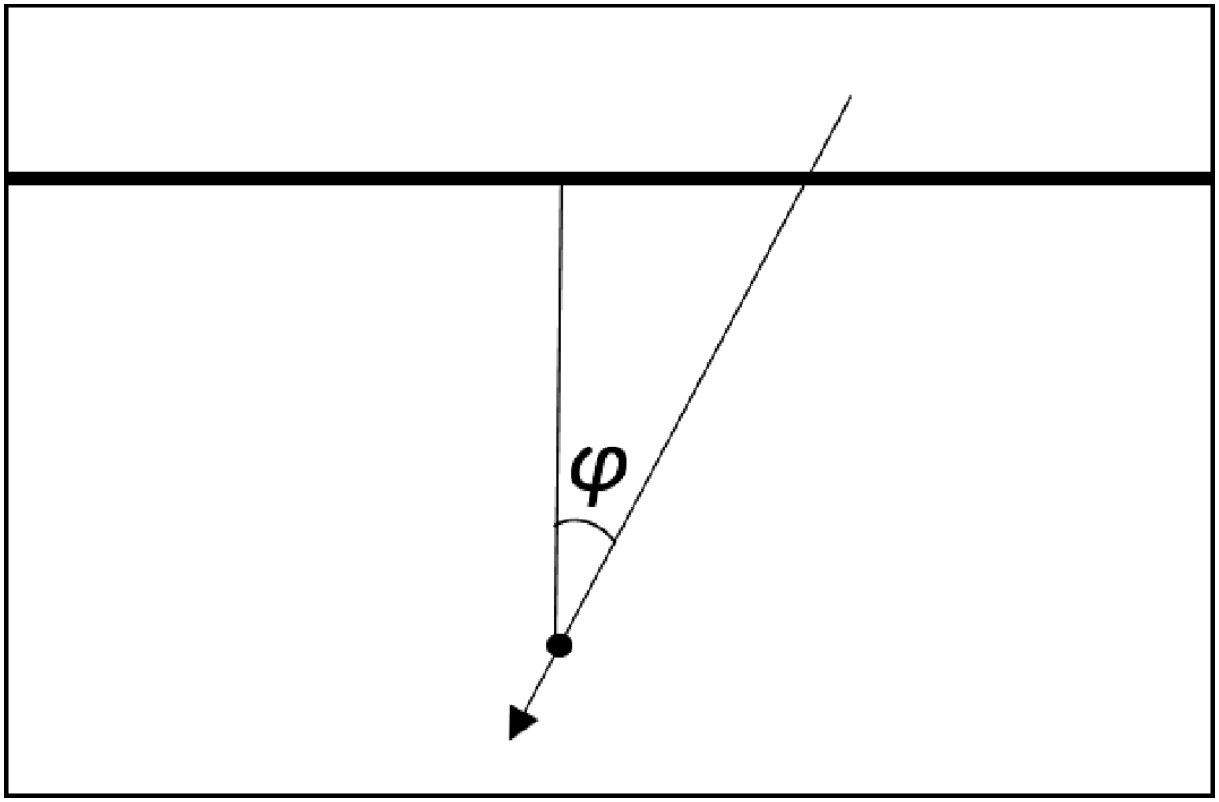
De uurwaarden voor *L*' en L_{res} die worden meegenomen in de analyse worden op de volgende wijze gecorrigeerd voor het aandeel residueel geluid:

$$L = L' + 10\lg(1 - 10^{\frac{L_{res} - L'}{10}}) \quad (4.1)$$

Meteostratificatie

Op basis van de meewindcomponent V_{mee} van de windsnelheid V_{wind}, gemeten op 10 m hoogte, moet per uur worden bepaald van welke meteoklasse M1 tot en met M4 sprake is. Als φ de hoek is tussen de windrichting en de dominante voortplantingsrichting vanuit de geluidbron (dat is meestal de kortste verbindingslijn tussen de spoorweg en de meetpositie), wordt deze component gegeven door:

$$V_{mee} = V_{wind} \cos(\varphi) \quad (4.2)$$



Figuur 4.1 Bepalen van de hoek φ.

De meteoklassen hangen af van de meteorologische dag en nacht, en van de meewindcomponent zoals in tabel 4.2 aangegeven.

Tabel 4.2 Meteoklassen eenvoudige methode

Meteoklasse	Omschrijving	Overdag	's Nachts
M1	ongunstig	$V_{mee} < 1$ m/s	$V_{mee} < -1$ m/s
M2	homogeen	1 m/s ≤ $V_{mee} < 3$ m/s	n.v.t.
M3	gunstig	3 m/s ≤ $V_{mee} \leq 6$ m/s	n.v.t.
M4	zeer gunstig	$V_{mee} > 6$ m/s	$V_{mee} \geq -1$ m/s

De mate waarin deze meteoklassen tijdens de meetperiode optreden, zal in het algemeen afwijken van de langtijdgemiddelde optreedfrequentie van deze meteoklassen. Om een representatieve L_{den}-waarde te bepalen, is het nodig om de metingen te corrigeren voor het verschil tussen de

optreedfrequentie in de meetperiode en de langtijdgemiddelde optreedfrequentie. Daartoe wordt van elke meetdag *k* het energetisch gemiddelde geluidniveau $L_{p,m,k}$ per etmaalperiode en per meteoklasse bepaald over de uurwaarden. Daarin geeft de index *p* de drie etmaalperioden aan (dag 07.00–19.00 uur, avond 19.00–23.00 uur, nacht 23.00–07.00 uur) en de index *m* de vier meteoklassen (M1, M2, M3 en M4).

Daarnaast wordt de fractie $q_{p,m,k}$ berekend. Deze is gedefinieerd als het aantal geldige meeturen per meteoklasse *m*, gedeeld door het aantal geldige uren van die etmaalperiode. Per etmaalperiode (*p*) van elke meetdag (*k*) geldt $\sum_m q_{p,m,k} = 1$.

Het equivalente geluiddrukniveau per etmaalperiode en per meteoklasse, aangeduid met $L_{p,m}$, wordt over de gehele meetperiode bepaald met weging naar $q_{p,m,k}$:Illustratie:

$$L_{p,m} = 10 \lg \left(\frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} 10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} \right) \text{dB} \qquad (4.3)$$

waarin $Q_{p,m}$ als volgt is gedefinieerd:
$Q_{p,m} = \sum_k q_{p,m,k}$.

Deze met $q_{p,m,k}$ gewogen energetische middeling van geluidwaarden is nodig om de bijdragen van onafhankelijke metingen correct te verwerken. Alleen metingen afkomstig uit verschillende etmalen gelden meteorologisch als onafhankelijk van elkaar. Het totale aantal bijdragende etmalen kan worden berekend door $Q_{p,m}$ te sommeren over de meteoklassen: $\Sigma_m Q_{p,m}$.

Voor de standaardafwijking $u_{p,m}$ die de onzekerheid in de emissie representeert voor $L_{p,m}$, geldt dat alle $L_{p,m,k}$ onafhankelijke metingen betreffen. De standaardafwijking $u_{p,m}$ kan daarom als volgt worden berekend:

$$u_{p,m} = 10 \lg \left(10^{\frac{L_{p,m}}{10}} + S_{p,m} \right) - L_{p,m} \text{ dB}, \qquad (4.4)$$

waarin $S_{p,m}$ wordt bepaald doorIllustratie:

$$S_{p,m}^2 = \frac{1}{Q_{p,m}} \sum_k q_{p,m,k} \left(10^{\frac{L_{p,m,k}}{10}} - 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right)^2 . \qquad (4.5)$$

Verwerking meetresultaat per periode

Voor het extrapoleren van de meetresultaten naar een jaargemiddelde waarde is het noodzakelijk de langtijdgemiddelde optreedfrequenties $f_{\text{optreed, } p, m}$ van de verschillende meteoklassen in elke etmaalperiode te kennen. De optreedfrequentie wordt in tabel 4.3 opgezocht bij de betrokken etmaalperiode *p* en bij de sectorhoek die van toepassing is op de meetsituatie. Voor meetlocaties op grotere afstand van De Bilt kan een eigen langtijdgemiddelde worden bepaald op basis van uurgegevens van een nabijgelegen KNMI-meetstation over een recente periode van ten minste 20 jaar.

Tabel 4.3 Optreedfrequentie f_{optreed} per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt (1989–2018)[1].

sectorhoek (°)	***p*=dag**				***p*=avond; *p*=nacht**			
'van' – 't/m'	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**

350 – 10	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
10 – 30	0,7	0,2	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
30 – 50	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
50 – 70	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
70 – 90	0,8	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5
90 – 110	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
110 – 130	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
130 – 150	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
150 – 170	0,6	0,2	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
170 – 190	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
190 – 210	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
210 – 230	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
230 – 250	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
250 – 270	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
270 – 290	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
290 – 310	0,5	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7
310 – 330	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6
330 – 350	0,7	0,2	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,6

[1] 0° representeert een meewindrichting van noord naar zuid, 90° van oost naar west, etcetera.

Het jaargemiddelde geluidniveau per etmaalperiode, L_p, wordt als volgt bepaald:

$$L_p = 10 \lg \left(\sum_m f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}} \right) \text{dB}. \tag{4.6}$$

De totale meetonzekerheid voor L_p bedraagt:

$$u_p = \sqrt{\sum_m c_{p,m}^2 u_{p,m}^2 + u_{\text{wind}}^2 + u_{\text{nat}}^2 + u_{\text{meteo}}^2 + u_{\text{res}}^2 + u_{\text{slm}}^2}\,, \tag{4.7}$$

waarin de gevoeligheidscoëfficiënten $c_{p,m}$ zijn gedefinieerd als

$$c_{p,m} = \frac{f_{\text{optreed},p,m} 10^{\frac{L_{p,m}}{10}}}{10^{\frac{L_p}{10}}}\,, \tag{4.8}$$

en waarin de overige bronnen van meetonzekerheid als volgt zijn bepaald:

- u_{wind} is de onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind. Ook het geluid in die geschrapte periodes draagt bij aan het totale geluid in de gemeten situatie. Hiervoor geldt: $u_{wind} = (6/W_{max})^2$ [dB].
- u_{nat} is de onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol. Een natte windbol kan tot enkele uren na de regenbui een effect hebben van enkele dB's. Voor een langdurige meetperiode, zoals bij de eenvoudige methode, is het percentage natte uren niet variabel en is het effect te schatten op u_{nat} = 0,3 dB. Op basis van artikel 8.3 van de ISO-norm kan de meetonzekerheid nauwkeuriger worden bepaald, als het geluideffect voor het type microfoon en windbol afhankelijk van de neerslagwaarde en opdroogtijd in detail bekend is.
- u_{meteo} is de onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse. Deze wordt geschat op 0,3 dB. Met annex F.1 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.
- u_{res} is de onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van L_{90} of L_{95} tijdens onbemande metingen. Deze wordt geschat op 0,5 dB. Met annex F.2 van de ISO-norm kan het effect nauwkeuriger worden bepaald.
- u_{slm} is de meetonzekerheid van de meetketen. Deze bedraagt 0,5 dB voor IEC-klasse 1 en 1,5 dB voor IEC-klasse 2 geluidmeters. De bij de ijkingen gevonden afwijkingen kunnen aanleiding geven om hogere onzekerheden in rekening te brengen.

Bepaling L_{den}

De resultaten van dag, avond en nacht worden samengenomen om de L_{den} met de bijbehorende meetonzekerheid te bepalen. De L_{den} wordt berekend met:

$$L_{\mathrm{den}} = 10\lg\left(\tfrac{12}{24}10^{L_{\mathrm{dag}}/10} + \tfrac{4}{24}10^{(L_{\mathrm{avond}}+5)/10} + \tfrac{8}{24}10^{(L_{\mathrm{nacht}}+10)/10}\right)\mathrm{dB} \qquad (4.9)$$

De meetonzekerheid bedraagt:

$$u_{\mathrm{den}} = \sqrt{\left[\left(\frac{12}{24}10^{\frac{L_{\mathrm{dag}}}{10}}\right)^2 u_{\mathrm{dag}}^2 + \left(\frac{4}{24}10^{\frac{L_{\mathrm{avond}}+5}{10}}\right)^2 u_{\mathrm{avond}}^2 + \left(\frac{8}{24}10^{\frac{L_{\mathrm{nacht}}+10}{10}}\right)^2 u_{\mathrm{nacht}}^2\right]/10^{\frac{L_{\mathrm{den}}}{10}}} \qquad (4.10)$$

Het eindresultaat wordt genoteerd met 95% betrouwbaarheidsinterval. De grootte van dat interval is tweemaal de standaard meetonzekerheid. De notatie is *'L_{den} = [L_{den}] ± 2 · [u_{den}] dB (95% BI)'*, waarin de rechte haken de getalswaarden aangeven.

Vergelijking met standaardrekenmethode

Als de gemeten L_{den} wordt vergeleken met een L_{den}-waarde die voor de onderzochte situatie is bepaald met de standaardrekenmethode, zijn er aanvullende factoren waar rekening mee gehouden moet worden:

- Komt de gemodelleerde omgeving in het rekenmodel overeen met die bij de metingen?
- Komt het bovenbouwtype in het model overeen met die bij de metingen?
- Komen de verkeersgegevens (intensiteiten en snelheden per voertuigcategorie) overeen, voor zover bekend?
- Betreft de berekende L_{den}-waarde de actuele situatie, een plafondsituatie of een basisgeluidemissie?

Bij een vergelijking van berekende en gemeten L_{den}-waarde moet in elk geval rekening worden gehouden met het potentiële verschil tussen de momentane en gemiddelde railruwheid. Akoestisch is dit een effect met een zaagtandverloop in de tijd, waarbij de cyclus ten minste enkele jaren bedraagt.

Rapportage eenvoudige methode

1. Het doel van de metingen.

2. Naam en adres van de instantie en naam van de personen die de meting hebben uitgevoerd.
3. Datum en plaats van de metingen.
4. Gegevens van het spoor: aantal sporen, bovenbouwconstructie, de aanwezige geluidmaatregelen, de verkeerintensiteiten en snelheden volgens opgaaf van de bronbeheerder, en (voor zover beschikbaar) de met de standaardrekenmethode berekende L_{den} voor de meetpositie en een bronverwijzing (naam, datum en kenmerk van het akoestisch onderzoek waarin die berekeningen zijn opgenomen).
5. Omschrijving en foto's van de meetlocatie: omgeving, bodem met eventuele begroeiing, meetpositie.
6. Een lijst van de gebruikte meetapparatuur en type microfoons en analyseapparatuur/software met serienummers en de laatste kalibratiedatum, voor zover van toepassing.
7. Het verloop van de temperatuur en luchtvochtigheid tijdens de gehele meetperiode, apart voor alle dagperioden en voor alle nachtperioden; het verloop van de uurwaarde L (uit formule (4.1)) over het etmaal, apart per weekdag, als energetisch gemiddelde over de gehele meetperiode.
8. Een kwantitatieve onderbouwing waaruit blijkt dat aan de voorwaarden voor de eenvoudige methode is voldaan. Een lijst van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven methode die mogelijk van invloed zijn op het resultaat.
9. Het percentage van de ongeldige uren op het totaal aantal (geldige en ongeldige) uren, uitgesplitst naar oorzaak van verstoring (overmatig residueel geluid, regen, wind, niet-representatieve geluidoverdracht); de gehanteerde maximale waarde van de windsnelheid W_{max} met een toelichting van die keuze.
10. Meetonzekerheidsberekening voor dag, avond en nacht.
11. De L_{den} en het 95%-betrouwbaarheidsinterval.
12. Bij vergelijking van gemeten en berekende L_{den}: een beschrijving van overeenkomsten en verschillen in uitgangspunten en waar mogelijk een kwantitatieve inschatting daarvan; een kwantitatieve inschatting van het effect van eventuele afwijkingen van de voorgeschreven meetsituatie en meetperiode ten opzichte van de werkelijke meetsituatie en meetperiode.
13. Als voor de meetsituatie een eigen langtijdgemiddelde optreedfrequentie is bepaald: een beschrijving van de gebruikte gegevens en de wijze van verwerking tot een langtijdgemiddelde.

4.1.3. Uitgangspunten bepaling geluidbelasting

Voor metingen met het doel een geluidbelasting of correctiewaarde vast te stellen (in situaties geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode) gelden de eisen en werkwijzen van de ISO-norm met inachtneming van de volgende bijzondere uitgangspunten:

1. Instrumentatie: volgens artikel 5 van de norm, met als aanvulling dat in tertsbanden van 25 Hz tot 10 kHz wordt gemeten.
2. Als het onvermijdelijk is om te meten op locaties met geluid van meerdere wegen of spoorwegen, worden de bijdragen per weg of spoorweg eerst uitgesplitst, voordat de overige bewerkingen, controles en correcties worden uitgevoerd. Voor het uitsplitsen kan afhankelijk van de lokale situatie gebruik worden gemaakt van bijvoorbeeld detectielussen, lichtsluizen of hulpmicrofoons dichtbij elke bron.
3. De geluidbelasting kan op drie manieren wordt bepaald, volgens artikel 10.6.1, 10.6.2 of 10.6.3 van de norm.
4. Er wordt gestreefd naar een totale meetonzekerheid van niet meer dan ±1 dB. De meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval is per definitie tweemaal zo groot, dus bij voorkeur niet meer dan ±2 dB.
5. Het resultaat van de meting is een L_{den} die met bijbehorende meetonzekerheid binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval wordt opgegeven, met de volgende notatiewijze: L_{den} = 61,2 ± 1,8 dB (95% BI). De uiteindelijke geluidbelasting (voor juridische context) wordt op hele dB's afgerond en zonder marge opgegeven, in dit voorbeeld 61 dB.
6. Residueel geluid ('achtergrondgeluid') wordt verwerkt volgens annex I van de norm.

7. Meteostratificatie (M1, M2, M3 en M4) is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de langtijdgemiddelde situatie. In sommige gevallen moet een geschikt overdrachtsmodel worden gebruikt voor deze correctie. Bij de meteostratificatie kan het nodig zijn de aanpak van annex A van de norm te volgen. In dat geval zijn de optreedfrequenties van tabel 4.3 niet van toepassing, omdat deze op basis van eenvoudige uitgangspunten zijn vastgesteld. Meteogegevens voor wind, temperatuur en luchtvochtigheid worden bij voorkeur op de meetlocatie geregistreerd, maar kunnen worden betrokken van nabije KNMI-stations. Voor neerslag moeten eigen registraties op de meetlocatie worden gebruikt.
8. Correctie voor de luchtdemping volgens annex D.1 van de norm, naar 10°C en 80% RH voor Nederland.
9. Emissiestratificatie is nodig voor inzicht in representativiteit en voor correctie naar de maatgevende emissie of referentiesituatie. Deze correctie is volgens annex D.3 van de norm.
10. Als daar aanleiding voor is, moeten de meetwaarden ook worden gecorrigeerd voor het verschil tussen de railruwheid tijdens de meetperiode en de gemiddelde Nederlandse railruwheid.
11. Meetwaarden tijdens en na neerslag: volgens artikel 8.3 van de norm. Voor meetwaarden tijdens de opdroogperiode van de windbol wordt rekening gehouden met extra meetonzekerheid. Meetwaarden tijdens uren met te harde wind worden geschrapt. Meetwaarden tijdens uren met een sneeuwdek, dichte mist, extreem lage of hoge temperaturen worden geschrapt door niet-representatieve geluidoverdracht.
12. Rapportage zoals bij de eenvoudige methode, met aanvullend: tabellen met gemiddelde meetwaarden per meetdag (gesplitst per etmaalperiode en meteoklasse) en een analyse van de meetonzekerheid volgens annex F van de norm.

4.2. Methode voor meting en modellering van stalen kunstwerken

4.2.1. Inleiding

Het rijden over een stalen kunstwerk zal in het algemeen leiden tot een toename van de geluidemissie. Deze toename wordt veroorzaakt door enerzijds een toename van het rolgeluid van het spoorvoertuig en anderzijds de geluidafstraling van het stalen kunstwerk zelf. Bij stalen kunstwerken wordt in de rekenmethode deze toename van de emissie gekarakteriseerd door een geluidemissietoeslag. Zie paragraaf 2.5.2. De geluidafstraling van het kunstwerk wordt per bronlijn apart in rekening gebracht door middel van het modelleren van twee bronlijnen. Behalve de bronlijn voor het rolgeluid wordt een tweede bronlijn gepositioneerd in het hart van elke bronlijn op het kunstwerk. De afstraalkarakteristiek van het kunstwerk vertoont verschillen met de afstraalkarakteristiek van het rolgeluid. Daarom heeft de bronlijn voor het kunstwerk een andere geometrische uitbreidingsterm dan de bronlijn voor het rolgeluid.

Voor het uitvoeren van akoestisch onderzoek is het wenselijk de geluidemissietoeslag te beschrijven, onafhankelijk van de geometrische modellering van het kunstwerk en de naastliggende aarden baan.

In deze paragraaf wordt de bepaling en de modellering van deze geluidemissietoeslag in de standaardrekenmethode uitgewerkt.

4.2.2. Geluidemissietoeslag

De geluidemissietoeslag $\Delta L_{E,brug}$ is gedefinieerd als het verschil tussen de emissie van de door het kunstwerk beïnvloede bronnen en dezelfde bronnen zonder de invloed van het kunstwerk. Deze geluidemissietoeslag wordt bepaald per voertuigcategorie, per octaafband. Omwille van de leesbaarheid zijn in de hierna gebruikte formules de indices voor voertuigcategorie *c* en octaafband *i* weggelaten.

$$L_{E,totaal,brug} = L_{E,totaal} + \Delta L_{E,brug} \qquad (4.11)$$

De totale emissie op het kunstwerk is de energetische optelling van de rolgeluidemissie (inclusief de extra rolgeluidemissie ($\Delta L_{E,brug\text{-}rol}$)) op de bronlijnen op 0 en 0,5 m van de bovenkant van het spoor (BS) en de emissie van het kunstwerk zelf op de bronlijn op 0m BS ($L_{E,brug\text{-}kunstwerk}$).

Deze totale emissie van het kunstwerk wordt in het model gerepresenteerd door twee bronlijnen, namelijk een bronlijn voor het kunstwerk met emissie $L_{E,brug\text{-}kunstwerk}$ en een bronlijn voor het rolgeluid met emissie $L_{E,brug\text{-}rol}$.

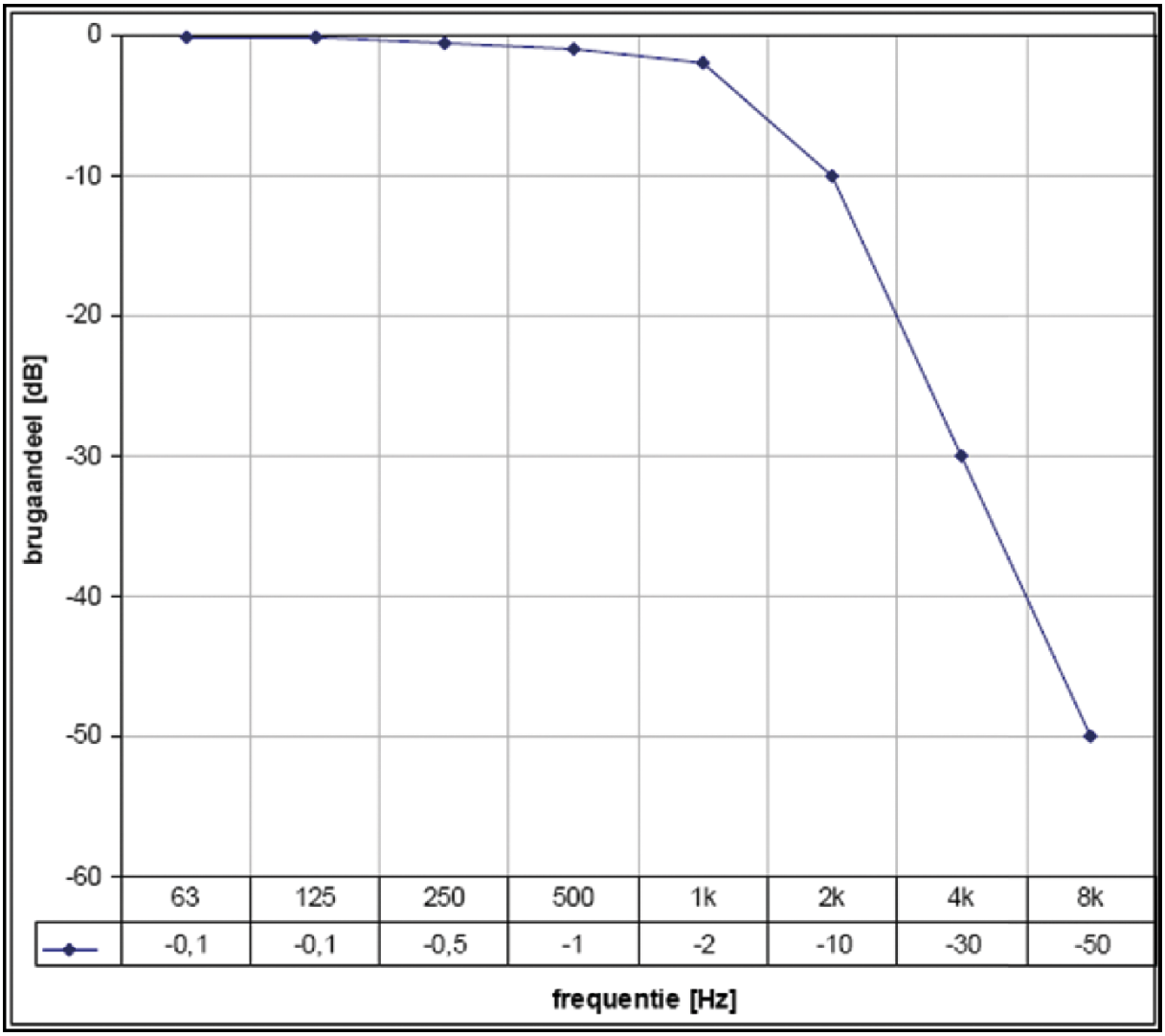
De emissie zonder de invloed van het kunstwerk is de energetische optelling van de rolgeluidbronnen alsof er geen geluidemissietoeslag is (dus zonder de $\Delta L_{E,brug\text{-}rol}$) en zonder kunstwerkgeluid en waarbij op de brug een bovenbouwcode *bb*=1 wordt gebruikt:

$$L_{\mathrm{E,totaal}} = L_E^{bs} \oplus L_E^{as} = 10\lg\left(10^{L_E^{bs}/10} + 10^{L_E^{as}/10}\right) \qquad (4.12)$$

4.2.3. Splitsing in rolgeluidtoename en kunstwerkgeluid

De extra emissie door de geluidemissietoeslag wordt gesplitst in twee delen: toename van het rolgeluid ($\Delta L_{E,brug\text{-}rol}$) en kunstwerkgeluid ($L_{E,brug\text{-}kunstwerk}$). De toename van het geluid wordt bij lage frequenties (tot 1 kHz) voornamelijk veroorzaakt door kunstwerkgeluid, bij hoge frequenties door rolgeluid. De splitsing van de geluidtoename wordt eenduidig vastgelegd met het empirische

brugbijdragefilter H_{brug} van figuur 4.2.



Figuur 4.2 Spectrale karakteristiek van het filter om het brugaandeel uit het verschilspectrum te filteren.

Het gedeelte van de geluidemissie van de brug dat wordt toegekend aan het kunstwerk wordt hiermee:

$$L_{E,brug–kunstwerk} = L_{E,totaal,brug} + H_{brug} \quad (4.13)$$

waarbij de correctiefactoren H_{brug} worden gebruikt, zoals die zijn weergegeven in figuur 4.2. De rest van de geluidemissie van de brug bestaat uit het rolgeluid. Deze bestaat uit de emissie van brug zonder de invloed van de brug plus een toeslag op het rolgeluid H_{rol}:

$$L_{E,brug\text{-}rol} = L_{E,totaal,brug} + H_{rol} \quad (4.14)$$

met

$$H_{\mathrm{rol}} = 10\lg\left(1 - 10^{H_{\mathrm{brug}}/10}\right) \quad (4.15)$$

Daarmee wordt de toeslag op het rolgeluid:

$$\Delta L_{E,brug–rol} = L_{E,brug–rol} - L_{E,totaal} \quad (4.16)$$

Deze toeslag wordt opgeteld bij de rolgeluidbronnen op BS- en AS-hoogte, waarbij de bovenbouw wordt gemodelleerd met code *bb*=1.

4.2.4. Meettechnische bepaling van de geluidemissietoeslag

Deze methode kan worden toegepast om de geluidemissietoeslag te bepalen uit vergelijkende immissiemetingen nabij de brug en nabij het spoor op normaal talud (aardebaan, bij voorkeur met bovenbouwconstructie *bb*=1). Het geluiddrukniveau van spoorvoertuigpassages wordt nabij de brug en nabij de aardebaan in één meetdoorsnede op gelijke afstand vanaf het hart van het spoor (HS) gemeten.

Voor het bepalen van de horizontale afstand tussen baan en microfoons worden de volgende punten in overweging genomen:

- Wegens nabijheidsveldeffecten bedraagt de meetafstand ten minste 1,5*D* vanaf het hart van de brug, waarbij *D* een karakteristieke voor de geluidafstraling relevante afmeting in de dwarsdoorsnede van de brug is, bijvoorbeeld de plaatafmeting van het brugdek of de breedte van de brug.
- Wegens de totale openingshoek bedraagt de meetafstand ten hoogste de helft van de afstand van de meetdoorsnede tot elk van de uiteinden van de brug, gemeten langs de brug.
- De meetafstand bedraagt ten minste 7,5 m uit het hart van het dichtstbijgelegen spoor. Bij bruggen korter dan 30 m wordt dus gemeten in het midden van de brug, waarbij rekening wordt gehouden met de beperkte lengte van de brug.

Om een te grote invloed van bodemeffecten op de aardebaan te voorkomen, wordt een meethoogte van 1,5 m boven de bovenzijde van het spoor (BS) aanbevolen bij een meetafstand van 7,5 m tot het HS. Bij een meetafstand van 25 m wordt een hoogte van 3,5 m aanbevolen.

Bij tussenliggende meetafstanden wordt tussen deze hoogtes geïnterpoleerd. Dit betekent dat de meethoogte zo wordt aangepast dat de ‘verticale zichthoek’ naar BS in de orde van 10° ligt.

Nabij de aardebaan wordt op één hoogte gemeten: meethoogte *h*. Nabij de brug wordt gemeten op twee hoogtes: +*h* BS en -*h* BS, waarbij de laagste meethoogte ten minste 1 m boven het op die locatie aanwezige bodemoppervlak ligt. De resultaten van deze metingen worden gemiddeld. Wanneer de resultaten van deze twee meetpunten bij de brug sterk uiteenlopen (richtlijn: meer dan 5 dB per octaafband), kan worden gerekend met de hoogste meetwaarden of wordt er nader akoestisch onderzoek uitgevoerd.

Bij de meting moet de representatieve operationele situatie worden onderzocht, dat wil zeggen de verdeling van gemeten spoorvoertuigen over de verschillende spoorvoertuigcategorieën en de gereden snelheid komt overeen met de maatgevende situatie ter plaatse. Bij meersporige bruggen met ‘gelijkwaardige sporen’ kan worden volstaan met een toeslagmeting voor het aanliggende spoor. Bij ‘niet-gelijkwaardige sporen’ moet de toeslag voor alle sporen afzonderlijk bepaald worden.

Voor alle meetposities wordt per spoorvoertuigpassage per spoorvoertuigcategorie het equivalente geluidniveau bepaald door te middelen over de tijd waarin de trein zich voor de meetpositie bevindt ($L_{pAeq,Tp}$ uit NEN-EN-ISO 3095:2013). De immissietoeslag per categorie $\Delta L_{I,brug,c,i}$ volgt dan uit het lineair gemiddelde verschil tussen de beide geluidmeetposities over *n* (ten minste 5) passages:

$$\Delta L_{I,\mathrm{brug,c,i}} = \frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\left(L_{Aeq,\mathrm{br},c,i,k} - L_{Aeq,\mathrm{ab},c,i,k}\right) \tag{4.17}$$

met:
c: index spoorvoertuigcategorie;
i: index octaafband;
k: volgnummer meting;
$L_{Aeq\ ,br,\ c,i,k}$: meetresultaat bij de brug;
$L_{Aeq\ ,ab\ ,c,i,k}$: meetresultaat bij de aardebaan.

Het gemeten immissieverschil tussen brug en aarden baan wordt beïnvloed door twee factoren: het verschil in geluidemissie tussen een voertuig op de brug en hetzelfde voertuig op de baan en het verschil in overdrachtsverzwakking. Daarnaast kan, als de bovenbouwconstructie afwijkt van *bb* = 1, een correctie nodig zijn naar bovenbouwconstructie*bb* = 1.

Dit betekent dat de gemeten immisietoeslag wordt gecorrigeerd met $H_{correctie,\Delta overdracht}$ voor het verschil in overdrachtsverzwakking om een waarde te vinden voor de geluidemissietoeslag.

In het algemeen geldt:

$$\Delta L_{E,brug,c,i} = \Delta L_{I,brug,c,i} - H_{correctie,\Delta overdracht} \qquad (4.18)$$

De waarde voor de correctie in overdrachtsverzwakking is alleen voor eenvoudige gevallen gemakkelijk te bepalen. Echter, als een akoestisch model wordt gemaakt van de meetsituatie, dan kan $H_{correctie,\Delta overdracht}$ iteratief worden bepaald. Dan wordt de volgende procedure gebruikt:

- Veronderstel dat de geluidemissietoeslag precies gelijk is aan de gemeten geluidimmissietoeslag: $L_{E,brug,c,i} \equiv \triangle L_{I,brug,gemeten,c,i}$
- Vervolgens wordt de procedure uit 4.2.2 doorlopen om kunstwerkgeluid en extra rolgeluid toe te kennen aan de bronnen op de brug. Op de brug wordt als bovenbouw*bb* =1 gemodelleerd.
- Op de meetposities op de brug en de aarden baan worden de geluidimmissiespectra berekend. Het verschil tussen die twee geluidspectra wordt aangeduid als $\triangle L_{I,brug,1e\ schatting,c,i}$
- De correctie voor het verschil in overdrachtsverzwakking wordt bepaald volgens de formule:

$$H_{correctie,\Delta overdracht} = \Delta L_{I,brug,1e\ schatting,c,i} - \Delta L_{I,brug,gemeten,c,i} \qquad (4.19)$$

Verdisconteren rijsnelheid
Naast geluiddrukniveaus wordt in beide meetdoorsnedes de rijsnelheid van het spoorvoertuig bepaald. Wanneer de snelheid tussen beide meetdoorsnedes meer dan 5% verschilt, wordt de aardebaanmeting gecorrigeerd met de emissieformules (zie 2.4). Wanneer dit verschil meer dan 25% bedraagt, is de meting niet bruikbaar voor de bepaling van de brugtoeslag.

Het brugtoeslagspectrum is afhankelijk van snelheid en spoorvoertuigcategorie. De brugtoeslag kan worden toegepast op dezelfde spoorvoertuigcategorie bij snelheden die niet meer dan 25% afwijken van de snelheid waarvoor de toeslag is bepaald.

Wanneer de brugtoeslag voor een bepaalde spoorvoertuigcategorie niet redelijkerwijs kan worden gemeten, wordt voor deze spoorvoertuigcategorie de brugtoeslag overgenomen van die spoorvoertuigcategorie die leidt tot de hoogste overall toeslag.

Verdisconteren railruwheid
In de directe omgeving van de meetdoorsnede aardebaan wordt de spoorstaafruwheid gemeten volgens de procedures omschreven in NEN-EN-ISO 3095:2013. Als de spoorstaafruwheid in de doorsnede van de aardebaan significant hoger is dan het landelijk gemiddelde

spoorstaafruwheidsspectrum (zie tabel 2.7), moet een andere meetdoorsnede worden gekozen met een lagere spoorstaafruwheid, of de meetwaarden moeten worden gecorrigeerd voor de hoge spoorstaafruwheid (zie paragraaf 2.4). Als de spoorstaafruwheid op de brug significant hoger is dan de referentie, wordt verondersteld dat dit representatief is voor de brug (tenzij er aanwijzingen zijn voor het tegendeel). In het algemeen zal de brugtoeslag dus niet worden gecorrigeerd voor de hoge spoorstaafruwheid. De brugtoeslag is dan dus deels het gevolg van de brugconstructie en deels van de hoge spoorstaafruwheid.

4.2.5. Modellering in de standaardrekenmethode

Het bruggeluid wordt in de standaardrekenmethode verwerkt als een toeslag op het geluidemissiegetal voor rolgeluid in combinatie met een extra bronlijn op het kunstwerk voor het bruggeluid.

De toename van het rolgeluid $\Delta L_{E,brug\text{-}rol}$ wordt als extra geluidemissiegetal opgelegd aan de bronlijnen op 0 en 0,5 m van de bovenkant van het spoor (BS). Daarbij wordt de toename van de rolgeluidemissie in gelijke proporties verdeeld over deze twee bronlijnen. Dit noemen we de rolgeluidbronnen. De geluidemissie als gevolg van de geluidafstraling van het kunstwerk $\Delta L_{E,brug\text{-}kunstwerk}$ wordt gemodelleerd met een bronlijn ter lengte van het kunstwerk in het hart van het spoor (HS) op 0 m BS. Dit noemen we de kunstwerkbron.

Voor de kunstwerkbron gelden enkele speciale modelleervoorschriften:

1. De geometrische uitbreiding van de kunstwerkbron wordt beschreven met een monopooluitbreiding volgens formule 3.4b.
2. Al aanwezige afscherming op de brug of op het talud direct aansluitend aan het kunstwerk heeft geen invloed op deze bron. De afstraling van de brug wordt namelijk niet beïnvloed door op of vlakbij de brug staande schermen.

4.3. Meetmethode emissies en spoorconstructies trams

4.3.1. Indeling in een bestaande categorie, procedure A

Procedure A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 is toepasbaar om een nieuw tramtype in een bestaande treincategorie in te delen. Daarbij gelden de volgende aanpassingen voor trams.

Er worden aan ten minste 4 voertuigexemplaren metingen uitgevoerd, waarbij per snelheidsbereik ten minste 5 passages worden gemeten.

Voor de meetlocatie gelden de volgende eisen:

- Ballastspoor met monoblok dwarsliggers en UIC 54 rail of vergelijkbare vignole rail.
- De railbevestiging en railpad mogen afwijken van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006, zolang de verticale afstandsdemping hoger is dan 5 dB/m tussen 200 Hz en 3.000 Hz.
- Er ligt ballast tussen de meetpositie en het bereden spoor, bijvoorbeeld door het voertuig op het tegenoverliggende spoor te meten.

Er wordt gemeten op 7,5 m afstand uit het hart van het testspoor, op meethoogtes 1,2 m en 3,5 m boven het loopvlak van de rails. Voor de inpassing in categorie 10 wordt het aantal rekeneenheden gekozen overeenkomstig de asdichtheid (aantal assen/m). Daarbij wordt een correctie gehanteerd van 10 lg (asdichtheid) ten opzichte van de afgebeelde A32 of Citadis tram. Het aantal rekeneenheden kan dan soms afwijken van het aantal geledingen. De asdichtheid moet binnen het bereik 0,18-0,23 liggen.

4.3.2. Bepaling emissiekentallen trammaterieel, procedure B

Procedure B uit de Technische regeling emissiemethoden (TR) R wordt toegepast ter bepaling van de emissiekentallen van een nieuwe categorie voor trammaterieel, met de volgende aanpassingen:

- Voor de voertuigexemplaren, aantal passages en spoorspecificaties gelden dezelfde extra bepalingen als voor Procedure A hierboven.
- Tractiegeluid, voor zover relevant, wordt bepaald uit passages waarbij stabiele tractie of licht accelererend wordt gereden. Rolgeluid wordt bepaald uit passages waarbij geen of minimale tractie wordt geleverd.
- Als voor dezelfde exemplaren trams bij dezelfde snelheden met tractie aan en uit niet meer dan 3 dB wordt geconstateerd in niet meer dan 2 tertsbanden in gemeten geluiddrukspectra kan met de rolgeluidbron worden volstaan. Dit wordt beoordeeld aan de hand van trams met wielen in normale conditie, zonder hoge ruwheid van het loopvlak.
- Voor trams wordt uitgegaan van één bronhoogte op 0 m, zolang de tram voorzien is van afscherming van wielen en onderzijde met een opening van niet meer dan 30 cm hoog. Als de wielen voor meer dan de helft van hun oppervlak zichtbaar zijn, of als tractiebronnen op andere bronhoogtes (bijvoorbeeld op het dak) aanwezig zijn, dan moeten de brontermen in overeenstemming met procedure B worden bepaald.
- De overdrachtsfunctie $L_{Hpr,tot}$ voor rolgeluid wordt bepaald uit het geluiddrukniveau van de passage $L_{peq,tp}$ en de gecombineerde effectieve ruwheid L_{Rtot} volgens de Procedure B van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 of CEN TR 16891:2016. De totale ruwheid kan ook worden bepaald uit direct gemeten wiel- en railruwheid, te meten volgens EN 15610: 2019 (wat veel metingen en beschikbaarheid van voertuigen en spoor vereist) en het contactfilter. Hiervoor moet het DPRS contactfilter uit EN 15610: 2019, tabel 5.2] worden gebruikt in plaats van de waarden in tabel 2.1 van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006.
- Als alleen de BS bronhoogte van toepassing is, is de totale overdrachtsfunctie gelijk aan de spooroverdrachtsfunctie (zie Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006, paragraaf 2.4.7).
- Om een gemiddeld emissieniveau voor het hele netwerk te bepalen, moet een gecombineerde effectieve ruwheid $L_{Rtot,netwerk}$ van het hele netwerk en al het materieel worden bepaald, in analogie met $L_{Rtot,NL}$ in paragraaf 2.4.4 van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006. Dit wordt bepaald op basis van de gemeten gemiddelde totale effectieve ruwheid uit metingen van meerdere trams op meerdere locaties. $L_{Rtot,netwerk}$ kan ook worden herleid op basis van beschikbare wiel- en railruwheidsmetingen en het contactfilter zoals hierboven beschreven, als daarvoor statistisch voldoende representatieve data voorhanden zijn.
- Bij gebrek aan deze informatie kan worden uitgegaan van de gecombineerde wiel- en rail ruwheid voor schijfgeremd materieel (zoals categorie 8) en gemiddelde railruwheid voor het Nederlands railnetwerk.
- Bij de berekening kan per locatie een correctie op de totale ruwheid worden toegepast afhankelijk van beschikbare gegevens van wiel- en railruwheid in relatie tot onderhoud en slijpregime.

4.3.3. Bepaling bovenbouwcorrectie, procedure C

Procedure C uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 beschrijft de methode ter bepaling van de bovenbouwcorrectie. Uitgangspunt is dat het type bovenbouw wordt vergeleken met metingen op een ballastspoor, waarbij de wielruwheid veel hoger is dan de railruwheid. Dit is te bereiken door gebruik van materieel met vooraf gemeten hoge wielruwheid of met een voertuig met twee of meer platte wielkanten met hoorbaar en meetbaar niveau ten opzichte van het rolgeluid tijdens passage. Bij vergelijking met een tram zonder platte wielen zou het niveau dan met circa 5-10 dB moeten verschillen. De metingen op het ballastspoor worden vergeleken met het te onderzoeken testspoor, waarbij dezelfde trams met dezelfde snelheden worden gemeten op beide locaties.

De metingen moeten bij snelheden tussen 50 tot 80 km/u worden uitgevoerd, waarbij tractiegeluid door optrekken en remmen wordt vermeden.
De bovenbouwcorrectie is het verschil tussen het rolgeluidspectrum op het ballastspoor en op het te onderzoeken spoor, gemeten langs de baan.

Als alternatief voor deze procedure worden bovenbouwcorrecties ook wel uit aan boord metingen bepaald, waarbij met een microfoon onder de wagon het rolgeluidspectrum als functie van de snelheid wordt gemeten. Dit bevat zowel effecten van de spoorconstructie als van wiel- en rail ruwheid.
Daarom is van belang dat voor dergelijke metingen steeds de wielruwheid die van de rails domineert, bijvoorbeeld door middel van platte wielkanten, en dat geen andere bronnen zoals tractiegeluid of externe bronnen de meting verstoren. Deze werkwijze is niet gestandaardiseerd en vereist zorgvuldige keuze van meetposities, voertuigcondities en dataverwerking.

4.3.4. Bepaling conditie tramspoor

Voor normaal spoor wordt een default ruwheidscorrectie van +5 dB gehanteerd, voor geslepen spoor +3 dB, toe te passen in de correctie voor spoorconditie $C_{spoorconditie}$ in formule (2.1a/b). Een andere correctie kan worden toegepast als dit door metingen van het railnetwerk of specifieke traject(en) wordt onderbouwd.

5. Reken- en meetvoorschrift diffractor

5.1. Definitie

In dit hoofdstuk wordt de rekenregel beschreven voor de bepaling van de correctieterm voor een diffractor als bedoeld in paragraaf 3.6 van deze bijlage. De in dit hoofdstuk beschreven rekenregel voor $C_{S,diff}$ is alleen bedoeld voor een diffractor die als schermtop op een geluidscherm is toegepast.

5.2. Rekenregel $C_{S,diff}$

Het diffractoreffect wordt berekend met de volgende formule:

$$C_{S,diff} = \begin{cases} 0{,}20\ A_{i,S,diff} D_{scherm}(N_f)\ als\ A_{i,S,diff} < 0 \\ 0{,}05\ A_{i,S,diff} D_{scherm}(N_f)\ als\ A_{i,S,diff} \geq 0 \end{cases} \quad (5.1)$$

en

$$D_{scherm}(N_f) = 10lg[max(1\ ;\ 20N_f + 3)] \quad (5.2)$$

Met:
$A_{i,S,diff}$: de producteigenschap van de diffractor voor octaafbandindex i, bepaald volgens de meetmethode uit 5.3
N_f het fresnelgetal

Het fresnelgetal N_f wordt bepaald volgens de methode, beschreven in hoofdstuk 2.10. Hierbij geldt:
z_B: de hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil.
z_T: de hoogte van het scherm inclusief diffractor, ter plaatste van het diffractiepunt, ten opzichte van het referentiepeil
z_W: de hoogte van het waarneempunt, ten opzichte van het referentiepeil.

5.3. Meettechnische bepaling producteigenschappen van een diffractor op scherm

5.3.1. Meetmethode

De producteigenschappen $A_{i,S,diff}$ worden bepaald door metingen uit te voeren volgens de norm NEN-EN 1793-4:2015. Dit betreft het uitvoeren van geluidoverdrachtmetingen aan een testopstelling met een 4 meter hoog geluidscherm, met en zonder de diffractor.

Bij de meting met de diffractor op het scherm moet de geometrie van bron- en ontvangerposities worden opgehoogd met de extra hoogte van de diffractor. Deze extra hoogte moet expliciet worden opgenomen in de meetrapportage.
Het resultaat van de metingen is een zogenoemde diffractie index, die een maat is voor het extra effect van de schermtop, ten opzichte van het basisscherm zonder top.

Ten opzichte van NEN-EN 1793-4:2015 worden de volgende afwijkingen toegepast:

- •. Metingen worden alleen uitgevoerd met een reflecterend scherm
- •. De uiteindelijke middeling van het diffractoreffect voor de verschillende meetposities wordt lineair in plaats van energetisch uitgevoerd.

Voor het middelen van de posities geldt het volgende. Eerst wordt voor elke 1/3 octaafband (j) per hoek (h=0 of h=45 graden) voor elk van de meetposities (k=1 t/m 5) en bronhoogte (b=1 t/m 2) voor het scherm met diffractor (t=1) en scherm zonder diffractor (t=2) de diffractie index bepaald volgens onderstaande formule.

$$DI_{j,k,b,h,t} = -10lg\left(\frac{\int_{\Delta f_j}|F[h_{dkbh}(t)w_{dkbh}(t)]|^2 df}{\int_{\Delta f_j}|F[h_{ikbh}(t)w_{ikbh}(t)]|^2 df}\right) \quad (5.3)$$

Vervolgens wordt per meetpunt k het verschil bepaald tussen $DI_{j,k}$ voor het scherm met diffractor en zonder diffractor volgens:

$$DI_{j,k,b,h} = DI_{j,k,b,h,t=1} - DI_{j,k,b,h,t=2} \quad (5.4)$$

Vervolgens vindt lineaire middeling plaats over alle meetposities k (5), hoeken h (2) en bronhoogtes b (2) volgens:

$$DI_j = \frac{1}{20}\sum_{b=1}^{2}\sum_{h=1}^{2}\sum_{k=1}^{5} DI_{j,k,b,h} \quad (5.5)$$

Het effect per octaafband, $A_{i,S,diff}$ wordt berekend door de bijdrage van het diffractoreffect van de 1/3 octaafband waarden in de betrokken octaafband te wegen met het wegverkeerspectrum uit NEN=EN 1793-3:1997.

5.3.2. Akoestisch rapport

Van de metingen wordt een akoestisch rapport opgesteld volgens de vereisten in de meetnorm EN 1793-4. Aanvullend wordt de extra hoogte van bron- en ontvangerposities die is aangehouden bij de meting met de diffractor op het scherm vermeld.

6. Toelichting

6.1. Algemeen

Wijzigingen:
Ten opzichte van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 zijn er een aantal wijzigingen doorgevoerd in deze methode:

- Er zijn nieuwe bovenbouwcorrecties toegevoegd;
- De meetperiode voor emissiemetingen bij stalen bruggen is aangepast;
- De meetmethode is vernieuwd;

- SRM1 is verwijderd;
- Overstandgeluid is toegevoegd;
- De afmetingen en helling van objecten hebben effect op hun reflectiebijdrage;
- Hoe om te gaan met kleine aaneengesloten objecten is gedefinieerd;
- Hoe om te gaan met kleine bronnen is gedefinieerd; en
- Er is een meetmethode voor vaststellen tramemissie en bovenbouwcorrecties opgenomen.

6.2. Begrippen

Het begrip rekeneenheid is hier geïntroduceerd om de bij de definitie van de verkeersintensiteit in het verleden vaak gehanteerde begrippen as- of draaistelintensiteit te vervangen. Dit is enerzijds gebeurd om de eenvoud te verhogen en anderzijds omdat de nu gehanteerde definitie de geluidemissie beter blijkt te beschrijven. Bij getrokken treinen worden de locomotief en de rijtuigen (bij personentreinen) of de wagens (bij goederentreinen) alle aangemerkt als eenheden. Bij treinstellen moeten alle samenstellende delen worden opgevat als eenheden. Het aantal assen of draaistellen per eenheid is bij de bepaling van de intensiteiten dus niet van belang.

Het akoestisch onderzoek richt zich, voor spoorwegen die niet zijn aangewezen in bijlage IVb, op het maatgevende (dat wil zeggen het voor de geluidbelasting bepalende) jaar en (in dat jaar) op het langtijdig equivalent geluidniveau gedurende de dag-, de avond- en de nachtperiode. Het gemiddelde over deze drie perioden bepaalt de waarde van het geluid in L_{den}. In de praktijk zal echter meestal voor een meer praktische benadering worden gekozen, die ook aansluit bij de bepaling van het geluid in dB(A), zoals die plaatsvond voor de introductie van de L_{den}. Daarbij wordt uitgegaan van een periode die in akoestische zin voor het gehele jaar representatief is. Voor een dergelijke periode (het representatieve tijdvak) wordt het zogenoemde langtijdig equivalent geluidsniveau bepaald. Als de ene dag ten aanzien van verkeersintensiteiten en verkeerssamenstelling niet significant verschilt van een andere dag, hoeft het representatieve tijdvak niet langer dan een dag te zijn. Daar waar periodieke of andere variaties optreden met betrekking tot de treinenloop, moeten langere tijdvakken worden beschouwd. Bij de gebruikelijke reizigersdiensten zal dit niet het geval zijn, maar goederenvervoer op het spoor kan van dag tot dag sterk verschillen. Daarom wordt met name voor goederenvervoer veelal uitgegaan van het aantal treinen gedurende een langere periode. De in het tijdvak van het voor de geluidbelasting bepalende jaar optredende variabele intensiteiten worden rekenkundig gemiddeld tot een representatieve verkeersintensiteit: de verkeersintensiteit.

De representativiteit en bruikbaarheid van de resultaten van een akoestisch onderzoek staan of vallen met de realiteitswaarde van de gehanteerde verkeersvariabelen. De primaire eis die aan een akoestisch onderzoek moet worden gesteld, is dat het zo nauwkeurig mogelijk de (toekomstige) geluidbelasting aanduidt. Dit zal alleen het geval zijn als niet alleen optimale aandacht wordt besteed aan de akoestische aspecten, zoals bodemdemping en reflectie-invloeden, maar als ook aan het onderzoek een deugdelijke opgave, meestal gebaseerd op een prognose, ten grondslag ligt. Voorkomen moet worden dat geluidwerende maatregelen, die aan de hand van de resultaten van een akoestisch onderzoek worden getroffen, na enkele jaren onvoldoende effectief blijken te zijn, als de verkeersintensiteiten – en dus de geluidbelastingen – hoger zijn dan aanvankelijk was geschat.

6.3. Spoorvoertuigcategorieën

In deze bijlage is bepaald dat al het verkeer over het spoor moet worden toegedeeld aan een van de genoemde spoorvoertuigcategorieën. Voor vrijwel alle van het Nederlandse net gebruikmakende spoorvoertuigen is dit al gebeurd en zijn de kenmerken vastgelegd in de vorm van emissiekentallen. In hoofdstuk 2 zijn deze emissiekentallen opgenomen voor de octaafbanden. Van een groot aantal in Nederland gebruikte types bovenbouw zijn ook de kenmerken beschikbaar en opgenomen in hoofdstuk 2 van deze bijlage. Nieuw materieel kan worden toegekend aan een bestaande spoorvoertuigcategorie. Hiervoor moeten metingen worden gedaan volgens procedure

A uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006. Als nieuw materieel niet kan worden ingedeeld in een van de spoorvoertuigcategorieën, bijvoorbeeld als het materieel stiller is dan de bestaande spoorvoertuigcategorieën, dan worden de nieuwe emissiekentallen volgens procedure B uit de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006 vastgesteld. Door een wijziging van deze bijlage kunnen de nieuwe emissiekentallen worden opgenomen in een nieuw te creëren spoorvoertuigcategorie. Voor trams is er een speciale procedure voor het inmeten van materiaal en bovenbouw. De reden is dat op tramlijnen vaak met maar één specifieke tram wordt gereden. Het ligt voor de hand om dan te kunnen rekenen voor dat specifieke tramtype.

6.4. De geluidemissiegetallen (hoofdstuk 2)

De vaststelling van geluidemissiegetallen vindt plaats per geluidemissietraject, dat wil zeggen per spoorweggedeelte waarover de emissie van spoorvoertuiggeluid min of meer constant kan worden verondersteld. Voordat de geluidemissiegetallen kunnen worden berekend, moet dus eerst de ligging van de geluidemissietrajecten worden bepaald of anders geformuleerd: de plaatsen op de spoorweg waar de overgangen tussen de geluidemissietrajecten liggen.

In principe liggen deze overgangen op plaatsen waar een of meer van de invoergegevens van de emissieberekening op een voor het eindresultaat relevante wijze veranderen.

Op plaatsen waar een gebied met spoorstaafonderbrekingen start of eindigt, zoals bij voegenspoorstaven, wissels en kruisingen, kan, bij korte opeenvolging van geluidemissietrajectovergangen, de afstand van 30 m zoveel kleiner worden genomen als nodig. Het geluidemissiegetal per octaafband wordt berekend voor meerdere bronhoogten.

Vooral voor het berekenen van afscherming is deze verfijning noodzakelijk. Wanneer spoorvoertuigen die zijn uitgerust met zogenoemde blokremmen hun remming uitvoeren verschuift de bron van de geluidemissie duidelijk naar boven. Niet alle categorieën spoorvoertuigen hebben – dominante – emissies op alle bronhoogten. Met name de hogesnelheidstreinen hebben belangrijke hooggelegen bronnen. Bij spoorvoertuigen die zijn ontworpen voor een lagere maximumsnelheid kan de bijdrage van hoger gesitueerde bronnen veelal op 0 worden gesteld.

De verschillende baancorrectiefactoren zijn afhankelijk van het materieeltype. De onderscheiden factoren dekken vrijwel alle baantypen die in de praktijk worden aangetroffen. Een uitzondering vormen onder andere nog de stalen viaducten.

Het geluidemissiegetal ter plaatse van stalen bruggen en andere niet in deze bijlage genoemde kunstwerken en baanconstructies kan door middel van meting worden bepaald. Hierbij wordt de meetmethode volgens hoofdstuk 4 als uitgangspunt gebruikt.

De tabellen met correcties voor bovenbouwconstructies bevatten niet de correcties voor de situatie van een baan met raildempers op houten dwarsliggers. Voor deze situatie kan worden gerekend met de situatie van een baan met betonnen dwarsliggers (bb=1).

De geluidemissiegetallen voor dieselmaterieel en sommige elektrische locs bevatten niet het aandeel van de geluidproductie bij acceleratie en stationair draaien. Omdat dit uitlaatgeluid en ventilatorgeluid hoog wordt geëmitteerd, moet worden bedacht dat het aanbrengen van schermen op plaatsen waar geregeld materieel accelereert of stationair draait nauwelijks zin heeft als met dit uitlaatgeluid geen rekening wordt gehouden. Hiervoor wordt bij overstand op spoorwegemplacementen de methode voor industrielawaai (bijlage IVh) gebruikt. De deelbijdrage hiervan wordt energetisch opgeteld met de bijdrage van rijdende treinen.

De emissieformules zijn geldig vanaf 40 km/u tot een zekere maximumsnelheid die per voertuigcategorie verschillend kan zijn. Voor situaties waarbij de werkelijke snelheid lager is dan 40 km/u kan worden gerekend met de emissie horend bij 40 km/u, wat over het algemeen een lichte overschatting van de werkelijke emissie zal geven. Dit geldt bijvoorbeeld voor rangerende treinen of bij stations. Voor trams is een uitzondering gemaakt. Deze rijden meestal langzamer. Hier zijn de emissieformules geldig vanaf 30 km/u. De weergegeven maximumsnelheid per voertuigcategorie zegt alleen iets over het bereik waarover emissiekentallen geldig zijn. Buiten dit bereik wordt niet gerekend. Een treintype binnen een categorie kan zelf een lagere maximumsnelheid hebben dan de weergegeven maximumsnelheid.

6.4.1. Effect van spoorstaafruwheidsbeheersing

Formule 2.3c kan worden gebruikt in situaties waarin structureel sprake is van een fors hogere spoorstaafruwheid dan het landelijk gemiddelde dat de basis is voor deze meet- en rekenmethode. Deze formule is echter met name bedoeld om de mogelijkheid te bieden de geluidsreducerende effecten van het onderhouden van het spoor in een toestand met extra lage spoorstaafruwheid in de berekening te verwerken. Deze bronmaatregel bestaat uit het eenmalig aanbrengen van de extra lage spoorstaafruwheid en het vervolgens onderhouden van dit lage ruwheidsniveau. Door inzet van speciale slijptreinen en slijptechnieken is dit mogelijk; men spreekt ook wel van ‘akoestisch slijpen’. Essentieel is dat de spoorwegbeheerder dit speciale onderhoud naar behoren vormgeeft. Belangrijk onderdeel daarbij is een jaarlijkse controle van het ruwheidniveau van de sporen. Deze monitoring kan de spoorwegbeheerder vormgeven door handmetingen te laten uitvoeren, maar ook meetsystemen vanaf spoorvoertuigen zijn hiervoor wellicht geschikt.

6.4.2. Toeslag voor kunstwerken

Het is mogelijk het rolgeluid afkomstig van het spoor op een kunstwerk te bepalen op dezelfde wijze als omschreven in procedure C van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006. Er wordt een spoorwegoverdracht bepaald die de geluidskarakteristiek van het kunstwerk bevat. Dit kan de toeslagwaarden uit de tabellen in hoofdstuk 2 vervangen.

6.4.3. Geluid van stilstaande treinen

Voor het bepalen van het geluid van stilstaande treinen kan geen gebruik gemaakt worden van de rekenmethode voor spoorwegen. Voor stilstaande treinen wordt de methode voor industriegeluid gebruikt. De deelbijdragen op een immissiepunt voor de rijdende en stilstaande treinen worden vervolgens energetisch opgeteld.

6.5. Standaardrekenmethode (hoofdstuk 3)

Algemeen

Omdat het onmogelijk is om in deze bijlage een methode te geven die in alle gevallen toepasbaar is, wordt per onderdeel van de meet- en rekenmethode aangegeven onder welke omstandigheden nader onderzoek op dat onderdeel noodzakelijk is. Uitvoerenden van nader onderzoek worden geacht een grote mate van deskundigheid te bezitten.

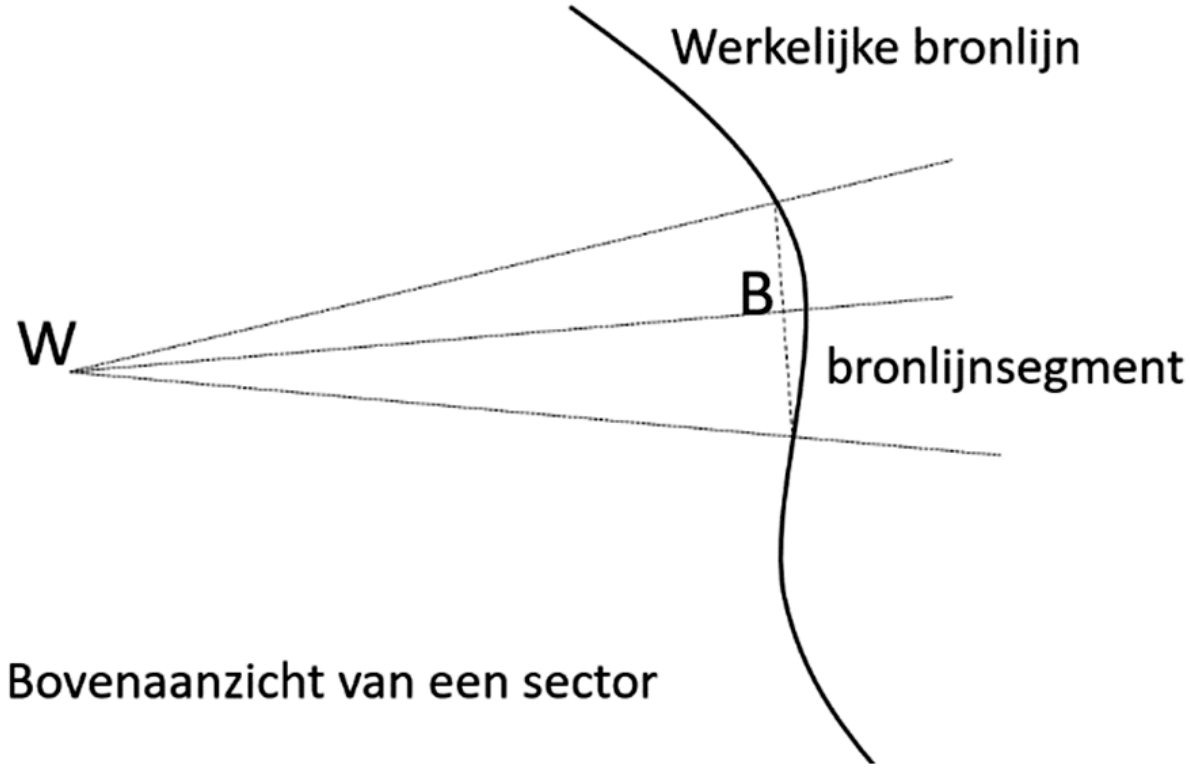
Het overdrachtsmodel dat in de standaardrekenmethode wordt gehanteerd, met name het gedeelte over de bodemdemping en de schermwerking, is gebaseerd op het gekromde stralenmodel bij meewindcondities. Bij de berekening van de schermwerking, volgens de theorie van Maekawa, wordt de kromming van de geluidsstralen verdisconteerd door de werkelijke schermhoogte met een ineffectief deel te verminderen. De bij dit overdrachtsmodel veronderstelde meewindcondities zijn echter niet representatief als meteorologisch gemiddelde. Door een meteocorrectieterm op te nemen in het model wordt een 'meteogemiddeld' equivalent geluidsniveau L_{Aeq} verkregen.

De geluidemissiegetallen per geluidemissietraject, gespecificeerd per octaafband, worden als bekend verondersteld. De geometrische invoergegevens zullen vaak afkomstig zijn van goed gedetailleerd kaartmateriaal (horizontale projectie en verticale doorsneden van de relevante objecten). Ten behoeve

van de automatische verwerking zullen deze gegevens alleen geschematiseerd in de berekening worden ingevoerd (gekromde lijnen worden benaderd door rechte lijnstukken, de hoogte van glooiend maaiveld wordt met een gemiddelde waarde aangegeven, akoestisch niet relevante details worden weggelaten etcetera). Dit maakt de invoer van gegevens een bezigheid die een zeker akoestisch inzicht vereist. Met name in complexe akoestische situaties moet bij de rapportage zowel het oorspronkelijk kaartmateriaal als de geschematiseerd ingevoerde geometrie worden toegevoegd.

Begripsbepalingen

Bij de berekening van de overdracht (bodemeffect, schermwerking en meteocorrectie) wordt uitgegaan van puntbronnen. Per sector wordt daartoe de bron, die strikt genomen een stukje lijnbron (het bronlijnsegment) is, gelokaliseerd gedacht in één punt, hier het bronpunt genoemd.



Figuur 6.1 Illustratie bij het begrip bronlijnsegment.

Voor de gevallen waarin er kleine bronnen zijn die niet een hele sectorhoek omvatten, is een aanvullende bepaling opgenomen om de bijdrage van deze kleine bronnen mee te kunnen nemen. Daarbij ontstaat de mogelijkheid om de bijdrage te bepalen op korte lijnsegmentjes van een bronlijn.

Hoofdformule

De gegeven formules 3.1a en 3.1b zijn afgeleid uit de definitie van het equivalente geluidsniveau L_{Aeq}, die luidt:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{p_{A(t)}}{p_0} \right)^2 dt \right] \qquad (6.1)$$

waarin t_1 en t_2 respectievelijk de begin- en de eindtijd zijn van een gespecificeerd tijdsinterval in seconden, $p_A(t)$ de momentane A-gewogen geluiddruk (in Pa) en p_0 de referentiegeluiddruk van 20 µPa is.

De constante van -58,6 hierin is het gevolg van het feit dat:

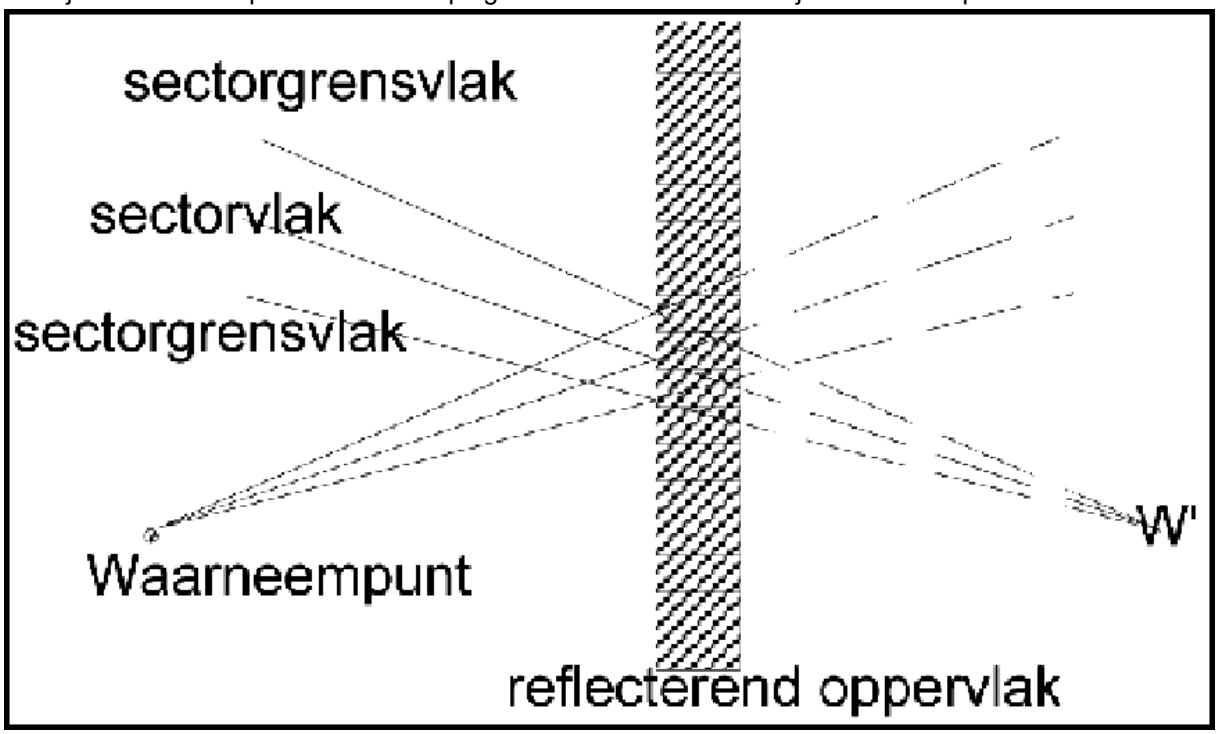
- het geluidemissiegetal L_E het geluidvermogen per km representeert in plaats van per m;
- de openingshoek in de geometrische uitbreidingsterm (Φ) in graden is in plaats van in radialen;
- de constante 1/4 π ontbreekt in de geometrische uitbreidingsterm.

Dit leidt tot een term +10 lg (1/1.000).(π/180).(1/4 π) = -58,6 dB.
In de regeling zijn drie intervallen gespecificeerd, te weten de dagperiode lopende van 07.00-19.00 uur, de avondperiode lopende van 19.00-23.00 uur en de nachtperiode lopende van 23.00-07.00 uur. Alle termen in het rechterlid van formule 1b zijn voorzien van een of meer van de indices *i*, *j*, of *n*, omdat de berekening hier alleen betrekking heeft op één octaafband, één sector en één bronpunt, is omwille van de duidelijkheid afgezien van de vermelding van de indices.

De sommatie over de index *n* (van 1 tot en met *N*) beschrijft de (energetische) superpositie van de afzonderlijke bijdragen van de bronlijnen. De sommaties over de indices *i* (van 1 tot en met 8) en *j* (van 1 tot en met *J*) zijn de numerieke integraties over de frequentie (octaafbanden) en de totale openingshoek van het waarneempunt (sectoren). In de meeste gevallen is het voldoende om alle sectoren een openingshoek van 5° toe te kennen. Sectoren met een openingshoek kleiner dan 5° kunnen nodig zijn omdat bij discontinuïteit in de geometrie (hoeken van gebouwen, uiteinden van schermen en dergelijke) en in de verkeersgegevens (bij verandering van het geluidemissiegetal) sector-grensvlakken moeten worden gelegd. De totale openingshoek van het waarneempunt kan twee waarden hebben, te weten:

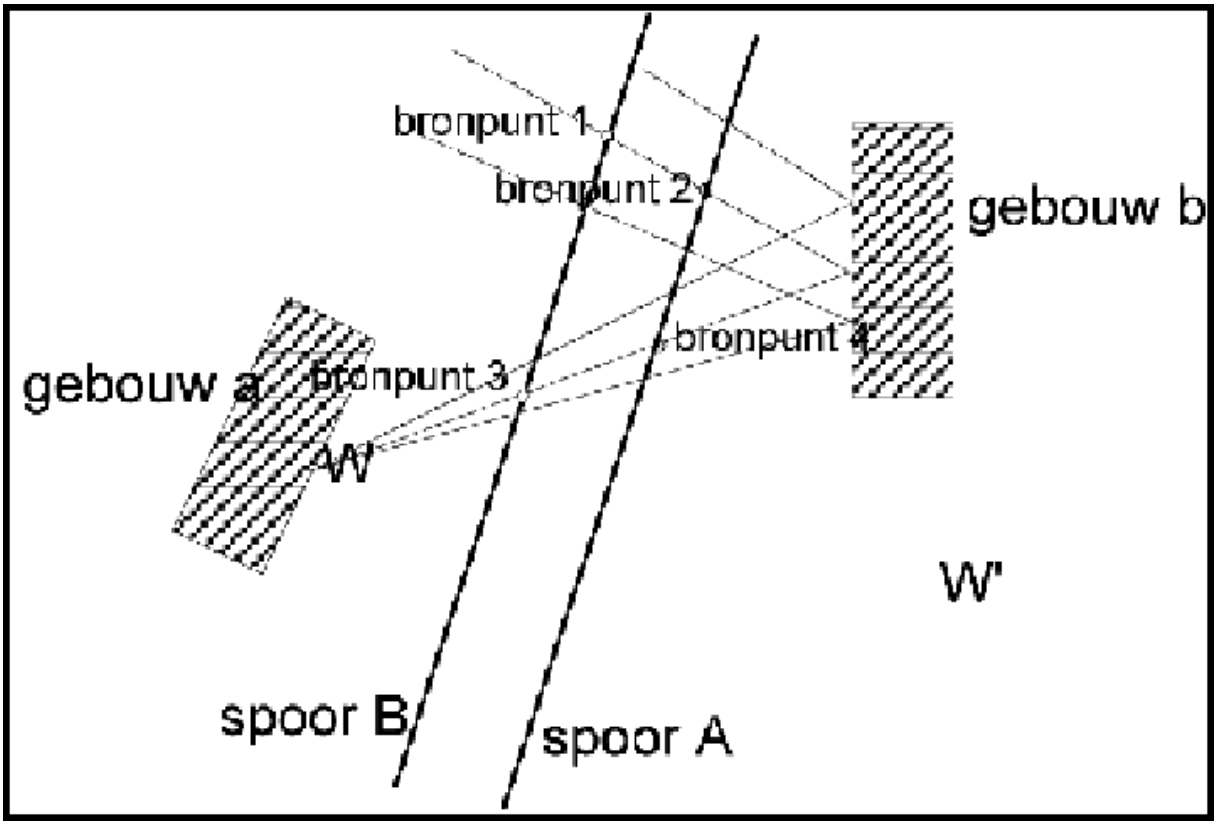
a. 180° als het L_{Aeq} dient voor het berekenen van het geluid op een geluidgevoelig gebouwd; of
b. 360° in andere situaties.

Reflecties
In figuur 6.2 is ter toelichting een voorbeeld opgenomen van de wijze waarop de constructie van een sector voor de berekening van de invloed van reflecties verloopt. Het gedeelte van de ongereflecteerde sector rechts van het reflecterend oppervlak wordt vervangen door het spiegelbeeld ervan ten opzichte van het reflecterend oppervlak. Het gespiegelde sectordeel hoort bij het waarneempunt W' dat het spiegelbeeld is van het werkelijke waarneempunt W.



Figuur 6.2 De constructie van een sector na reflectie.

In figuur 6.3 is een voorbeeld gegeven van een sector die ten gevolge van een reflectie voor de tweede maal een spoorweg snijdt. De bijdrage van de getekende sector aan het equivalente geluidsniveau L_{Aeq} moet hier worden berekend uit de superpositie van de bijdragen van de bronpunten 3 en 4 (direct) en de bronpunten 1 en 2 (via reflectie). Bij oneffenheden van het reflecterend oppervlak moet bij gevels worden gedacht aan balkons, galerijen, trappenhuizen en dergelijke. Als het bron- of waarneempunt zicht op korte afstand hiervan bevinden, kan het verstrooiend effect van de oneffenheden leiden tot geluidsniveaus die niet overeenkomen met de uitkomsten van deze rekenmethode. Een nader onderzoek, bijvoorbeeld praktijk- of schaalmodelmetingen, kan hierin uitkomst brengen. Als het waarneempunt zich op de gevel bevindt (dit is het geval wanneer het geluid op de gevel moet worden vastgesteld), is bovenstaande uiteraard niet van toepassing op het waarneempunt.



Figuur 6.3 Voorbeeld van een sector die door een reflectie tweemaal een spoorweg snijdt.

In sommige gevallen hebben gebruikte databestanden een hoge mate van detaillering. Hierdoor kan het zijn dat een object uit een groot aantal zeer kleine vlakjes bestaat, of dat meerdere aaneengesloten objecten een groter object vormen. In dit geval wordt er gekeken of het samenstel van objecten of vlakken groot genoeg is. Vervolgens wordt alleen gerekend met het vlak dat door de zichtlijn wordt doorsneden alsof dit vlak met al de bijbehorende eigenschappen de gehele sectorhoek doorsnijdt. In de praktijk kan voor de toets of een object groot genoeg is in een 2D vlak gekeken worden of meerdere objecten elkaar raken. Dan worden deze objecten als 1 object beschouwd en wordt gekeken of dit object de gehele sectorhoek doorsnijdt.

Bij reflecties in hellende objecten wordt de spiegelbron in het schuine scherm gespiegeld. Hierbij krijgt deze spiegelbron een andere hoogte. Dit heeft effect op de verdere overdracht. Voor het bepalen van de bodemdemping zou in feite het bodemverloop mee moeten worden gespiegeld. Het handhaven van de bronhoogte voor de bodemdemping heeft echter hetzelfde effect. De mate van reflectie wordt ook bepaald door de hoogte van het reflecterend oppervlak. Om dit te bepalen wordt de overlap van de Fresnelzone met het scherm berekend.

Overdrachtsverzwakking L_{OD}
De overdrachtsverzwakking is de som van de demping door de bodem (D_B), demping door de lucht (D_L) en een correctieterm voor gemiddelde meteorologische omstandigheden (C_M).

Luchtdemping D_L
De gegeven waarden van δ_{lucht} zijn afgeleid uit het tertsbandspectrum ISO-DIS 3891 bij 10° C en 80% relatieve vochtigheid. Vooral bij de hoge frequentiebanden is enige compensatie geïntroduceerd voor het sterk dispersieve karakter van de absorptie.

Bodemdemping D_B
De indeling in drie bodemgebieden (brongebied, tussengebied en ontvangergebied) is noodzakelijk omdat bij het aangenomen gekromde-stralen model bodemreflecties optreden in de nabijheid van de bron zowel als de waarnemer en, bij voldoende grote afstand tussen bron en waarnemer, ook in het tussenliggende gebied. Elk van die gebieden kan een andere bodemgesteldheid hebben, zodat bij de berekening drie verschillende absorptiefracties nodig zijn.

Onder akoestisch hard wordt hier verstaan: klinkers, asfalt en andere wegverhardingen, wateroppervlakken en dergelijke. Niet akoestisch hard zijn: grasland, landbouwgrond met en zonder gewas, zandvlakten, grond onder vegetatie en dergelijke.

Schermwerking L_{SW}
Omdat dit onderdeel van het rekenmodel alleen geschikt is om de bijdrage van het geluid dat via diffractie over een object het waarneempunt bereikt te verrekenen, moet het aandeel van de geluidstransmissie door het object te verwaarlozen zijn.

Met andere woorden, de geluidisolatie van het object moet belangrijk hoger zijn dan de berekende schermwerking om als afscherming in aanmerking te komen. Gebouwen, aarden wallen en dergelijke voldoen hier in het algemeen wel aan; voor schermen, muren en soortgelijke objecten moet gelden dat de massa per eenheid van oppervlakte tenminste 10kg/m^2 bedraagt en er zich geen grote kieren of openingen ('akoestische lekken') in bevinden. Aangetoond is dat een afwateringsspleet aan de onderzijde van een scherm van niet meer dan 10 cm hoogte en onder de bovenzijde van het spoor geen meetbare invloed heeft op de werking van het scherm.

De schermwerking in deze meet- en rekenmethode is gebaseerd op een aantal gevalideerde metingen en berekeningen, die echter niet voor alle denkbare situaties representatief zijn. In de meeste gevallen zijn de benaderingen uit deze meet- en rekenmethode conservatief en wordt de schermwerking onderschat. De toepassing van een lager geluidsscherm is dan wellicht mogelijk als dit door nader onderzoek kan worden onderbouwd. Dit nader onderzoek kan ook bestaan uit een inventarisatie van in het verleden al uitgevoerde onderzoeken, bijvoorbeeld schaalmodel onderzoek, aan soortgelijke schermen in vergelijkbare omstandigheden.

In elk geval moet nader onderzoek plaatsvinden bij toepassing van een reflecterend geluidsscherm, waarbij wordt afgeweken van formule 3.2. De benadering van de werkelijke schermhoogte door een effectieve schermhoogte volgens formule 3.2 is een conservatieve benadering; onderzoek van een aantal situaties heeft dit aangetoond.

Spoorspecifieke absorptie
Het in paragraaf 3.7 opgenomen spoorverkeersspectrum ter bepaling van de spoorspecifieke absorptie is gebaseerd op de aanwezigheid van ten minste 50% goederenverkeer (meer laagfrequent geluid). Voor situaties met minder goederenverkeer is de feitelijke spoorstaafspecifieke absorptie meestal groter en zal het resultaat dat wordt verkregen door gebruik te maken van het opgegeven spectrum aan de veilige kant zitten.

Spoorspecifieke geluidisolatie
De geluidisolatie van zwaardere bouwmaterialen zoals beton en steen en ook van aarden wallen is over het algemeen voldoende om te voorkomen dat geluid door het scherm heen een bijdrage levert bij de waarnemer; het meeste geluid gaat immers via buiging over de schermrand heen. Bij toepassing van lichtere bouwmaterialen (bijvoorbeeld bij deuren of bij dilatatievoegen) en hoge schermen (3 tot 4 m schermhoogte) en bij waarneempunten zeer dicht achter het scherm (tot 10 m) is voorzichtigheid geboden.

Octaafbandspectrum van het equivalente geluidsniveau
Voor een nauwkeurige bepaling van het equivalente geluidsniveau binnen woningen is het gewenst dat men beschikt over het octaafbandspectrum van het voor de gevel heersende geluidsveld. Op de beschreven wijze verkrijgt men een achttal waarden voor de equivalente geluidsniveaus in de onderscheiden octaafbanden. De A-weging is hierin al verdisconteerd. Het verdient in alle gevallen aanbeveling om naast het equivalente geluidsniveau in dB ook het octaafbandspectrum te vermelden bij de rapportage.

Meteocorrectieterm
Ten opzichte van het Reken- en meetvoorschrift geluid 2012 is de wijze waarop rekening wordt gehouden met de meteocorrectieterm gewijzigd. In het verleden werd geen rekening gehouden met de richting van het geluid. In navolging van de Europese methode Cnossos-EU is gekeken naar het effect van verschillende richtingen in een windroos bij de voortplanting van geluid. Hierop is de maximale waarde van de meteocorrectieterm aangepast. Deze is nu afhankelijk van de richting van het geluid en van de etmaalperiode. Uit onderzoek is gebleken dat er, jaargemiddeld, geen significant verschil is tussen de avond- en nachtperiode. Ook blijkt dat de locatie in Nederland geen invloed heeft op de mate van gunstige overdracht per richting. Hierdoor kan voor heel Nederland worden volstaan met de in pararaaf 2.9 opgenomen formules.

6.6. Meetmethoden (hoofdstuk 4)
6.6.1. Standaardmeetmethode
Bij het uitvoeren van metingen volgens de standaardmeetmethode moet er inzicht zijn in de rol en het doel van de metingen. Als het om toetsing aan normen gaat, binnen het kader van deze bijlage, dan kunnen metingen een rol hebben als rekenmodellen tekortschieten. Deze schieten tekort als ze worden gebruikt buiten het toepassingsgebied waar ze voor zijn bedoeld. In sommige gevallen is er een klein deel van de berekening dat buiten het toepassingsgebied valt. In dat geval kan voor die deelbijdrage worden gedacht aan metingen.

Een exacte beschrijving van het toepassingsgebied van de rekenmethode is niet gegeven. Buiten het toepassingsgebied vallen bijvoorbeeld de gevallen waarvan is aangegeven dat nader onderzoek noodzakelijk is en situaties waarin de standaardrekenmethode niet voorziet.

Het kan ook voorkomen dat er gebruik wordt gemaakt van een specialistische rekenmethode, als een specifieke situatie buiten het toepassingsgebied valt van de meet- en rekenmethode. Een dergelijke methode is niet voor te schrijven, omdat deze afhankelijk is van de situatie.

Het meten van een L_{den} volgens de ISO-norm (NEN-ISO 1996-2) is in het algemeen complex, omdat over een groot aantal variabelen moet worden nagedacht bij het plannen en uitvoeren van de metingen. De uitwerking van de metingen is erop gericht inzicht te geven in de representativiteit en betrouwbaarheid van de L_{den}-waarde. Vooral bij langdurige onbemande metingen is een systematische en zorgvuldige analyse van de meetonzekerheid van belang, omdat de resultaten door tal van factoren onbedoeld kunnen worden beïnvloed. Toch is langdurig meten vaak juist nodig om een resultaat te verkrijgen dat een representatief beeld geeft.

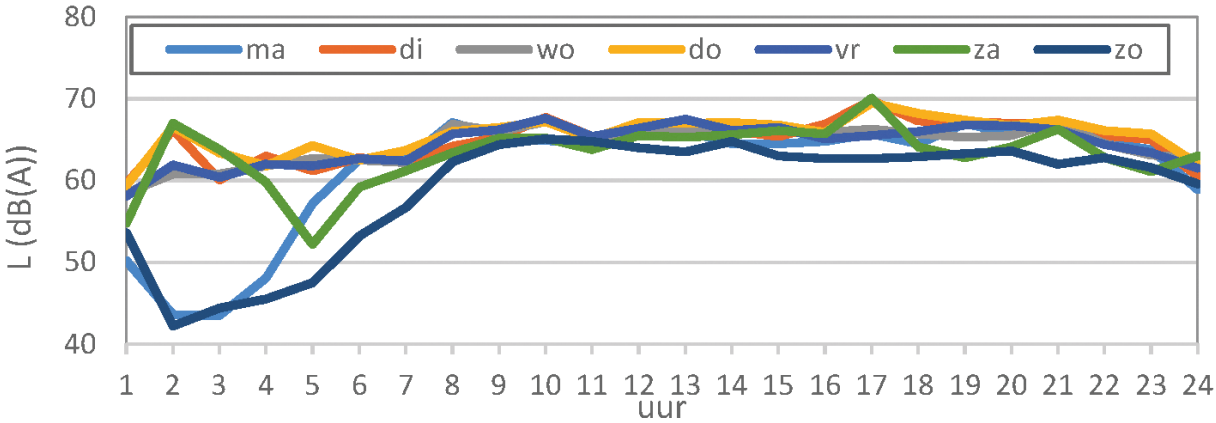
De eenvoudige meetmethode kan onder zekere voorwaarden worden gebruikt om met onbemande langdurige metingen een indicatie te verkrijgen van L_{den}. De meteorologische criteria onder punt D van de eenvoudige methode zijn nodig om een representatief jaargemiddelde te bepalen zonder dat correcties nodig zijn voor afwijkingen in de overdracht en de emissie. In het algemeen geldt met deze criteria, die zijn gebaseerd op een minimale meetperiode van twee maanden, dat metingen in enkel de wintermaanden of enkel de zomermaanden niet voldoen. Als aan een van deze criteria niet wordt voldaan, moet langer worden gemeten. Bij het besluit om wel of niet langer door te meten kan gebruik worden gemaakt van KNMI-data die daags na elke meetdag beschikbaar komen (toetsing aan de meteorologische criteria). Opmerking: KNMI-uurgegevens zijn opgegeven in Universal Time. Deze moeten worden omgezet naar de tijdrekening van het geluidmeetstation.

De verwerking van meetresultaten kan deels worden geautomatiseerd met spreadsheets met draaitabellen, of met scripts. Om de verwerking in goede banen te leiden, vooral de bepaling van de meetonzekerheid, moet de in deze meet- en rekenmethode aangegeven volgorde worden gevolgd. Hoewel het daarbij gaat om een vereenvoudigde aanpak ten opzichte van de ISO-norm, kan men bij grote aantallen meetgegevens gemakkelijk het spoor bijster raken. Als leidraad voor de verwerking worden in paragraaf 6.6.2 voorbeelden geven.

6.6.2. Leidraad verwerking metingen eenvoudige methode

Voor de verwerking van de ruwe meetwaarden, dat wil zeggen de L_{eq} per seconde of *LE* per event, kunnen de volgende stappen worden gehanteerd:

1. Verwijder L_{eq}-waarden en *LE*-waarden met kortdurende verstoringen, dit wil zeggen stoorgeluid dat enkele seconden tot enkele minuten aanhoudt.
2. Bepaal uurgemiddelde waarden *L'* en L_{res}. Maak daartoe een lange tabel met uurwaarden *L'* en L_{res}, voor de gehele meetperiode. Dus één regel per uur, 24 regels voor elke meetdag.
3. Markeer de uren met achtereenvolgens *overmatig residueel geluid* (het gaat dan om residueel geluid dat min of meer continu aanwezig is, want kortdurend stoorgeluid is al verwijderd), met *regen*, met *harde wind*, of met *niet-representatieve geluidoverdracht*. Van elk van deze vier oorzaken van verstoringen wordt het percentage uren ten opzichte van het geheel gerapporteerd. Als een uur door meerdere oorzaken is verstoord, telt het uur mee bij de eerste daarvan uit dit rijtje. Bijvoorbeeld wanneer een uur wordt verstoord door zowel harde wind als neerslag, telt dit mee bij *regen*.
4. Vul de lange tabel aan met een kolom voor de waarde *L* die wordt berekend met formule (4.1).
5. Om inzicht te geven in het verloop van het geluid over het etmaal, wordt een grafiek gemaakt van *L* per uur van het etmaal, waarbij energetisch wordt gemiddeld over de gehele meetperiode. Zie het onderstaande voorbeeld. Deze grafiek is een tussenresultaat: ze wordt in de rapportage opgenomen maar niet verder gebruikt in de stappen hierna. Opvallende zaken in het verloop per weekdag worden becommentarieerd in de rapportage.



6. Vul de lange tabel uit stap 4 aan met een kolom voor de meteostratificatie. Bepaal voor elk uur de meteoklasse M1 tot en met M4 op basis van de windsnelheid en -richting.

7. Maak hulptabellen per etmaalperiode met op elke regel een meetdag; zie onderstaande voorbeeldtabel. De getoonde waarden voor elke meetdag zijn $L_{p=dag,\ m,k}$ en $q_{p=dag,\ m,k}$. De totalen $L_{p=dag,\ m}$ worden berekend met formule (4.3).

Voorbeeld hulptabel dagperiode

	Dag (07.00-19.00 uur)							
Meetdag *k*	L_{M1}	q_{M1}	L_{M2}	q_{M2}	L_{M3}	q_{M3}	L_{M4}	q_{M4}
8-jun			72,5	0,09	65,8	0,91		
9-jun	65,5	1,00						
10-jun	63,3	0,17	66,1	0,67	67,8	0,17		
11-jun	61,0	0,17	63,8	0,50	66,8	0,33		
12-jun	65,4	0,92	68,1	0,08				
13-jun	66,6	1,00						
14-jun	66,4	0,58	65,5	0,42				
15-jun	68,6	0,42	63,0	0,33	67,9	0,25		
16-jun	66,5	1,00						
17-jun	67,6	0,75	63,2	0,25				
18-jun	65,5	0,83	64,8	0,17				
19-jun	65,1	0,42	66,2	0,58				
20-jun	68,6	1,00						
$Q_{p=\ dag,\ m}$		8,25		3,09		1,66		
$L_{p=\ dag,\ m}$	66,6		65,8		66,6			
$u_{p=\ dag,\ m}$	1,22		2,29		0,85			

8. Maak een meetonzekerheidsberekening per etmaalperiode. Zie onderstaand voorbeeld. De ISO-norm noemt dit het ‘meetonzekerheidsbudget’. In het voorbeeld is de meewindrichting 140° (van het zuidoosten naar het noordwesten).

Meetonzekerheidsbudget dagperiode	**Herkomst**	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**Resultaat**
$f_{optreed}$ bij 140°	Uit tabel 4.3	0,6	0,2	0,1	0,1	
$L_{p=\ dag,\ m}$	Overnemen uit hulptabel dagperiode	66,6	65,8	66,6		
$u_{p=\ dag,\ m}$		1,22	2,29	0,85		
$Lp_{=dag}$	Formule (4.6)					66,0
$c_{p=\ dag,\ m}$	Formule (4.8)	0,69	0,19	0,12		

$\sqrt{(u^2_{wind} + u^2_{nat} + u^2_{meteo} + u^2_{res} + u^2_{slm})}$						1,7
$u_{p=dag}$	Formule (4.7)					2,0

9. Bepaal de L_{den} en de bijbehorende meetonzekerheid. Zie het voorbeeld hieronder.

		***p*=dag**	***p*=avond**	***p*=nacht**	**Resultaat**
L_p	Neem over uit tabellen meetonzekerheidsbudget	66,0	62,1	62,9	
u_p		2,0	2,6	2,3	
L_{den}	Formule (4.9)				69,7
u_{den}	Formule (4.10)				1,7

10. Geef het eindresultaat als volgt op: L_{den} = 69,7 ± 3,4 dB (95% BI).

Bij een vergelijking van een berekende L_{den} met de gemeten L_{den} wordt altijd dit betrouwbaarheidsinterval betrokken. Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de uitgangspunten van de rekenmethode betrokken die kunnen leiden tot verschillen tussen rekenen en meten. Dat laatste is nodig omdat van de berekende waarde geen betrouwbaarheidsinterval bekend is.

6.6.3. Metingen in afwijkende situaties

In situaties die afwijken van de voorwaarden voor de eenvoudige methode uit paragraaf 4.1.1, is het soms mogelijk om met enkele controles of aanpassingen toch de aanpak van de eenvoudige methode te volgen. Bij rapportage-items en 12 moet daarop worden ingegaan. Het gaat dan bijvoorbeeld om metingen op korte afstand voor een reflecterende gevel. Annex B van de ISO-norm geeft aan op welke wijze dergelijke metingen worden gecorrigeerd en welke aanvullende meetonzekerheid daarvoor geldt. Een ander voorbeeld betreft situaties waarin de meetafstand D (veel) groter is dan 20 ($h_s + h_r$). In dat geval kan de eenvoudige meteostratificatie van tabel 4.2 en tabel 4.3 niet worden gebruikt. Annex A van de ISO-norm geeft aan hoe de meteostratificatie dan moet gebeuren en Annex F.1 laat zien welke onzekerheid daarmee gepaard gaat.

In situaties die geheel of gedeeltelijk buiten het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode vallen, wordt de ISO-norm onverkort gevolgd, zij het dat daarbij enkele specifieke uitgangspunten gelden voor de Nederlandse situatie. In paragraaf 4.1.3 zijn deze uitgangspunten vermeld.

6.6.4. Toepassing van de methode voor meting en modellering van bruggen

De methode kan worden gebruikt voor stalen bruggen met eventuele geluidschermen of geluidafschermende delen, onder de aanname dat het geluidsscherm alleen effect heeft op het rolgeluid (de dipoolbronnen). Ook kan de methode worden gebruikt om het effect van de plaatsing van een geluidsscherm te bepalen. Wel is voorzichtigheid geboden bij toepassing van hoge schermen (hoger dan 4 m), doordat andere effecten een rol kunnen gaan spelen, zoals geluidafstraling door het scherm zelf.

Bij betonnen kunstwerken is de emissie ten gevolge van rolgeluid én bruggeluid verwerkt in de bovenbouwcorrectie. Deze werkwijze kan worden toegepast in situaties met geluidsschermen of afschermende delen met een hoogte tot 2 m boven de bovenkant van de spoorstaven. Bij toepassing van schermen hoger dan 2 m op een betonnen kunstwerk is de methode voor meting en modellering van bruggen bruikbaar, waarbij een vlak brugbijdragefilter van 0 dB1. voor alle octaafbanden moet

worden gehanteerd. Bij twijfel of een kunstwerk moet worden aangemerkt als een betonnen of als een stalen kunstwerk is de constructie van het brugdek (de brugonderdelen direct onder de spoorstaafbevestiging of de ballast) maatgevend. Voor bruggen korter dan 10 m hoeft de methode niet te worden toegepast omdat deze niet als een apart deeltraject in rekening worden gebracht.
[1.] Hiernaar moet nader onderzoek verricht worden. Dit brugbijdragespectrum zal in het algemeen tot conservatieve resultaten leiden.

Voor situaties waarbij nader onderzoek is vereist omdat het brugaandeelfilter niet toepasbaar is (zie bovenstaande opmerkingen) is het mogelijk om met een methode voor het bepalen van het rolgeluid (zoals opgenomen in de paragrafen 2.4 en 2.4.6 van de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006) het brug- en rolgeluidaandeel te meten.

Aangegeven is dat bij meersporige bruggen kan worden volstaan met meting van de toeslag van één spoor, mits het gelijkwaardige sporen zijn. Dit is ook van toepassing voor de zogenaamde 'aanbruggen', situaties waarbij de brug in de lengterichting uit meerdere delen bestaat. Ook dan kan onder de voorwaarde dat het gelijkwaardige brugdelen zijn, volstaan worden met meting van één deel.

Correctie voor afwijkende spoorstaafruwheid
Wat betreft spoorstaafruwheid moet voorkomen worden dat een niet-representatieve situatie beoordeeld wordt. De geluidemissiegetallen van een doorgaand spoor (tabel 3.1) zijn gebaseerd op de referentieruwheid die is afgeleid uit de gemiddelde spoorstaafruwheid in Nederland. Dit is consistent met het onderhoudsregime van het spoor: zeer ruwe spoorstaven wordt op een gegeven moment geslepen en dan is het weer een tijdje glad. Er is echter niets bekend over de gemiddelde spoorstaafruwheid op stalen bruggen en de aanname dat de actuele spoorstaafruwheid representatief is voor de brug is plausibel. Bij het bepalen van de brugtoeslag wordt wel een ruwheidscorrectie toegepast voor de meetdoorsnede op de aardebaan, maar niet voor de brug. De brugtoeslag is dan dus deels het gevolg van de brugconstructie en deels van de hoge spoorstaafruwheid. Deze keuze heeft twee consequenties:

1. De berekende geluidniveaus in de omgeving van de brug zo goed mogelijk overeenkomen met de werkelijk waar te nemen niveaus;
2. Het slijpen van de spoorstaven op de brug als geluidreducerende maatregel meegenomen worden; in dit geval moet ook bij de meetdoorsnede op de brug de spoorstaafruwheid worden bepaald volgens NEN-EN-ISO 3095:2013.

6.6.5. Meetmethode emissies trams
De basis voor deze aangepaste meetmethode voor trams zijn de Technische Regeling Emissiemeetmethoden Railverkeer 2006, NEN-EN-ISO 3095, NEN-EN 15610 (directe wiel en railruwheidsmeting), NPR-CEN/ TR 16891 (meting van gecombineerde ruwheid uit railtrillingen) en de meest recente inzichten uit de CEN werkgroep Railway Source Terms (meting van brontermen, stand 2019).

Bij geluidemissiemetingen aan trams wordt gemeten op ballastspoor onder gecontroleerde omstandigheden met een bekende railruwheid. Er wordt bij voorkeur over ballast heen gemeten (verre spoor) in verband met de reproduceerbaarheid van metingen. Daarnaast wordt zowel op 1,2 m als 3,5 m hoogte boven het rail loopvlak en 7,5 m uit het hart van het meetspoor, om de invloed van bodemreflecties te minimaliseren. De geluidemissie op andere spoortypes wordt met SRM II berekend door middel van een bovenbouwcorrectie en eventueel en ruwheidscorrectie. De bovenbouwcorrectie voor tramsporen wordt in analogie met die voor treinen.

Uitgangspunt voor bronhoogtes is alleen de laagste bron op 0 m voor trams met afscherming van de wielen en de aandrijving.

6.6.6. Reken- en meetvoorschrift diffractor op een geluidscherm

Op basis van metingen en numerieke berekeningen (FEM-PE) is het effect van de diffractor op korte en grote afstand bepaald. Aan de hand van deze resultaten is een rekenregel opgesteld die geschikt is binnen het toepassingsgebied van de standaardrekenmethode.

Uit de FEM-PE sommen bleek een relatie te liggen tussen het extra effect van de diffractor en het Fresnelgetal (N_f). De relatie is onderzocht voor verschillende type diffractoren, die op verschillende frequenties waren afgesteld. Deze relatie bleek nauwelijks af te hangen van de octaafband: wel was er een verschil al naar gelang er een versterking optreedt vanwege de diffractor of een verzwakking.

Bij het toepassen van een diffractoreffect op een scherm wordt geen profielcorrectieterm in rekening gebracht. Het toepassingsbereik van de methode bij een diffractor op scherm beperkt zich tot schermen waarvan de profielcorrectie C_P gelijk is aan 0 in de situatie dat op dat object de diffractor zelf niet zou zijn toegepast.

Naast een rekenregel is ook een meetmethode voor het bepalen van het diffractoreffect vastgelegd. Als basis voor deze meetmethode wordt NEN-EN 1793-4 gebruikt. Er is wel gebleken dat er ten opzichte van deze methode een kleine aanpassing noodzakelijk was. De norm gaat uit van een energetische middeling van het diffractoreffect van alle meetposities. Het blijkt dat de bovenste meetposities ertoe leiden dat er een relatief klein diffractoreffect wordt gemeten waardoor de relatie met het Fresnelgetal niet goed is te leggen. Met een lineaire middeling over de meetpunten is er wel een goede relatie.

6.7. Lijst van symbolen

Symbool	Eenheid	Omschrijving	Paragraaf
α	–	Geluidsabsorptiecoëfficiënt van het object in de octaafband	3.9
ζ	Graden	De hoek van de voortplantingsrichting van het geluid tov een windroos (0° is van Noord naar zuid, 90° is oost naar west, etcetera)	3.5
δ_{lucht}	dB/m	Luchtdempingscoefficiënt	3.5
δ_{refl}	dB(A)	De niveaureductie ten gevolge van één reflectie	3.9
ε	m	Akoestische omweg	3.6
Φ	°	De openingshoek van de sector	3.4
φ	°	De hoek tussen de gemiddelde windrichting tijdens de meting en de kortste verbindingslijn tussen het waarneempunt en het spoor	3.2
Θ	°	De hoek die het sectorvlak maakt met het bronlijnsegment	3.4
γ	–	Functies die gebruikt worden om de bodemdemping te berekenen	3.5
α	–	Fractie van het scherm dat geluidsabsorberend uitgevoerd is	3.3

a		Emissiekental	2.4
$A_{i,S,diff}$	dB	De producteigenschap van de diffractor op een geluidscherm voor octaafbandindex i	5.2
b		Emissiekental	2.4
bb	–	Index voor bovenbouwconstructie	2.2, 2.3
B_b	–	Absorptiefractie van het brongebied	3.5
B_m	–	Absorptiefractie van het middengebied	3.5
B_w	–	Absorptiefractie van het waarneemgebied	3.5
c	–	Spoorvoertuigcategorie	2.4
C_{bb}	dB(A)	De correctie vanwege de bovenbouw	2.4
C_M	dB(A)	Meteocorrectieterm	3.5
C_d	dB(A)	Meteocorrectieterm voor de dag en avond periode	3.5
C_{en}	dB(A)	Meteocorrectieterm voor de nachtperiode	3.5
$C_{s,diff}$	dB	Correctieterm voor een diffractor op een geluidscherm	3.6, 5.2
$C_{spoorconditie}$	dB(A)	De correctie wegens de invloed van dec conditie van het spoor op de geluidemissie	2.4
$C_{ruwheid}$	dB(A)	Coëfficiënt voor het in rekening brengen van afwijkende ruwheid	2.4
C_p	dB(A)	Profielafhankelijke correctieterm	3.3
$C_{p,m}$		Gevoeligheidscoëfficiënten voor de meetonzekerheid U_p	4.1
D_B	dB(A)	Bodemdemping	3.5
$DI_{j,k,b,h,t}$	dB	Diffractie index voor 1/3 octaafband j, meetpositie k, hoek h en hoogte bron b	5.3
DI_j	dB	Diffractie index van een diffractor op een geluidscherm voor 1/3 octaafband j	5.3
D_L	dB(A)	Luchtdemping	3.5
$DL_{\alpha,rail}$	dB	Spoorspecifieke absorptie	3.7
$DL_{R,rail}$	dB	Spoorspecifieke geluidisolatie	3.8
E_{motor}	dB(A)	Emissie vanwege motorgeluid	2.4
Er_{em}	dB(A)	Emissie van remmende spoorvoertuigen	2.4
E_{aero}	dB(A)	Emissie vanwege aerodynamisch geluid	2.4
$E_{koeling}$	dB(A)	Emissie vanwege koeling	2.4
f	Hz	Werkelijke geluidsfrequentie	2.4
$f_{\ oct}$	Hz	Octaafband gemiddelde frequentie	2.4

f_{terts1}, f_{terts1}, f_{terts3}		Tertsband gemiddelde frequenties van een octaafband	2.4
$f_{optreed}$		Optreedfrequentie per sectorhoek van de meewindcomponent in De Bilt	4.1
H	–	Effectiviteit van het scherm	3.6
h_b	m	De hoogte van het bronpunt boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het brongebied	3.5
$H_{correctie,\Delta overdracht}$		Verschil in overdrachtsverzwakking tussen meting op brug en bij de aarden baan	4.2
h_s	,	Werkelijke hoogte van het geluidsscherm ten opzichte van BS	3.3
$h_{s,eff}$	m	Effectieve schermhoogte ten opzichte van BS t.b.v. de modellering	3.3
h_e	m	Effectieve schermhoogte	3.6
h_T	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het plaatselijke maaiveld	3.6
h_w	m	De hoogte van het waarneempunten boven de gemiddelde maaiveldhoogte in het waarneemgebied	3.5
H_{brug}	dB	Empirische brugbijdragefilter	4.2
H_{rol}	dB	Toeslag op het rolgeluid bij een kustwerk	4.2
i	–	Octaafbandindex	2.4, 3.2
j	–	Aanduiding van een sector	3.2
K	–	Het snijpunt van het scherm met de zichtlijn	3.6
L	–	Het snijpunt van het scherm met een gekromde geluidsstraal die onder meewindcondities van bron- naar waarneempunt loopt	3.6
L		Ruwheid (van spoorstaven of wielen van spoorvoertuigen)	2.4
L'	dB(A)	Uurgemiddelde ruwe meetwaarde	4.1
L_{res}	dB(A)	Uurgemiddelde waarde voor residueel geluid	4.1
L	dB(A)	Uurgemiddelde voor residueel geluid gecorrigeerde meetwaarde	4.1
L_p	dB(A)	Jaargemiddeld geluidniveau per etmaalperiode gebaseerd op metingen	4.1
L_{Aeq}	dB(A)	Equivalente geluidsniveau	3.2
$L_{Aeq,br,c,i,k}$	dB(A)	Meetresultaat bij de brug	4.2
$L_{Aeq,br,c,i,k}$	dB(A)	Meetresultaat bij de aardebaan	4.2

L_E^{bs}	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte van de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4, 4.2
L_E^{as}	dB(A)	Geluidemissiegetal op een hoogte van 0,5 m boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4, 4.2
L_E^{2m}	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte van 2,0 boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4
L_E^{4m}	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte van 4,0 boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4
L_E^{5m}	dB(A)	Geluidemissiegetal op de hoogte 5,0 boven de bovenkant van het spoor	2.1, 2.4
$L_{eq,i}$	dB(A)	Het A-gewogen equivalente geluidsniveau in octaafband *i*	3.10
$L_{E,brug\text{-}kunstwerk}$	dB(A)	Het gedeelte van de geluidemissie van de brug dat wordt toegekend aan het kunstwerk	4.2
$\Delta L_{I,\ brug,\ c,i}$	dB(A)	Gemeten immissietoeslag van een brug	4.2
$L_{E,brug\text{-}rol}$	dB(A)	Rolgeluidbijdrage op een kunstwerk	4.2
$\Delta L_{E,brug\text{-}rol}$	dB(A)	Toeslag op de geluidbron op BS en AS hoogte bij een brug waarbij een bovenbouw wordt gemodelleerd als *bb*=1	4.2
$\Delta L_{E,brug\text{-}kunstwerk}$	dB(A)	Geluidemissie ten gevolge van de afstraling van het kunstwerk	4.2
$\Delta L_{I,brug,1e\ schatting,\ c,i}$	dB(A)	Berekende eerste schatting van brugtoeslag op meetpunten ten behoeve van bepalen overdrachtsverzwakkingscorrectie	4.2
$L_{E,totaal}$	dB(A)	De geluidemissie op een kunstwerk alsof er geen geluidemissietoeslag is	4.2
$L_{E,totaal,brug}$	dB(A)	De totale emissie op een kunstwerk	4.2
ΔL_F	dB(A)	De niveaureductie als gevolg van de eindige afmetingen van de reflecterende vlakken	3.9
ΔL_{GU}	dB(A)	Geometrische uitbreidingsterm	3.2
$\Delta L_{E,brug}$	dB(A)	De geluidemissietoeslag vanwege een kunstwerk	4.2
$L_{\lambda,rtr,feitelijk}$	mm	Feitelijke Spoorstaafruwheid	2.4
$L_{\lambda,rtr,ref}$	mm	Referentie spoorstaafruwheid	2.4
$L_{\lambda,rveh,\ c}$	mm	Wielruwheid	2.4
$L_{overstand}$	dB(A)	Bijdrage aan het equivalent geluidniveau vanwege overstand	3.2
ΔL_{OD}	dB(A)	Overdrachtsverzwakking	3.2
ΔL_{SW}	dB(A)	Schermwerking	3.2, 3.6
ΔL_R	dB(A)	Niveaureductie t.g.v. reflecties	3.2, 3.9

$\Delta L_{R,abs}$	dB(A)	Niveaureductie op als gevolg van absorptie bij de reflecties	3.9
m	–	Index voor mate van voorkomen spoorstaafonderbreking en wissels	2.2, 2.3
N_f	–	Fresnelgetal	3.6
N_{refl}	–	Het aantal reflecties tussen bron- en waarneempunt	3.9
n	–	Bronpunt	3.2
p	%	Snelheidsprofiel	2.3, 2.4
Q	h^{-1}	De gemiddelde aantal rekeneenheden van spoorvoertuigen	2.3
r	m	De afstand tussen bron- en waarneempunt, gemeten langs de kortste verbindingslijn	3.4, 3.6
r_0	m	De horizontaal gemeten afstand tussen bron- en waarneempunt	3.5, 3.6
r_L	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BL en LW	3.6
r_T	m	De som van de lengtes van de lijnstukken BT en TW	3.6
r_w	m	De horizontaal gemeten afstand tussen waarneempunt en scherm	3.6
S_b	–	De effectiviteit van de bodemdemping in het brongebied	3.5, 3.6
S_F		Maat voor de verticale afmeting van de Fresnelellipsoide ter plaatse van (de voet van) het reflecterende oppervlak	3.9
S_r		Maat voor het gedeelte van *SF* dat ligt tussen de voet en de top van het reflecterende oppervlak	3.9
S_w	–	De effectiviteit van de bodemdemping in het waarneemgebied	3.5, 3.6
T	°	De tophoek van de dwarsdoorsnede van het object	3.6
u_p	dB(A)	De totale meetonzekerheid voor L_p	4.1
$u_{p,m}$	dB(A)	Standaardafwijking die de gecombineerde onzekerheid in emissie en meteorologische omstandigheden representeert	4.1
u_{wind}	dB(A)	De onzekerheid door het schrappen van uurwaarden met te harde wind.	4.1
u_{nat}	dB(A)	De onzekerheid als gevolg van het meten tijdens periodes met een natte windbol.	4.1
u_{meteo}	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van de juiste meteoklasse	4.1
u_{res}	dB(A)	De onzekerheid in het bepalen van het residueel geluid op basis van L_{90} of L_{95} tijdens onbemande metingen.	4.1
u_{slm}	dB(A)	De meetonzekerheid van de meetketen	4.1

u_{den}	dB(A)	De meetonzekerheid van door metingen vastgesteld L_{den}	4.1
v	km/u	De gemiddelde snelheid van de spoorvoertuigen	2.3
V_{wind}	m/s	Uurgemiddelde windsnelheid	4.1
V_{mee}		Uurgemiddelde meewindcomponent windsnelheid	4.1
W	–	Snelheidsafhankelijk Verdeling emissie tussen ashoogte en bovenzijde spoorstaafhoogte voor hoge snelheidstreinen	2.4
W_{max}	m/s	Toegestane windsnelheden	4.1
z_0	m	De hoogte van de zichtlijn van de bron ter plaatse van het waarneempunt	
z_b	m	De hoogte van de bron ten opzichte van het referentiepeil	3.6
z_C	m	De hoogte van de kromme C ten opzichte van het referentiepeil ter plaatse van het waarneempunt	
z_K	m	De hoogte van punt K (snijpunt scherm en zichtlijn) ten opzichte van het referentiepeil	3.6
z_L	m	De hoogte van punt L (snijpunt scherm en gekromde geluidsstraal) ten opzichte van het referentiepeil	3.6
z_T	m	De hoogte van de top van de afscherming ten opzichte van het referentiepeil	3.6
z_w	m	De hoogte van het waarneempunt ten opzichte van het referentiepeil	3.6

Bijlage IVg. (rekenmethode geluid op een geluidreferentiepunt)

1. Algemeen

Berekeningen voor het bepalen van het geluid op een geluidreferentiepunt worden uitgevoerd volgens de bijlagen IVe voor wegen, IVf voor spoorwegen en IVh voor industrieterreinen. Bij het gebruik van deze bijlagen voor de berekeningen gelden de aanvullende en afwijkende bepalingen zoals genoemd in deze bijlage.

2. Beschrijving van de bron

2.1. Geluidbronregisterlijnen

2.1.1. Voor wegen

Voor wegen wordt gebruikgemaakt van ten minste één geluidbronregisterlijn per rijbaan. Als wordt uitgegaan van één geluidbronregisterlijn dan ligt deze in het midden van de rijbaan en bevat deze de horizontale positie en de hoogteligging van de rijbaan. Als wordt uitgegaan van meer geluidbronregisterlijnen dan liggen deze op een positie die representatief is voor de rijstroken waarop zij betrekking hebben. Bij verbindingen (zoals klaverbladen), parallelrijbanen van wegen en toe- en afritten ligt een extra geluidbronregisterlijn op de rijbaan die fysiek is gescheiden van de hoofdrijbaan.

2.1.2. Voor spoorwegen

Voor spoorwegen wordt gebruikgemaakt van één geluidbronregisterlijn per spoor. Deze geluidbronregisterlijn ligt in het midden van dat spoor en bevat de horizontale positie en hoogteligging van dat spoor. Voor stilstaande treinen wordt gebruikgemaakt van puntbronnen.

2.2. Verkeersgegevens

2.2.1. Algemeen

De verkeersgegevens bestaan uit de verkeersintensiteit en de snelheid zoals deze zijn gedefinieerd in de onderdelen 2.1 van bijlage IVe en artikel 1.1 van bijlage IVf.

De verkeersgegevens worden gekoppeld aan de geluidbronregisterlijnen.

Tijdelijke snelheidsverlagingen vanwege bijvoorbeeld werkzaamheden worden niet meegenomen in berekeningen van de geluidproductie.

2.3. Correcties op de geluidemissie

2.3.1. Voor wegen

Correcties voor de emissieverhoging ten gevolge van een weghelling worden niet toegepast. Voor rijkswegen worden correcties ten gevolge van optrekkend verkeer in de omgeving van kruispunten en snelheidsbeperkende obstakels (optrektoeslag) niet toegepast.

2.3.2. Voor spoorwegen

De brugemissietoeslag voor stalen kunstwerken is gebaseerd op een volgens bijlage IVf bepaalde waarde. Als een dergelijke waarde niet voorhanden is, wordt de brugemissietoeslag voor stalen kunstwerken bepaald door een berekening met behulp van het rekenmodel van paragraaf 4.2 van bijlage IVf, waarbij invoerwaarden worden gebruikt die zijn afgeleid van metingen van vergelijkbare stalen kunstwerken. In bijzondere gevallen kunnen voor de brugemissietoeslag de volgende standaardwaarden worden gebruikt voor de volgende typen bovenbouwconstructies:

a. directe bevestiging zonder ballastbed (voegloos): toeslag 10 dB;
b. directe bevestiging zonder ballastbed (voegenspoor): toeslag 12 dB;
c. houten dwarsligger zonder ballastbed: toeslag 10 dB;
d. ballastspoor met dwarsliggers (voegloos): toeslag 5 dB;
e. ingegoten spoorstaaf zonder ballastbed (voegloos): toeslag 8 dB; of
f. ingegoten spoorstaaf (stille brugontwerp): toeslag gelijk aan voegloos ballastspoor met houten dwarsliggers.

Deze toeslagen gelden voor alle spoorvoertuigcategorieën en voor elke octaafband.

Voor een betonnen brug kan de volgende modellering worden gebruikt:

1. Betonnen kunstwerken korter dan 50 m worden als plaatbrug gemodelleerd, waarbij wordt

uitgegaan van de werkelijke bovenbouw. Een opstaande rand wordt niet gemodelleerd.
2. Bij betonnen kunstwerken die langer zijn dan 50 m worden de constructie en bovenbouwcorrectie gebruikt die horen bij het type kunstwerk. Een opstaande rand wordt gemodelleerd als (een enkel stomp) scherm op 2,5 m ten opzichte van het buitenste spoor op het kunstwerk.
3. In afwijking van bijlage IVf, paragraaf 3.3.9, worden schermen die hoger zijn dan 2 m gemodelleerd met de werkelijke hoogte zonder dat nader akoestisch onderzoek is vereist.

3. Beschrijving van de overdracht

3.1. Sectorhoek

Voor de indeling van de sectoren wordt uitgegaan van een vaste openingshoek van 2°.

3.2. Rekenafstanden

Voor wegen en spoorwegen worden alleen rijlijnsegmenten of bronlijnsegmenten meegenomen die zijn gelegen binnen 1.000 m, gemeten in het horizontale 2D vlak, van het te beschouwen referentiepunt. Voor industrie wordt het gehele industrieterrein dat hoort bij het referentiepunt beschouwd en is er geen beperking in rekenafstand.

3.3. Reflecties

Bij de berekeningen wordt uitgegaan van niet meer dan 1 reflectie per overdrachtspad.

3.3.1. Voor wegen

Voor geluidschermen langs wegen wordt het absorptiespectrum vereenvoudigd tot $\alpha_{i=5}$, de waarde bij 1.000 Hz.

Bij schermen waarvan het reflecterende oppervlak loodrecht, of onder een helling die kleiner is dan 5°, op het aardoppervlak staat, wordt de niveaureductie ΔL_R berekend volgens de formules:

$\Delta L_{R,i} = -10\ lg\ (1 - \alpha_{i=5})$ *voor* $\alpha_{i=5} <= 0{,}2$

$\Delta L_{R,i} = -10\ lg\ [0{,}8 * (1 - (\alpha_{i=5} - 0{,}2) / 0{,}6)]$ *voor* $0{,}2 < \alpha_{i=5} < 0{,}8$

Voor reflecterende objecten waarvoor geldt dat $\alpha_{i=5} >= 0{,}8$ wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.

Voor reflecterende objecten die zijn opgebouwd uit onderdelen met verschillende absorptie-eigenschappen wordt de waarde $\alpha_{i=5}$ oppervlakte-gewogen gemiddeld.

Bij schermen die onder een helling van meer dan 5˚ ten opzichte van de loodrecht op het aardoppervlak staan en waarvan uit nader onderzoek is gebleken dat deze als absorberend kunnen worden beschouwd en bij geluidwallen, wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.

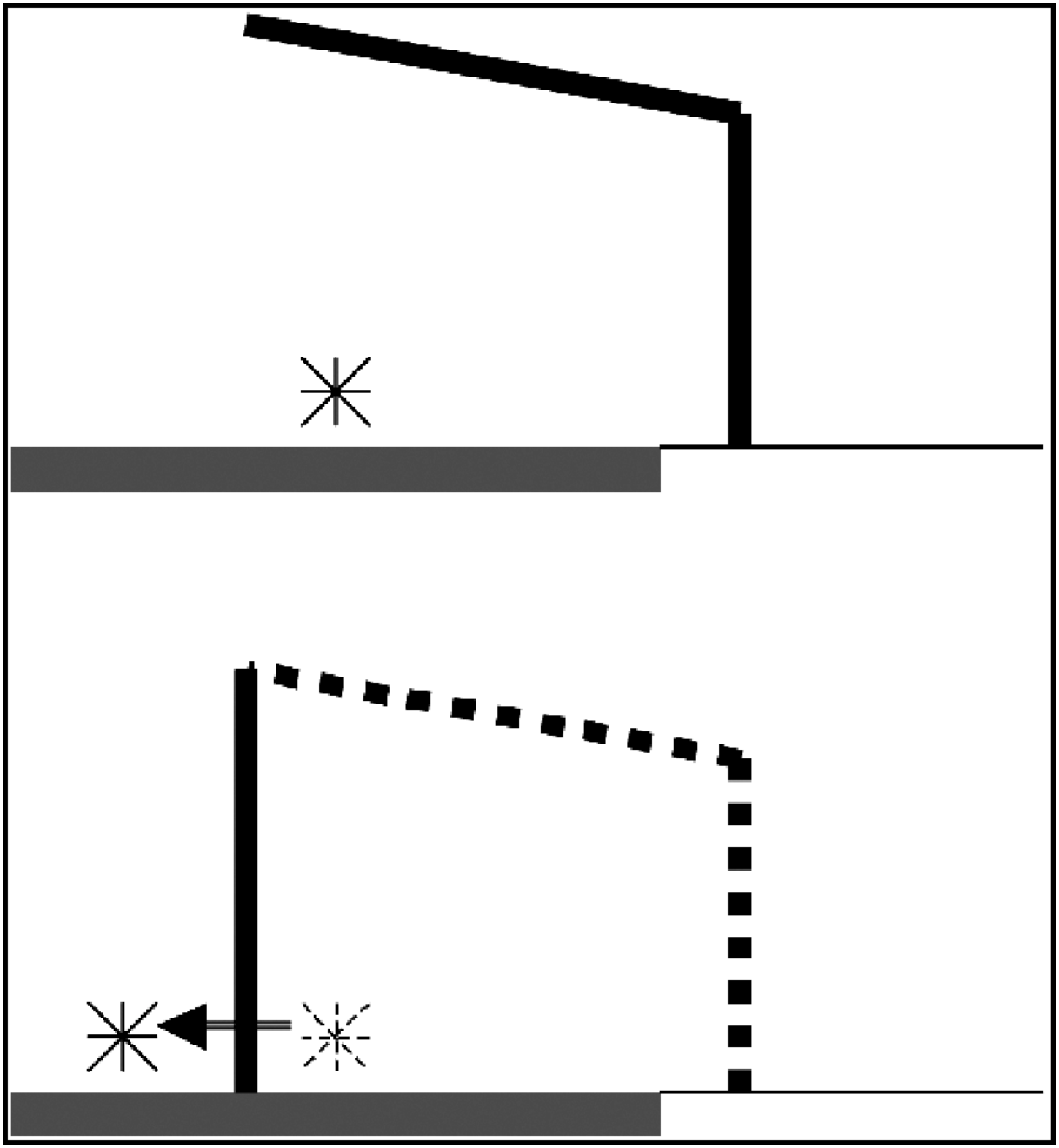
3.3.2. Voor spoorwegen

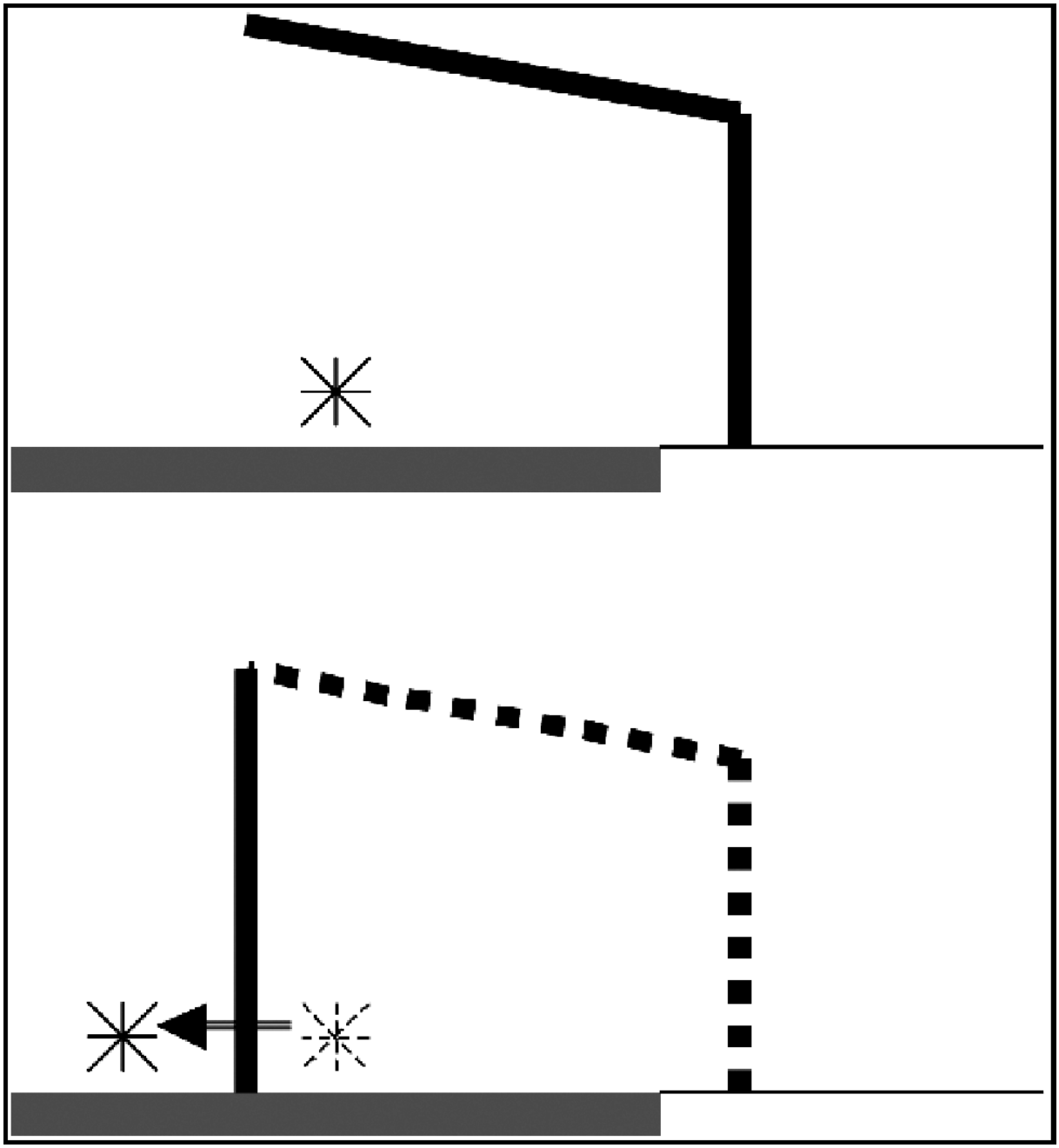
Voor schermen langs spoorwegen wordt geen reflectiebijdrage in rekening gebracht.

3.4. Afscherming

3.4.1. Voor wegen

Gekromde schermen of luifels langs wegen worden gemodelleerd door middel van een vervangend verticaal scherm, waarvan de top overeenkomt met de top van het gekromde scherm of het uiteinde van de luifel. Als dit punt, bezien vanuit de voet van de luifel, voorbij de rijlijn ligt, wordt de rijlijn plaatselijk verschoven. De nieuwe positie van de bron is dan halverwege de binnenste wegrand en het vervangende verticale scherm zoals in onderstaande figuren is weergegeven.





3.4.2. Voor spoorwegen

Geluidschermen en geluidwallen worden bij spoorwegen met de werkelijke hoogte gemodelleerd. Het afschermende effect van een overkapping met dichte zijwanden wordt gemodelleerd overeenkomstig een tunnel. Van een overkapping zonder dichte zijwanden wordt geen afschermende werking in rekening gebracht.

3.5. Bodemdemping

3.5.1. Voor wegen

Behoudens de verharding van de weg wordt, voor het bepalen van de bodemdemping, uitgegaan van een akoestisch zachte bodem. Ook (berm)sloten, pech- en vluchthavens, verzorgingsplaatsen met toe- en afritten en andere wegen, parkeerplaatsen en pleinen worden als akoestisch zacht bodemgebied beschouwd. De bodemdemping van de verharding van de weg wordt bepaald overeenkomstig de methode uit bijlage IVe.

3.5.2. Voor spoorwegen

Voor het bepalen van de bodemdemping bij spoorwegen wordt uitgegaan van een akoestisch zachte bodem.

3.5.3. Voor industrieterreinen

Behoudens de bodem op het industrieterrein, wordt voor het bepalen van de bodemdemping bij industrieterreinen uitgegaan van een akoestisch zachte bodem.

3.6. Modellering talud

Ten behoeve van het berekenen van geluidproductieplafonds mag een vereenvoudigde modellering van het talud worden toegepast.

3.7. Tunnels

Bij ingangen en uitgangen van tunnels voor wegen en spoorwegen mag het afschermend effect van de tunnelwanden worden verwaarloosd.

4. Bepaling van de hoogtes van de referentiepunten

Bij het bepalen van de hoogte van referentiepunten kan worden uitgegaan van een gemiddelde maaiveldhoogte rond een referentiepunt. Voor het bepalen van een gemiddelde maaiveldhoogte wordt het maximale gebied bepaald door een cirkel met straal 10 m rond het referentiepunt. Ten opzichte van dat gemiddelde mag de hoogte niet meer dan 10% af te wijken van 4,0 m hoogte.

5. Regels voor berekening geluidproductie voor het verslag monitoring geluidproductieplafonds

Bij het opstellen van het verslag, bedoeld in 10.42b, tweede, derde en vierde lid, van het Omgevingsbesluit, wordt de geluidproductie voor het betreffende kalenderjaar en de vergelijking met het geldende geluidproductieplafond als omgevingswaarde berekend op basis van:

a. de voor dat kalenderjaar representatief te achten verkeersgegevens;
b. de geluidbeperkende werken of bouwwerken die op de laatste dag van het kalenderjaar zijn opgenomen in het geluidregister voor zover deze daadwerkelijk aanwezig zijn; en
c. de laatste dag van het betreffende kalenderjaar voor de overige gegevens.

6. Toelichting

Algemeen

Uit het stelsel van de Omgevingswet volgt dat geluidproductieplafonds de ten hoogste toegestane geluidproductie op referentiepunten bepalen. Ook volgt uit het stelsel dat de geluidproductie de berekende geluidbelasting op referentiepunten is. De referentiepunten liggen aan weerszijden van de weg of spoorweg en zijn opgenomen in het geluidregister. Om te voorkomen dat kleine wijzigingen in het maaiveld tot verplaatsing van een referentiepunt leiden is de bepaling opgenomen dat van een gemiddelde maaiveldhoogte in een gebied mag worden uitgegaan en dat er een marge van 10% rond de 4 m kan worden aangehouden voor het plaatsen van de referentiepunten.

De methode van het berekenen van de geluidproductie is grotendeels gelijk aan die voor het berekenen van geluidbelastingen op woningen, maar er geldt een aantal aanvullende en afwijkende regels. Deze regels zijn in deze bijlage opgenomen. Deze regels hebben als doel een heldere scheiding in verantwoordelijkheden tussen beheerder en gemeenten te bewerkstellingen en daarnaast het bereiken van meer eenduidigheid en het vergroten van de uitvoerbaarheid. Dat laatste is van belang omdat bijvoorbeeld voor het verslag van de monitoring de omvang van het onderzoeksgebied zeer groot is. Dit behelst dan namelijk vrijwel het hele Nederlandse netwerk van rijkswegen, hoofdspoorwegen en provinciale wegen samen met een groot aantal industrieterreinen, eventueel aangevuld met delen van het lokaal spoor.

Daarnaast geldt dat de geluidproductieplafonds altijd worden berekend. De standaardmeetmethode in bijlagen IVe en IVf wordt niet gebruikt. Binnen de GPP-systematiek valt alles onder het toepassingsbereik van de rekenmethode.

Het systeem met geluidproductieplafonds moet bijdragen aan een goede, heldere en logische scheiding tussen verantwoordelijkheden van de beheerder en die van gemeenten. Voor deze scheiding is het noodzakelijk om bij de berekening van de geluidproductie geen rekening te houden met allerlei specifieke kenmerken van de omgeving. Gebouwen, harde bodemgebieden en andere obstakels in de omgeving worden daarom genegeerd in de berekening. Dit is een wezenlijke afwijking van berekeningen van het geluid op geluidgevoelige objecten. Hierdoor is de geluidproductie onafhankelijk van wijzigingen in de omgeving. Dit is logisch omdat een weg- of spoorbeheerder geen invloed heeft op dergelijke wijzigingen. Zijn nalevingstaak voor het geluidproductieplafond is gericht op wijzigingen van de bron. Dat zijn immers de zaken waar de beheerder wel over gaat. Voor industrieterreinen kan een gemeente wel zowel verantwoordelijke zijn voor de omgeving als bronbeheerder in de vorm van vergunningverlener zijn. Om de geluidproductie van een industrieterrein te monitoren is het echter ook relevant om de omgeving buiten beschouwing te laten. Anders zou het kunnen dat geluidruimte zowel kleiner als groter kan worden zonder enige aanpassing van vergunde situaties.

Een gemeente is verantwoordelijk voor de wijzigingen in de omgeving van de bron. Zoals bijvoorbeeld de sloop van een pand dat geluidafscherming biedt aan de daar achter gelegen woningen, of de aanleg van een groot hard bodemoppervlak (parkeerterrein) waardoor geluidniveaus in de omgeving kunnen toenemen. Een ander voorbeeld is de bouw van een hoog gebouw langs de bron waardoor door reflecties de geluidniveaus aan de overzijde toenemen. Al deze wijzigingen in de omgeving hebben geen invloed op de berekende geluidproductie. Aan de andere kant hebben wijzigingen in de verkeersomvang, de snelheid van het verkeer en de geografische ligging van de bron of andere industriële activiteiten wel direct invloed op de geluidproductie.

De aanvullende regels uit deze bijlage leiden ertoe dat de geluidbelasting op een referentiepunt in werkelijkheid anders kan zijn dan de berekende geluidproductie. In open gebieden, zoals weiland, landbouwgebied of natuurgebied zal de afwijking klein zijn, maar het is bijvoorbeeld ook mogelijk dat een referentiepunt zich binnen een gebouw bevindt of op een plek waar gebouwen op een andere wijze van grote invloed zijn op de geluidbelasting. Dan zal de afwijking tussen de werkelijke geluidbelasting en de berekende geluidproductie groot kunnen zijn. Deze afwijking heeft geen effect op de werking van het systeem met geluidproductieplafonds. Het gaat in dat systeem namelijk om verschillen in geluidniveau in plaats van absolute waarden van een geluidniveau. Het effect van gebouwen wordt zowel bij de vaststelling van geluidproductieplafonds als bij de monitoring ervan niet meegenomen. Daardoor werkt het systeem in alle situaties als begrenzing van de groei van geluidbelastingen. De vereenvoudigingen bij berekeningen van de geluidproductie hebben voor omwonenden verder ook geen nadelige consequenties omdat ze niet van invloed zijn bij de berekening van geluidbelastingen van geluidgevoelige objecten. Voor dergelijke berekeningen gelden alle regels uit de bijlagen IVe, IVf en IVh. De maatregelen die uit zo'n onderzoek voortvloeien zullen vervolgens worden opgenomen in het geluidregister om de nieuwe geluidproductieplafonds vast te stellen volgens de vereenvoudigde systematiek.

Geluidbrongegevens

De geluidproductieplafonds zijn gebaseerd op bijbehorende geluidbrongegevens. Het gaat om gegevens over de ligging, technische kenmerken en het gebruik van de bron, de geluidbeperkende werken of bouwwerken, de plafondcorrectiewaarde en het hoogteverloop tussen bron en referentiepunt. De geluidbrongegevens die behoren bij de geldende geluidproductieplafonds zijn opgenomen in het geluidregister. De geluidbrongegevens uit het geluidregister vormen samen met de ligging van de referentiepunten de belangrijkste gegevens die nodig zijn voor berekening van de ten hoogste toegestane geluidproductie op de referentiepunten.

Geluidbronregisterlijnen

Een belangrijk onderdeel van de berekening vormen de geluidbronregisterlijnen. Dit zijn de lijnen die de bron van het geluid in de berekeningen vormen. Deze lijnen krijgen bij het berekenen van het geluid op een geluidreferentiepunt bij een weg de functie van rijlijn als bedoeld in bijlage IVe en bij een spoor de functie van onderste bronlijn als bedoeld in bijlage IVf. Aan de geluidbronregisterlijnen worden gegevens over het verkeer gekoppeld. Bij wegen wordt er per rijbaan over het algemeen maar één geluidbronregisterlijn gedefinieerd die in het midden van de verharding van de betreffende rijbaan ligt. Een rijksweg zal dus meestal twee geluidbronregisterlijnen hebben: voor elke rijrichting één geluidbronregisterlijn die ligt in het midden van de betreffende verharding. Bij fysiek gescheiden rijbanen voor dezelfde richting, zoals

bijvoorbeeld bij de hoofd- en parallelbanen op de A12 bij Utrecht of de A2 bij Den Bosch, bezit de weg dus vier geluidbronregisterlijnen. Bij knooppunten zoals klaverbladen en bij op- en afritten liggen extra geluidbronregisterlijnen voor de weggedeelten die fysiek zijn gescheiden van de hoofdrijbanen. In afwijking van bovenstaande kan er in bijzondere situaties gebruik gemaakt worden van meer dan één geluidbronregisterlijn per rijbaan.

Bij een fysieke verbreding van de wegverharding verschuift de ligging van bestaande geluidbronregisterlijnen. Als echter de bestaande verharding anders gaat worden gebruikt, wijzigt de positie van de geluidbronregisterlijn niet. Een voorbeeld hiervan is het gebruik van een bestaande vluchtstrook als spitsstrook. De beheerder kan in beide gevallen ook aanleiding zien om geluidbronregisterlijnen toe te voegen om daarmee het register nader te detailleren.

Bij spoor is de situatie anders dan bij rijkswegen. Bij de rijksweg kan immers het verkeer op één rijbaan vrijwel overal van rijstrook wisselen. Bij spoor is het verkeer in principe gebonden aan het fysieke spoor waar het zich bevindt. Daarom wordt bij spoorwegen voor ieder spoor een afzonderlijke geluidbronregisterlijn gedefinieerd. Zeer weinig bereden sporen kunnen achterwege blijven. Bij complexe spoorbundels kunnen vereenvoudigingen worden toepast waarbij echter steeds wordt gezorgd dat al het relevante spoorverkeer wordt meegenomen in de berekeningen.

Verkeersgegevens

Bij vaststelling en wijzigingen van geluidproductieplafonds, bij fysieke wijzigingen aan de weg of spoorweg en voor het verslag met betrekking tot monitoring moet de geluidproductie in de referentiepunten worden bepaald. Daarbij worden meestal gedeeltelijk andere gegevens gehanteerd dan de geluidbrongegevens uit het geluidregister. Voor het verslag zal bijvoorbeeld met actuele verkeergegevens worden gerekend.

De gehanteerde verkeersgegevens zullen afkomstig zijn uit systemen van de beheerder. Daar waar deze systemen niet dekkend zijn of onvoldoende gedetailleerd, worden uit de wel beschikbare gegevens betrouwbare gegevens afgeleid of aanvullende gegevens toegevoegd. Het betreffen dan bijvoorbeeld gegevens voor op- en afritten en verbindingen tussen hoofdroutes bij knooppunten.

Voor spoor kan worden gedacht aan de koppeling van verkeersgegevens aan de verschillende sporen van een (complexe) spoorbundel en bij spoorwegknooppunten. Ook het verwerken van de opening van nieuwe stations en de sluiting van oude, vergen aanpassing van verkeersgegevens volgens vuistregels. Daarnaast gaat het bijvoorbeeld ook om de vertaling van maximale snelheden naar snelheden die representatief zijn voor de situatie op een gemiddelde weekdag. Daarbij kan het nodig zijn om onderscheid te maken tussen de verschillende dagdelen en categorieën van motorvoertuigen en spoorvoertuigtypen. Met name bij een regime met dynamische maximale snelheden of situaties waarbij door de verkeersdrukte overdag de maximale snelheid niet realistisch is, kan het nodig zijn per etmaalperiode te differentiëren.

Reflecties

Voor de berekening van de geluidproductie in het referentiepunt is het rekenen met één reflectie voldoende. Dit sluit overigens aan bij standaardwerkwijze bij toepassing van bijlagen IVe, IVf en IVh.

Geluidschermen kunnen bij wegen leiden tot verhoging van geluidniveaus aan de overzijde. Dit komt door reflecties van het geluid tegen het scherm. Sommige schermen zijn zo ontworpen dat de effecten van deze reflecties zo klein mogelijk zijn. Dit zijn zogenoemde absorberende schermen, of hellend geplaatste reflecterende schermen. Voor deze schermtypen wordt het effect van reflecties naar de overzijde bij het berekenen van de geluidproductie verwaarloosd. Dat is gedaan om te voorkomen dat schermen die de beheerder plaatst vanuit zijn saneringstaak, of een gemeente voor woningbouw, leiden tot overschrijdingen van geluidproductieplafonds aan de overzijde. Het systeem zou dan namelijk de uitvoering van maatregelen die een grote milieuwinst opleveren blokkeren. Op deze wijze wordt ook aangesloten bij de huidige praktijk bij de voorbereiding van geluidschermen voor sanering of nieuwbouw van woningen. Daarbij wordt het effect van reflecties naar de overzijde ook verwaarloosd. Met deze nieuwe regels geldt dit echter alleen voor schermen die zo zijn uitgevoerd dat het effect van dergelijke reflectie minimaal is. Daardoor staat er druk op de beheerder dit type schermen te realiseren zodat de gevolgen voor de overzijde ook zeer beperkt zullen zijn. Bij het bepalen van het geluid op objecten, geldt deze vereenvoudiging niet.

Dan worden voor alle schermen bij rijkswegen reflecties meegenomen. Bij een wijziging van een geluidproductieplafond is dus geborgd dat bij bescherming van geluidsgevoelige objecten, ook reflecties tegen absorberende schermen en hellend geplaatste schermen worden meegenomen.

Voor spoor hebben reflecties tegen schermen voor de overzijde vrijwel geen invloed. Dat komt doordat de trein als een soort barrière verhindert dat het tegen het scherm gereflecteerde geluid woningen aan de andere zijde bereikt. Daarom wordt bij spoor, volgens bijlage IVf, bij schermen geen rekening gehouden met reflecties naar de overzijde. Bij toepassing van bijlage IVf wordt voor een reflecterend scherm echter wel rekening gehouden met een verminderde schermwerking door reflecties tussen het scherm en de trein. Deze detaillering wordt niet meegenomen in de berekening van de geluidproductie omdat de benodigde informatie van bestaande schermen hiervoor niet voorhanden is.

Modellering

Bij de modellering van de bron en de omgeving worden vereenvoudigingen doorgevoerd. Dit is gedaan om het systeem werkbaar te houden. Daarnaast is er rekening mee gehouden dat zoveel mogelijk kan worden gebruikgemaakt van al beschikbare digitale gegevens. Voorbeelden van vereenvoudigingen zijn:

- het weglaten van ‘details’ bij de modellering van kunstwerken, overwegen, perrons, tunnelmonden en dergelijke;
- het weglaten van (kleine) correcties op de emissie of immissie (bijv. een hellingcorrectie of die ten gevolge van kruispunten bij rijkswegen);
- het gebruiken van standaard brugemissietoeslagen; en
- vereenvoudiging van de modellering van het talud.

Bij de modellering van een talud kan worden uitgegaan van standaardprofielen voor taluds. Vaak zijn dit profielen die gebruikelijk zijn bij het ontwerp van een talud bij een bepaalde geluidbronsoort. Voorbeelden zijn standaardbreedtes ten opzichte van de weg of het spoor en een standaard verkanting. Hiermee wordt onnodige en foutgevoelige detaillering voorkomen, zonder dat dit de werking van het stelsel in de weg staat.

Kleine correcties als die voor een (geregeld) kruispunt hebben maar een beperkte reikwijdte. Deze gelden voor niet meer dan enkele referentiepunten direct rond bepaalde kruispunten of rotondes. De correctie is afhankelijk van de afstand tot het kruispunt of rotonde. Bij provinciale wegen met bebouwing dicht op de weg kunnen dergelijke correcties relevant zijn voor de bescherming van het woon- en leefklimaat. Voor dit geluidbronsoort worden deze correcties dan ook toegepast. Bij rijkswegen hebben dergelijke correcties vrijwel nooit een relevant effect en worden deze niet betrokken bij het bepalen van geluidproductieplafonds.

Gekromde schermen en luifels

De bepaling van de schermwerking bij gekromde schermen (en luifels) kan (grotendeels) worden gedaan volgens de methoden zoals die in akoestische onderzoeken gebruikelijk zijn.

Bijlage IVh. (meet- en rekenmethode geluid industrie)

1. Algemeen

1.1. Structuur van meet- en rekenmethode geluid industrie

De meet- en rekenmethode geluid industrie is opgebouwd uit twee methoden. Het toepassen van Methode I is bedoeld voor een akoestisch eenvoudige situatie, waarbij geen spectrale informatie is benodigd. Methode II is bedoeld voor akoestisch complexere situatie, waarbij spectrale informatie benodigd is.

In hoofdstuk 2 zijn voorschriften voor zowel methode I als II opgenomen zover deze betrekking hebben op metingen. In hoofdstuk 3 zijn de voorschriften voor zowel methode I als II opgenomen ter bepaling van de geluidoverdracht tussen geluidbron en beoordelingspositie. In hoofdstuk 4 zijn de voorschriften ter bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van activiteiten plaatsvinden. In hoofdstuk 5 zijn de voorschriften ter bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van activiteiten die op een industrieterrein plaatsvinden. De bepaling van de beoordelingsgrootheden voor activiteiten die buiten of binnen een industrieterrein plaatsvinden is gelijk voor methode I en II.

De keuze voor het toepassen van methode I of methode II berust vooral op het toepassingsgebied. Dit toepassingsgebied wordt in paragraaf 1.2.1 en 1.2.2 toegelicht. Als uitgangspunt geldt dat binnen het toepassingsgebied van methode I een gelijkwaardig resultaat wordt bereikt als met methode II.

In tabel 1.2 zijn samenvattend de kenmerken gegeven van de beide meet- en rekenmethoden.

1.2. Toepassingsgebied methode I en II

1.2.1. Toepassingsgebied

Methode I kan worden toegepast voor activiteiten waar voor de beoordeling van de geluidsituatie een eenduidige bedrijfssituatie kan worden gedefinieerd. Als dat van toepassing is moet de bedrijfssituatie op ondubbelzinnige wijze kunnen worden onderverdeeld in representatieve bedrijfstoestanden die voor het verrichten van metingen en berekeningen relevant zijn. Uit beide beschrijvingen moeten op herleidbare en controleerbare wijze de beoordelingsgrootheden kunnen worden vastgesteld.

Methode I is bedoeld voor:
- immissiemetingen bij verlening van een omgevingsvergunning en bij controle van activiteiten die zijn toegelaten op grond van een omgevingsplan of omgevingsvergunning;
- emissiemetingen en overdrachtsberekeningen in eenvoudige situaties bij activiteiten. Dit kan noodzakelijk zijn in situaties waar dusdanig hoge stoorgeluidniveaus op het beoordelingspunt optreden dat immissiemetingen aldaar niet mogelijk zijn.

Methode I kan worden toegepast op:
- meerdere activiteiten die beschouwd worden als één activiteit;
- afzonderlijke activiteiten;
- een bepaalde geluidbron of installatie, bijvoorbeeld ter controle van ontwerpspecificaties of leveranciergaranties.

Methode I kan niet worden toegepast voor de vaststelling van geluid door industrieterreinen waar geluidproductieplafonds gelden, maar binnen de daarvoor geldende randvoorwaarden wel voor het indicatief vaststellen of een activiteit op een dergelijk industrieterrein inpasbaar is binnen het geluidproductieplafond.

Voor immissiemetingen volgens methode I.1 gelden de volgende voorwaarden:
- bron- en ontvangerafstanden tot 150 m;
- alle relevante bronnen behorend tot een gedefinieerde bedrijfstoestand moeten tegelijkertijd binnen het meteoraam kunnen worden gemeten;
- de akoestisch relevante bedrijfstoestanden ten behoeve van het bepalen van de ‘langtijdgemiddeld deelgeluidniveaus’ kunnen eenduidig worden gedefinieerd;
- ter plaatse van de meetlocatie mag er geen significante stoorgeluidbeïnvloeding aanwezig zijn, of moet daarvoor te kunnen worden gecorrigeerd volgens de omschreven methode (zie

paragraaf 2.1.1).

Voor overdrachtsberekeningen kan de methode worden toegepast voor afstanden tussen bron en ontvanger tot 500 m mits rekening wordt gehouden met een afnemende nauwkeurigheid bij toenemende afstand tot de geluidbron of activiteit.

De randvoorwaarden van de submethoden worden bij de verschillende hoofdstukken specifiek vermeld.

1.2.2. Toepassingsgebied methode II

In die situaties waarin methode I niet kan worden toegepast, wordt methode II gebruikt. De submethoden van methode II kennen geen algemene beperkingen met betrekking tot afstand, beoordelingshoogte, omvang van activiteiten en spectrale inhoud van het geluid. De desbetreffende randvoorwaarden worden specifiek bij iedere submethode gegeven.

Methode II geldt in principe voor immissiemetingen bij afzonderlijke of combinaties van activiteiten met sterk wisselende bedrijfstoestanden gedurende het jaar, het etmaal of delen daarvan. Ook bij situaties waar sprake is van veel bronnen en objecten wordt methode II gebruikt. Methode II wordt ook toegepast voor het vaststellen van geluid van industrieterreinen waar geluidproductieplafonds gelden.

1.3. Nauwkeurigheid van methode I en II

1.3.1. Vereiste meetnauwkeurigheid

In tabel 1.1 zijn richtwaarden gegeven voor de nauwkeurigheid die gehanteerd moeten worden bij verschillende grootheden. Algemeen uitgangspunt is dat door onnauwkeurigheden in afstanden, geometrieën, tijdsperioden en aflezingen van geluidsmeters of apparatuur die de geluidsgegevens verwerkt, in het eindresultaat geen grotere fout veroorzaakt wordt dan 1 dB.

De grootste fouten treden met name op bij de vaststelling van de tijdsduur van een bedrijfstoestand. In hoeverre deze fouten doorwerken in het eindresultaat hangt af van de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen. De te stellen nauwkeurigheid aan de bedrijfsduur hangt dus mede af van de mate waarin een bron bepalend is voor het eindresultaat.

Tabel 1.1 Minimale vereiste nauwkeurigheid

Grootheid	**Vereiste nauwkeurigheid**
Afstand	5%
Oppervlak	10%
Tijdsperioden	10%
Gemiddelde windsnelheid	30% of 1 m/s
Gemiddelde windrichting	20°
Afleesnauwkeurigheid bij geluidsniveaubepaling	0,5 dB[1]

[1] De afleesnauwkeurigheid speelt geen rol als gebruik wordt gemaakt van integrerende geluidsniveaumeters (L_{eq}-bepaling) met digitale aflezing.

1.3.2. Verwaarlozingscriterium

Als algemene stelregel wordt gehanteerd dat door verwaarlozing van bijdragen tot het geluidniveau het eindresultaat met niet meer dan 1 dB wordt beïnvloed.

De verwaarlozing kan onder meer betrekking hebben op de volgende geluidbijdragen:

- Deelbronnen. Als de gezamenlijke bijdrage van de te verwaarlozen deelbronnen meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, kunnen deze bronnen worden verwaarloosd.
- Bepaalde frequentiebanden (alleen bij methode II). Als de gezamenlijke bijdrage van bepaalde frequentiebanden meer dan 7 dB onder het eindresultaat van de berekening ligt, kunnen deze banden buiten beschouwing worden gelaten. Vaak blijkt dat de geluidsniveaus in de octaafbanden 31,5 en 8.000 Hz voor de bepaling van de geluidsniveaus kunnen worden genegeerd.
- Reflecties. Als aangetoond kan worden dat de totale bijdrage van reflecties meer dan 7 dB onder het reeds bepaalde geluidniveau ligt, kunnen deze worden verwaarloosd.

Er moet op worden toegezien dat door opeenstapeling van verwaarlozingen de algemene stelregel in de eerste zinsnede geen geweld wordt aangedaan.

1.4. Samenvatting methode I en II

Tabel 1.2 Kenmerken van methode I en II

Aspect		Methode I	Methode II
Algemene aspecten	Toepassing	Immissiemetingen (r_i < 1 50 m) bij vergunningverlening en controle hiervan • Controle aangeluidgrenswaarden uit omgevingsplan • Indicatief vaststellen inpasbaarheid activiteiten binnen industrieterrein Emissiemetingen en overdrachtsberekeningen in eenvoudige situaties	Immissiemetingen en emissiemetingen met overdrachtsberekeningen in complexe situaties.
	Stijl van het voorschrift	In principe eenduidige interpretatie, receptmatig	Geeft de randvoorwaarden aan waaraan de gebruikers zich moeten houden, veel keuzevrijheid, maar keuze moet kort en deskundig gemotiveerd worden
	Spectrale gedetailleerdheid	Geen (alleen dB(A)-waarden)	Bij voorkeur in octaafbanden, des gewenst in smallere frequentiebanden
Akoestische aspecten	Stoorgeluid	Correctie mogelijk, mits op eenvoudige wijze uitvoerbaar	Naast correctie ook gebruik van speciale apparatuur voor onderdrukking van stoorgeluidbijdrage
	Meteoraam / meteocorrectie	Ja	Ja, ook mogelijkheid om buiten het meteoraam te meten door verrichten van veel metingen
	Apparatuur / outillage	Geluidniveaumeter IEC 651 type 1 met A-filter, integrerende apparatuur, rekenfaciliteiten, lossless audioregistratie	Als bij methode I, eventueel aangevuld met: sm alle band-analyse, trillingmeters, richtingsgevoelige microfoons, FFT, intensiteitsmeetapparatuur, correlatiemeetmethoden, antennetechnieken
Immissie	Immissiemeting	• In dB(A) • Minimum aantal metingen, energetisch gemiddelde	• Als methode I • In dB(A), ook in octaafbanden, desgewenst in smallere banden
	Extrapolatiemethode	Dempingsterm voor geometrische uitbreiding, luchtdemping en bodemverzwakking in dB(A)	Correctieterm met alle relevante termen uit het overdrachtsmodel
Emissie	Geconcentreerde bronnen	Ja, binnen randvoorwaarden	Ja, binnen randvoorwaarden
	Rondom-methode	Nee	Toepasbaar onder bepaalde randvoorwaarden aan richtingsafhankelijkheid en terreinoppervlak
	Aangepast meetvlak	Ja, binnen randvoorwaarden	Ja
	Andere methoden	Nee	Geeft randvoorwaarden en aanwijzingen omtrent specialistische emissiemethoden. Specifiek o.a.: • de mogelijkheid geluidoverdracht door gebouwwanden te berekenen • snelheidsmetingen op

			vlakken ● intensiteitsmetingen
Overdracht	Overdrachtsmodel	Geometrische uitbreiding, luchtdemping, eenvoudige reflecties, ten hoogste één scherm met eenvoudige geometrie en maximum verzwakking 5 dB (indicatief en conservatief), bodemverzwakking	Geometrische uitbreiding, luchtdemping, reflecties, afscherming (meer schermen, maximum 20 dB verzwakking per scherm), vegetatie, afscherming op fabrieksterrein, bodemverzwakking
	Meten van overdracht	Nee	Ja (substitutiemethode)
	Hybride methoden	Nee	Door vergelijking van meet- en berekeningsresultaten kunnen deskundigen de lokale situatie beter in rekening brengen dan dit op grond van een algemeen overdrachtsmodel kan geschieden

2. Metingen en vaststellinggeluidvermogen

2.1. Aspecten bij uitvoering van metingen

2.1.1. Stoorgeluid

Algemeen

Stoorgeluid is al het geluid, dat niet van de te onderzoeken bron afkomstig is. Het geluid van de te onderzoeken bron wordt signaal genoemd. De sterkte van het stoorgeluid bepaalt mede de toe te passen methode. Stoorgeluid kan namelijk het met en op kortere afstand van de bron noodzakelijk maken. Geluid van een (deel)bron is immers alleen te bepalen als zó dicht bij de (deel)bron wordt gemeten, dat het signaal het stoorgeluid afkomstig van de andere (deel)bronnen overheerst. Als lage geluidniveaus worden gemeten (30-50 dB(A)) is ook stoorgeluid veroorzaakt door de wind van belang: direct door windruis op het microfoonkapsel, indirect door het ruisen van bomen en dergelijke. Vooral als het signaal in enkele octaafbanden is geconcentreerd, kan, hoewel dit signaal goed hoorbaar is, het geluidniveau in dB(A) toch mede bepaald worden door wind. Daarnaast kunnen geluiden van natuurlijke oorsprong in een octaafband aan zienlijke stoorniveaus opleveren (vogelgetsjilp: 4 kHz).

De bijdrage van het stoorgeluid is en blijft een onzekere factor. Daarom is het vereist de meetmethode en de meetcondities zo te kiezen, dat de invloed van het stoorgeluid minimaal is. Bij alle metingen moet het stoorgeluid kwalitatief worden beoordeeld.

Vermijden van stoorgeluid

Bij de selectie van de meetmethoden en het uitvoeren van de metingen wordt veel aandacht besteed aan het vermijden van stoorgeluid door:

- een geschikte plaats en tijdstip voor het uitvoeren van de metingen te kiezen (bijvoorbeeld rond een continu bedrijf, in verband met verkeerslawaai, 's nachts meten);
- de metingen te onderbreken tijdens incidenteel optredende stoorgeluiden, zoals passerend verkeer, vogels e.d.;
- geluidbronnen, met uitzondering van de te onderzoeken bron, uit te schakelen;
- het gebruik van speciale apparatuur, zoals richtmicrofoons en intensiteitsmeters. Dit wordt in methode II behandeld.

Voor de beoordeling van het stoorgeluid is de microfoonpositie maatgevend. Op oorhoogte kan door afscherming en bodemeffecten een geheel andere geluidsituatie heersen dan bijvoorbeeld op 5 m hoogte.

Als het niet mogelijk is het stoorgeluid te vermijden dan bieden zowel methode I als methode II de mogelijkheid te corrigeren voor het stoorgeluid.

Stoorgeluidcorrectie

De stoorgeluidcorrectie is beperkt tot ten hoogste 3 dB op het totale niveau of 7 dB in een octaafband (methode II). In het laatste geval wordt door deze correctie het totale niveau niet met meer dan 3 dB gecorrigeerd.
Het niveau van het stoorgeluid moet zo mogelijk op verschillende manieren worden vastgesteld, onder andere door (in volgorde van afnemende nauwkeurigheid):
- de te onderzoeken bron, zo mogelijk intermitterend, aan en uit te zetten. Met name als het stoorgeluid niet constant in de tijd is, kan door het intermitterend aan- en uitzetten van de bron in meerdere perioden het stoorgeluid worden vastgesteld;
- tegelijkertijd onder identieke omstandigheden het stoorgeluid te meten op een punt, dat verder van de bron verwijderd is (bijvoorbeeld op grotere afstand van activiteiten, maar op vergelijkbare afstand tot de verkeersweg als stoorgeluidbron);
- emissiemetingen nabij de stoorbronnen te verrichten en de geluidbijdrage daarvan op het immissiepunt door middel van overdrachtsberekeningen te bepalen.

Voor de wijze van uitvoeren van de stoorgeluidcorrectie wordt verwezen naar paragraaf 2.2.3.

2.1.2. Weeromstandigheden en meteoraam

De weersomstandigheden tijdens de metingen mogen een betrouwbare werking van de apparatuur niet in de weg staan of tot een geluidoverdracht leiden die niet als representatief te beschouwen is. Metingen bij regen, sneeuw, mist of extreem lage of hoge temperatuur moeten daarom worden vermeden.

Windgeruis (direct en indirect door ritselen van bladeren) mag de meting niet beïnvloeden. Als algemene richtlijn geldt dat het windgeruisniveau tenminste 7 dB onder het te meten geluidniveau moet liggen bij het uitvoeren van geluidmetingen.

Als extra richtlijn gelden de in tabel 2.1 gegeven maximale windsnelheden bij geluidmetingen. Voor windgeruis (als vorm van stoorgeluid) wordt in methode I niet gecorrigeerd.
In buitensituaties moet echter altijd de windbol worden gebruikt.

Tabel 2.1 Ten hoogste toegestane windsnelheid op microfoonhoogte (richtwaarden)

Geluiddrukniveau groter dan	[dB (A)]	30	40	50	60
Windsnelheid tijdens de meting kleiner dan	[m/s]	2	4	6	8

De meteorologische omstandigheden waaronder metingen mogen worden uitgevoerd, zijn gedefinieerd in het meteoraam voor industrielawaai (zie paragraaf 2.2.2).

2.1.3. Typen geluid

Het onderscheiden van het type geluid is van belang voor de wijze waarop geluidmetingen uitgevoerd moeten worden, bijvoorbeeld ten aanzien van de meetduur en de meetinstrumenten. Daarnaast is dit onderscheid van belang voor het eventueel toepassen van toeslagen (zie paragraaf 4.3).

Bij de karakterisering van industriegeluid onderscheidt deze meet- en rekenmethode geluid industrie de volgende typen geluid.

Continu geluid
Een geluid met verwaarloosbaar kleine niveauvariaties. Voor gebruik in het kader van deze meet- en rekenmethode geluid industrie wordt een spreidingsbreedte kleiner dan circa 6 dB aangehouden. Zie figuur 2.1.a.

Fluctuerend geluid
Een geluid waarvan het niveau voortdurend en in belangrijke mate varieert. De variaties kunnen zowel periodiek als niet-periodiek zijn. Zie figuur 2.1.b en figuur 2.1.c.

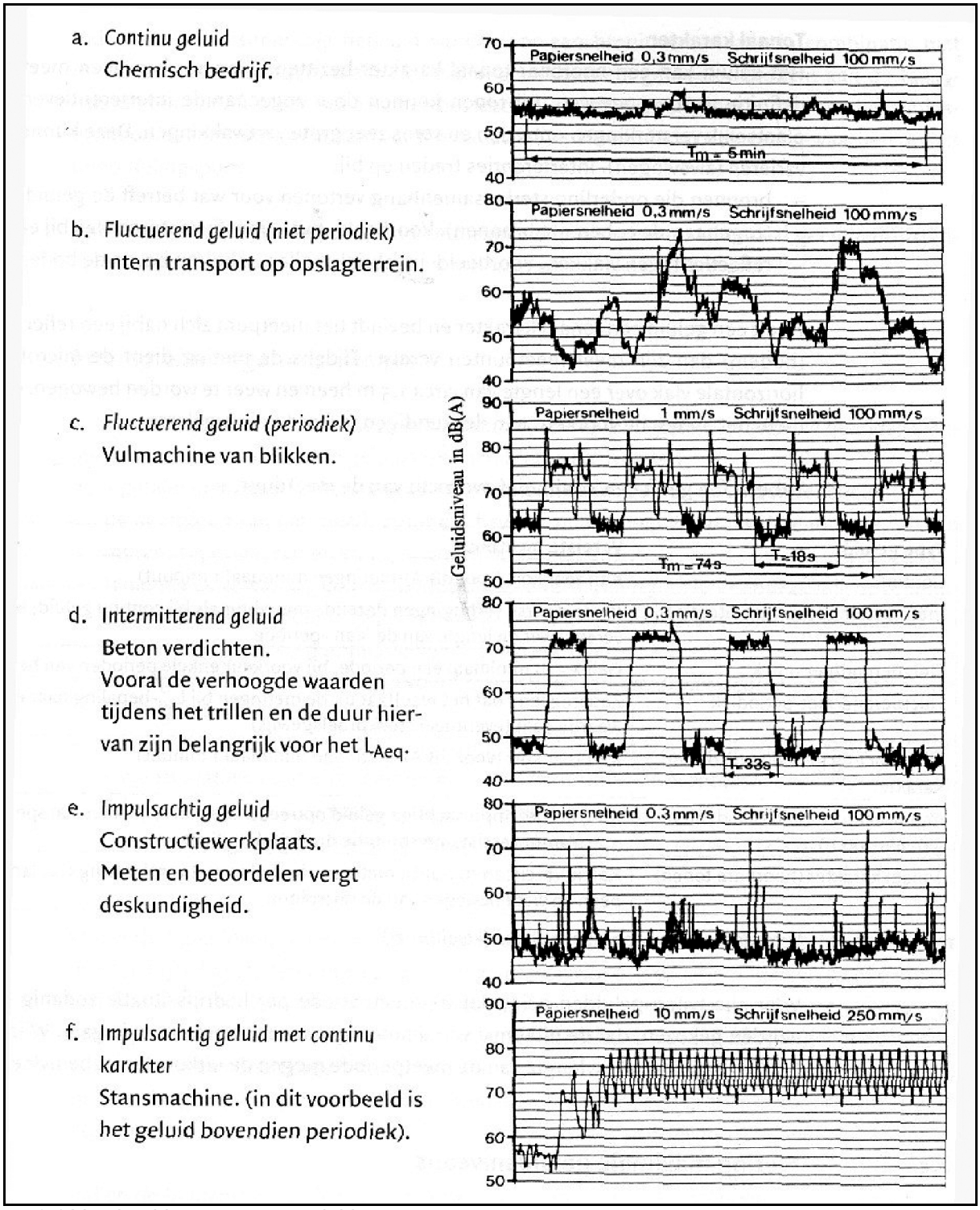
Intermitterend geluid
Een geluid waarvan het niveau meerdere keren en vaak min of meer regelmatig abrupt terugvalt tot wezenlijk lagere niveaus, bijvoorbeeld dat van het omgevingsgeluid, waarbij het geluidniveau tijdens de verhoging continu is, en aanhoudt gedurende een periode van 1 seconde of meer. Zie

figuur 2.1.d.

Impulsachtig geluid
Een geluid dat bestaat uit geluidstoten, die minder dan 1 seconde duren. Zie figuur 2.1.e.

Impulsachtig geluid met continu karakter
Een opeenvolging van geluidstoten van vergelijkbaar niveau met tussenpozen van ten hoogste 0,2 seconde. Zie figuur 2.1.f.

Het meten en analyseren van impulsachtig geluid verdient de nodige aandacht. De bijdrage van impulsachtig geluid kan bijvoorbeeld met een aantal typen instrumenten niet correct worden gemeten. De zogenoemde crestfactor van de apparatuur kan onvoldoende zijn (indicatie op de meetapparatuur: overload).



Figuur 2.1 Voorbeelden van typen geluiden

De hierboven aangegeven karakterisering heeft betrekking op het verloop van het geluidniveau in de tijd. Daarnaast is de frequentie-inhoud van belang.

Tonaal karakter

Het geluid kan een hoorbaar tonaal karakter bezitten. Hiervoor kan geen sluitende meettechnische definitie worden gegeven. Bij tonen kunnen door zogenoemde interferentieverschijnselen plaatselijk versterkingen optreden en soms zeer grote verzwakkingen. Deze kunnen in de tijd variëren (zwevingen). Interferenties treden op bij:

- bronnen die onderling sterke samenhang vertonen voor wat betreft de geluiduitstraling (zogenoemde coherente bronnen). Voorbeeld: twee transformatoren vlak bij elkaar;

- reflecties tegen vlakken. Voorbeeld: in fabriekshallen of buiten boven de bodem.

Als het geluid op het meetpunt hoorbaar een tonaal karakter heeft, moet de microfoon tijdens de meting in het horizontale vlak tenminste twee keer langzaam heen en weer worden bewogen om het gemiddelde niveau te bepalen. De 'zwaaiafstand' hangt af van de golflengte λ van de zuivere tonen in het te meten geluid en bedraagt ten minste een kwart golflengte. Een zwaaiafstand van circa 1,5 m is in het algemeen voldoende.

Tabel 2.2 geeft een kwalitatief overzicht van de meetduur.

Tabel 2.2 Vereiste meetduur voor typen geluid (kwalitatief)

Type geluid	Vereiste meetduur
Continu	Kan zeer kort (voor dB(A)-metingen ten minste 1 minuut)
Intermitterend (aan /uit situatie)	Bij de diverse verhogingen dezelfde meetduur als bij continu geluid; kennis vereist over de lengte van de 'aan'-periode
Fluctuerend/periodiek	Gelijk aan ten minste één periode, bij voorkeur enkele perioden van het ge luid
Fluctuerend/niet-periodiek	Zodanig lang dat het resultaat uit de metingen bij L_{eq} -bepaling naar één waarde gaat (eventueel steekproefsgewijs)
Impulsachtig geluid met continu karakter	Kan zeer kort (voor dB(A)-metingen ten minste 1 minuut)
Impulsachtig geluid (incidentele geluidstoten)	Kan, als het impulsachtige geluid optreedt, zeer kort zijn. Meestal speciale apparatuur vereist, interpretatie door deskundigen
Tonaal karakter (hoorbare tonen)	Kan kort (circa 1 minuut), metingen herhalen met verplaatsing of langzaam heen en weer bewegen van de microfoon

Voor alle typen geluiden geldt dat de meetperiode per bedrijfssituatie zodanig lang moet worden gekozen, dat de uitkomst van de meting naar een vaste waarde gaat. Wijzigingen in het begintijdstip of de lengte van de meetperiode mogen de uitkomst niet beïnvloeden.

2.1.4. Meting maximale geluidniveaus

Bij immissiemetingen onder meteoraamcondities worden de maximale geluidniveaus L_{Amax} uit de hoogste meteraflezingen afgeleid door toepassing van de meteocorrectieterm (zie paragraaf 4.4.3). De meteocorrectieterm wordt toegepast voor de bron die bepalend is voor L_{Amax}, rekening houdend met de bronhoogte en afstand van die bron tot het meetpunt.

De bedrijfstoestanden die bepalend zijn voor de equivalente geluidimmissieniveaus hoeven niet bepalend te zijn voor de maximale geluidniveaus. Dit kan bijvoorbeeld het geval zijn als regelmatig terugkerende en luidruchtige gebeurtenissen, zoals het verwisselen van stalen afvalcontainers, op een andere dag plaatsvinden dan op de dag waarop de representatieve bedrijfssituatie optreedt.

Als de geluidimmissie bepaald wordt door een broninventarisatie in combinatie met overdrachtsberekeningen, moet bij de brongerichte metingen ook aandacht aan de L_{Amax}-waarden van de afzonderlijke bronnen worden besteed. Dit geldt met name voor die geluidbronnen waarvan verwacht kan worden dat deze bepalend zijn voor de L_{Amax}-waarden op het beoordelingspunt.

Daarnaast wordt bij de bepaling van de maximale geluidniveaus uiteraard geen bedrijfstijdcorrectie toegepast bij niet-continu in bedrijf zijnde bronnen.

2.2. Directe immisiemetingen

2.2.1. Algemeen

Het doel van deze methode is het bepalen van het geluidimmissieniveau onder het toepassingsbereik (zie hoofdstuk 1) genoemde voorwaarden door metingen direct op het beoordelingspunt, dan wel door metingen op een alternatief punt met een extrapolatieberekening naar het beoordelingspunt.

De onderzoeksresultaten die gebaseerd zijn op meting en die verricht zijn op het beoordelingspunt zullen in het algemeen nauwkeuriger zijn dan de resultaten gebaseerd op metingen die verricht

zijn op een alternatief punt in combinatie met extrapolatie-berekeningen. De extrapolatie-berekening introduceert namelijk een extra onnauwkeurigheid.

De immissiemetingen kunnen ofwel in dB(A)-waarden (methode I) of in de octaafbandfrequenties 31,5 Hz – 8.000 Hz en/of eventueel smalbandiger (methode II) worden uitgevoerd.

Als stoorgeluid niet van belang is en de bedrijfstoestand van de bron eenduidig is, verdient de immissiemeetmethode de voorkeur boven andere methoden.

2.2.2. Weersomstandigheden (meteoraam)

Door meteorologische invloeden kan de geluidoverdracht sterk variëren, met name bij afstanden $r_i >$ 50 m. Bij afstanden die voldoen aan het criterium $r_i \leq 50$ m en $r_b \leq 10\ (h_o + h_m)$ mag onder alle meteorologische omstandigheden gemeten worden. De weersomstandigheden mogen een betrouwbare werking van de apparatuur evenwel niet belemmeren. Metingen bij regen, sneeuw, mist of extreem lage temperatuur moeten om deze reden zoveel mogelijk worden vermeden. Ook metingen tijdens heldere dagen met hoge temperaturen moeten worden vermeden vanwege onbekende temperatuurseffecten op de geluidoverdracht door warmteafstraling. Ook mag windgeruis de metingen niet beïnvloeden. Als richtlijn geldt dat windgeruis tenminste 7 dB onder het signaal moet liggen.

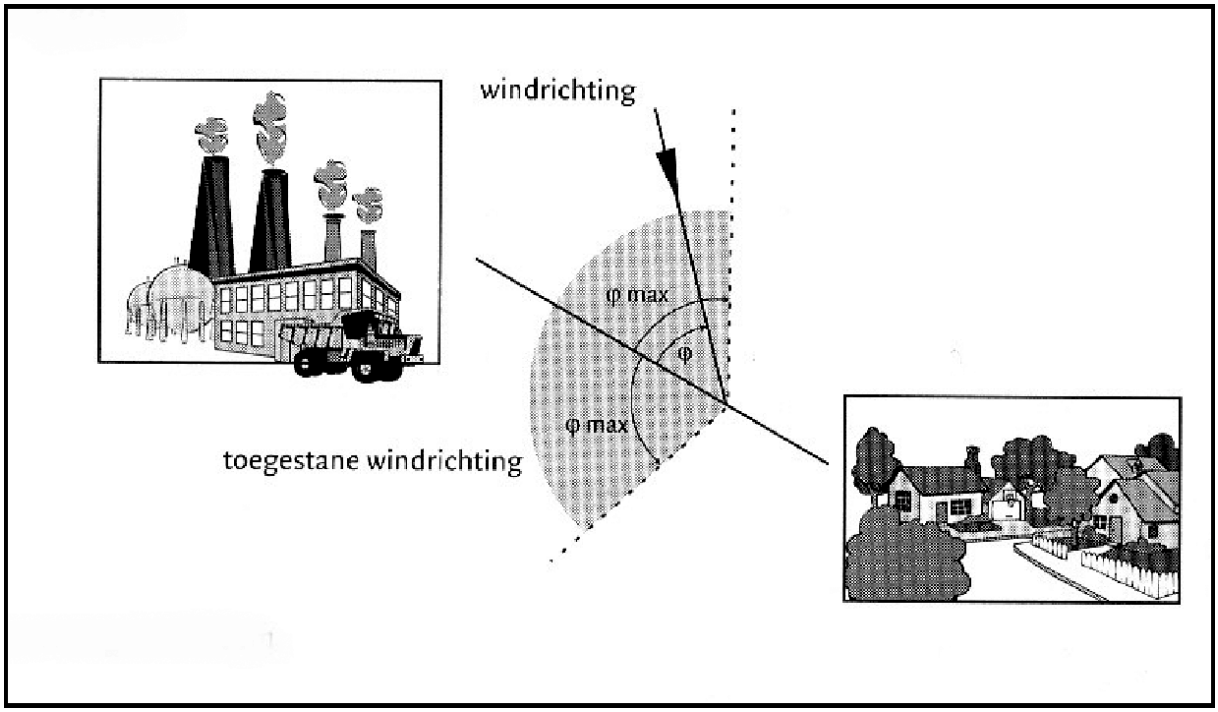
Metingen op grotere afstanden moeten echter onder specifieke meteorologische omstandigheden worden verricht. Deze omstandigheden worden `meteoraamcondities' genoemd; de randvoorwaarden hierbij zijn in tabel 2.3 gedefinieerd.

Tabel 2.3 Meteoraam industrielawaai

Betreft		**Toegestane windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]**	**Toegestane maximum windhoek φ [°]**
Meteorologische dag	oktober tot en met mei	> 1	60
	juni tot en met september	> 2	60
Meteorologische nacht	meer dan 1/8 bewolkt	> 1	60
	minder dan 1/8 bewolkt	> 0	60

Definities van grootheden die voor het vaststellen van het meteoraam van belang zijn:

- *gemiddelde windsnelheid:* de gemiddelde windsnelheid in het open veld (buiten het invloedsgebied van obstakels) op 10 m hoogte op of nabij de meetlocatie. De windsnelheid wordt bepaald uit metingen tussen 2 en 10 m hoogte. De gemeten snelheid op 2 m hoogte moet met 1,4 en de snelheid op 5 m hoogte met 1,2 vermenigvuldigd worden;
- *gemiddelde windrichting:* deze wordt gemeten buiten de invloed van obstakels in het vrije veld. De meethoogte kan vrij gekozen worden tussen 2 en 20 m;
- *windhoek φ:* hoek tussen de lijn van bron naar immissiepunt en de gemiddelde windrichting (zie figuur 2.2);
- *meteorologische dag:* periode tussen een uur na zonsopgang en een uur voor zonsondergang;
- *meteorologische nacht:* periode tussen een uur voor zonsondergang en een uur na zonsopgang.



Figuur 2.2 Toelichting meteoraam

De wijze waarop de meteocorrectieterm berekend moet worden, is uiteengezet in paragraaf 4.4.

2.2.3. Stoorgeluidcorrectie

Als de immissiemeting is beïnvloed door stoorgeluid, wordt uit het gemeten niveau L_i^* (inclusief stoorgeluid) en het gemeten of berekende niveau van het stoorgeluid L_{stoor} het gestandaardiseerde immissieniveau L_i berekend volgens de formules:

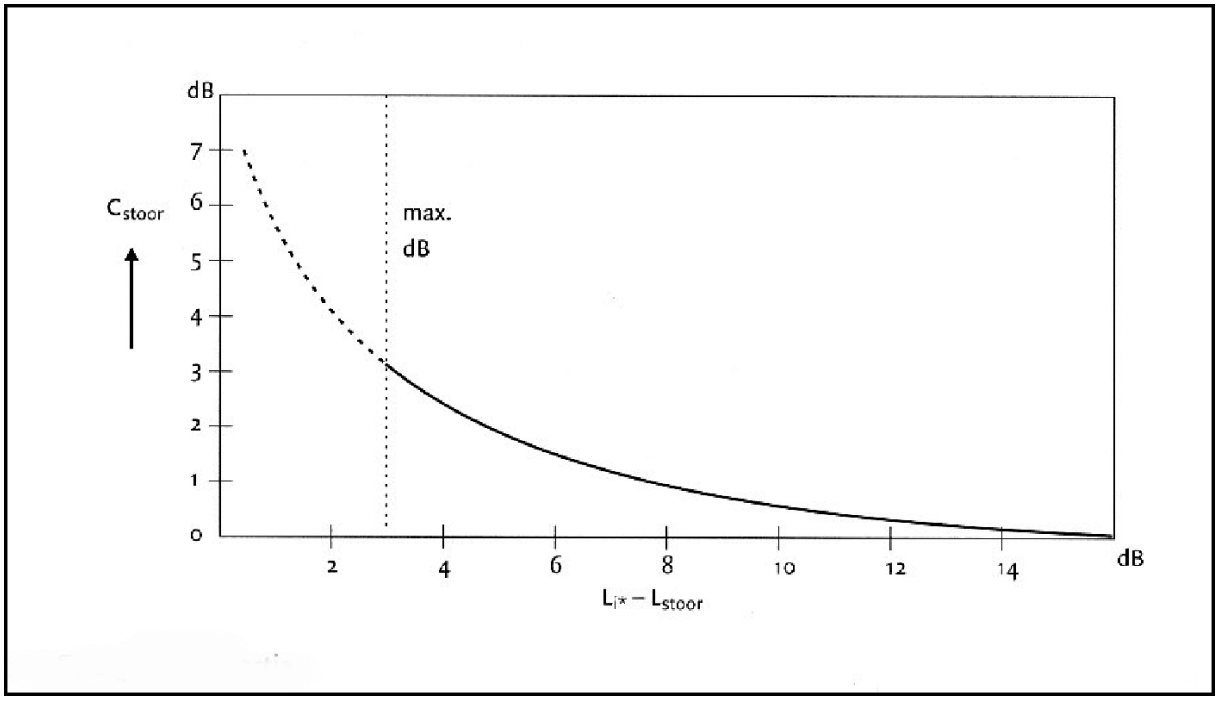
$$L_i = L_i^* - C_{stoor} \quad (2.1)$$

$$C_{stoor} = -10log\left(1 - 10^{\frac{(L_{stoor} - L_i^*)}{10}}\right) \quad (2.2)$$

De stoorgeluidcorrectie C_{stoor} wordt op elke meting afzonderlijk toegepast.

De stoorgeluidcorrectie kan ook worden afgelezen van figuur 2.3. Hier is op de horizontale as het verschil uitgezet tussen het gemeten geluidniveau van de bron met stoorgeluid L_i^* en het apart bepaalde stoorgeluidniveau L_{stoor}. Op de verticale as is de correctie weergegeven waarmee het gemeten geluidniveau L_i^* moet worden verlaagd om het geluidniveau L_i van alleen de bron te bepalen.

De stoorgeluidcorrectie is beperkt tot ten hoogste 3 dB op het totale niveau of bij toepassing van methode II ook 7 dB in een octaafband. In het laatste geval wordt door deze correctie het totale niveau niet met meer dan 3 dB gecorrigeerd.



Figuur 2.3 Stoorgeluidcorrectie

2.2.4. Keuze meetlocatie

Keuze van de meetlocatie

De gekozen meethoogte moet zoveel mogelijk overeenkomen met de beoordelingshoogte. Als de beoordelingshoogte niet nader is gespecificeerd, geldt voor de meethoogte uit het oogpunt van reproduceerbaarheid de volgende uitgangspunten.

Tabel 2.4 Meethoogte h_m (bij ontbreken van specificaties)

Meetafstand r_i [m]	**Meethoogte h_m[m]**
≤ 50	≥ 1,5 (voorkeur: 5)
> 50	≥ 5[1]

[1] Om het geluidimmissieniveau ter hoogte van woongebouwen te bepalen moet voor de gevel van de hoogste verdieping waar zich geluidgevoelige ruimten bevinden, worden gemeten op 2/3 verdiepingshoogte. Als echter aannemelijk kan worden gemaakt dat het geluidniveau niet relevant met de hoogte zal toenemen, kan met een meting op 5 m hoogte worden volstaan. Voor éénlaagsbebouwing kan de meethoogte kleiner zijn dan 5 m.

Reflecties

Tenzij uitdrukkelijk anders aangegeven wordt zo mogelijk het invallend geluidniveau gemeten. Als het immissieniveau vóór een gevel moet worden bepaald, wordt op een afstand van 2 m voor het verticale vlak gemeten. Alle vlakken met een elevatie van α = 70° of meer worden als verticaal beschouwd. Als de elevatie minder dan 70° is, wordt er procedureel van uitgegaan dat er geen reflectie plaatsvindt en wordt geen gevelcorrectieterm toegepast (zie paragraaf 4.4.1).

Als het geluid (brom-)tonen bij lagere frequenties bevat, bijvoorbeeld bij transformatorstations, moet de microfoon tijdens de meting rustig over een bereik van circa 1,5 m heen en weer worden gezwaaid. Algemeen kan gesteld worden dat als het geluidniveau gedomineerd wordt door componenten in de onderste vier octaafbanden (31,5 tot en met 250 Hz band) deze zwaaitechniek aan te bevelen is.

2.2.5. Methode I

2.2.5.1. Meetapparatuur

Voor het verrichten van metingen moet men ten minste beschikken over:

- een precisie geluidniveaumeter met A-filter volgens de specificaties voor class 1 van NEN-EN-IEC 61672-1, met een rondomgevoelige microfoon;
- een voorziening voor de bepaling van het equivalent geluidniveau op basis van continue integratie van het signaal ('real time'), dan wel het bemonsteren van het signaal met tijdsintervallen die

kleiner zijn dan de tijdconstante van het meetsysteem (bij het meten van impulsgeluiden moet de 'crestfactor' voldoende hoog zijn); daartoe kan een integrerende geluidniveaumeter volgens NEN-EN-IEC 61672-1 gewenst zijn;
- een windkap of een windbol; en
- een windsnelheidsmeter, tenzij op andere wijze betrouwbare informatie over windsnelheden verkregen kan worden.

De geluidniveaumeter moet de mogelijkheid bieden de microfoon los te koppelen van de meter om de microfoon op een statief (tot 5 m hoogte) te kunnen plaatsen. De aanwezigheid van een aansluiting voor een koptelefoon verdient aanbeveling, daar geluidniveaus op 5 m hoogte wezenlijk kunnen verschillen van die op 'oorhoogte'. In sommige gevallen kan het gebruik van een windsnelheidsmeter zinvol zijn.

Voor en na iedere meetserie moet de geluidniveaumeter, inclusief de microfoon en aangesloten kabel(s), worden gekalibreerd met behulp van een akoestische ijkbron die een constant signaal (binnen 0,5 dB) afgeeft. Als na afloop van de meetserie bij het kalibreren blijkt dat het meetsysteem niet betrouwbaar is (afwijking ten opzichte van het constante signaal is groter dan 0,5 dB), moeten de metingen opnieuw uitgevoerd worden.

De geluidniveaumeter en de ijkbron worden tenminste iedere twee jaar uitgebreid getest in een daartoe uitgerust laboratorium.

Het eigen ruisniveau van de meter moet tenminste 6 dB lager zijn dan het niveau van het te meten signaal. Er moet op een goed functioneren van het meetsysteem worden gelet, met name als metingen worden uitgevoerd tijdens weersomstandigheden met zeer hoge luchtvochtigheid en zeer lage temperaturen.

2.2.5.2. Vaststelling van de bedrijfssituatie

De bedrijfssituatie wordt gedefinieerd als die situatie waarbij de geluidsituatie kenmerkend is voor de te beoordelen periode. In de meest eenvoudige situatie is de bedrijfstoestand tijdens de meting gelijk aan de bedrijfssituatie gedurende een gehele beoordelingsperiode. De beoordelingsgrootheden $L_{Ar,LT}$ en L_{Amax} kunnen dan rechtstreeks uit ten minste één meting verkregen worden.

In andere situaties zullen verschillende bedrijfstoestanden tezamen de voor de geluidbeoordeling relevante bedrijfssituatie vormen. De immissiemetingen worden in dit geval uitgevoerd tijdens elke bedrijfstoestand. Er moet dan wel sprake zijn van reproduceerbare bedrijfstoestanden. Uit de metingen wordt per bedrijfstoestand het langtijdgemiddeld deelgeluidniveau en het maximale geluidniveau bepaald. Uit deze waarden worden vervolgens de beoordelingsgrootheden $L_{Ar,LT}$ en L_{Amax} afgeleid.

2.2.5.3. Uitvoering van de geluidmetingen

Meetduur

Om de overdrachtsvariaties voldoende uit te middelen, moet de meetduur voor metingen op een afstand tot 50 m tenminste 1 minuut bedragen. Voor afstanden tot 150 m bedraagt de meetduur tenminste 3 minuten. In bepaalde gevallen kan het noodzakelijk zijn veel langer te meten, bijvoorbeeld vanwege het karakter van het te meten geluid en/of de cyclusduur van bepaalde bedrijfsactiviteiten.

Meestal is het niet mogelijk, of zal het niet noodzakelijk zijn, om gedurende de gehele beoordelingsperiode(n) te meten. Volstaan kan worden met een meettijd waarbinnen de geluidemissie van de beschouwde bedrijfstoestand voldoende nauwkeurig is vastgesteld. Als het niet mogelijk is binnen een zekere meetduur een representatieve bedrijfstoestand te definiëren, moet ofwel de bedrijfstoestand ofwel de meetduur worden aangepast.

Het kan van belang zijn langer dan de zuivere meetduur op de locatie aanwezig te blijven om een zo goed mogelijke indruk van de geluidsituatie ter plaatse te verkrijgen.

Bij de vaststelling van stoorgeluid wordt gedurende een relatief lange periode gemeten, ook vanwege het uitmiddelen van overdrachts- en stoorgeluidvariaties.

Aantal metingen
Als de afstand r_i tussen het broncentrum en de meetlocatie kleiner is dan of gelijk is aan 50 m kan per bedrijfstoestand met één meting volstaan worden.

Vanwege mogelijke variaties in de geluidoverdracht tijdens de meetduur worden bij metingen op grotere ≤ 150 m) ten minste twee metingen voorgeschreven. In tabel 2.5 is een en ander ten aanzien van afstanden ($50 < r_i \leq 150$ m) samengevat.

Tabel 2.5 Minimumaantal metingen

Meetafstand r_i [m]	**Minimum aantal metingen**
$r_i \leq 50$	1
$50 < r_i \leq 150$	2

Als voor dezelfde bedrijfstoestand meer dan 1 meting moet worden verricht, moet tussen de metingen ten minste 4 uur tijdverschil bestaan, zodat van een andere meteorologische situatie kan worden gesproken, tenzij aannemelijk kan worden gemaakt dat meerdere metingen geen andere conclusies zullen geven.

De meetresultaten worden na stoorgeluidcorrectie per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld. In situaties waarbij als gevolg van meteorologische variaties een meetresultaat van de desbetreffende bedrijfstoestand 5 dB of meer onder het energetisch gemiddelde ligt, wordt deze vervangen door het resultaat van een nieuwe meting.

2.2.5.4. Bepaling gestandaardiseerd immissieniveau L_i
Op het immissie(meet)punt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluidniveau gemeten. Als tijdens een bedrijfstoestand meerdere metingen zijn uitgevoerd, wordt het aantal verrichte (geldige) geluidmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor het stoorgeluid (zie paragraaf 2.2.3), door energetische middeling het gestandaardiseerde immissieniveau L_i bepaald. De energetische middeling van geluidniveaus wordt algemeen bepaald volgens de formule:

$$L_i = 10log\left(\frac{1}{N}\sum_{x=1}^{N} 10^{\frac{L_x}{10}}\right) \quad (2.3)$$

waarbij wordt verstaan onder:
N = Aantal metingen
L_x = equivalente geluidniveau van meting x

Omdat het immissieniveau vastgesteld wordt onder meteoraamcondities, wordt dit niveau het gestandaardiseerde immissieniveau L_i genoemd.

2.2.5.5. Vaststelling gestandaardiseerd immissieniveau via meting op een alternatief punt
Het alternatieve punt is een punt dat gekozen wordt als het beoordelingspunt niet bruikbaar is als meetlocatie (vanwege stoorgeluid, bereikbaarheid, lokale omstandigheden). Het immissie(meet)punt is dan gelegen op het gekozen alternatieve punt. Uit het op het alternatieve punt vastgestelde geluidniveau kan door extrapolatieberekeningen het beoordelingsniveau op het beoordelingspunt berekend worden.

De locatiekeuze voldoet aan de volgende voorwaarden:
- $r_{alt} \geq 1{,}5d$ en $r_{alt} < 150$ m,
  waarbij wordt verstaan onder:
  r_{alt} = afstand van het broncentrum tot het alternatieve punt;
  d = grootste afmeting van de bron of het brongebied
- zowel vanuit het beoordelingspunt als vanuit het alternatieve punt is er vrij zicht op de bron. De overdrachtswegen (bodem) van de bron tot het alternatieve punt en vanuit de bron tot het beoordelingspunt mogen niet significant van elkaar afwijken;

- het op het alternatieve punt te meten geluidniveau mag niet significant worden beïnvloed door geluidbijdragen van reflecterende vlakken (gebouwen) buiten het brongebied. Het alternatieve punt mag dan ook niet in de nabijheid van belangrijk reflecterende vlakken zijn gelegen;
- de meethoogte h_m op het alternatieve punt is bij voorkeur 5 m boven het plaatselijk maaiveld.

Op het alternatieve punt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluidniveau gemeten. Als tijdens een bedrijfstoestand meerdere metingen zijn uitgevoerd, wordt uit het aantal verrichte (geldige) geluidmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid (zie paragraaf 2.2.3.), door energetische middeling het gestandaardiseerd immissieniveau $L_{i,alt}$ bepaald (volgens vergelijking 2.4).

Uit dit op het alternatieve punt berekende gestandaardiseerde immissieniveau $L_{i,alt}$ wordt het op het beoordelingspunt te verwachten gestandaardiseerde immissieniveau berekend volgens de formules:

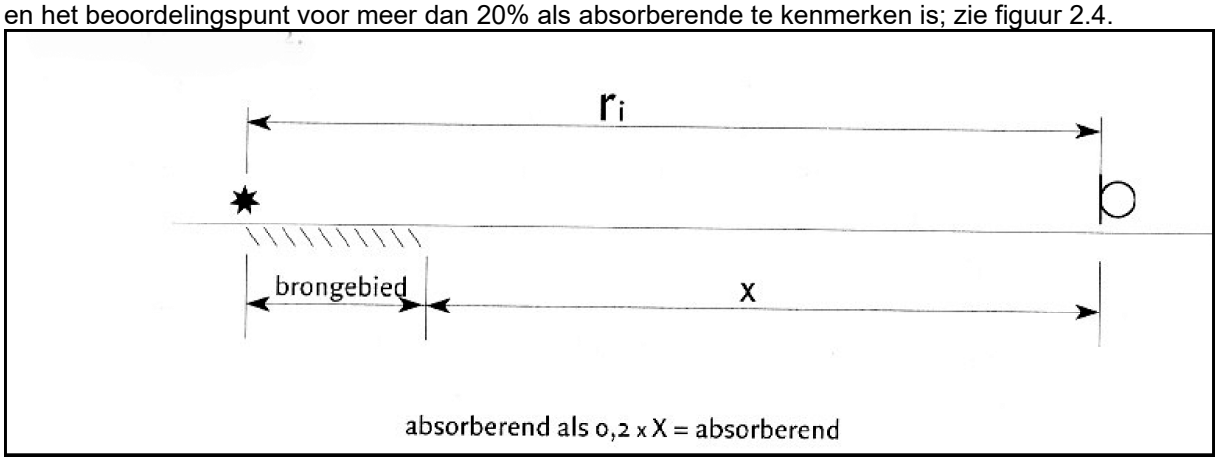
$$L_i = L_{i,alt} - C_{alt} \quad (2.4)$$

$$C_{alt} = 20 \log\left(\frac{r_i}{r_{alt}}\right) + 0{,}004(r_i - r_{alt}) + K_4 \quad (2.5)$$

waarbij wordt verstaan onder:
K_4 = 0 dB voor een beoordelingspunt boven:
- een harde bodem
- een absorberende bodem met $h_0 \geq 2{,}5$ m

K_4 = 1,5 dB voor een beoordelingspunt boven een absorberende bodem met $h_0 \leq 2{,}5$ m

N.B. Een beoordelingspunt ligt boven een absorberende boden als het gebied tussen het brongebied en het beoordelingspunt voor meer dan 20% als absorberende te kenmerken is; zie figuur 2.4.



Figuur 2.4 Definitie absorberende bodem bij beoordelingspunt

2.2.6. Methode II.1

2.2.6.1. Algemeen

De methode voorziet in een directe meting van het geluid in de buitenlucht waarna het meetresultaat nog gecorrigeerd kan worden voor stoorgeluid. In incidentele gevallen kan het gewenst zijn het meetresultaat ook nog te corrigeren voor een temperatuur en luchtvochtigheid in een standaardatmosfeer. De geluidniveaus worden dan bepaald voor de situatie met 10 °C en 80% relatieve vochtigheid. Voor de afwijkende omstandigheden tijdens de metingen wordt gecorrigeerd op basis van ISO 9613-I. Deze correctie is van belang als frequenties boven de 500 Hz het geluidniveau bepalen en er sprake is van (zeer) grote afstanden.

Methode II.1 kan ook gevolgd worden, als voor het bepalen van het geluidvermogen metingen moeten worden uitgevoerd op grotere afstand van de bron.

Er zijn geen algemene beperkingen aan het toepassingsgebied. Wel kan stoorgeluid of de mogelijkheid om de representatieve bedrijfssituatie eenduidig vast te stellen, de toepassing bemoeilijken of onmogelijk maken.

2.2.6.2. Meetapparatuur

- een precisie geluidniveaumeter volgens de specificaties voor Class 1 van NEN-EN-IEC 61672-1 met een rondomgevoelige microfoon;
- een voorziening voor de bepaling van het equivalent geluidniveau op basis van continue integratie van het signaal ('real time'), dan wel het bemonsteren van het signaal met tijdsintervallen die kleiner zijn dan de tijdconstante van het meetsysteem (bij het meten van impulsgeluiden moet de 'crestfactor' voldoende hoog zijn);
- een windkap of een windbol;
- een windsnelheidsmeter, tenzij op andere wijze betrouwbare informatie over windsnelheden verkregen kan worden.

Voor metingen op grotere afstand is het van belang, dat ook de relatieve vochtigheid en de temperatuur wordt vastgesteld. Deze vaststelling kan plaatsvinden door metingen ter plaatse of het raadplegen van actuele meteogegevens verzorgd door derden.

Ook kunnen digitale analysesystemen worden gebruikt die door snelle bemonstering van tijdsignalen geluiddrukken kunnen meten. De microfoons, voorversterkers en functionaliteit van de software moeten voldoen aan de eisen uit de genoemde IEC-publicatie.

Voor vele meetsituaties is het gewenst te beschikken over:

- een integrerende geluidniveaumeter volgens NEN-EN-IEC 61672-1;
- een mogelijkheid om het geluidsignaal op te nemen. Het bestandsformaat van de opname moet zonder compressie werken (bijvoorbeeld .wav) of met 'lossless' compressie (bijvoorbeeld .flac, .wma lossless). Bij compressietechnieken op basis van psycho-akoestische principes gaat informatie verloren. Bestandsformaten die van dergelijke compressietechnieken gebruik maken, zijn niet toegestaan (dus bijvoorbeeld geen .mp3, .wma lossy, .aac). Tijdens de opname wordt bij voorkeur ook het geluidniveau (in dB(A)) afgelezen en geregistreerd;
- een hoofdtelefoon voor het afluisteren van het signaal tijdens de metingen;
- een microfoonstatief tot 10 m hoogte;
- octaafbandfilters volgens de specificatie van NEN-EN-IEC 61260-1. De middenfrequenties van de octaafbanden worden gekozen volgens ISO 266 en omvatten de banden 31,5 Hz tot en met 8.000 Hz.

Voor en na iedere serie metingen wordt het gehele meetsysteem, inclusief microfoons en kabels, op de voor de apparatuur voorgeschreven wijze gekalibreerd met een akoestische ijkbron, die binnen een marge van 0,5 dB een constant signaal geeft. Als na afloop van de meetserie bij het kalibreren blijkt dat het meetsysteem niet betrouwbaar is (de afwijking ten opzichte van het constante signaal is groter dan 0,5 dB), moeten de metingen opnieuw worden uitgevoerd. Bij langdurige metingen is het aan te raden om ook tussendoor nog eens het meetsysteem te kalibreren.

Ook wordt het gehele systeem, inclusief ijkbron(nen), tenminste iedere twee jaar uitgebreid en controleerbaar getest.

2.2.6.3. Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie en bedrijfssituatie

Van de te onderzoeken activiteit wordt allereerst het gebied met de relevante bronnen vastgesteld. Dit is het brongebied. De grootste afmeting binnen het brongebied is de brondiameter *d*. Vervolgens wordt het broncentrum en de bronhoogte h_b bepaald. Het broncentrum is het ‘akoestisch zwaartepunt' van het gebied met de relevante bronnen voor het betreffende immissiepunt.

Meestal kan hiervoor het midden van het brongebied worden gekozen, maar als de maatgevende bronnen sterk excentrisch liggen kan een betere keuze worden gemotiveerd. De bronhoogte h_b is de hoogte van dit akoestische zwaartepunt boven het maaiveld. Tenslotte wordt de meetafstand r_i bepaald. Dit is de afstand tussen het immissiepunt en het broncentrum.

De bedrijfssituatie van de te meten bronnen moet zo exact mogelijk worden vastgelegd, maar niet uitgebreider dan nodig. Het gaat om de kenmerken die voor geluid van belang zijn. Het kan bijvoorbeeld ten behoeve van de metingen en analyse van de bedrijfssituatie nodig zijn diverse bedrijfstoestanden te definiëren, waaruit de beschouwde bedrijfssituatie wordt opgebouwd.

Vastgesteld moet worden of de bedrijfssituatie of bedrijfstoestanden representatief zijn voor het doel van de meting.

Als het in een bepaalde situatie niet mogelijk is een bepaalde bedrijfssituatie vast te stellen of voor de metingen representatieve bedrijfstoestanden te definiëren, kan het zinvol zijn de meetperiode te verlengen. In uitzonderingsgevallen zal de meetperiode gelijk moet en zijn aan de gehele beoordelingsperiode of moet steekproefsgewijs een groot aantal metingen worden verricht. Aanbevolen wordt dan emissiemetingen te verrichten aangevuld met overdrachtsberekeningen.
De duur van de bedrijfssituatie moet voor de dag-, avond- en/of nachtperiode worden vastgelegd.

2.2.6.4. Uitvoering van de geluidmetingen

Meetduur
De meetduur wordt enerzijds bepaald door de variatie van de geluidemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden en anderzijds door variaties in de geluidoverdracht.

Voorwaarde is: de meetduur moet zodanig lang zijn dat het equivalente geluidniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Om over overdrachtsvariaties te middelen worden de in tabel 2.6 aangegeven *minimale* tijden aangehouden. Het betreft hier de pure meettijd. Duidelijk langer is de tijd dat men op een meetlocatie aanwezig moet zijn om zich bewust te worden van de akoestische situatie.
Bij de vaststelling van stoorgeluid wordt gedurende een relatief lange periode gemeten.

Tabel 2.6 Minimale meetduur bij constant emissieniveau

Meetafstand r_i [m]	**Meetperiode T_m**
$r_i \leq 50$ en $r_i \leq 10\ (h_b+h_m)$	15 seconden
$r_i \leq 150$	1 minuut
$r_i \leq 1.000$	2 minuten
$r_i > 1.000$	5 minuten

Aantal metingen
Afhankelijk van de afstand tot het broncentrum moet in het algemeen meer dan één meting per bedrijfstoestand worden uitgevoerd. Tijdens de meting wordt het gestandaardiseerd immissieniveau L_i vastgesteld.

Tabel 2.7 Minimum aantal metingen

Meetafstand r_i [m]	**Minimum aantal metingen**
$r_i \leq 50$	1
$50 < r_i \leq 150$	2
$150 < r_i \leq 1.000$	3
$r_i > 1.000$	4

Tussen twee immissiemetingen moet er ten minste 4 uur tussenruimte zijn, zodat van een andere meteorologische situatie kan worden gesproken. Als echter aannemelijk gemaakt kan worden dat meer metingen geen andere conclusie zullen geven, kan met minder metingen worden volstaan.

De meetresultaten worden na stoorgeluidcorrectie (zie paragraaf 2.2.3) per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld. Als door meteorologische variaties een meetresultaat van de betreffende bedrijfstoestand 5 dB of meer onder het energetische gemiddelde ligt wordt deze vervangen door het resultaat van een nieuwe meting.

2.2.6.5. Bijzondere bewerkingen

Extra- of interpolatie

Als het geluidniveau op een andere plaats (beoordelingspunt) moet worden bepaald dan waar gemeten is (alternatief punt), wordt met behulp van het overdrachtsmodel van methode II een berekening gemaakt van deze correctie. Hierbij wordt de volgende procedure gevolgd:

1. Het brongebied moet vanuit het alternatieve punt en vanuit het beoordelingspunt op te vatten zijn als een geconcentreerde bron (zie paragraaf 2.3.2.3).
2. Vanuit de bron gezien moet het beoordelingspunt in dezelfde richting liggen als het alternatieve punt.
3. Het brongebied kan voor deze berekening worden vereenvoudigd tot één vervangende puntbron in het akoestische zwaartepunt. Uitgaande van deze puntbron worden met het overdrachtsmodel van methode II berekeningen uitgevoerd. In het model moet de werkelijke bodem van het midden- en ontvangergebied worden ingevoerd. De bodemfactor van het brongebied is bij extrapolatie niet wezenlijk van belang.
4. Op het alternatieve punt wordt per octaafband het gestandaardiseerde immissieniveau $L_{i,alt}$ op 5 m hoogte gemeten.
5. Er wordt een (arbitraire) geluidvermogen per octaafband aangenomen, genormeerd op 0 dB. Als een normering op 0 dB met rekenprogrammatuur niet mogelijk is, kan ook gekozen worden voor een geluidvermogen van 100 dB per octaafband.
6. Met het overdrachtsmodel wordt, uitgaande van deze geluidvermogen, op het alternatieve punt en het beoordelingspunt per octaafband het geluidniveau $L'_{i,alt}$ en L'_i berekend.
7. Per octaafband wordt het gestandaardiseerde immissieniveau L_i op het beoordelingspunt bepaald uit:

$$L_i = L'_i - (L'_{i,alt} - L_{i,alt}) \qquad 1. \quad (2.6)$$

8. Het geluidniveau in dB(A) op het beoordelingspunt wordt bepaald door de energetische optelling van de berekende A-gewogen octaafbandwaarden.

2.2.6.6. Bepaling gestandaardiseerd immissieniveau L_i

Op het immissie(meet)punt wordt voor elke gedefinieerde bedrijfstoestand het equivalente geluidniveau gemeten. Als tijdens een bedrijfstoestand meerdere meting zijn uitgevoerd, wordt het aantal verrichte (geldige) geluidmetingen, zo nodig per meting gecorrigeerd voor het stoorgeluid (zie paragraaf 2.2.3), door energetische middeling het gestandaardiseerde immissieniveau L_i bepaald. De energetische middeling van geluidniveaus wordt algemeen bepaald volgens de formule:

$$L_i = 10log\left(\frac{1}{N}\sum_{x=1}^{N} 10^{\frac{L_x}{10}}\right) \qquad (2.7)$$

waarbij wordt verstaan onder:

N = Aantal metingen

L_x = equivalente geluidniveau van meting x

Omdat het immissieniveau vastgesteld wordt onder meteoraamcondities, wordt dit niveau het gestandaardiseerde immissieniveau L_i genoemd.

Wanneer de metingen en uitwerkingen zijn uitgevoerd in frequentiebanden, kan hieruit het gestandaardiseerde immissieniveau in dB(A) worden berekend door de A-gewogen geluidniveaus in de beschouwde frequentiebanden energetisch te sommeren.

Wanneer de metingen direct in dB(A) zijn uitgevoerd, wordt hieruit direct het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau L_i per bedrijfstoestand verkregen.

2.2.7. Vaststelling binnengeluidniveau

2.2.7.1. Meting binnengeluidniveaus

In bepaalde gevallen worden eisen gesteld aan de toelaatbare geluidniveaus in geluidgevoelige ruimten ten gevolge van geluidbronnen buiten die ruimten.

Voor geluidmetingen ter bepaling van die binnenniveaus gelden de volgende regels:
- de microfoon van het meetinstrument bevindt zich op een afstand van ten minste 0,5 m van de begrenzingen van de ruimte (vloer, wanden, plafond), tenminste 0,5 van objecten met een oppervlak groter dan 0,5 m^2, en tenminste 0,5 m van personen in de ruimte. Bij voorkeur is die afstand tenminste 1 m van muren,1,5 m van ramen en 1 m boven de vloer;
- om de verstoring doorstaande golven te verminderen, moet bij voorkeur op tenminste vijf punten worden gemeten. Het minimum aantal meetpunten is drie, als het in redelijkheid niet mogelijk is om op ten minste vijf punten te meten, bijvoorbeeld als de te meten gebeurtenis zich alleen met geringe frequentie voordoet. De meetpunten liggen zowel horizontaal als verticaal verspreid door de ruimte. De gemeten waarden moeten energetisch worden gemiddeld om het gestandaardiseerd immissieniveau L_i te verkrijgen;
- metingen moeten worden uitgevoerd bij gesloten ramen, buitendeuren en ventilatievoorzieningen;
- stoorgeluidbijdragen worden geminimaliseerd. Het gaat om:
    - geluidbronnen binnen de ruimte zelf of elders in het gebouw, bijvoorbeeld koelkast, pomp van de cv-installatie, activiteiten van personen en huisdieren. De eventueel aanwezige mechanische ventilatie wordt voor zover mogelijk buiten werking gesteld;
    - geluidbronnen buiten, zoals verkeer en weersinvloeden zoals regen en wind. De metingen vinden plaats zonder relevante bijdragen van dergelijke geluiden.

Het geluidniveau in een ruimte is afhankelijk van de ruimte-akoestische parameters. Daarom moeten de afmetingen van de ruimte worden vermeld, en moeten de meetresultaten worden genormaliseerd op een referentienagalmtijd zodat het te beoordelen geluidniveau niet wordt bepaald door de inrichting van die ruimte.

Meting van de nagalmtijd vindt plaats per octaafband volgens NEN-EN-ISO 3382-2 [L.1], waarin ook de eisen aan de meetapparatuur zijn aangegeven. Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van een geluidbron die ruis voortbrengt (ruisbron). De bron wordt in de geluidgevoelige ruimte opgesteld in een hoek gevormd door vloer of plafond en twee zijwanden, zodanig dat het middelpunt van de bron zich op ten hoogste 1,5 m van de hoek bevindt, niet op de symmetrieas en tenminste op de afstanden die ook voor de meetposities gelden. De bron wordt tenminste 4 s aangezet en dan klikvrij en in 1 keer uitgeschakeld. Gemeten wordt de tijd waarin het geluid van 5 dB onder het gegenereerde ruisniveau zakt naar 25 dB onder dat niveau. Daarom moet het gegenereerde ruisniveau tenminste 35 dB hoger zijn dan het niveau van stoorgeluiden. De nagalmtijd $T_{i,j}$ is de tijd die het geluid nodig heeft om 60 dB in niveau te zakken, dus 3 maal de gemeten tijd. De nagalmtijd wordt ten minste 2 maal per meetpositie gemeten, in ten minste ten minste 3 meetposities. De nagalmtijd T_i wordt berekend door rekenkundige middeling van de gemeten nagalmtijden $T_{i,j}$.

Het te beoordelen genormaliseerde binnengeluidniveau wordt berekend volgens de formule:

$$L_{nT,i} = L_i + 10log\left(\frac{T_i}{T_0}\right) \quad (2.8)$$

De referentienagalmtijd T_0 bedraagt 0,8 s voor een verblijfsruimte voor groepen voor kinderopvang, een verblijfsruimte voor het geven van onderwijs voor basisonderwijs, en een verblijfsruimte voor het geven van theorieonderwijs in het voortgezet, hoger of wetenschappelijk onderwijs. Voor overige ruimten bedraagt de referentienagalmtijd T_0 0,5 s.

Bij laagfrequent geluid kunnen bij binnengeluidmetingen grote meetonnauwkeurigheden optreden. De metingen moeten voor laagfrequent geluid dan ook als indicatief worden bestempeld.

Als de binnengeluidniveaus veroorzaakt worden door niet-aanliggende activiteiten, vinden de metingen binnen het meteoraam plaats. Deze voorwaarde geldt niet bij metingen van binnengeluidniveaus ten gevolge van geluidbronnen in bijvoorbeeld aanliggende bedrijfsruimten of andere geluidtransmissiesituaties waarbij weersomstandigheden geen rol kunnen spelen.

2.3. Bepaling geluidvermogen

2.3.1. Algemeen

Het gestandaardiseerd geluidimmissieniveau kan, naast het direct meten van de immissie, ook

worden bepaald door een geluidvermogenbepaling met behulp van metingen, aangevuld met berekeningen van de geluidoverdracht naar het beoordelingspunt. Dit kan noodzakelijk zijn als immissiemetingen niet mogelijk zijn, bijvoorbeeld vanwege de volgende omstandigheden:

- er is een te grote invloed van stoorgeluid op meetpunt;
- er is sprake van veelvuldig veranderde bedrijfssituaties die niet zijn onder te verdelen in meerdere goed gedefinieerde bedrijfstoestanden;
- de meteorologische omstandigheden tijdens de meetperiode vallen niet binnen het meteoraam;
- het betreft prognosestudies van nog niet aanwezige activiteiten;
- de wens afzonderlijke bijdragen te kennen van de geluidbronnen.

Methode I

Met de emissiemeetmethoden en het overdrachtsmodel van methode I kan een aantal eenvoudige situaties worden behandeld met als doel een heldere conclusie te kunnen trekken op basis van een indicatieve waarde van de te verwachten geluidimmissie op het beoordelingspunt.

Methode I kent twee emissiemeetmethoden:

1. de geconcentreerde bronmethode (methode I.2);
2. de aangepaste meetvlakmethode (methode I.3).

Methode II

Methode II kent de volgende emissiemeetmethoden:

1. Geconcentreerde bronmethode – methode II.2. Deze methode wordt toegepast als de afmetingen van de bronnen aanzienlijk kleiner zijn dan de meetafstand.
2. Aangepast meetvlakmethode -methode II.3. Met deze methoden wordt het geluidvermogen van de geluidbron bepaald. De afstand tot de bron is bij deze methoden in het algemeen kleiner dan de bronafmeting. In tegenstelling tot de ‘Rondommethode' wordt hier ook de geluidafstraling naar boven in de geluidvermogenbepaling betrokken. Met deze methode kan geen richtingsinformatie worden verkregen. Het gebrek hieraan kan de betrouwbaarheid van de met overdrachtsberekening bepaalde niveaus sterk verminderen.
3. Rondommethode – methode II.4. Deze methode wordt toegepast voor uitgestrekte bronnen (vele tientallen meters) waarvan de horizontale afmetingen veel groter zijn dan de verticale en waarbij de geluiduitstraling in het horizontale vlak weinig richtingsafhankelijk is. Voorts moet in het brongebied de bronverdeling min of meer uniform zijn.
4. Intensiteitsmetingen – methode II.5. Het geluidvermogen wordt bepaald uit de geluidintensiteit die uit een omsloten oppervlak rond een geluidbron stroomt. Deze methode stelt in principe geen beperkingen aan de geluidbronnen.
5. Snelheidsmetingen (trillingsmetingen) – methode II.6. Het geluidvermogen wordt bepaald door vaststelling van de mate waarin een oppervlak met een bepaald snelheidsniveau geluid afstraalt. De methode kan worden toegepast als door aanwezigheid van stoorgeluid, het afgestraalde geluid niet direct gemeten kan worden.
6. Uitstraling gebouwen – methode II.7. Met deze methode kan de geluidtransmissie door wanden en daken worden berekend.

Het bepalen van de geluidvermogens kan met verschillende meettechnieken plaats vinden. Dit geeft ook consequenties voor de toepassing van de voorschriften. Deze worden daarom afzonderlijk behandeld.

De geconcentreerde bronmethode heeft uit het oogpunt van betrouwbaarheid de voorkeur. Vaak zal echter stoorgeluid (bijvoorbeeld van andere bronnen op het industrieterrein) de toepasbaarheid beperken. Met de geconcentreerde bronmethode en de rondommethode wordt de immissierelevante geluidvermogen bij min of meer ongericht afstralende bronnen beter benaderd dan met een aangepast meetvlakmethode.

Immissierelevante geluidvermogen L_{WR}

Het doel van de emissiemeetmethoden is het immissierelevante geluidvermogen van geluidbronnen zo goed mogelijk te bepalen.

Het immissierelevante geluidvermogen L_{WR} is een rekengrootheid. Het geluidvermogen is gelijk aan het vermogen van een rondom afstralende puntbron die op de plaats van de echte geluidbron of het broncentrum van een stelsel geluidbronnen staat en op het immissiepunt hetzelfde geluidniveau geeft als deze geluidbron(nen).

De immissierelevante geluidvermogen is wezenlijk een andere grootheid dan het geluidvermogen van de bron. Het geluidvermogen LW is een maat voor de totale geluidenergie die per seconde door de bron wordt geproduceerd. Het verband tussen beide grootheden wordt berekend volgens de formule:

$$L_{WR} = L_W + DI \qquad (2.9)$$

waarbij wordt verstaan onder:
DI = richtingsindex (zie paragraaf 2.3.3.2)
Voor geluidoverdracht buiten is meestal alleen het geluid van belang dat wordt afgestraald in een hoek van 0° tot 20° met de horizontaal. In specifieke situaties kan de immissierelevante richting anders zijn, bijvoorbeeld bij hoge bronnen (schoorstenen, dakuitlaten e.d.) waarbij ook het beoordelingspunt in de directe omgeving op lagere hoogte ligt.

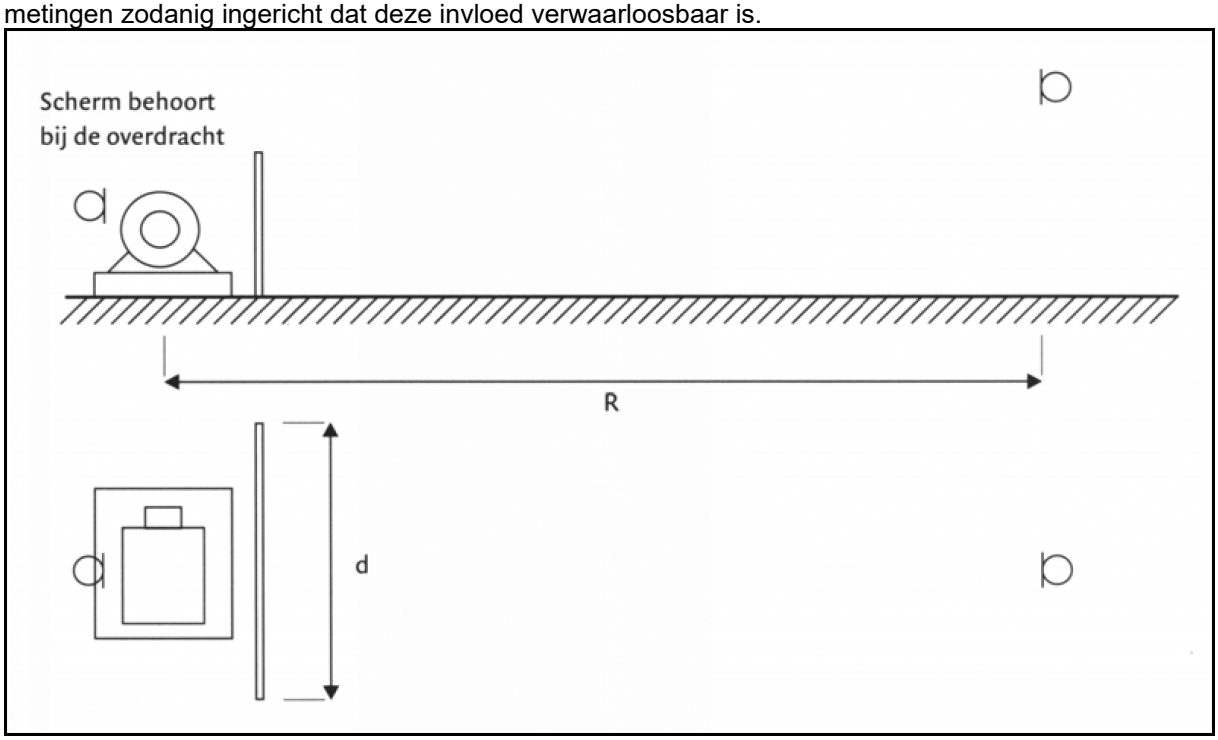
Verder stralen in het horizontale vlak vele geluidbronnen richtingsafhankelijk af. Het is daarom van belang dat alleen in de immissierelevante richting het geluidvermogen wordt bepaald. Bij grotere industriële activiteiten kan het totaal opgestelde geluidvermogen tot wel 5 dB hoger zijn dan de immissierelevante geluidvermogen.

Relevant frequentiegebied bij methode II
De geluidmetingen voor het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen vinden zowel in dB(A) als in octaafbanden of smalbandiger plaats in het gehele gebied dat de octaafbanden met middenfrequenties van 31,5 Hz tot en met 8.000 Hz omvat. Als kan worden aangetoond dat het geluidvermogen in bepaalde frequentiebanden een verwaarloosbare bijdrage geeft tot het immissieniveau behoeft in deze banden geen waarde te worden vastgesteld.

Aansluiting bij overdrachtsberekeningen
De grens tussen bron en overdracht is in sommige gevallen niet eenduidig aan te geven. In het kader van deze methode geldt de volgende richtlijn.

De afschermende en reflecterende objecten die in de bronbeschrijving, en dus in het geluidvermogen, zijn opgenomen maken deel uit van de `vervangende bron' en worden bij de overdrachtsberekening buiten beschouwing gelaten.

Een uitzondering vormt de bodem die altijd in de overdrachtsberekening wordt opgenomen. Zo nodig worden de metingen van de geluidemissie opgeschoond van bodeminvloeden, of worden de metingen zodanig ingericht dat deze invloed verwaarloosbaar is.



Figuur 2.5 Voorbeeld van scheiding bron-overdracht

In bovenstaand voorbeeld kunnen twee situaties worden onderscheiden. Als de situatie vanaf links wordt beschouwd, wordt het scherm afzonderlijk bij de overdracht in rekening gebracht. Als de situatie vanaf rechts wordt beschouwd, kan het scherm onderdeel uitmaken van de 'vervangende bron'.

2.3.2. Methode I

2.3.2.1. Toepassingsgebied

De geluidvermogenbepaling in combinatie met overdrachtsberekeningen kunnen worden toegepast onder de volgende condities:

- de afstand van bron tot beoordelingspunt bedraagt ten hoogste 150 m. De afstand van bron tot beoordelingspunt is hierbij groter dan 1,5 maal de grootste brondiameter ($r_i > 1{,}5\ d$);
- alleen plaatsvaste bronnen kunnen worden beschouwd;
- er moet voldaan worden aan de specifieke randvoorwaarden van de te gebruiken emissiemeetmethoden.

Beide submethoden van geluidvermogenbepaling volgens methode I zijn geschikt voor eenvoudige brongeometrieën met solitaire bronnen of brongroepen van relatief kleine afmetingen. Voorwaarde bij deze submethoden is dat de bronnen zijn gelegen in een goed te omschrijven omgeving waarin de akoestische overdrachtscondities goed kunnen worden gedefinieerd. De overdrachtsberekening geschiedt met behulp van een eenvoudige overdrachtsformule, zoals opgenomen in paragraaf 3.1.

2.3.2.2. Meetapparatuur

De meetapparatuur voor het verrichten van emissiemetingen voldoet aan de in paragraaf 2.2.5.1 gestelde eisen.

2.3.2.3. Geconcentreerde bronmethode (methode I.2)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen van een geluidbron of een stelsel van geluidbronnen in een bepaalde richting tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie. Deze geluidbronnen worden beschouwd als puntbronnen.

Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor bronnen, waarvan de grootste afmeting d in vergelijking tot de meetafstand R als klein te beschouwen is (puntbron). Voorwaarde is dat $1{,}5\ d \leq R \leq 50$ m.

Toepassing van deze geconcentreerde bronmethode is alleen toegestaan als:

- de grootste brondimensie $d \leq 10$ m bedraagt;
- direct zicht bestaat vanuit het meetpunt op de bron of brongroep en er geen (deels) afschermende objecten aanwezig zijn;
- de bodem tussen de bron of het brongebied en het meetpunt hard is;
- de metingen niet worden beïnvloed door reflecties van nabijgelegen reflecterende vlakken;
- geen stoorgeluid optreedt dan wel hiervoor gecorrigeerd kan worden (paragraaf 2.2.3).

Vaststelling van de meetcondities

<u>Bron geometrie en bedrijfssituatie</u>

De metingen worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfstoestand. Als de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de te beschouwen bedrijfssituatie van belang zijn, wordt bij alle toestanden gemeten. Het is belangrijk bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie van de bedrijfstoestanden te maken, die voor de geluiduitstraling van belang zijn.

De volgende grootheden worden bepaald:

- de bedrijfsperiode T_b van de bron binnen een beoordelingsperiode per bedrijfstoestand;
- de bronhoogte h_b;
- de brondiameter d;
- de bedrijfstoestand van de bron, voor zover relevant voor de geluidemissie (toerental, capaciteit en dergelijke).

Keuze van de meetlocatie

Als sprake is van meerdere immissiepunten rondom de geluidbron, is van belang dat de bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt.

Gesteld kan worden dat een geluidbron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt, als de geluidniveaus, gemeten op drie posities rond de bron op gelijke afstand en hoogte, onderling niet meer dan 1,5 dB(A) afwijken.

Als op basis van de aard van de geluidbron aangenomen kan worden dat een bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt, kan ongeacht het aantal immissiepunten met alleen een meetpunt in een willekeurige horizontale richting worden volstaan.

Als er geen horizontaal gelijkmatige uitstraling optreedt, kan alleen dan gebruik gemaakt worden van methode I.2 als sprake is van een beperkt aantal immissieposities waarbij de geluidemissie per immissierelevante richting bepaald kan worden. In andere gevallen wordt methode II toegepast.

Afhankelijk van de geometrie kan men kiezen voor een methode met meetpunten op een hele of halve bol rond de bron.

De hoek tussen het door het broncentrum gelegde horizontale vlak en de verbindingslijn van broncentrum en meetpunt bedraagt in het algemeen 3° tot 12°. Dit komt overeen met de ligging van de meetpunten op het oppervlak van de hele of halve bol op een meethoogte h_m van:

$h_b + 0{,}05R \leq h_m \leq h_b + 0{,}2\ R$.

Voor de keuze van de meetlocatie gelden de volgende voorwaarden.

Meetpunten op hele bol

Rond hooggeplaatste bronnen wordt een denkbeeldig meetvlak gelegd in de vorm van een hele bol, waarvan het middelpunt samenvalt met het broncentrum. De straal R van de bol wordt zodanig gekozen dat geldt $1{,}5\ d \leq R \leq 0{,}5\ h_b$ waarbij h_b de hoogte van de bron is boven plaatselijk maaiveld (dat is meestal de grond of het dakvlak). In het meetpunt hebben bodemreflecties geen relevante invloed op het meetresultaat.

In specifieke gevallen (een hooggelegen bron, bijvoorbeeld een schoorsteen, met ook op korte afstand laag of juist hoog gelegen immissiepunten) kan de meting evenwel een te hoge of te lage geluidvermogen opleveren voor de immissiepunten op korte afstand. Immers de geluiduitstraling in richtingen schuin naar beneden, dus met een (negatieve) hoek onder het horizontale vlak, of schuin naar boven, kan vanwege specifieke richtingseffecten minder of meer zijn. In een dergelijke situatie is ook het verrichten van metingen in die immissierelevante richting naar het punt op korte afstand noodzakelijk. In kritische gevallen wordt gebruik gemaakt van methode II.

Meetpunten op halve bol

Als een geconcentreerde bron dicht boven een horizontaal vlak is gesitueerd, wordt als meetvlak een halve bol rond de bron gekozen.

Het middelpunt van de halve bol valt samen met de projectie van het broncentrum op het horizontale vlak. Voorbeelden zijn: bestrate bodems, daken van gebouwen en dergelijke. Voor de straal R van de bol geldt als voorwaarde dat $R \geq 1{,}5\ d$ en bij voorkeur $R \geq 2\ h_b$.

Uitvoering van de geluidmetingen

Meetduur

De meetduur wordt hoofdzakelijk bepaald door de variatie van de geluidemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden. Als voorwaarde geldt dat de meetduur zodanig lang moet zijn dat het equivalente geluidniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Aantal metingen

Per bedrijfstoestand kan volstaan worden met één meting per immissierelevante richting op een bepaalde afstand van de bron. Het verdient echter de voorkeur meerdere metingen in deze richting te verrichten. Meerdere meetresultaten per meetrichting worden, na eventuele stoorgeluidcorrectie

(zie paragraaf 2.2.3) per bedrijfstoestand energetisch gemiddeld volgens formule 2.3.

Berekening van de immissierelevante geluidvermogen L_{WR}

Uit de meetwaarden wordt het energetisch gemiddelde geluidniveau $L_{Aeq,T}$ in dB(A) afgeleid. De immissierelevante geluidvermogen L_{WR} wordt berekend volgens de formules:

Hele bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2$

Halve bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10 \log 4\pi R^2 + D_{bodem}$ (2.10)

waarbij:

D_{bodem} = –2 dB

R = meetafstand tot de bron

Met de verkregen geluidvermogen wordt vervolgens het immissieniveau L_i bepaald door de verzwakking door geluidoverdracht in rekening te brengen. In paragraaf 3.1 wordt hierop ingegaan.

2.3.2.4. Aangepaste meetvlakmethode (methode I.3)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen van een solitaire bron tijdens een goed gedefinieerde bedrijfstoestand. Kenmerkend voor deze emissiebepaling is dat het geluidvermogen wordt verkregen uit metingen die verricht worden dichtbij de bron.

Omdat met deze methode in principe het geluidvermogen wordt bepaald en geen richtingsinformatie wordt verkregen, heeft gebruik van de geconcentreerde bronmethode de voorkeur. Als stoorgeluid aanwezig is, is het echter noodzakelijk om op kortere afstand dan R = 1,5 d te meten, hetgeen tot toepassing van deze methode leidt.

Toepassingsgebied

De methode mag, naast de in paragraaf 2.3.2.1 genoemde algemene voorwaarden, alleen worden toegepast onder de volgende condities:

- het betreft vlakke bronnen zoals bijvoorbeeld roosters en deuren in gevels met bronafmetingen kleiner dan 25 m^2. Het beoordelingspunt wordt hierbij gezien binnen een hoek van 85° met de normaal op het vlak van de bron. Voorzichtigheid is geboden als een inpandige geluidbron met relatief hoge geluiduitstraling vanuit een beoordelingspositie zichtbaar is via een open deur. In bepaalde situaties kan die geluidbron in die beoordelingspositie een hogere geluidbijdrage leveren dan de geluiduitstraling van het nagalmgeluidveld in de deuropening. Toepassing van methode I.3 gevolgd door overdrachtsberekeningen leidt dan tot te lage geluidniveaus in die beoordelingspositie. In dergelijke situatie is toepassing van methode II noodzakelijk;

óf

- het betreft een solitaire bron of samengestelde bron (zoals bijvoorbeeld de combinatie aandrijving-overbrenging-installatie) met een brondiameter van ten hoogste 5 m;

Overige condities zijn:

- er treedt geen significant stoorgeluid op of hiervoor kan worden gecorrigeerd;
- de grootste brondiameter is klein ten opzichte van de afstand tot het beoordelingspunt ($r_i \geq 1{,}5$ d)
- de bron straalt over het gehele referentievlak (gedefinieerd in de volgende paragraaf) gelijkmatig geluid uit. Wanneer op enig punt op het meetvlak het verschil tussen het hoogste en laagste te meten geluidniveau meer dan 2 dB bedraagt, wordt gebruik gemaakt van methode II.

Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie

Op enige afstand van de bron wordt een referentielichaam gelegd dat de contouren van de bron benadert. Dit referentielichaam hoeft de contouren van de bron niet nauwsluitend te volgen, maar moet van een zo eenvoudig mogelijke vorm zijn (blok, cilinder, plat vlak en dergelijke). Figuur 2.6 geeft voorbeelden van mogelijke vormen van het referentielichaam. Combinaties van referentielichamen zijn ook mogelijk.

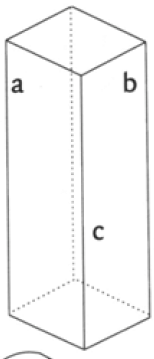
De metingen bij de bron vinden plaats op het aangepast meetvlak. Dit meetvlak is gelegen op enige afstand van het referentievlak en heeft een gelijke vorm als het referentievlak.

Het grondoppervlak van het referentielichaam maakt geen deel uit van het meetvlak en wordt bij de bepaling van het oppervlak van het meetvlak niet beschouwd.

a. Blok

$S_{ref} = ab + 2c\,(a + b)$

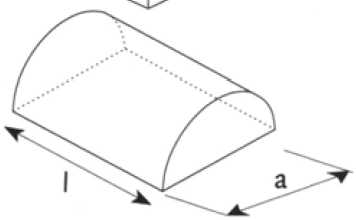
(bijvoorbeeld bij open procesinstallaties, motoren en compressoren)



b. Halve cirkelcilinder

$S_{ref} = {}^1/_4\,\pi\,a\,l\,(2 + a/l)$

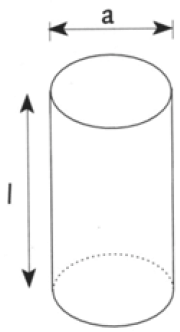
(bijvoorbeeld bij generatoren)



c. Cilinder

$S_{ref} = \pi\,a\,l\,(1 + a/4l)$

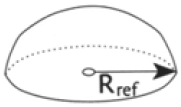
(bijvoorbeeld bij procesinstallaties)



d. Halve bol

$S_{ref} = 2\,\pi\,R^2_{ref}$

(bijvoorbeeld bij kleinere apparaten en machines)



Figuur 2.6 Vormen van referentielichamen

N.B. De oppervlakte van het meetvlak S_m kan op gelijke wijze worden berekend.

Keuze van de meetlocaties

De meetpunten worden gekozen op het aangepast meetvlak. Algemene uitgangspunten bij de keuze van het meetvlak zijn dat het meetvlak:

- op een vaste afstand ligt van het referentielichaam;
- de bron volledig wordt omsloten of aansluit op de bodem of niet geluidafstralende vlakken, objecten rond de bron;
- op een relatief kleine afstand van de bron wordt geplaatst;
- goed bereikbaar is voor het uitvoeren van metingen.

Per type bron worden de volgende specifieke eisen geformuleerd.

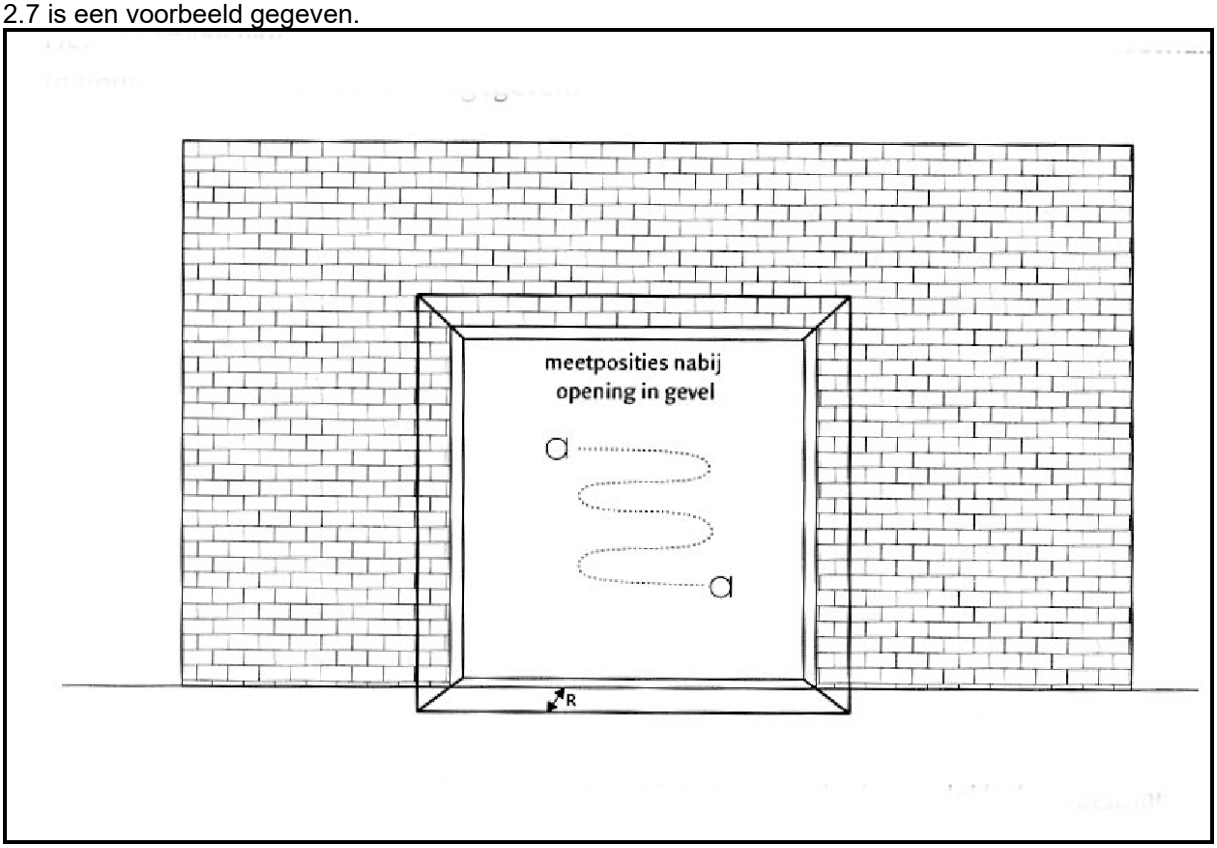
Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een meetvlak gekozen dat bestaat uit:

- een hoofdvlak evenwijdig aan het referentievlak en afmetingen gelijk aan het referentievlak;
- een smalle randstrook langs de omtrek van het hoofdvlak waarop geen metingen worden

verricht en dat verder buiten beschouwing blijft.

Het oppervlak van het referentievlak S_{ref} is even groot als het oppervlak van het meetvlak S_m. In figuur 2.7 is een voorbeeld gegeven.



Figuur 2.7 Geluidvermogenmeting van een open deur van een bedrijf; de bron wordt als een vlakke bron beschouwd

Voor de afstand R tussen meetvlak en referentievlak geldt volgens tabel 2.8

Tabel 2.8 Afstand R afhankelijk van de soort bron

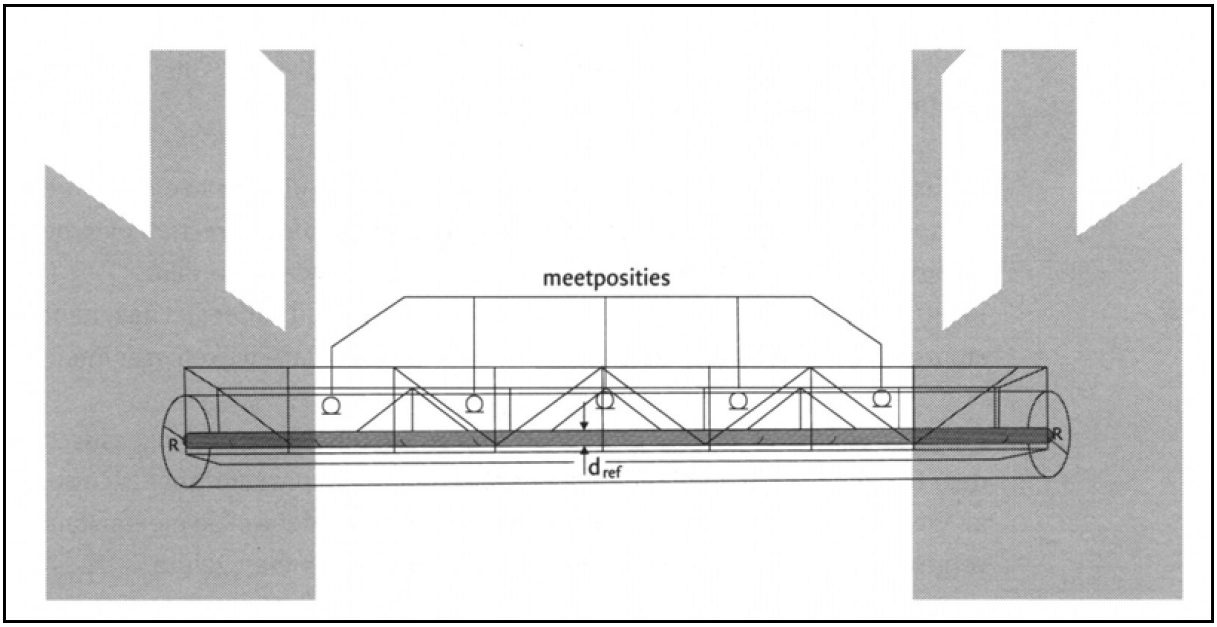
Soort vlakke bron	**Meetafstand R [m]**
Opening in wanden	$0 \leq R \leq 0{,}2\sqrt{S_{ref}}$
Geluidafstralende wanden, platen	$0{,}5\ \text{m} \leq R \leq 0{,}2\sqrt{S_{ref}}$

Lijnbron

Het meetvlak is een (halve) cilinder die gelijkvormig is aan het referentievlak. De straal R van het meetvlak moet voldoen aan:

- $R < 0{,}2\ l$
- $R \geq 0{,}8\ d_{ref}$
- $R \geq 0{,}5\ d_{ref} + 0{,}5$

Hierbij is d_{ref} de diameter van het referentielichaam en l de lengte van de cilinder. In figuur 2.8 is een voorbeeld gegeven. In dit voorbeeld komt het referentielichaam overeen met de compressorleiding.



Figuur 2.8 Voorbeeld van een geluidvermogenmeting aan een compressorleiding (bevestigd aan een leidingbrug die als vakwerk licht is getekend)

De oppervlakte van het meetvlak bedraagt:
Hele cilinder: $S_m = 2\pi RI$
Halve cilinder: $S_m = \pi RI$

Overige bronnen
Het meetvlak is gelijkvormig met het referentielichaam. In het oppervlak van het meetvlak is het bodemvlak en de overige afsluitende zijvlakken, zoals muren, niet opgenomen.

Voor de afstand tussen referentievlak en meetvlak moet worden voldaan aan:
$0{,}5\ \text{m} \leq R \leq 0{,}2\sqrt{S_{ref}}$

Uitvoering van de geluidmetingen
Algemeen
Omdat bij methode I.3 erg dicht op de bron wordt gemeten, wordt er van uitgegaan dat stoorgeluid een geringe rol speelt. In voorkomende gevallen kan de stoorgeluidcorrectie, zoals beschreven in paragraaf 2.2.3 worden toegepast. Bij lage frequenties kunnen grote fouten optreden ten gevolge van akoestische nabijheidsvelden. Als verwacht kan worden dat met name de lage frequenties de meetwaarde beïnvloeden, wordt gebruik gemaakt van de in methode II gegeven methoden.

Als openingen worden gemeten waar sprake is van een luchtstroom (bijvoorbeeld uitblaasroosters), wordt erop toegezien dat deze luchtstroom niet de metingen beïnvloedt. In een dergelijk geval wordt net buiten de luchtstroom gemeten.

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan dat deze de metingen niet mogen beïnvloeden (regen, vocht, windgeruis, enzovoort).

Het karakter van het geluid geeft geen beperkingen aan de methode.

Meetduur
Bij cyclische processen wordt op alle meetpunten tenminste een gehele cyclus gemeten. Bij zwaaien omvat de meetduur per zwaai tenminste drie cyclussen.

Bij continue processen kan de meetduur over het algemeen tot 15 seconden worden beperkt. Uitgangspunt is hierbij dat de meting zolang wordt uitgevoerd dat het gemeten equivalente geluidniveau een eindwaarde benadert, die bij een verdere verlenging van de meetduur niet meer dan 0,5 dB zou veranderen.

Aantal metingen

Discrete punten

Het aantal meetpunten N voldoet aan de voorwaarden uit tabel 2.9.

Tabel 2.9 Aantal discrete meetpunten afhankelijk van de soort bron

Betreft	**Aantal meetpunten**
Geluidafstralende objecten	$N \geq S_m/(4\pi R^2)$
Openingen	$N \geq \sqrt{S_m}$ (S_m in m^2)

Zwaaien

Een efficiënt alternatief voor het meten op discrete punten is de microfoon langzaam over het meetvlak te zwaaien en zo het gehele meetvlak of delen daarvan gelijkmatig af te tasten. Zwaaien moet bij voorkeur in platte vlakken plaatsvinden. Voor de afstand d_z tussen de zwaailijnen geldt als het criterium uit tabel 2.10.

Tabel 2.10 Afstand d_z tussen zwaailijnen afhankelijk van de soort bron

Betreft	**Afstand d_z [m]**
Geluidafstralende objecten	$d_z \leq 2$ R
Openingen	$d_z \leq 1$ m

Bij voorkeur wordt een scan over een oppervlak driemaal herhaald, waarbij zo mogelijk ook andere zwaaipatronen worden gekozen.

Bepaling immissierelevante geluidvermogen L_{WR}

Per meetpunt op het meetvlak wordt het geluidniveau voor elke bedrijfstoestand gemeten. Bij meerdere metingen worden de resultaten daarvan energetisch gemiddeld. Bij de zwaaimethode wordt één waarde per bedrijfstoestand vastgesteld.

Het geluidniveau over het meetvlak wordt gedefinieerd als het A-gewogen meetvlakniveau $<L_{sA}>$. Het geluidvermogen L_{WR} wordt berekend volgens de formule:

$$L_{WR} = <L_{sA}> + 10 \log S_m - 1 + DI \qquad (2.11)$$

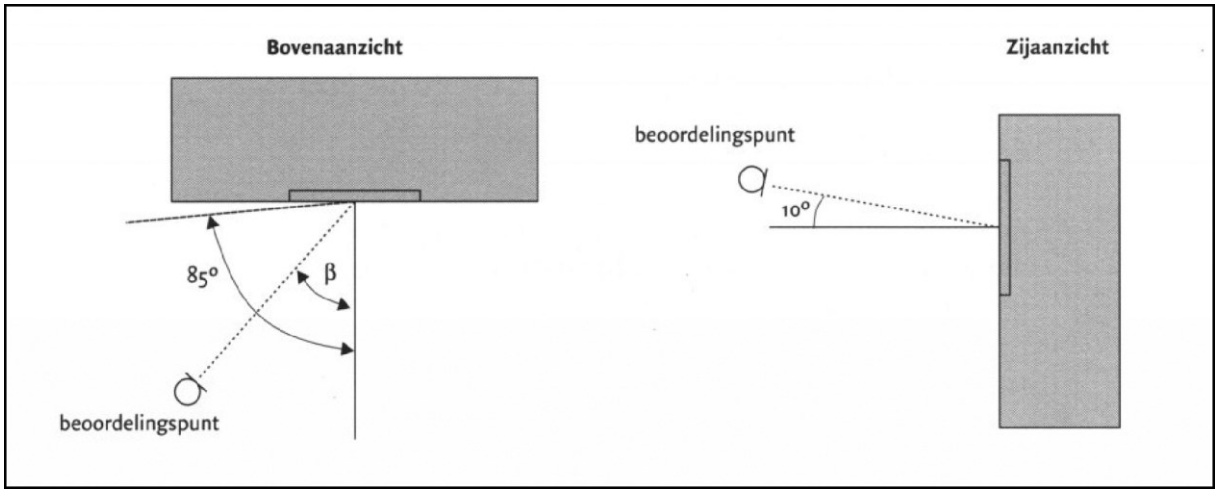
waarbij wordt verstaan onder:

$<L_{sA}>$ = energetisch gemiddelde geluidniveau in dB(A) gemeten op het meetvlak

S_m = oppervlak van het meetvlak

DI = richtingsindex van de betreffende bron

De richtingsindex van de betreffende bron is afhankelijk van de hoek β en wordt bepaald volgens tabel 2.11. In figuur 2.9 is de hoek β weergegeven.



Figuur 2.9 Definitie hoek β

Tabel 2.11 Richtingsindex voor een hoek β

β [°]	***DI* [dB]**
grote vlakke bronnen	
0–85	+3
85–115	-2
115–180	-7
rondom stralende bronnen	0

De nauwkeurigheid van berekeningen van vlakke bronnen volgens methode I neemt af bij een groter wordende hoek β.

Toepassing van deze methode voor hoeken groter dan 180° zal leiden tot gelijke of hogere geluidimmissieniveaus dan met methode II zullen worden berekend, mits geen overheersende reflecties in de overdrachtsweg optreden (conservatieve benadering).

Na bepaling van het geluidvermogen wordt in combinatie met het overdrachtsmodel in paragraaf 3.1 het geluidimmissieniveau bepaald.

2.3.3. Methode II

2.3.3.1. Geconcentreerde bronmethode (methode II.2)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen in een bepaalde richting vanuit een geluidbron of een stelsel van geluidbronnen tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie.

Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor bronnen, waarvan de grootste afmeting d in vergelijking tot de meetafstand *R* tussen het meetafstand en broncentrum als klein te beschouwen zijn (geconcentreerde bronnen). Voorwaarde is dat $R \geq 1{,}5\ d$.

Meetapparatuur

De meetapparatuur voldoet aan de eisen geformuleerd bij de standaard immissiemeetmethode (paragraaf 2.2.6.2).

Vaststelling van de meetcondities

<u>Brongeometrie en bedrijfssituatie</u>

De metingen worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Als de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de representatieve situatie van belang zijn, worden deze allemaal

gemeten.

Het is van belang bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie van de bedrijfstoestanden te maken, die voor de geluiduitstraling van belang zijn.

De volgende grootheden worden bepaald:
- de tijdsperiode T_b per bedrijfstoestand dat de bron binnen een beoordelingsperiode werkt;
- de bronhoogte h_b;
- de brondiameter d.

Keuze van de meetlocatie

Afhankelijk van de geometrie kan men kiezen voor een methode met meetpunten op een hele of halve bol rond de bron. De meetpunten liggen telkens in de richting van een beoordelingspunt of immissiepunt. Als in meer richtingen informatie nodig is, wordt voor deze richtingen de procedure analoog uitgevoerd. De meetafstand kan hierbij per richting verschillen. Eventuele symmetrie-eigenschappen kunnen worden gebruikt bij de bepaling van de immissierelevante geluidvermogen.

In het geval dat aangenomen kan worden, dat de bron in horizontale richtingen gelijkmatig uitstraalt kan, ongeacht het aantal immissiepunten, met alleen één meetpunt in een willekeurige horizontale richting worden volstaan (bijvoorbeeld bij metingen aan een verticaal uitstromende schoorsteen). In het geval dat aangenomen kan worden dat de bron in verticale richtingen gelijkmatig uitstraalt kan, ongeacht de aanwezigheid van immissiepunten schuin boven of schuin onder de bron, met alleen één meetpunt in een willekeurige verticale richting worden volstaan.

De hoek tussen het door het broncentrum gelegde horizontale vlak en de verbindingslijn van broncentrum en meetpunt bedraagt in het algemeen 3° tot 12°. Dit komt overeen met de ligging van de meetpunten op het oppervlak van de hele of halve bol op een meethoogte h_m van:
$h_b + 0{,}05R \leq h_m \leq h_b + 0{,}2R$.

Meetpunten op hele bol

Rond hooggeplaatste bronnen wordt een denkbeeldig meetvlak gelegd in de vorm van een hele bol, waarvan het middelpunt samenvalt met het broncentrum.

De straal R van de bol wordt zodanig gekozen dat geldt $1{,}5\ d \leq R \leq 0{,}5\ h_b$, waarbij h_b de hoogte van de bron is boven plaatselijk maaiveld (dat is meestal de grond of het dakvlak).

Bij situaties waar sprake is van hoog gelegen bronnen en laag gelegen immissieposities, of van laag gelegen bronnen en hoog gelegen immissieposities, worden ook metingen in de immissierelevante richting verricht.

Meetpunten op halve bol

Als een geconcentreerde bron dicht boven een horizontaal vlak is gesitueerd wordt als meetvlak een halve bol rond de bron gekozen.

Het middelpunt van de halve bol valt samen met de projectie van het broncentrum op het horizontale vlak. Voorbeelden zijn: bestrate en grasachtige bodems, daken van gebouwen en dergelijke. Voor de straal R van de bol geldt als voorwaarde dat $R \geq 1{,}5\ d$ en bij voorkeur $R \geq 2\ h_b$.

Er kan een meethoogte van 10 m worden gebruikt als $h_b + 0{,}05\ R > 10$ en als aannemelijk gemaakt kan worden dat op die meethoogte hetzelfde geluidniveau optreedt als op dezelfde afstand op de gewenste meethoogte.

Reflecties en afschermingen

Er zijn geen afschermende objecten tussen de meetpunten en de bronnen aanwezig (vrij zicht van meetpunt naar bron).

Daarnaast worden, voor zover mogelijk, de meetpunten zodanig gekozen, dat het geluidniveau niet beïnvloed wordt door objecten, die niet als een onderdeel van de bron kunnen worden beschouwd.
Een mogelijkheid om aan deze voorwaarden te voldoen is de meetafstand R zo groot te kiezen, dat de reflecterende en afschermende objecten als behorend bij de bron kunnen worden beschouwd.

Aangezien bij het samennemen van bronnen de onderlinge afscherming vaak onnauwkeurig in rekening kan worden gebracht, wordt aanbevolen de meetafstand R zo groot te kiezen dat de bronnen tezamen als geconcentreerde bron kunnen worden gemeten, in plaats van als afzonderlijke deelbronnen.

Het verdient uiteraard de voorkeur de situatie met behulp van diverse metingen vast te stellen, zodat metingen met elkaar vergeleken kunnen worden en tot een nauwkeurige analyse gekomen kan worden van de situatie.

Weersomstandigheden

Aanbevolen wordt R en h_m zo te kiezen dat voor alle bronnen in het brongebied geldt dat $R \leq 10\ (h_b + h_m)$ en $R \leq 50$ m. Als dit niet het geval is moet aan het meteoraam industrielawaai worden voldaan (zie paragraaf 2.1.2).

Uitvoering van de geluidmetingen

Algemeen

Als het geluid hoorbare zuivere tonen bevat, wordt de microfoon tijdens de meting in de richting van de bodem of het van belang zijnde reflecterende vlak tenminste twee keer langzaam over circa 1,5 m heen en weer bewogen.

Door een geschikte keuze van meettijdstip en meetplaats wordt de invloed van stoorgeluid geminimaliseerd. Het zal bij vele metingen niet te voorkomen zijn dat in bepaalde frequentiebanden stoorgeluid optreedt. Als voorbeeld hiervan kunnen windturbulenties genoemd worden. In de praktijk bepalen windturbulenties in de lage frequenties nog weleens de meetwaarde.

Omdat de keuze van het meetpunt betrekkelijk vrij is, wordt er zorg voor gedragen dat stoorgeluidcorrecties die invloed hebben op het A-gewogen geluidniveau zo min mogelijk voorkomen. Hierbij wordt ook rekening gehouden met de te berekenen geluidniveaus op grotere afstand. Door het effect van luchtabsorptie in het midden- en hoogfrequente gebied neemt het belang van de laagfrequente componenten op grote afstand toe.

Meetduur

De meetduur wordt hoofdzakelijk bepaald door de variatie van de geluidemissie en de eventuele cyclische processen die daarin optreden.

Voorwaarde is dat de meetduur zodanig lang moet zijn dat het equivalente geluidniveau naar een vaste waarde gaat. Beperkte wijzigingen in het begin- of eindtijdstip van de metingen mogen het resultaat niet beïnvloeden.

Als op een afstand wordt gemeten waarbij aan het meteoraam industrielawaai moet worden voldaan, gelden de algemene regels van de immissiemeetmethode ten aanzien van de minimale meetduur (zie 2.2.6.4).

Aantal metingen

Afhankelijk van de afstand tot het broncentrum moet in het algemeen ten minste één meting per bedrijfstoestand worden uitgevoerd. In tabel 2.12 is het een en ander samengevat.

Tabel 2.12 Minimum aantal metingen

Meetafstand R [m]	**Minimum aantal metingen**
$R \leq 50$	1
$50 < R \leq 150$	2
$R > 150$	3

De meetresultaten worden na stoorgeluidcorrectie per bedrijfsperiode energetisch gemiddeld. Als een meetresultaat van een bedrijfstoestand als gevolg van niet optimale meteorologische

omstandigheden 5 dB of meer onder het energetisch gemiddelde ligt, wordt deze vervangen door een nieuwe meting.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}

Uit de meetwaarden wordt het energetisch gemiddelde geluiddrukniveau $L_{Aeq,T}$ per frequentieband afgeleid door middel van energetische middeling van de afzonderlijke resultaten.

Het immissierelevante geluidvermogen wordt berekend volgens de formules:

Voor afstanden $R < 20$ m:

Hele bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10\ log 4\pi R^2$	
Halve bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10log 4\pi R^2 - 2$	(2.12)

Voor afstanden $R \geq 20$ m:

Hele bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + 10\ log 4\pi R^2 + a_{lu}\ R$	
Halve bol: $L_{WR} = L_{Aeq,T} - L_{fictief}$	(2.13)

waarbij wordt verstaan onder:

a_{lu} = luchtabsorptiecoëfficiënt (zie paragraaf 3.2.3.2)

Toelichting

Voor de halve-bolmethode wordt het overdrachtsmodel van methode II gebruikt om de overdracht te bepalen tussen de 'vervangende puntbron' en het meetpunt.

1. Het brongebied wordt voor deze berekening vereenvoudigd tot één vervangende puntbron in het akoestische zwaartepunt, waarbij de werkelijke bodemeigenschappen worden ingevoerd in het overdrachtsmodel van methode II.
2. Er wordt per octaafband een geluidvermogen $L_{WR,fictief}$ aangenomen van 0 dB. Als een normering van 0 dB met de gebruikte rekenprogrammatuur niet mogelijk is, kan ook worden gekozen voor een geluidvermogen van 100 dB per octaafband.
3. Met het overdrachtsmodel wordt op het meetpunt per octaafband het geluiddrukniveau $L_{fictief}$ berekend.
4. Per octaafband wordt het geluidvermogen bepaald uit: $L_{WR} = L_{Aeq,T} + (L_{WR,fictief} - L_{fictief})$. Hierin is $L_{Aeq,T}$ het op het meetpunt gemeten geluidniveau in de desbetreffende octaafband.

Specialistische rekenmodellen

In uitzonderingsgevallen is het gewenst bij de halve bol methode met de specifieke frequentie-eigenschappen van een bodemreflectie rekening te houden. Hierbij zijn metingen in tertsbanden of fijner een vereiste. Het optreden van bodemeffecten kan bepaald worden met specifieke stralenberekeningen of andere gevalideerde specialistische methoden. De overdrachtsberekening van het overdrachtsmodel van methode II kan dan door deze vaak veel complexere berekeningen worden vervangen (zie paragraaf 3.4: Hybride methoden).

2.3.3.2. Aangepaste meetvlakmethode (methode II.3)

Algemeen

Het doel van deze methode is de bepaling van het geluidvermogen van een bron uit geluidmetingen die op korte afstand van de bron zijn verricht.

Het oogmerk hierbij is veelal om het geluidvermogen van (kleine) apparaten te bepalen. Dit maakt dat deze methoden vaak niet direct toepasbaar zijn voor in situ metingen in de industrie (zie paragraaf 2.3.3.4). In dit hoofdstuk wordt een afzonderlijke meetmethode beschreven, die een wijder toepassingsgebied heeft.

Omdat met deze methode het geluidvermogen wordt bepaald en principieel geen richtingsinformatie wordt verkregen, heeft het gebruik van de geconcentreerde bronmethode de voorkeur boven deze methode. Veelal zal de aanwezigheid van stoorgeluid het echter noodzakelijk maken om op kortere afstand dan R = 1,5 d te meten hetgeen tot toepassing van deze methode leidt. De meetpunten liggen dan op een denkbeeldig meetvlak, waarvan de vorm is aangepast aan de vorm van de bron. Deze meetmethode wordt ook in internationale standaarden aangegeven.

Toepassingsgebied

De methode wordt toegepast in situaties waarbij zeer dicht bij de bron moet worden gemeten. De methode is in principe toepasbaar voor alle soorten bronnen met afmetingen die groter zijn dan circa 2 m. Voorbeelden zijn:
- gebouwen en onderdelen ervan;
- openingen in gebouwen;
- pijpleidingen.

Meetapparatuur
De meetapparatuur voldoet aan de eisen geformuleerd bij de standaard immissiemeetmethode (zie hoofdstuk 2.2.6.2).

Vaststelling van de meetcondities
De metingen worden uitgevoerd bij een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Als de bron meer bedrijfstoestanden kent die voor de representatieve situatie van belang zijn, worden deze allemaal gemeten.

Het is van belang bij de voorbereiding van metingen een volledige inventarisatie te maken van de bedrijfstoestanden van bronnen die voor de geluiduitstraling van belang zijn.

Onder bronnen worden alleen de geluidafstralende onderdelen van machines, apparaten en gebouwen verstaan. Alle onderdelen waarvan op basis van een beoordeling ter plaatse duidelijk is dat hun geluidafstraling verwaarloosbaar is, worden buiten beschouwing gelaten.

In de overdrachtsberekening kan het gewenst zijn een bron in deelbronnen op te splitsen in verband met afschermingen en reflecties nabij de bron. Vooraf moet beoordeeld worden of de splitsing in deelbronnen aanvullende metingen behoeft.

De brongeometrie wordt geschematiseerd met een zogenaamd referentievlak of -lichaam. Dit is een (gebogen) oppervlak met simpele geometrie dat de bron zo nauw mogelijk omsluit. De bronnen worden geclassificeerd zoals in tabel 2.13 aangegeven.

Tabel 2.13 Classificatie van bronnen voor aangepast meetvlak

Soort	Omschrijving/referentievlak	Voorbeeld
Vlakke bronnen	het referentievlak is een plat vlak	gevels, grote openingen in gebouwen
Lijnbronnen	het referentievlak is een cilinder of als de lijnbron nabij de grond staat, een halve cilinder	pijpleidingen, spleetvormige openingen, transportbanden
	ook een reeks langs een lijn gesitueerde identieke puntbronnen zijn te beschouwen als lijnbron	pompenstraten, rij ventilatoren, rij branders van een fornuis, vracht-wagenroutes
Overige bronnen	alle bronnen die noch als vlakke, noch als lijnbronnen kunnen worden geclassificeerd	apparaten, koelbanken en dergelijke.

Het referentielichaam voor de overige bronnen omsluit de bron zo nauw mogelijk, waarbij uitstekende onderdelen die geen geluid afstralen buiten beschouwing worden gelaten. Het referentielichaam heeft één van de volgende vormen of een combinatie daarvan (zie figuur 2.10):
- blok (rechthoekig parallellepipedum);
- halve cilinder;
- cilinder;
- halve bol.

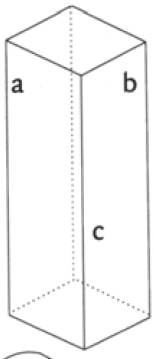
Het referentielichaam mag niet inspringen of inkepingen vertonen. Ook sluit het referentielichaam altijd aan bij de grond, zowel harde als absorberende bodems of bij een ander vlak, zoals wanden en daken van gebouwen en dergelijke.

De volgende grootheden worden bepaald:
- de tijdsperiode T_b per bedrijfstoestand dat de bron binnen een beoordelingsperiode werkt;
- de bronhoogte h_b;
- de oppervlakte S_{ref} van het referentielichaam.

a. Blok

$S_{ref} = ab + 2c\,(a + b)$

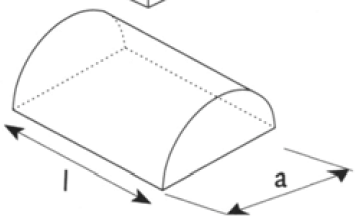
(bijvoorbeeld bij open procesinstallaties, motoren en compressoren)



b. Halve cirkelcilinder

$S_{ref} = {}^1/_4\,\pi\,a\,l\,(2 + a/l)$

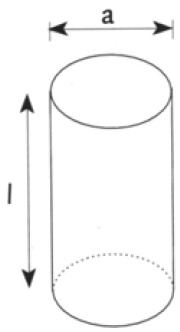
(bijvoorbeeld bij generatoren)



c. Cilinder

$S_{ref} = \pi\,a\,l\,(1 + a/4l)$

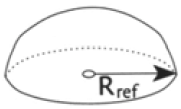
(bijvoorbeeld bij procesinstallaties)



d. Halve bol

$S_{ref} = 2\,\pi\,R^2_{ref}$

(bijvoorbeeld bij kleinere apparaten en machines)



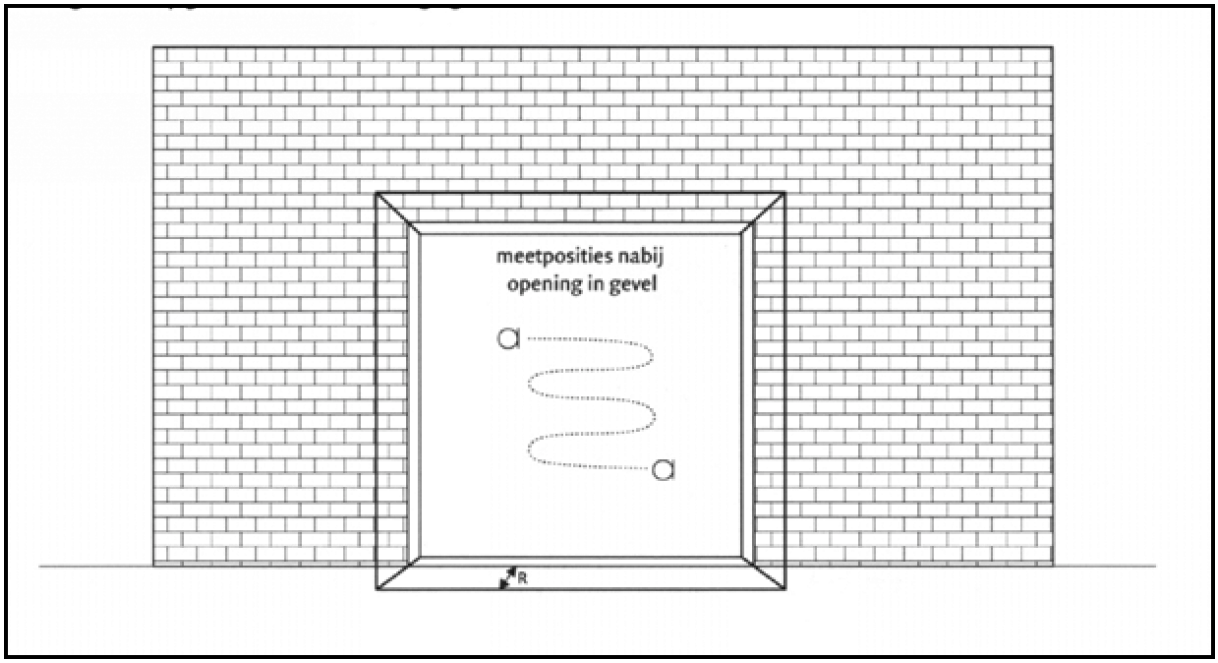
Figuur 2.10 Vormen van referentielichamen

N.B. De oppervlakte van het meetvlak S_m kan op gelijke wijze worden berekend.

<u>Keuze van de meetlocatie</u>
De meetpunten gekozen op een aangepast meetvlak. Algemene uitgangspunten bij de keuze van het meetvlak zijn dat het meetvlak:
- op een vaste afstand ligt van het referentievlak;
- de bron volledig omsluit of aansluit op de bodem of niet geluidafstralende vlakken, objecten rond de bron;
- op een relatief kleine afstand van de bron wordt geplaatst;
- goed bereikbaar is voor het uitvoeren van metingen.

Per type bron worden specifieke eisen geformuleerd.

Vlakke bron
Voor vlakke bronnen wordt een meetvlak gekozen dat bestaat uit:
- een hoofdvlak evenwijdig aan het referentievlak en afmetingen gelijk aan het referentievlak;
- een smalle randstrook langs de omtrek van het hoofdvlak waarop geen metingen worden verricht en die verder buiten beschouwing blijft.



Figuur 2.11 Geluidvermogenmeting van een open deur van een bedrijf. De bron wordt als een vlakke bron beschouwd

Het oppervlak van het referentievlak Sref is even groot als het oppervlak van het meetvlak Sm. In figuur 2.11 is een voorbeeld gegeven.

Voorzichtigheid is geboden als een inpandige geluidbron met relatief hoge geluiduitstraling vanuit een beoordelingspositie zichtbaar is via een open deur. In bepaalde situaties kan die geluidbron in die beoordelingspositie een hogere geluidbijdrage leveren dan de geluiduitstraling van het nagalmgeluidveld in de deuropening. Toepassing van methode II.3 gevolgd door overdrachtsberekeningen leidt dan tot te lage geluidniveaus in die beoordelingspositie.

Dan wordt in de beoordelingspositie de bijdrage van het directe geluidveld van die geluidbron bepaald, inclusief een eventuele reflectie tegen de binnenzijde van de (achter)wand van het gebouw (middels meting of overdrachtsberekening) en energetisch te worden gesommeerd met het middels methode II.3 en overdrachtsberekening bepaalde geluidniveau.

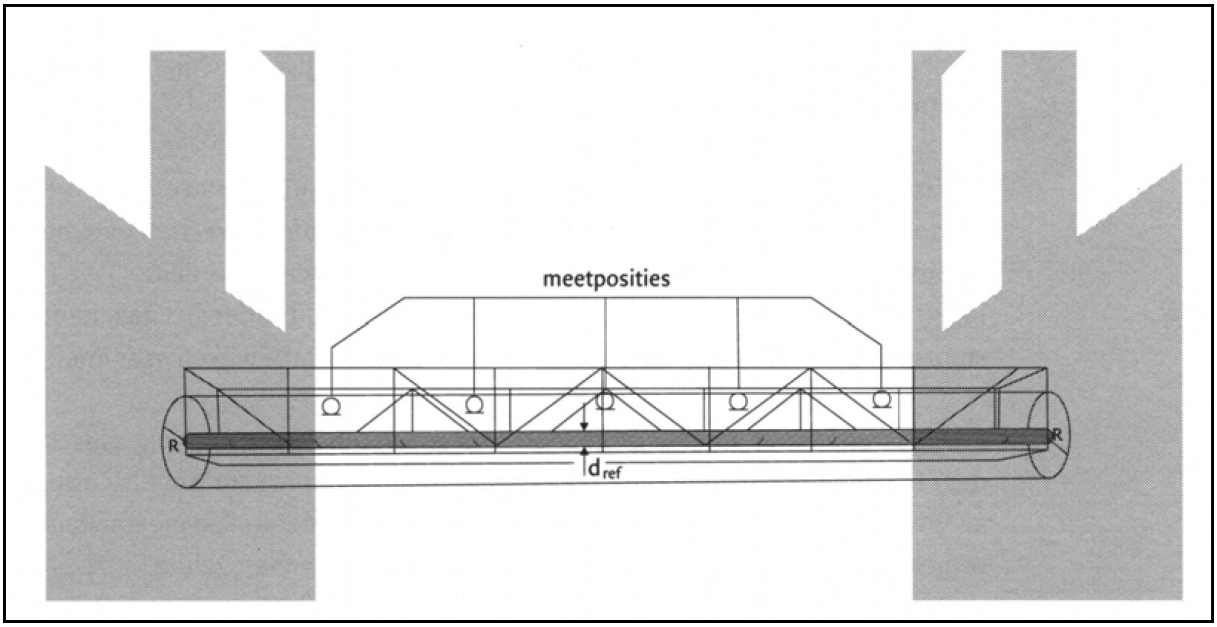
Voor de afstand R tussen meetvlak en referentievlak gelden de afstanden uit tabel 2.14.

Tabel 2.14 Afstand R afhankelijk van de soort bron

Soort vlakbron	**Meetafstand *R* [m]**
Openingen in wanden	$0 \leq R \leq 0{,}2\sqrt{S_{ref}}$
Geluidafstralende wanden, platen	$0{,}5\ \text{m} \leq R \leq 0{,}2\sqrt{S_{ref}}$

Lijnbron
Het meetvlak is een (halve) cilinder die gelijkvormig is met het referentievlak. De straal *R* van het meetvlak moet voldoen aan:
- $R < 0{,}2\ l$
- $R \geq 0{,}8\ d_{ref}$
- $R \geq 0{,}5\ d_{ref} + 0{,}5$

Hierbij is d_{ref} de diameter van het referentielichaam (in dit geval gelijk aan de compressorleiding) en *l* de lengte van de cilinder. In figuur 2.12 is een voorbeeld gegeven.



Figuur 2.12 Voorbeeld van een geluidvermogenmeting aan een compressorleiding (bevestigd aan een leidingbrug die als vakwerk licht is getekend)

De oppervlakte van het meetvlak bedraagt:
- Hele cilinder: $S_m = 2\pi RI$
- Halve cilinder: $S_m = \pi RI$

Overige bronnen
Het meetvlak is gelijkvormig aan het referentielichaam. In het oppervlak van het referentievlak zijn het bodemvlak en de overige afsluitende zijvlakken, zoals muren, niet opgenomen.
De afstand tussen referentievlak en meetvlak moet voldoen aan:
$0{,}5\ \text{m} \leq R \leq 0{,}2\sqrt{S_{ref}}$

Uitvoering van de geluidmetingen
Algemeen
Als het geluidniveau met de verschillende bedrijfstoestanden varieert en verwacht wordt dat de variaties op alle meetpunten ongeveer gelijk zouden zijn, kan worden volstaan met een meting van de variaties op enkele referentiepunten. Voor de meest van belang zijnde bedrijfstoestand moet echter de gehele methode worden gevolgd.

Als blijkt dat op het meetvlak het geluidniveau van enige punten meer dan 10 dB boven het gemiddelde niveau uitkomen, wordt een andere brondefinitie gemaakt. Meestal is de verhoging een gevolg van een zeer sterke lokale bron, die mogelijk met een geconcentreerde bronmethode kan worden gemeten.

Omdat erg dicht op de bron wordt gemeten, wordt ervan uitgegaan dat stoorgeluid een geringe rol speelt. In voorkomende gevallen kan de stoorgeluidcorrectie zoals beschreven bij de algemene immissiemeetmethode (paragraaf 2.2.3) worden gebruikt.

Richtmicrofoons in de nabijheid van bronnen werken in dit kader niet naar behoren. Bij ernstige stoorgeluidproblematiek wordt zodoende aangeraden uit te wijken naar intensiteitsmetingen.

Bij lage frequenties kunnen grote fouten optreden ten gevolge van akoestische nabijheidsvelden. Als vooral in het lage frequentiebereik grote nauwkeurigheid wordt gevraagd, wordt aangeraden uit te wijken naar de intensiteitsmethode, of de meetafstand tot objecten te vergroten tot ten minste een kwart golflengte van het te meten geluid.

Het karakter van het geluid geeft geen beperkingen aan de methode.

Meetduur

Bij cyclische processen wordt op alle meetpunten tenminste een cyclus gemeten. Bij zwaaien omvat de meetduur per zwaai tenminste drie cyclussen.

Bij continue processen kan de meetduur over het algemeen tot 15 seconden worden beperkt. Uitgangspunt is dat de meting zolang wordt uitgevoerd dat er een eindwaarde benaderd wordt, die bij een verdere verlenging van de meetduur niet meer dan 0,5 dB verandert.

Aantal metingen
De meetpunten worden gelijkmatig verdeeld over het meetvlak.

Discrete meetpunten
Het aantal meetpunten *N* voldoet aan de voorwaarden uit tabel 2.15.

Tabel 2.15 Aantal discrete meetpunten afhankelijk van de soort bron met (S_m in m^2)

Betreft	**Aantal meetpunten**
Geluidafstralende objecten	$N \geq S_m/(4\pi R^2)$
Openingen	$N \geq \sqrt{S_m}$

Als aannemelijk is dat de bron over zijn oppervlak min of meer gelijkmatig geluid uitstraalt en het aantal meetpunten volgens bovenstaande tabel onpraktisch hoog wordt, kan met een kleiner aantal punten volstaan worden. Richtlijn is voor kleine bronnen N ≥ 5 en voor bronnen met een referentieoppervlak S_{ref} groter dan 200 m^2 N ≥ 10. Ook moet de standaarddeviatie van het gemiddelde (σ_n) voldoen aan $\sigma_n \leq 1$, waarbij σ_n wordt berekend volgens de formule:

$$\sigma_n^2 = \sum_{i=1}^{N} \frac{(L_{pA}(i) - L_{pA})^2}{N\,(N-1)} \qquad (2.14)$$

Zwaaien
Een efficiënt alternatief voor het meten op discrete punten is de microfoon langzaam over het meetvlak te zwaaien en zo het gehele meetvlak of delen daarvan gelijkmatig af te tasten. Zwaaien moet bij voorkeur in platte vlakken plaats vinden. Voor de afstand d_z tussen de zwaailijnen geldt het criterium in tabel 2.16.

Tabel 2.16 Afstand dz tussen zwaailijnen afhankelijk van de soort bron

Betreft	**Afstand d_z [m]**
Geluidafstralende objecten	$d_z \leq 2R$
Openingen	$d_z \leq 1$ m

Bij voorkeur wordt een scan over een oppervlak driemaal herhaald waarbij zo mogelijk ook andere zwaailijnen gekozen worden.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}
Meetvlakniveau $<L_S>$
Van het aangepast meetvlak wordt het oppervlak S_m bepaald. Vervolgens wordt per deelvlak (met oppervlak S_k) het geluidniveau L_k per frequentieband gemeten. Vervolgens wordt hiermee het meetvlakniveau bepaald volgens de formule:

$$< L_s > = 10 \log \left(\frac{1}{S_m} \sum_{k=1}^{N} 10^{\frac{L_k}{10}} S_k \right) \qquad (2.15)$$

Als de oppervlakken van de deelvlakken minder dan 20% van het gemiddelde deelvlak- oppervlak verschillen, wordt direct over de meetpunten gemiddeld volgens de formule:

$$< L_s >= 10 \log\left(\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} 10^{\frac{L_k}{10}}\right) \quad (2.16)$$

Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F

Als dicht op de bron wordt gemeten, is er sprake van een geometrisch nabijheidsveld. Hiervoor kan worden gecorrigeerd door toepassing van de nabijheidsveldcorrectie ΔL_F. Maatgevend voor deze correctieterm is Q, die gedefinieerd wordt als de verhouding tussen het oppervlak van het referentievlak en het meetvlak. De bodem, de muren en ook andere niet afstralende zijvlakken worden niet meegeteld bij de bepaling van het meetvlak.

Tabel 2.17 Nabijheidsveldcorrectie ΔL_F

$Q = S_{ref}/S_m$	**ΔL_F [dB]**	**Voorbeelden**
0,9 ≤ Q < 1	-3	Vlakke bronnen
0,7 ≤ Q < 0,9	-2	Lange cilindrische meetvlakken om pijpen enzovoort
0,4 ≤ Q < 0,7	-1	Vele van de gangbare meetvlakken rond grote apparaten
0 ≤ Q < 0,4	0	Vormt overgang naar geconcentreerde bron
Algemeen:		
Q ≥ 0,4	-5*(Q – 0,4)	
Q < 0,4	0	

Richtingsindex DI

Voor de bepaling van de richtingsindex moet de oriëntatie van de bron worden vastgesteld.

Vlakke bron

Voor vlakke bronnen wordt een richtingsindex aangehouden zoals deze telt voor gebouwvlakken in het overdrachtsmodel. Overdrachtsmodellen kennen vrijwel altijd schermen en vaak gebouwen als een afzonderlijk item. Als de richting is vastgelegd, brengt het rekenmodel de richtingsindex in rekening (zie paragraaf 2.3.3.6). In het geval dat in het rekenmodel geen gebouwen of schermen gemodelleerd kunnen worden, worden de vlakke bronnen als puntbronnen gemodelleerd, die in kritische situaties voor de verschillende richtingen voorzien zijn van verschillende richtingindices. Bij het overdrachtsmodel is de *DI* alleen in een bepaalde richtingssector geldig.

Overige bronnen

- als de bron gelijkmatig in alle richtingen straalt, is de richtingsindex $DI = 0$;
- als de bron vrij opgesteld staat maar richtingsafhankelijk uitstraalt, zal de *DI* door metingen bepaald moeten worden;
- als de bron richtingsafhankelijk uitstraalt, maar te midden van verstrooiende objecten staat, zal het richteffect verloren gaan. Meestal zal dan een term $D_{terrein}$ (zie paragraaf 3.2.3.6) bij de overdracht in rekening moeten worden gebracht;
- als de bron is opgesteld voor één of meer verticale reflecterende vlakken die deel uitmaken van de bron wordt een richtingsindex vastgesteld volgens de formule:

$$DI = 10 \log(4\pi/\Omega) \quad (2.17)$$

waarbij wordt verstaan onder:

Ω = de niet afgeschermde ruimtehoek

DI houdt geen rekening met de bodem, waardoor deze bodem buiten beschouwing blijft. Bij het overdrachtsmodel is de *DI* alleen in een bepaalde richtingssector geldig.

Berekening geluidvermogen L_{WR}

De immissierelevante geluidvermogen wordt berekend volgens de formule:

$$L_{WR} = \langle L_s \rangle + 10 \log S_m + \Delta L_F + DI \quad (2.18)$$

De berekening vindt per octaafband plaats of in smallere banden, waarna de A-gewogen geluidvermogen uit de bijdrage van de diverse frequentiebanden wordt berekend.

Als in bepaalde gevallen alleen een schatting van de A-gewogen geluidvermogen is vereist, kan de procedure in zijn geheel direct op A-gewogen geluidniveaus worden toegepast.

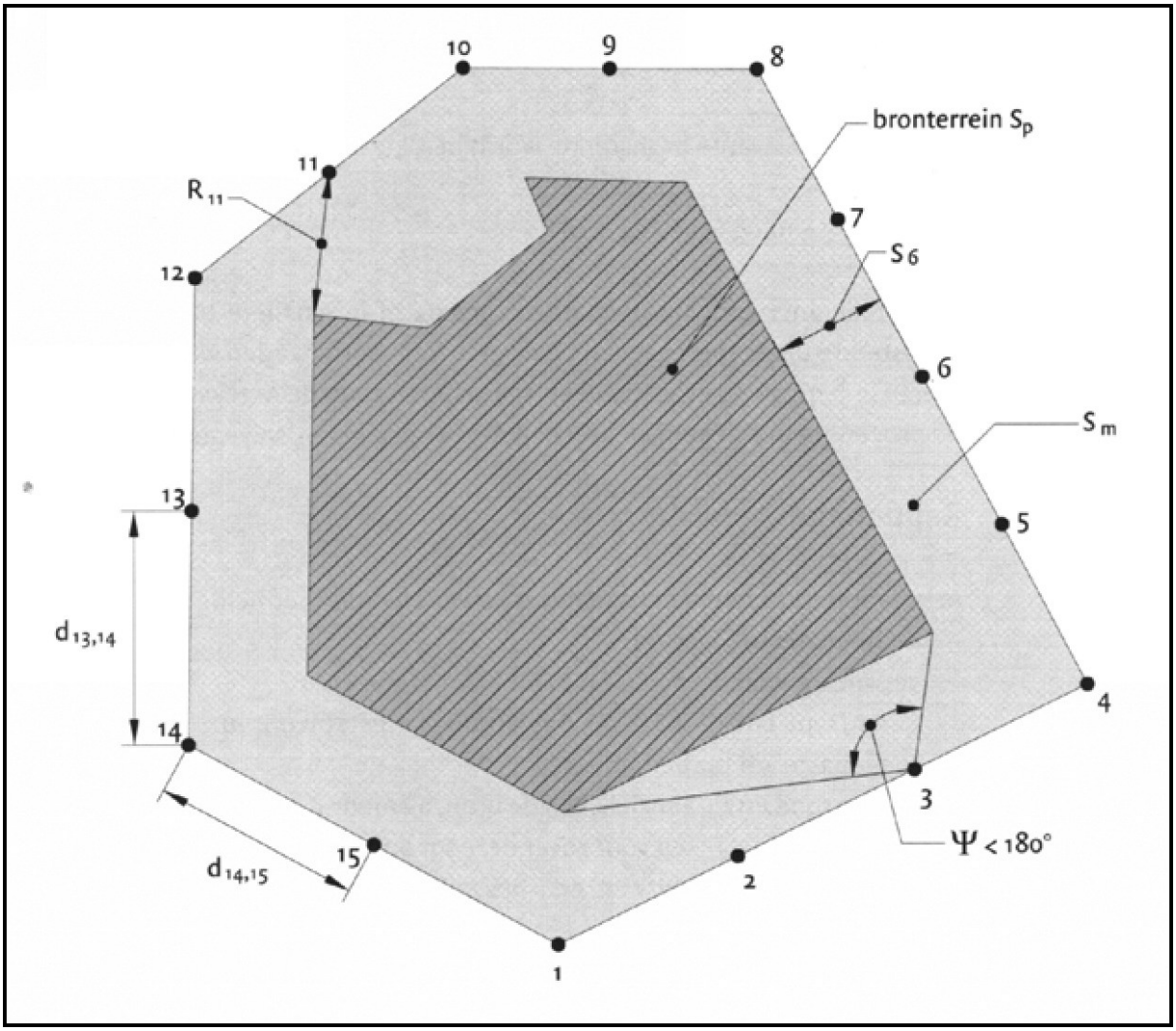
2.3.3.3. Rondommethode (methode II.4)

Algemeen

Het doel van de methode is het vaststellen van de immissierelevante geluidvermogen van uitgestrekte installaties, waarvan de horizontale afmetingen veel groter zijn dan de verticale afmetingen. Deze bronnen stralen min of meer gelijkmatig af tijdens een goed gedefinieerde bedrijfssituatie.

De metingen vinden in octaafbanden of smalbandiger plaats in het gehele gebied dat de 31,5 Hz tot en met 8.000 Hz octaafband omvat.

De metingen en berekeningen worden verricht volgens ISO 8297 [L.2]. Deze methode kan als volgt worden beschreven.



Figuur 2.13 Toelichting bij de keuze van de meetpunten

Ter bepaling van het geluidvermogen wordt allereerst het geluiddrukniveau gemeten op een aantal punten op een meetlijn, die op kleine afstand rond het brongebied ligt (zie figuur 2.13). Met de resultaten van de metingen kan met de formules die zijn gegeven aan het einde van deze paragraaf het geluidvermogen bepaald worden. Bij het bepalen van het geluidvermogen wordt uitgegaan van $D_{b,br}$ = -1. Het bepaalde geluidvermogen bevat geen richtingsinformatie (de bron

mag deze immers niet bevatten).

Het grote voordeel van de methode is dat in complexe situaties op betrekkelijk eenvoudige wijze een emissie wordt gevonden waarin interne afschermingen en verstrooiing door installaties op het bronterrein al verdisconteerd zijn.

In het algemeen is door de uitgestrektheid van het bronterrein en de verschillende bronhoogten, het effect van een afscherming zeer onnauwkeurig te berekenen, tenzij het scherm dichtbij het immissiepunt is gesitueerd.

Voor uitgestrekte bronterreinen, waarbij veel verstrooiing van geluid optreedt, is het overdrachtsmodel voldoende nauwkeurig. Een verfijnder overdrachtsmodel zal de nauwkeurigheid dan in het algemeen niet verbeteren. Wel moet worden overwogen dat als het bronterrein te midden van andere volgebouwde terreinen is gelegen, het effect van afscherming door andere installaties door berekeningen mogelijk enigszins wordt onderschat.

Dit kan worden ondervangen door het bronterrein in verscheidene delen van gelijke sterkte op te splitsen. De interne afscherming van het gehele brongebied wordt niet in de overdrachtsberekening betrokken, wel die van de naast het bronterrein gelegen installaties.

Toepassingsgebied

De methode is geschikt voor installaties en industrieën die in horizontale richting en veel uitgestrekter zijn dan in verticale. De horizontale afmetingen van het door de bronnen ingenomen oppervlak zijn beperkt door de voorwaarde:

$16 \geq \sqrt{S_p} \leq 320$ m

Hierin is S_p gelijk aan de grootte van het bronterrein.

De methode kan niet worden toegepast als de bron sterk richtingsafhankelijk afstraalt.

Het vastgestelde geluidvermogen kan worden gebruikt als het immissiepunt op een afstand R van het bron-centrum ligt, waarvoor geldt:

$R \geq 1{,}5\sqrt{S_p}$

Meetapparatuur

Bij gebruik van een omnidirectionele microfoon moet worden voldaan aan het gestelde bij de immissiemeting (zie paragraaf 2.2.6.2).

Vaststelling van de meetcondities

Brongeometrie en bedrijfssituatie

De metingen worden uitgevoerd tijdens een goed te omschrijven bedrijfssituatie. Naast een kwalitatieve bronomschrijving worden de volgende grootheden vastgesteld:

- de tijd dat de bron in werking is of de duur van de akoestisch onderscheidbare bedrijfstoestanden;
- de gemiddelde bronhoogte h_b (voor grote complexe industrieën is in het algemeen 5 m < h_b < 20 m);
- het oppervlakte S_p van het bronterrein, de brondiameter d en het broncentrum B.

Keuze van de meetlocaties

Keuze van de meetlijn

De meetpunten liggen op een gesloten meetlijn rondom het brongebied (zie figuur 2.13). Bij het vastleggen van de meetlijn moet aan de volgende randvoorwaarden worden voldaan:

- De gemiddelde afstand R_m (en bij voorkeur de afstand van ieder meetpunt) van de meetlijn tot aan de begrenzing van het brongebied moet voldoen aan
  $R_m \geq 0{,}05\sqrt{S_p}$ en $R_m \geq 5$ m
- De afstand R_m wordt zo groot mogelijk gekozen als door stoorgeluid wordt toegelaten, mits:
  $R_m \leq 0{,}5\sqrt{S_p}$ en $R_m \leq 35$ m
- Vanuit ieder punt op de meetlijn is de hoek ψ waaronder het bronterrein wordt gezien kleiner of gelijk aan 180º.

Aantal meetpunten en meethoogte

Het aantal meetpunten is afhankelijk van de afstand van de meetlijn tot het broncentrum en de lengte l van de meetlijn. De afstand $d_{k,k+1}$ tussen twee naast elkaar gelegen meetpunten k en k + 1 moet voldoen aan:

Hierin is R_m de gemiddelde afstand tussen de meetpunten en het bronterrein en wordt berekend volgens de formule:

$d_{k,k+1} \leq 2\ R_m$

Illustratie:267200.png (2.19)

De meetpunten moet en op gelijke afstand (binnen een fout en marge van 10%) van elkaar liggen. Als bepaalde meetpunten niet bereikbaar zijn, moet dit in de rapportage worden vermeld. Als op meer dan 10% van de punten niet kan worden gemeten moet een nieuwe meetlijn worden gekozen.

De meethoogte h_m wordt bepaald op basis van de (gemiddelde) bronhoogte h_b en het oppervlak S_m volgens de formule:

$h_m = h_b + 0{,}025\sqrt{S_m}$ *en minimaal* $h_m = 5m$ (2.20)

Als een grotere hoogte dan 5 m wordt gewenst en de meethoogte is praktisch niet realiseerbaar, wordt zo hoog mogelijk gemeten. Dit is alleen toegestaan wanneer aannemelijk kan worden gemaakt dat op de werkelijke meethoogte dezelfde waarden worden gevonden als op de gewenste meethoogte.

Reflecties en afschermingen

Bij de keuze van de meetlijnen wordt zoveel mogelijk voldaan aan de volgende eisen:

- geen reflecterende vlakken buiten de meetlijn, die van invloed zijn op het te meten geluiddrukniveau;
- geen afschermende objecten tussen meetlijn en bronterrein (b.v. bronnen op daken, zoals dakventilatoren, koelaggregaten e.d. worden niet door de dakrand afgeschermd).

Weersomstandigheden

Er worden geen specifieke eisen gesteld aan de weersomstandigheden anders dan is aangegeven in paragraaf 2.1.2. Het meteoraam is niet van toepassing.

Uitvoering van de geluidmetingen

Algemeen

De geluidmetingen worden uitgevoerd in octaafbanden van 31,5 Hz tot en met 8.000 Hz.

Als stoorgeluid de meting beïnvloedt, kan een stoorgeluidcorrectie worden toegepast. Deze correctie bedraagt volgens de ISO-norm niet meer dan 1 dB op het totale niveau.

Als de signaal/stoorverhouding minder dan 6 dB bedraagt moet er rekening mee worden gehouden dat het berekende geluidvermogen te hoog is. Een aanvullende foutenanalyse moet dan deel uitmaken van de rapportage.

Meetduur

Op iedere meetplaats moet tenminste 1 minuut worden gemeten. Bij cyclische processen wordt aangeraden enige malen een geheel proces te meten.

Aantal metingen

Hoewel in principe voor elke bedrijfstoestand een complete rondommeting moet worden uitgevoerd, kan, als aannemelijk is dat de emissievariaties de niveaus op alle meetpunt en nagenoeg gelijk beïnvloeden, worden volstaan met een meting van die variaties op vier meetpunten rondom het bronterrein.

In ieder geval moet één complete rondommeting worden uitgevoerd.

Als op het bronterrein zeer hoge en immissierelevante bronnen aanwezig zijn, waarvan de bijdragen door de rondommeting niet meegenomen worden (in verband met afscherming en/of richtwerking van deze bronnen), wordt het geluidvermogen van deze bronnen afzonderlijk bepaald.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}
De berekening van het geluidvermogen verloopt volgens het onderstaande schema:

Stap 1
Het gemiddelde meetlijnniveau $<L_p>$ wordt uit het gemeten geluidniveau L_k op punt k per octaafband berekend volgens de formule:

$$< L_p > = 10\,log\left(\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{N} 10^{\frac{L_k}{10}}\right) \tag{2.21}$$

Stap 2
Het verschil tussen het hoogste en laagste vastgestelde niveau L_k bedraagt ten hoogste 10 dB. Bij grotere verschillen moet een andere meetlijn of andere geluidvermogenbepalings-methode worden toegepast.

De octaafbandniveaus van het geluidniveau L_k die de octaafbandniveaus van het gemiddeld meetlijnniveau $<L_p>$, zoals bepaald in stap 1 met meer dan 5 dB overschrijden, worden vervangen door de gecorrigeerde waarde $L_k^* = <L_p> + 5$.

Stap 3
Er wordt per octaafband een gecorrigeerd gemiddeld meetlijnniveau $<L_p^*>$ berekend volgens de formule:

$$< L_p{}^* > = 10\,log\left(\frac{1}{N}\sum_{k=1}^{n} 10^{\frac{L_{k^*}}{10}}\right) \tag{2.22}$$

Stap 4
Een oppervlakteterm ΔL_S wordt bepaald volgens de formule:

$$\Delta L_s = 10\log\frac{2S_m + h_m l}{S_o} \tag{2.23}$$

---

waarbij wordt verstaan onder:
S_O = 1 m^2
S_m = oppervlak omsloten door meetlijn in m^2
l = lengte van de meetlijn, dit is $\sum d_k$

Stap 5
De nabijheidsveldcorrectie ΔL_F wordt bepaald volgens de formule:

$$\Delta L_F = log\left(\frac{R_m}{4\sqrt{S_p}}\right) \tag{2.24}$$

Stap 6
Als van een richtmicrofoon gebruik wordt gemaakt, moet een microfooncorrectie ΔL_m toegepast worden volgens de formule:

$$\Delta L_M = 3\left(1 - \frac{\theta}{90}\right) \tag{2.25}$$

---

waarbij wordt verstaan onder: Θ = hoek tussen de 0° richting en de richting waarbij de gevoeligheid

van de microfoon met 3 dB is teruggevallen. Θ is ten hoogste 90°.

Stap 7

Voor de luchtabsorptieterm ΔL_α in de methode wordt de luchtabsorptiecoëfficiënt a_{lu} gebruikt behorend bij de actuele weersomstandigheden volgens ISO 9613-1 [C.1] dan wel van de standaardomstandigheden volgens het overdrachtsmodel van methode II (zie paragraaf 3.2.3.2). De luchtabsorptieterm kan worden bepaald volgens de formule:

$$\Delta L_\alpha = 0{,}5 a_{lu} \sqrt{S_m} \qquad (2.26)$$

Stap 8

Het geluidvermogen L_{WR} wordt per octaafband bepaald volgens de formule:

$$L_{WR} = \langle L_p \rangle + \Delta L_s + \Delta L_F + \Delta L_M + \Delta L_\alpha \qquad (2.27)$$

Stap 9

Zonodig kan het A-gewogen geluidniveau berekend worden uit de energetische som van de A-gewogen octaafbandresultaten.

2.3.3.4. Intensiteitsmetingen (methode II.5)

Algemeen

Het totale akoestische geluidvermogen L_W wordt bepaald uit de geluidintensiteit die uit een gesloten oppervlak rond een geluidbron stroomt. Wiskundig is dit het product van de intensiteitsvector I_s en de normaalvector I_s op het oppervlak dS berekend volgens de formule:

$$L_W = 10 log \left[\frac{|W|}{W_o} \right] \qquad (2.28)$$

waarbij wordt verstaan onder: W_o = referentie geluidvermogen (= 10^{-12} W)

$$|W| = \left| \oint_S I_s * n \, dS \right| \qquad (2.29)$$

Bij metingen op punten wordt deze integraal door de discrete som benaderd volgens de formule:

$$|W| = | \sum_{i=1}^{N} < I_s >_i nS_i \qquad (2.30)$$

Toepassingsgebied

De intensiteitsmethode stelt in principe geen beperking aan de geluidbronnen, hoewel de toepassing bij zeer grote apparaten of industriecomplexen (te) ingewikkeld wordt.

Ervaring met het toepassen van twee van toepassing zijnde ISO-voorschriften bij middelgrote apparaten (bronafmetingen tot circa 4 m) leert dat in situaties, waarin het verschil tussen het oppervlakgemiddelde intensiteitsniveau meer dan 5 dB onder het meetvlakgemiddelde geluidniveau ligt, de toepassing van de zogenoemde F_4-indicator (zie ISO 9614-1) tot een onpraktisch hoog aantal meetpunten leidt. Omdat de intensiteitsmethode juist grote voordelen biedt als dit verschil groot is, zal de situatie met zeer veel meetpunten in veel gevallen optreden. Het gebruik van de scanningsmethode wordt daarom sterk aanbevolen.

Meetapparatuur

Een speciale intensiteitsprobe en meetapparatuur is vereist (zie ISO 9614). Voor de verwerking van meetgegevens is een computer zeer gewenst.

Bij metingen van de intensiteit bij lage frequenties (< 100 Hz) is een grotere spacer noodzakelijk.

Ook moet de registratieapparatuur gecorrigeerd worden voor de instrument-fasefout.

Uitvoering van intensiteitsmetingen
De bepaling van het geluidvermogen met behulp van intensiteitsmetingen is beschreven in:
- ISO 9614-1 Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 1: Measurements at discrete points
- ISO 9614-2 Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound intensity – Part 2: Measurements by scanning

Het grote voordeel van de intensiteitsmeetmethoden is dat in situaties met veel stoorgeluid het geluidvermogen van een geluidbron nog nauwkeurig is vast te stellen. Als vuistregel geldt dat als stoorgeluid 10 dB meer bijdraagt op een meetvlak dan de te meten bron, met enige inspanning nog betrouwbaar kan worden gemeten. Bij hogere stoorgeluidniveaus verliezen de engineering methoden sterk aan nauwkeurigheid.

In elk van de in de standaarden genoemde methoden is een procedure opgenomen om een schatting te maken van de nauwkeurigheid van de methoden. Hiertoe worden naast de intensiteit ook de geluiddrukniveaus gemeten.

2.3.3.5. Snelheidsmetingen (trillingsmetingen, methode II.6)
Algemeen
De methode is gebaseerd op het gegeven dat er een relatie is tussen het snelheidsniveau L_v van het oppervlak en het afgestraalde geluid. Deze relatie wordt gegeven door de afstraalgraad σ of door de stralingsindex 10 log σ.

Per deeloppervlak S_k (waarvoor σ constant wordt verondersteld) geldt voor het afgestraalde geluidvermogen L_{Wk} volgens de formule:

$$L_{Wk} = L_v + 10 \log S_k + 10 \log \sigma - 34 \quad (2.31)$$

Hier is:

$$L_v = 10log\left[\frac{1}{T}\int_0^T \left(\frac{v(t)}{v_o}\right)^2 dt\right] \quad (2.32)$$

waarbij wordt verstaan onder:
$v(t)$ = snelheid van het oppervlak in m/s
v_o = referentiesnelheid (=10^{-9} m/s)

Toepassingsgebied
De methode kan worden toegepast als er door stoorgeluid geen mogelijkheden zijn het afgestraalde geluid direct te meten.

De methode is vanwege de onzekerheid in de afstraalfactor niet erg nauwkeurig. Combinatie met of aanvulling van andere methoden wordt daarom aanbevolen.

In literatuur [L.4], [L.5] en [L.6] wordt ingegaan op specifieke aspecten bij het verrichten en analyseren van snelheidsmetingen.

Meetapparatuur
Bij snelheidsmetingen wordt gebruik gemaakt van versnellingsopnemers. De mechanische bevestiging van deze versnellingsopnemers is aangegeven in ISO 5348.

Er moet in ieder geval aandacht worden besteed aan de door de fabrikant gegeven specificaties en eigenschappen (stijfheid van de bevestiging, eigenfrequentie opnemer, invloed eigen massa op

trillingsgedrag object). Het gebruik van zogenoemde tasters wordt voor deze toepassingen niet toegelaten.

Uitvoering van de snelheidsmetingen

Bij de uitvoering van de metingen moet gelet worden op het meten van een voldoende aantal meetpunten. Bij kleine deeloppervlakken kan het snelheidsniveau op één meetpunt worden gebaseerd. In de praktijk zullen in het algemeen meer punten vereist zijn. Het snelheidsniveau wordt dan over de meetpunten energetisch gemiddeld (indicatie: 3 per oppervlakelement).

Afhankelijk van de bevestigingsmethode wordt een eigenfrequentie bij de metingen geïntroduceerd. In het verkregen spectrum wordt dit opgemerkt als een piek. Bij de geluidvermogenbepaling moeten deze pieken niet worden meegenomen. Hierdoor zou een te hoge geluidvermogen bepaald worden. Bij het in de hand vasthouden van trillingafnemers bedraagt de eigenfrequentie 1.000-2.000 Hz. Bij het vastschroeven van de opnemer bedraagt de eigenfrequentie circa 3.000 Hz.

Aanbevolen wordt de trillingsopnemers op voetjes te schroeven die vooraf op het oppervlak worden gelijmd.

Berekening van het geluidvermogen L_w

Het totale geluidvermogen van alle deeloppervlakken wordt vervolgens bepaald volgens de formule:

$$L_w = 10log \sum_{i}^{n} 10^{\frac{L_{W_i}}{10}} \qquad (2.33)$$

De daadwerkelijke geluidemissie ten gevolge van de trillingen is sterk afhankelijk van de afstraalgraad σ. Doorgaans wordt uitgegaan van 10 log σ = 0. Met deze waarde zal het werkelijk afgestraalde vermogen veelal redelijk met het berekende geluidvermogen overeenkomen.

Het werkelijk afgestraalde vermogen kan duidelijk kleiner zijn dan het berekende geluidvermogen als:
- de kleinste afmeting van het oppervlak kleiner is dan een halve golflengte; of
- het uitstralend vlak over afstanden groter dan een halve golflengte homogeen is en de frequentie beneden de grens frequentie ligt.

Gebruikers worden aangemoedigd voor het bepalen van de afstraalgraad theoretische of empirische modellen te gebruiken. Een samenvatting van bevindingen is onder andere vermeld in ICG - rapport IL-HR-13-04 [L.7].

2.3.3.6. Uitstraling gebouwen (methode II.7)

Algemeen

Ten behoeve van prognoses en als aanvulling op emissiemetingen in bestaande situaties, kan de transmissie door wanden en daken van gebouwen berekend worden.

Er wordt uitgegaan van een bekend geluiddrukniveau L_p aan de binnenzijde van de wand (of dak). Het geluidvermogen wordt vervolgens bepaald volgens de formule:

$$L_{Wi} = L_{pi} + 10 \log S_i - R_i - C_d \qquad (2.34)$$

waarbij wordt verstaan onder:
L_{Wi} = geluidvermogen van wanddeel i.
L_{pi} = het geluiddrukniveau op 1 à 2 m aan de binnenzijde voor het wanddeel i.
S_i = het oppervlak van wanddeel i in m^2.
R_i = luchtgeluidisolatie van wanddeel *i*.
C_d = correctieterm voor de diffusiteit van het veld in de ruimte.

N.B. Wanddelen worden afzonderlijk doorgerekend.

De correctieterm C_d kan in theorie waarden aannemen tussen 0 dB, in het directe veld met een volledig absorberende achterliggende wand, tot 6 dB, in ideaal diffuse ruimten. Binnen industriële gebouwen zal in veel situaties het geluid in belangrijke mate bepaald worden door het directe veld

en alleen gedeeltelijk door het galmveld. De correctieterm C_d varieert in de praktijk daarom meestal tussen:
- C_d = 5 dB: galmende ruimten, sterk diffuse geluidvelden en
- C_d = 3 dB: sterk gedempte ruimten, weinig diffuse geluidvelden.

Een voorbeeld van een situatie met een sterk diffuus geluidveld is een grote hal met weinig opslag, enkele verspreide machines, geen extra absorptie en weinig openingen (C_d = 5 dB).

Voorbeelden van een situatie met een weinig diffuus geluidveld zijn:
- een hal met veel dicht op elkaar staande machines en/of veel opslag;
- een hal waarin een goed absorberend plafond is aangebracht;
- een hal waarbij de belangrijkste bron nabij de wand is opgesteld (C_d = 3 dB).

Voor het bepalen van de geluidisolatiewaarde R_i van wand-, gevel- en dakconstructies zijn er diverse tabellen in omloop.

Belangrijk daarbij is:
- door openingen en geluidtechnisch zwakke aansluitdetailleringen zijn de optredende isolatiewaarden in veel praktijksituaties veel lager dan de aangegeven waarden;
- bij lichte wandconstructies is de isolatie in de praktijk aanzienlijk lager dan op basis van laboratoriummetingen verwacht mag worden. Deze afwijking wordt alleen niet veroorzaakt door constructiefouten, maar ook door het feit dat in het laboratorium de randeffecten een veel grotere rol spelen dan bij industriehallen en dergelijke waar veel grotere oppervlakken worden toegepast;
- ten gevolge van de variaties in het wandmateriaal, de wijze van bevestiging en meettechnische verschillen, zal de werkelijke isolatie kunnen afwijken van die in de tabel.

In de toelichting (hoofdstuk 6) is een tabel gegeven met enkele isolatiewaarden.

Aanvullende metingen
In bestaande situaties is het zinvol om de berekeningen van de geluidisolatie van wand delen te combineren met aanvullende metingen.

Een luchtgeluidisolatiemeting met een kunstbron

Hierbij moet op het volgende worden gelet:
- de bron moet een groot oppervlak aanstralen onder een representatieve invalshoek of moet een diffuus geluidveld in de hal veroorzaken;
- het geluidniveau moet aan beide zijden van de wand op ten minste 1 m, en bij voorkeur op wat grotere afstand van de wand worden gemeten. In het algemene geval waarbij de wand als akoestisch hard mag worden beschouwd geldt:

$$R_i = \Delta L - 3 \qquad (2.35)$$

waarbij ΔL het verschil in gemeten geluidniveau aan beide zijden van de wand is. Als wanddeel i volledig absorberend is, geldt:

$$R_i = \Delta L \qquad (2.36)$$

Een contactgeluidisolatiemeting
Een snelheidsmeting op de hoofdondersteuningsconstructie (de vloer en de wand zelf) kan worden verricht om na te gaan of door contactgeluid een bijdrage aan de afstraling van het gebouw wordt geleverd. Deze meting wordt meer van belang als de luchtgeluidisolatie van de wand hoog is (boven 25 dB bij 500 Hz). Men moet onder meer met het volgende rekening houden:
- het luchtgeluid veroorzaakt ook trillingen in de bouwkundige constructie. De mate waarin, kan door combinatie met een luchtgeluidisolatiemeting worden bepaald;
- relatief lichte wandbeplating kan enkele dB's sterker trillen dan de zwaardere vloer- en constructiedelen die deze wandbeplating aanstoten.

Als in een prognosestadium voor wanden hoge luchtgeluidisolatiewaarden worden voorspeld en zware machines worden opgesteld in de bedrijfsruimte, is het van belang de contactgeluidisolatie

te berekenen. Deze berekeningswijze valt buiten het kader van methode II.

Berekening van het geluidvermogen L_{WR}

De geluiduitstraling van verticale vlakke gebouwdelen wordt gemodelleerd door puntbronnen die zijn gesitueerd direct voor een afschermend (zie paragraaf 3.2.3.4) object dat de hele betreffende wand van het gebouw representeert.

In het algemeen geldt voor de wanddelen van een gebouw de formule:

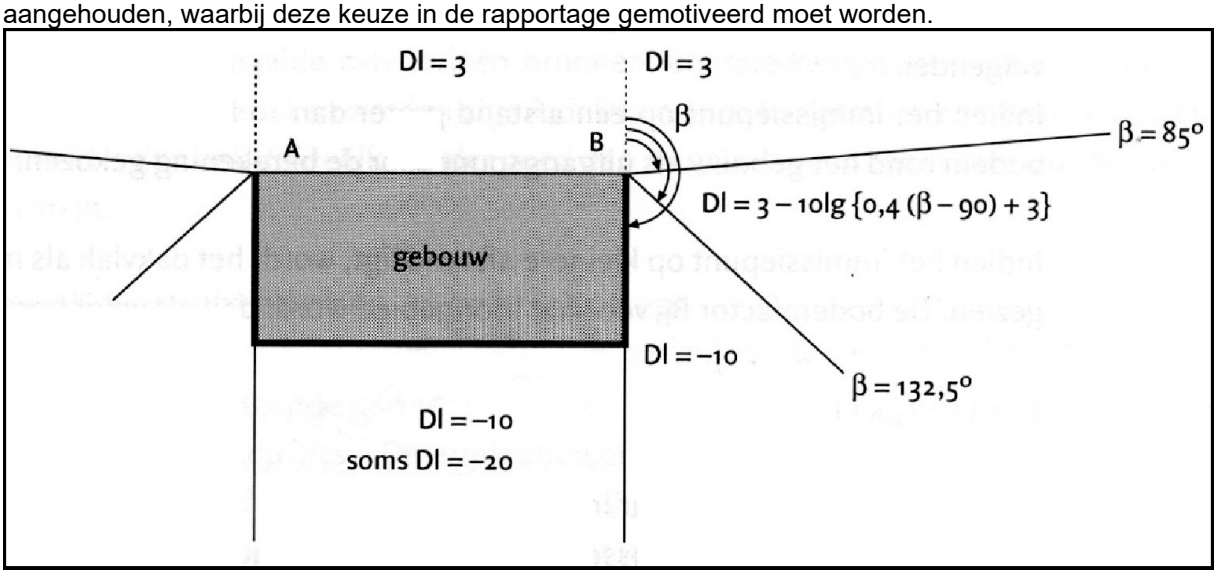
$$L_{WR} = L_W + DI \qquad (2.37)$$

Hierbij zijn L_{WR} respectievelijk L_W de immissierelevante geluidvermogen en het geluidvermogen van het wanddeel, en is *DI* de richtingsindex gezien vanuit het broncentrum van het betreffende wanddeel. Voor wanddelen van een gebouw geldt een richtingsindex volgens tabel 2.18.

Tabel 2.18 Richtingsindex bij wanden voor een hoek β

β [°]	**DI [dB]**
0-85	3
85 – 132,5	3-10log(0,4(β-90)+3)
≥ 132,5	-10

Hierin is β de hoek tussen de normaal en de immissierichting in graden (zie figuur 2.14). Naar de achterzijde van het gebouw kan de afscherming veel groter zijn, als er geen (zwakke) storende reflecties optreden. In die situatie mag als maximale afscherming *DI* = -20 dB worden aangehouden, waarbij deze keuze in de rapportage gemotiveerd moet worden.

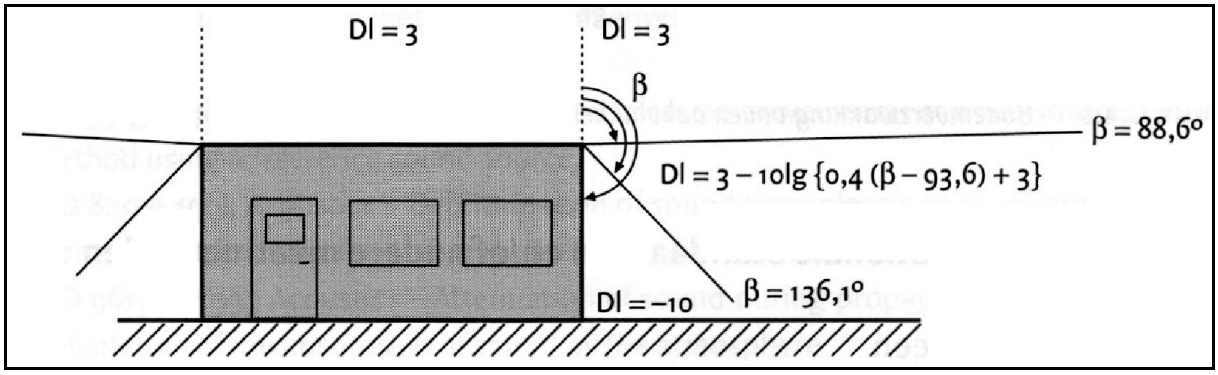


Figuur 2.14 De richtingsindex bij uitstraling van gevel (bovenaanzicht)

Voor de afstraling van daken moet rekening gehouden worden met de kromming van de geluidpaden ten gevolge van meteorologische invloeden. Hierbij wordt een kromtestraal van *8r* aangenomen (zie paragraaf 3.2.3.4). Voor horizontale vlakke daken geldt dan een richtingsindex volgens tabel 2.19.

Tabel 2.19 Richtingsindex bij daken voor een hoek β

β [°]	***DI*[dB]**
0 – 88,6	3
88,6 – 136,1	3-10log(0,4(β-93,6)+3)
≥ 88,6	-10



Figuur 2.15 De richtingsindex bij afstraling van horizontale vlakke daken (zij-aanzicht)

Voor schuine gebouwdelen, zoals schuine dakvlakken en schuine gevelvlakken, kan een schuine normaal worden gedefinieerd. Voor kleine dakhellingshoeken, waarbij de hoek tussen de normaal van het schuine dakdeel en de verticaal minder dan 10° bedraagt, wordt de richtingsindex van horizontale daken gebruikt, in alle andere gevallen de richtingsindex van wanddelen.

3. Bepaling overdracht

3.1. Methode I

3.1.1. Basisformule

Het doel van de overdrachtsberekening is de bepaling van het gestandaardiseerd immissieniveau uit de (gemeten) geluidvermogen. Het gestandaardiseerd immissieniveau L_i per bron wordt berekend volgens de formule:

$$L_i = L_{WR} - D_o - D_s \qquad (3.1)$$

waarbij wordt verstaan onder:
D_o = geluidverzwakking bij vrije uitbreiding
D_s = geluidverzwakking door afscherming

D_o

De geluidverzwakking bij vrije uitbreiding wordt bepaald door de geometrische uitbreiding, luchtdemping en bodemverzwakking. Rekening houdend met deze factoren kan de overdrachtsdemping voor een beoordelingspunt boven een harde bodem of $h_o \geq 2{,}5$ m boven een absorberende bodem worden berekend volgens de formule:

$$D_o = 20 \log(r_i) + 0{,}005 r_i + 9{,}1 \qquad (3.2)$$

óf voor een beoordelingspunt op $h_o < 2{,}5$ m boven een absorberende bodem volgens de formule:

$$D_o = 20 \log(r_i) + 0{,}01 r_i + 10{,}1 \qquad (3.3)$$

De maximale afstand van broncentrum tot beoordelingspunt tot waar de overdracht binnen de vereiste nauwkeurigheid kan worden bepaald, is r_i = 150 m (zie ook paragraaf 1.2.1). Voor grotere afstanden kan de nauwkeurigheid van de methode sterk verslechteren. Wanneer deze afname in nauwkeurigheid acceptabel wordt geacht, bijvoorbeeld voor een indicatieve bepaling van de geluidsituatie, kan de methode ook voor afstanden tot 500 m worden toegepast, mits de beoordelingshoogte $h_o \geq 5$ m bedraagt.

D_S

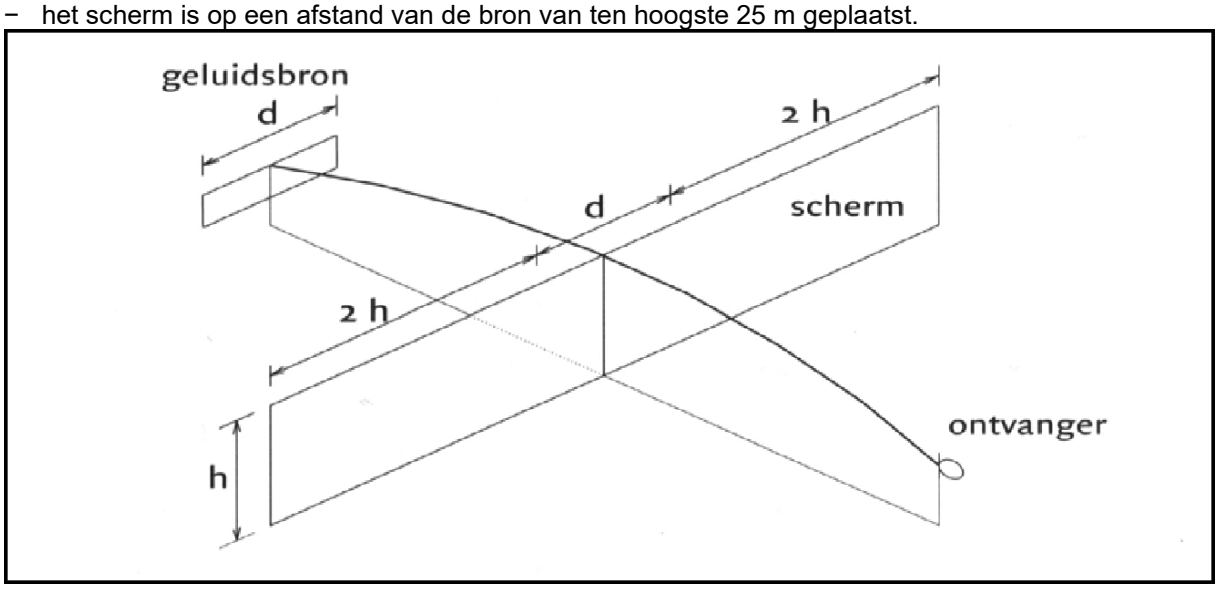
Met methode I kan geen exacte invloed van afschermingen worden berekend. Alleen ter indicatie kan voor een eenvoudige bron-schermgeometrie met een plaatsvaste bron een te verwachten minimale afschermende werking worden bepaald (conservatieve schatting) en wel onder de volgende voorwaarden.

Verticale afschermingen

- de afscherming bestaat uit een geheel gesloten structuur (geen struiken, bomen, enzovoort);
- de massa van het scherm bedraagt tenminste 10 kg/m^2;

- er bevinden zich geen reflecterende vlakken op afstanden kleiner dan 10 m in de nabijheid van de bron;
- van uit het beoordelingspunt gezien is er geen reflecterend vlak achter de bron gelegen (gevels);
- er is sprake van een scherm en niet van een geluidswal. Een wal heeft namelijk een andere geluidafschermende werking dan een scherm.

Ook voldoet het scherm aan de volgende ruimtelijke specificaties:
- in het horizontale vlak loopt het scherm aan beide zijden voorbij de uiterste bronbegrenzing door tot een lengte die gelijk is aan tenminste tweemaal de hoogte van het scherm (zie figuur 3.1);
- het scherm heeft een hoogte die tenminste 1 m boven de directe zichtlijn van het hoogste punt van de bron naar het beoordelingspunt uitsteekt;
- het scherm is op een afstand van de bron van ten hoogste 25 m geplaatst.



Figuur 3.1 Toelichting ruimtelijke specificatie verticale afschermingen

Afschermingen (dakranden)
- er bevinden zich geen reflecterende vlakken op afstanden kleiner dan 10 m in de nabijheid van de bron;
- in het horizontale vlak loopt de dakrand aan beide zijden voorbij de uiterste bronbegrenzing door tot een lengte die gelijk is aan tenminste tweemaal de hoogte Δx. Deze hoogte komt overeen met de lengte van de verbindingslijn tussen de directe lijn en de omweg. De verbindingslijn staat hierbij loodrecht op de directe lijn (zie figuur 3.1);
- de dakrand heeft een hoogte Δx die tenminste 1 m boven de directe zichtlijn van het hoogste punt van de bron naar het beoordelingspunt uitsteekt;
- de afstand van het `scherm' tot de bron bedraagt ten hoogste 25 m.

Als voldaan wordt aan deze condities is de term D_s gelijk aan 5 dB. Bij het niet voldoen aan deze condities is de term D_s gelijk aan 0 dB. Voor een meer kwantitatieve benadering wordt verwezen naar methode II.

3.1.2. Versterking door reflectie(s)

Algemeen

Randvoorwaarde voor de toepassing van resultaten van brongerichte geluidmetingen is dat er geen reflecties nabij de bron aanwezig zijn die het geluidvermogen zullen beïnvloeden. Bij een opgegeven geluidvermogen (vastgesteld uit metingen elders waarbij reflecties zijn geëlimineerd) kunnen overdrachtsberekeningen worden uitgevoerd voor situaties met een reflecterend vlak achter het beoordelingspunt (gezien vanaf de bron) of met een reflecterend vlak achter de bron (gezien vanuit het beoordelingspunt). Voor andere situaties wordt verwezen naar methode II.

Reflectievlak achter het beoordelingspunt

Onder een reflecterend vlak achter het beoordelingspunt wordt verstaan een verticaal gevelvlak met afmetingen gelijk aan tenminste 2 x de afstand van het beoordelingspunt tot het gevelvlak. Als hieraan niet voldaan wordt, wordt een andere meetlocatie gekozen, zodanig dat eenduidig is vast

te stellen of er sprake is van een situatie met of zonder reflectievlak.

De reflectie in het gevelvlak dat als reflectievlak te kenmerken is, wordt niet in de beoordeling meegenomen (C_g = 0 dB), tenzij dit uitdrukkelijk bij de grenswaarden of anderszins is geregeld. Wanneer de `eigen gevelreflectie' moet worden verdisconteerd, kan dit op gelijke wijze geschieden als in paragraaf 4.4.1 is aangegeven.

Reflectievlak achter de bron

Wanneer een reflecterend vlak achter een bron (gezien vanuit een beoordelingspunt) een afmeting heeft gelijk aan tenminste 2 x de projectie van die bron op dit vlak én de afstand van de bron tot dit vlak kleiner dan 10 m is, wordt het gestandaardiseerd immissieniveau ten gevolge van de betreffende bron met 2 dB verhoogd.

3.2. Methode II: overdrachtsmodel (II.8)

3.2.1. Algemeen

Het overdrachtsmodel voor methode II is ontwikkeld voor een zo nauwkeurig mogelijke berekening van de geluidoverdracht. Het model is vooral gemaakt voor het prognosticeren van immissieniveaus uit geluidvermogenmetingen en overdrachtsberekeningen in complexere situaties. Het model is getoetst op afstanden van enige tientallen meters tot één à anderhalve kilometer van de bron. Voor metingen en berekeningen over grotere afstanden wordt het overdrachtsmodel echter ook gebruikt.

De nauwkeurigheid van de berekening wordt in belangrijke mate door drie factoren bepaald:
- De nauwkeurigheid van de invoergegevens (schattingen van de bedrijfsduurcorrectie, de nauwkeurigheid van de metingen die ten grondslag liggen aan een geluidvermogenbepaling e.d.);
- Het ontwerp van het model (simplificaties die aangebracht zijn om de werkelijkheid te kunnen modelleren, keuze van bodemhardheden, schematisering van afschermende objecten e.d.).

De fouten nemen toe naarmate de situatie complexer is. Bij de overdrachtsberekening worden de werkelijke geluidbronnen gerepresenteerd door puntbronnen of vlakke bronnen. Het geluidvermogen van deze bronnen is bepaald volgens de procedure zoals omschreven in hoofdstuk 2. Dit geluidvermogen kan per bedrijfstoestand en/of richting verschillen (immissierelevante geluidvermogen).

3.2.2. Bronbeschrijving

3.2.2.1. Samenvoegen van bronnen

Als voor een groep soortgelijke bronnen, die ongeveer gelijke hoogten hebben, ongeveer gelijke omstandigheden voor de overdracht naar het immissiepunt gelden, mag deze groep door één puntbron worden vervangen, als de afstand van het midden van de geluidbronnen tot het immissiepunt gelijk is aan of groter is dan anderhalf maal de grootste diameter van het betreffende brongebied, ofwel $R \geq 1{,}5\ d$.

3.2.2.2. Splitsen van bronnen

Als op relatief korte afstand van geluidbronnen ($R < 1{,}5\ d$) het geluidimmissieniveau berekend moet worden of als bij een uitgestrekte bron voor verschillende onderdelen andere overdrachtsomstandigheden gelden (met name voor afscherming), moet de bron worden opgedeeld in een aantal puntbronnen. Zeer sterke of uitzonderlijk hoog geplaatste bronnen worden steeds apart in de berekening betrokken.

Bij het opdelen van bronnen is het noodzakelijk om te weten of de deelbronnen incoherent of coherent zijn.

Incoherent

De verschillende geluidimmissieniveaus op het beoordelingspunt ten gevolge van de deelbronnen kunnen eenvoudig energetisch gesommeerd worden. Als er geen onderlinge afscherming van de deelbronnen optreedt, kan het geluiddrukniveau hoog oplopen (voor monopolen in theorie tot oneindig) als de afstand tot het vlak van de deelbronnen veel kleiner wordt dan de dimensies van het vlak.

Coherent

Op korte afstand $R < 1{,}5\ d$ mag, als er sprake is van coherente bronnen, geen opdeling in deelbronnen worden uitgevoerd zonder dat de coherentie van de bronnen mede wordt beschouwd.

Op korte afstand van wanden, openingen en machinedelen moet hiermee rekening worden gehouden. De eenvoudigste vorm is isotrope afstraling. (Dit is de grondslag voor de benadering, die voor het geometrisch nabijheidsveld in paragraaf 2.3.3.2 is gegeven.)

3.2.3. Basisformule

Voor het berekenen van de geluidimmissie wordt de immissierelevante geluidvermogen van de verschillende bronnen verminderd met de geluidoverdracht naar het immissiepunt, veelal het beoordelingspunt. Berekend wordt het invallend geluid.

De berekening van de geluidoverdracht wordt uitgevoerd per bron, per immissiepunt en per octaafband volgens de formule:

$$L_i = L_{WR} - \sum D \qquad (3.4)$$

waarbij wordt verstaan onder:
L_{WR} = de immissierelevante geluidvermogen
L_i = het gestandaardiseerde immissieniveau bij het immissiepunt (veelal het beoordelingspunt)
ΣD = verzamelterm van alle verzwakkingen. Deze term bestaat uit:

$$\sum D = D_{geo} + D_{lucht} + D_{refl} + D_{scherm} + D_{veg} + D_{terrein} + D_{bodem} + D_{huis} \qquad (3.5)$$

waarbij wordt verstaan onder:
D_{geo}= afname van het geluidniveau door geometrische uitbreiding;
D_{lucht}= afname van het geluidniveau door absorptie in lucht;
D_{refl}= afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief);
D_{scherm} = afname ten gevolge van afscherming door akoestisch goed isolerende obstakels (dijken, wallen, gebouwen);
D_{veg}= afname vanwege geluidverstrooiing aan en absorptie door vegetatie;
$D_{terrein}$= afname door verstrooiing en absorptie door installaties op het industrieterrein voor zover deze niet in de overige termen is begrepen;
D_{bodem} = afname ten gevolge van reflectie tegen, verstrooiing aan en absorptie door bodem (deze term kan ook negatief zijn);
D_{huis} = afname door reflecties tegen bebouwing in de buurt van het immissiepunt. Ook de invloed van geluidvoortplanting door de bebouwing (reflectie, buiging, verstrooiing) wordt in deze term betrokken.
In de navolgende paragrafen wordt op verschillende dempingstermen nader ingegaan.

3.2.3.1. D_{geo}

In de overdrachtsberekening wordt uitgegaan van uitbreiding over een hele bol volgens de formule:

$$D_{geo} = 10\log(4\pi r_i^2) = 20\log(r_i) + 11 \qquad (3.6)$$

Met:
r_i = afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt. Deze afstand is de lengte van de rechte verbindingslijn tussen broncentrum en immissiepunt, en dus niet een projectie van die lijn op het horizontale vlak.

3.2.3.2. D_{lucht}

De luchtabsorptie wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{lucht} = a_{lu}(f) \cdot r_i \qquad (3.7)$$

De waarden voor de luchtabsorptiecoëfficiënt a_{lu} zijn vermeld in tabel 3.1.

Tabel 3.1 De luchtabsorptiecoëfficiënt in dB/m in octaafbandwaarden en tertsbanden met aangegeven middenfrequenties in Hz (ISO 9613-1: 1993, bij een temperatuur van 10 °C en een relatieve vochtigheid van 80%)

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	**31,5**	**63**	**125**	**250**	**500**	**1.000**	**2.000**	**4.000**	**8.000**
a_{lu} [dB/m] octaafbanden	2.10^{-5}	7.10^{-5}	$2,5.10^{-4}$	$7,6.10^{-4}$	$1,6.10^{-3}$	$2,9.10^{-3}$	$6,2.10^{-3}$	$1,9.10^{-2}$	$6,7.10^{-2}$
a_{lu} [dB/m] tertsband f_{onder}	2.10^{-5}	7.10^{-5}	$2,5.10^{-4}$	$7,6.10^{-4}$	$1,6.10^{-3}$	$2,9.10^{-3}$	$6,2.10^{-3}$	$1,9.10^{-2}$	$6,7.10^{-2}$
a_{lu} [dB/m] tertsband f_{midden}	3.10^{-5}	$1,08.10^{-4}$	$3,8.10^{-4}$	$1,02.10^{-3}$	$1,97.10^{-3}$	$3,57.10^{-3}$	$8,76.10^{-3}$	$2,87.10^{-2}$	$1,03.10^{-1}$
a_{lu} [dB/m] tertsband f_{boven}	4.10^{-5}	$1,67.10^{-4}$	$5,5.10^{-4}$	$1,31.10^{-3}$	$2,36.10^{-3}$	$4,62.10^{-3}$	$1,27.10^{-2}$	$4,39.10^{-2}$	$1,57.10^{-1}$

In specifieke situaties kan beargumenteerd van de in tabel 3.1 gegeven waarden worden afgeweken.

3.2.3.3. D_{refl}

Als er geen reflecterende objecten zijn geldt: D_{refl} = 0 dB

Als er wel reflecterende objecten zijn, worden hieraan de volgende eisen gesteld om in de berekening als reflecterend object te worden aangemerkt:

- het reflecterend object heeft dwars op het geluidpad afmetingen die groter zijn dan de betreffende golflengte van het geluid;
- het object wordt vanuit de bron en/of vanuit het immissiepunt gezien onder een hoek van tenminste 5° in het horizontale vlak;
- de hoogte van het object moet groter zijn dan:

$$h_{br} + {}^{r_{br}}/_{16} \text{ of } h_o + {}^{r_{or}}/_{16} \qquad (3.8)$$

waarbij wordt verstaan onder:

r_{br} = afstand van de bron tot het reflecterend object

r_{or} = afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object

- het object heeft een min of meer vlakke en geluidreflecterende wand. Bomenrijen en open procesinstallaties worden zo buitengesloten;
- het geluid kan via een reflectie (zoals bij een optische spiegeling) het immissiepunt bereiken (zie figuur 3.2).

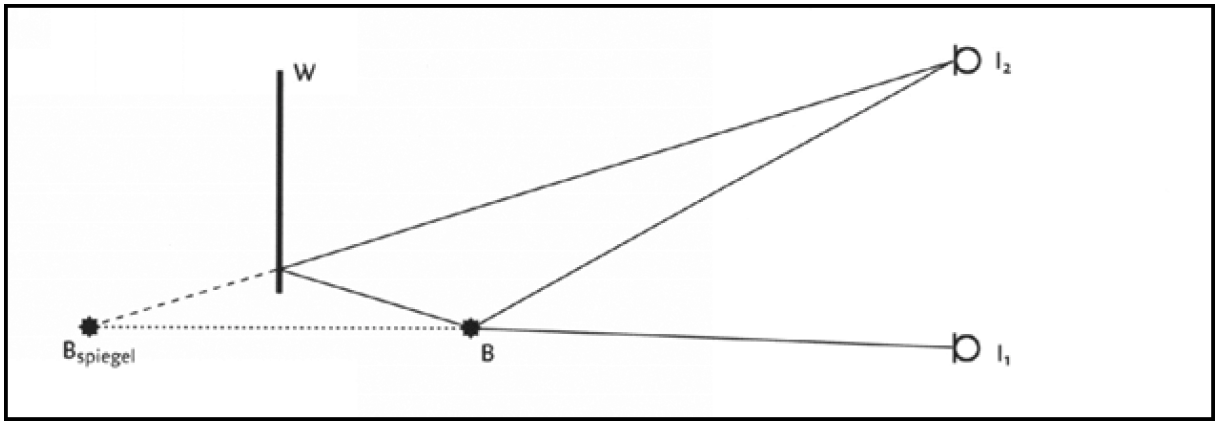
Geluidvermogen van de spiegelbron

De reflectie wordt in rekening gebracht door een spiegelbron te veronderstellen. De geluidbijdrage via de reflectie kan sterk verschillen van de bijdrage via de directe weg, bijvoorbeeld door aanwezigheid van een afscherming. De spiegelbron wordt als een aparte bron berekend en in formule 3.5 is D_{refl} = 0 dB. Voor het geluidvermogen van de spiegelbron geldt:(

$$L_{WR})_{spiegel} = L_{WR} + 10\log\rho \qquad (3.9)$$

Opmerkingen

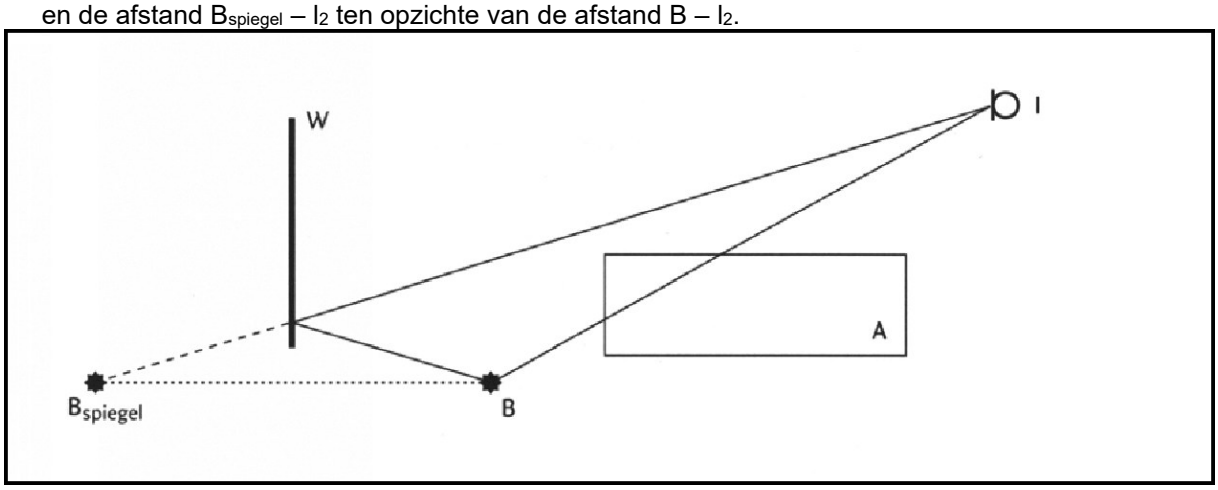
- rekening moet worden gehouden met het feit dat het geluidvermogen in de richting van het immissiepunt kan verschillen van het geluidvermogen in de richting van het reflecterende object;
- reflecties tegen de bodem worden door toepassing van D_{bodem} in rekening gebracht;
- spiegelbronnen kunnen worden verwaarloosd als hun gezamenlijke bijdrage meer dan 7 dB onder het geluidimmissieniveau van de bron ligt;
- enkele waarden voor ρ, de reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie, worden gegeven in tabel 3.2;
- in bovenstaande rekenwijze is berekening van D_{refl} ter bepaling van de verzamelterm van alle verzwakkingen volgens formule 3.5 niet nodig om het immissieniveau L_i te kunnen berekenen. Is berekening van D_{refl} dat toch gewenst, bijvoorbeeld om het effect van reflecties inzichtelijk te maken, dan kan D_{refl} worden bepaald door in het immissiepunt de immissiegeluidniveaus vanwege alle spiegelbronnen energetisch op te tellen bij het immissiegeluidniveau via het directe geluidpad, en vervolgens het berekende totale immissiegeluidniveau rekenkundig af te trekken van het berekende immissiegeluidniveau via alleen het directe geluidpad. De resulterende waarde voor D_{refl} is dus negatief, of afgerond nul als reflecties geen bijdrage blijken te leveren.



Figuur 3.2 Toelichting op optische spiegeling

Het pad van het gereflecteerde geluid (zie figuur 3.3) wordt gelijk aan dat van een gereflecteerde lichtstraal gedacht. De bron B wordt gespiegeld in het vlak van de reflecterende wand W:

- Naar I_1 zijn geen reflecties mogelijk: D_{refl} = 0 dB
- Naar I_2 zijn wel reflecties mogelijk: D_{refl} is vooral afhankelijk van de reflectiecoëfficiënt van wand W en de afstand $B_{spiegel} – I_2$ ten opzichte van de afstand $B – I_2$.

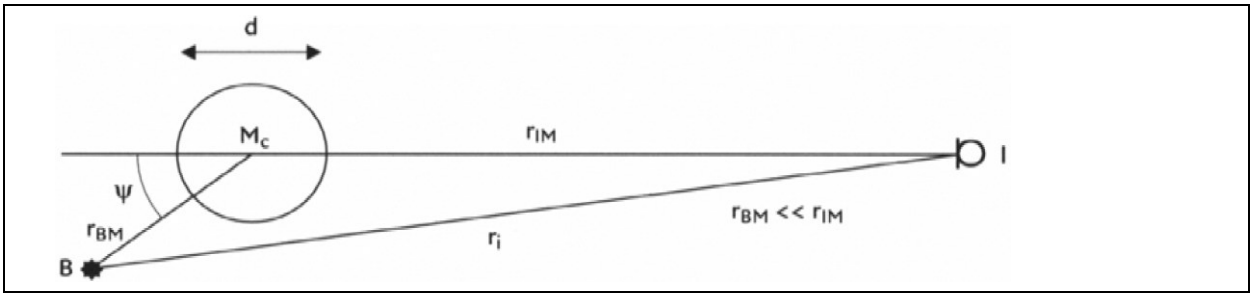


Figuur 3.3 Situatie met verschillende overdrachten

In figuur 3.3 wordt de directe straal afgeschermd door gebouw A en de gereflecteerde straal gaat langs het gebouw. De overdrachtseffecten langs de directe weg en langs de gereflecteerde weg verschillen sterk.

Tabel 3.2 Waarden voor de reflectiecoëfficiënt ρ

Aard van het object	**Reflectiecoëfficiënt ρ**
vlakke harde wanden	1
wanden van gebouwen met ramen en kleine uitbouwen	0,8
fabriekswanden voor 50% bedekt met openingen, installaties en pijpen	0,4
cilinders met harde wanden (tanks, silo's)	$\frac{d\sin(\frac{\Psi}{2})}{2r_{bm}}$
open installaties	0
d = diameter cilinder r_{bm} = afstand bron tot het midden van de cilinder M Ψ = supplement van de hoek tussen de lijnen B-M en I-M	



Meervoudige reflecties
Gereflecteerd geluid kan opnieuw gereflecteerd worden. Daarvoor kan opnieuw de hierboven beschreven rekenwijze worden gehanteerd, waarbij de spiegelbron $B_{spiegel}$ als bron B wordt gehanteerd. Op deze wijze kunnen niet alleen primaire reflecties worden berekend, maar ook secundaire en volgende.

In veel situaties volstaat het rekenen met enkelvoudige reflecties.

Als voor de modellering van de richtingsindex DI van de geluiduitstraling van gebouwdelen of vlakke bronnen gebruik wordt gemaakt van reflecties in een reflecterend scherm, dan worden van de primaire reflectie tegen dat 'bron-gekoppelde' scherm nabij de bron ook de reflecties tegen andere objecten meegerekend.

Ook in andere specifieke situaties kunnen meervoudige reflecties een niet verwaarloosbare bijdrage leveren aan het totale geluidniveau in een beoordelingspunt.

Bij meervoudige reflecties is de kans groter dat zich meer afschermende objecten op het geluidpad bevinden dan bij enkelvoudige reflecties. De maximering van het afschermende effect op 20 dB, ingegeven door allerlei effecten waarmee in de HMRI geen rekening wordt gehouden, kan tot overschatting van de bijdrage van (meervoudige) reflecties leiden. Het rekenen met meervoudige reflecties wordt dus alleen toegepast voor specifieke situaties waarbij waarschijnlijk is dat die meervoudige reflecties een niet-verwaarloosbare bijdrage leveren op de totale geluidniveaus. Bij voorkeur wordt in een dergelijke situatie met niet meer dan tweevoudige reflectie gerekend. In ieder geval mag met niet meer dan drievoudige reflectie worden gerekend. Met andere woorden, er worden in ieder geval geen geluidpaden beschouwd waarin het geluid meer dan 3 maal tegen een object of objecten wordt gereflecteerd.

3.2.3.4. D_{scherm}
Eisen aan afschermende objecten
Een object wordt als scherm in rekening gebracht als:
- de massa per eenheid van oppervlakte tenminste 10 kg/m^2 bedraagt;
- het object geen grote kieren of openingen heeft; procesinstallaties, bomen e.d. worden dus niet als scherm in rekening gebracht;
- de horizontale afmeting dwars op de lijn van bron naar immissiepunt groter is dan de golflengte λ van het geluid. Ofwel (zie figuur 3.4 en figuur 3.6): $s_l + s_r > \lambda$

Bij schermen van geringe hoogten wordt een correctiefactor H_f toegepast volgens formule 3.15.

Schematiseren van objecten tot scherm
Elk object wordt geschematiseerd door een vlak dun scherm met rechte verticale randen links LL' en rechts RR'. De bovenrand LR van het scherm hoeft niet horizontaal te zijn.

Als gebouwen afschermen en de afmetingen van het gebouw in de richting van bron naar immissiepunt niet verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de afstand tussen bron en immissiepunt, kan het gebouw worden gerepresenteerd door een prisma met een viertal rechte lijnstukken die verticaal op een rechthoekig grondvlak staan. De lijnstukken kunnen ongelijk van lengte zijn. Elk zijvlak kan als scherm dienst doen.

Berekening D_{scherm}
Door de lijn bron-immissiepunt BI wordt een verticaal vlak V geplaatst. Als één of meer schermen

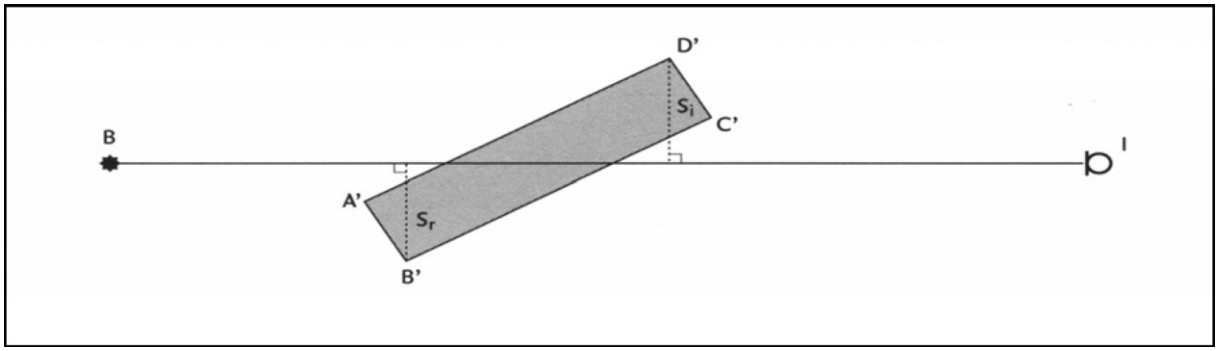
wordt doorsneden door lijn BI, worden op elk scherm drie punten bepaald (zie figuur 3.5), te weten:

- K, het snijpunt van de lijn BI met het scherm;
- T, de top va n het scherm in vlak V (snijpunt V met lijn LR);
- Q, het snijpunt van het (verlengde) schermvlak met een gekromde geluidstraal, die de geluidoverdracht beschrijft als het scherm er niet zou zijn (kromtestraal = 8r).

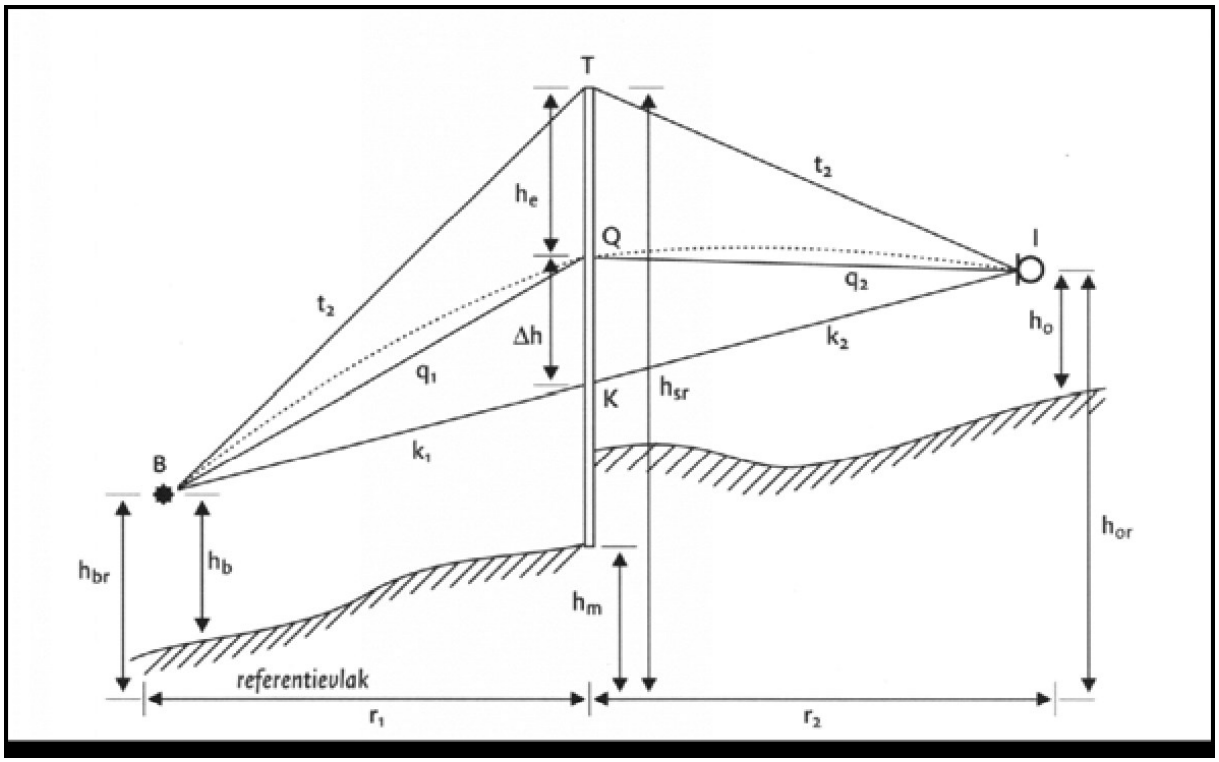
Het punt Q ligt altijd boven K en wel op een afstand Δh, die volgens onderstaande formule wordt berekend uit de horizontale afstand bron-scherm r_1 en de horizontale afstand immissiepunt-scherm r_2 volgens de formule:

$$\Delta h = \frac{r_1 r_2}{16(r_1 + r_2)} \qquad (3.10)$$

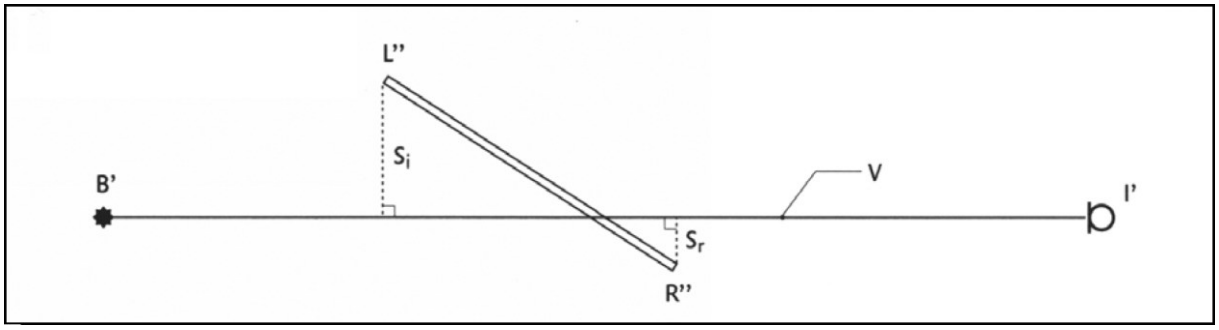
De afstand tussen Q en T is de effectieve schermhoogte h_e. Als Q boven T ligt is h_e negatief.



Figuur 3.4 Toelichting bij de bepaling van s_l en s_r bij een gebouw



Figuur 3.5 Toelichting op de geometrische parameters bij de berekening van D_{scherm}



Figuur 3.6 Toelichting op de berekening van D_{scherm}

Er worden drie situaties onderscheiden, die vervolgens behandeld worden:
- V snijdt geen enkel scherm;
- V snijdt één scherm;
- V snijdt meer dan een scherm.

V snijdt geen scherm

In het geval dat vlak V geen enkel afschermend object snijdt, kunnen alleen grote, hoge objecten in de omgeving van de lijn van bron naar immissiepunt het geluidveld van een puntbron beïnvloeden. Bij de berekening worden deze diffracties buiten beschouwing gelaten.

$D_{scherm} = 0$ dB (3.11)

Opmerking: door de splitsing van geluidbronnen in kleinere deelbronnen wordt het effect van de discontinuïteit wel/geen afscherming sterk afgezwakt.

V snijdt één scherm

Uit de plaats van de punten K, Q en T enerzijds en de punten B en I anderzijds kunnen de lengten van de rechte verbindingslijnen k_1 = BK, k_2 = KI, q_1 = BQ, q_2 = QI, t_1 = BT en t_2 = TI worden berekend (zie figuur 3.5).

Hieruit is de verticale omweg ε_v te bepalen volgens de formule:

Als T boven K ligt: $\varepsilon_v = t_1 + t_2 - q_1 - q_2$ (3.12)

Als T onder K ligt: $\varepsilon_v = 2(k_1 + k_2) - t_1 - t_2 - q_1 - q_2$

De horizontale omwegen worden berekend door de situatie op het horizontale referentievlak te projecteren. De projecties van B en I zijn B' en I' en de rechten LL' en RR' snijden het referentievlak in L' en R' (zie figuur 3.6).

De rechter omweg: $\varepsilon_r = B'R'' + R''I' - r_1 - r_2$ (3.13)

De linker omweg: $\varepsilon_l = B'L'' + L''I' - r_1 - r_2$

Van elk van de omwegen wordt een Fresnelgetal *N* bepaald volgens de formule:

$N_v(f) = 0{,}0059\ \varepsilon_v f$ (3.14)
$N_r(f) = 0{,}0059\ \varepsilon_r f$
$N_l(f) = 0{,}0059\ \varepsilon_l f$

Voor de frequentie f wordt bij berekening in octaafbanden de middenfrequentie van de laagste tertsband in de octaafband ingevuld (deze is gelijk aan $f_{oct}/2^{1/2}$) en bij berekening in tertsband en de middenfrequentie van de betreffende tertsband. Uit het Fresnelgetal wordt de afscherming per schermrand berekend, uitgaande van de veronderstelling dat elke rand oneindig lang is. De bijdragen van de verschillende overdrachtswegen worden gesommeerd. D_{scherm} wordt gecorrigeerd als de hoogte van het scherm boven het laagste van de twee aan het scherm grenzende de maaivelden ($h_{sr} - h_{ma}$) klein is. Voor obstakels die sterk afwijken van een ideaal dun scherm wordt een term ΔD in rekening gebracht in formule 3.15.

Als $N_v \leq -0{,}1$ (3.15)
$D_{scherm} = 0$ dB

Als N_v > -0,1

$$D_{scherm} = 10H_f \left[log \left(\frac{1}{20N_v+3} + \frac{1}{20N_r+3} + \frac{1}{20N_l+3} \right)^{-1} \right] - \Delta D$$

waarbij:

$H_f = (h_{sr} - h_{ma})\ f / 250$	als $(h_{sr} - h_{ma})\ f / 250 < 1$
$H_f = 1$	als $(h_{sr} - h_{ma})\ f / 250 \geq 1$
ΔD: zie tabel 3.3	

Tabel 3.3 De waarden voor ∆D van obstakels die van de ideale schermvorm afwijken

ΔD [dB]	**Betreft**
0	− alle gebouwen; − dunne wanden met een helling kleiner dan 20° met de verticaal; − grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld niet meer dan 70° bedragen
0	grondlichamen uit de groep ∆D = 2 als boven op het grondlichaam een obstakel uit bovenstaande categorie staat dat tenminste even hoog is als het grondlichaam
2	− grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld tussen 70° en 165° liggen; − grondlichamen met daarop een obstakel uit de eerste groep ΔD = 0 dat minder hoog is dan het grondlichaam
Als $D_{scherm} \leq 0$ dB van wordt $D_{scherm} = 0$ dB Als $D_{scherm} \geq 20$ dB van wordt $D_{scherm} = 20$ dB	

Opmerking: als het scherm veel breder is dan hoog gaat de formule 3.16 over in de formule van het oneindig lange scherm (*ΔD = 0* verondersteld).

$$D_{scherm} = 10H_f \log(20N_v + 3) \qquad (3.16)$$

Vlak V snijdt twee of meer schermen
We onderscheiden hier twee situaties namelijk:
− c.1 de algemene situatie;
− c.2 het bijzondere geval waarbij zowel dichtbij de bron als dichtbij het immissiepunt een scherm staat en waarbij de onderlinge afstand tussen de schermen groot is.

c. 1 Algemene situatie
We onderscheiden:
− Voor geen of alleen één van de schermen geldt $h_e \geq 0$.
  In deze gevallen wordt alleen het scherm met de grootste verticale omweg berekend volgens de procedure van het enkele scherm. (Dit betekent, in het geval dat h_e kleiner dan nul is, dat met het scherm dat in absolute waarde gerekend de kleinste omweg bezit verder wordt gerekend).
− Meer schermen met $h_e \geq 0$.
  Voor de berekening van D_{scherm} wordt een goede benadering gevonden door de D_{scherm} van het meest afschermende object te bepalen met de procedure van het enkele scherm. Gebouwen e.d. worden in deze berekening vereenvoudigd tot een enkel scherm waarbij de zijpaden worden berekend langs de verticale hoeklijnen met de grootste horizontale omweg.

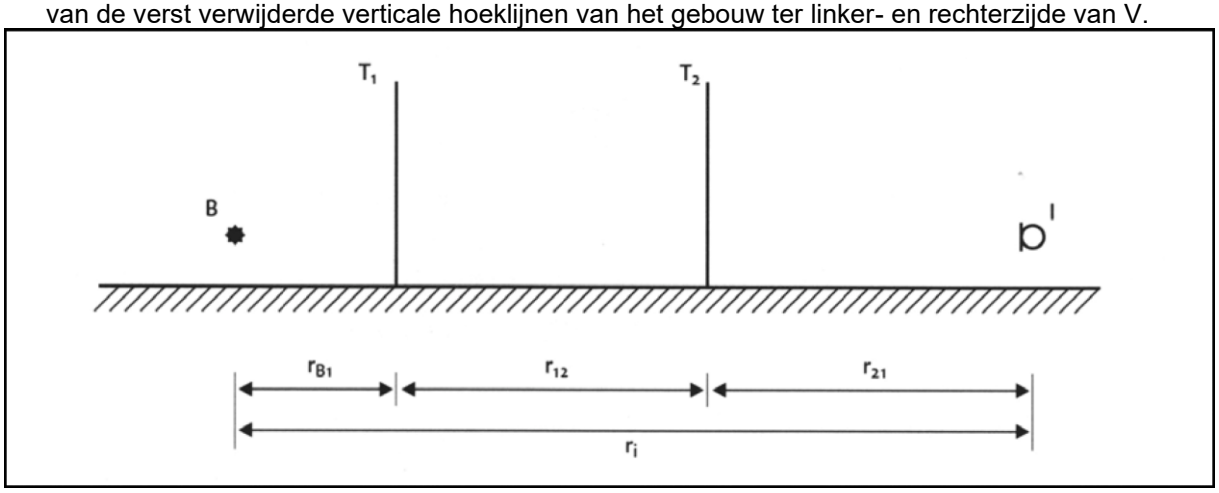
Als de onderlinge afstand r_{12} (zie figuur 3.7) tussen de schermen voldoet aan:

$$\frac{r_{12}}{r_i} > 0{,}2$$

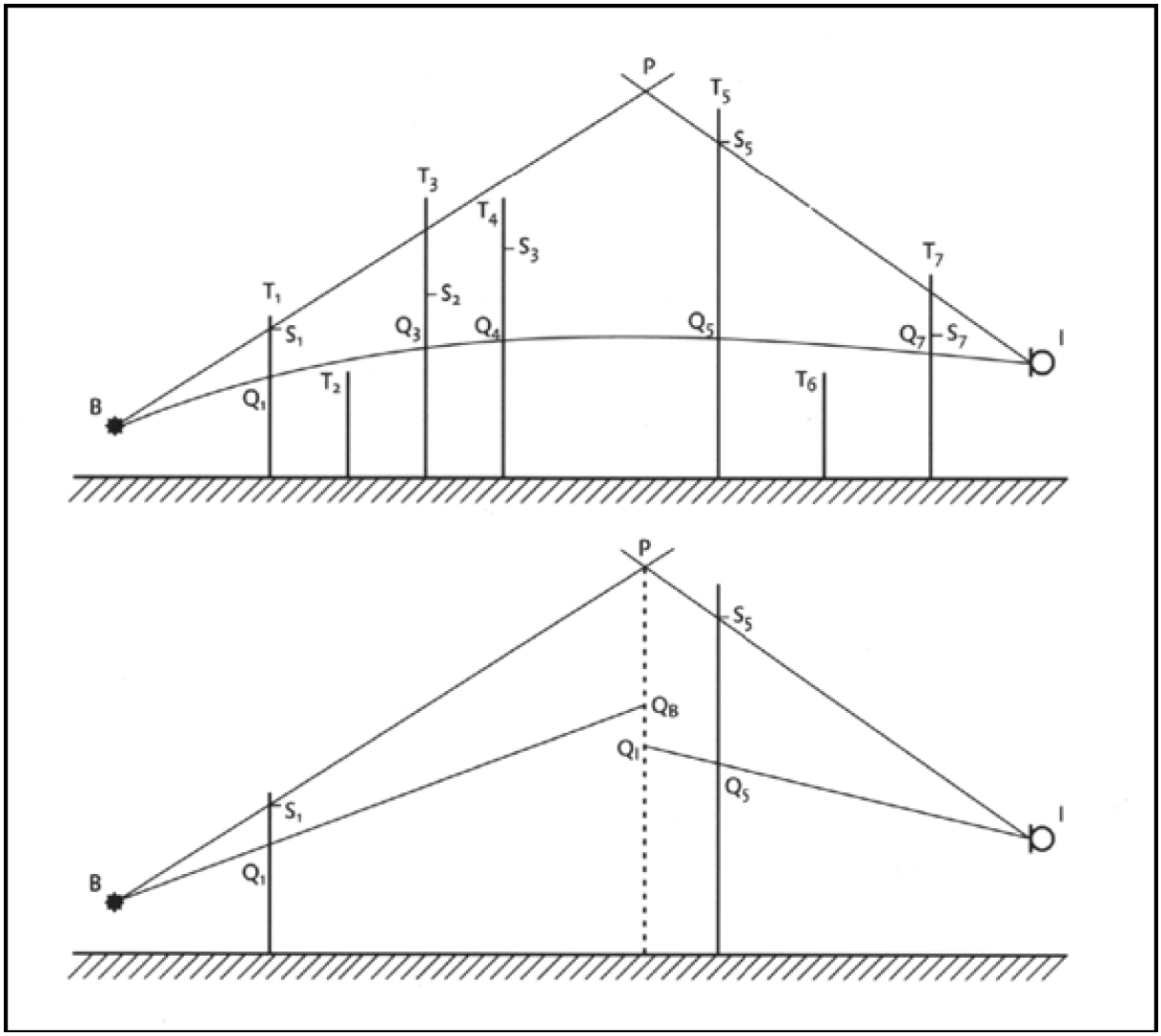
kan de volgende rekenprocedure worden gebruikt, die in figuur 3.8 schematisch wordt aangegeven:
1. Alle schermen met $h_e < 0$ worden verwijderd.
2. Van de overgebleven schermen wordt het punt S_i (berekend bij scherm i) bepaald. S_i ligt op een afstand s onder de top van het scherm.

$$s = h_e \left[1 - \frac{1}{1 + \frac{h_e}{s_l} + \frac{h_e}{s_r}} \right] \qquad (3.17)$$

s_l en s_r zijn hierin de afstand van de linker- en rechterzijkant tot V. Bij gebouwen zijn dit de afstanden van de verst verwijderde verticale hoeklijnen van het gebouw ter linker- en rechterzijde van V.



Figuur 3.7 De geometrie bij meerdere schermen tussen bron en immissiepunt



Figuur 3.8 Toelichting op de berekening van D_{scherm} bij meerdere schermen

3. De verbindingslijnen tussen bron B en S_i en tussen het immissiepunt I en S_i worden bepaald.
4. Vervolgens wordt de lijn BS_j geselecteerd, die vanuit de bron gezien de grootste elevatie heeft. Ook wordt de lijn IS_k geselecteerd, die vanuit het immissiepunt gezien de grootste elevatie heeft.
5. Als de lijnen BS_j en IS_k hetzelfde scherm betreffen, wordt D_{scherm} berekend door voor dit scherm de procedure van het enkele scherm te volgen. In de overige gevallen wordt het snijpunt P van de lijnen BS_j en IS_k bepaald. Door dit snijpunt wordt een verticale lijn, p, gedacht.
6. Op p worden twee punten bepaald te weten:
   a. QB, snijpunt p met de lijn BQ_j;
   b. QI, snijpunt p met de lijn IQ_k.

   Bepaal de hypothetische omweg ε_h volgens de formule:

$$\varepsilon_h = BP + PI + - BQ_B - IQ_I \qquad (3.18)$$

7. Vervolgens wordt D_{scherm} berekend volgens de formule:

$$D_{scherm} = 10log\ (0{,}118\ \varepsilon_h\ f + 3) \qquad (3.19)$$

waarbij wordt verstaan onder:

f = de middenfrequentie van de laagste tertsband in een octaafband bij berekening in octaafbanden of de middenfrequentie van de tertsband bij berekening in tertsbanden.

Als de berekende waarde van D_{scherm} in deze situatie lager is dan 4,8 dB, dan moet voor D_{scherm} de waarde van 4,8 dB gehanteerd worden.

Als de berekende waarde van D_{scherm} in deze situatie hoger is dan 20 dB, dan moet voor D_{scherm} de waarde van 20 dB gehanteerd worden.

c.2 Bijzondere situatie

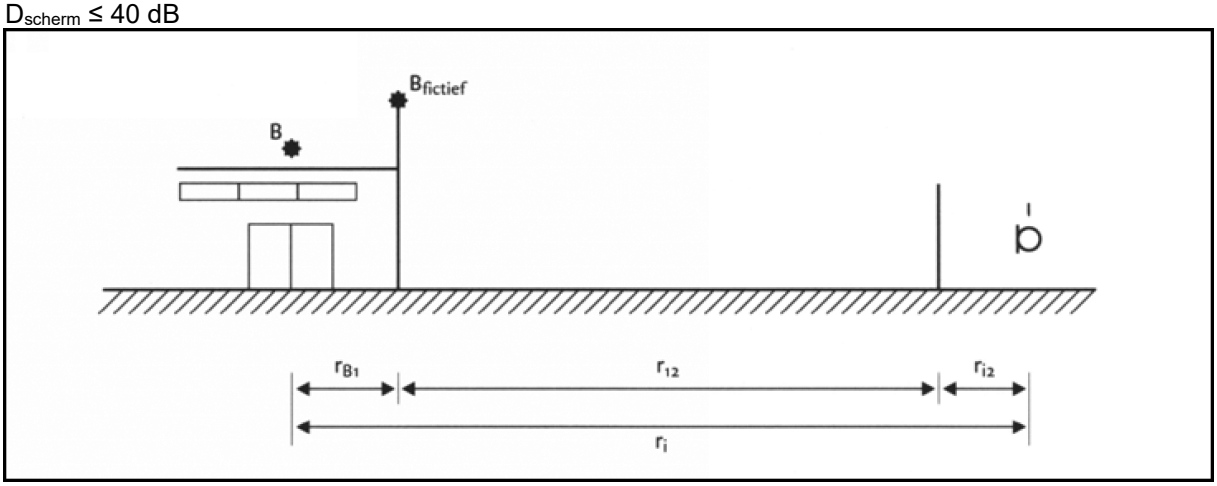
Een bijzondere rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich relatief dicht bij de bron bevindt (scherm 1) en een ander dicht bij het immissiepunt (scherm 2). Voorwaarde is dat (zie figuur 3.9).

$r_{B1} < 0{,}2r_i$
$r_{i2} < 0{,}2\ r_i$

Dezelfde rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich zeer dicht bij de bron bevindt, in het geval dat met de bron een geluiduitstralend geveldeel is gemodelleerd met als scherm die gevel (het gebouw). Dan is voorwaarde dat:

$r_{B1} \leq 0{,}02$ m
$r_{i2} < 0{,}8\ r_i$

D_{scherm} is nu de som van twee termen.
$D_{scherm} = D_1 + D_2$
$0 \leq D_{scherm} \leq 40$ dB



Figuur 3.9 Toelichting op de geometrie bij een bijzondere situatie

D_1 wordt bepaald volgens de procedure van het enkele scherm voor scherm 1. Als voor scherm 1 geldt $h_e \geq 0$, dan wordt voor de berekening van D_2 een fictieve bron aangenomen op de top van scherm 1. Is $h_e < 0$, dan wordt geen fictieve bron aangenomen maar wordt met de werkelijke plaats van de bron gerekend. D_2 wordt berekend volgens de procedure van het enkele scherm. Aanbevolen wordt, als de afscherming nabij het immissiepunt groter is dan die bij de bron, de procedure om te draaien en eerst de afscherming nabij het immissiepunt te berekenen en vervolgens met een (fictief) immissiepunt de afscherming bij de bron. Als meer schermen bij bron en/of immissiepunt aan bovenstaande voorwaarde voldoen, worden de schermen met de hoogste waarde voor ($D_1 + D_2$) gebruikt in de berekening.

3.2.3.5. D_{veg}

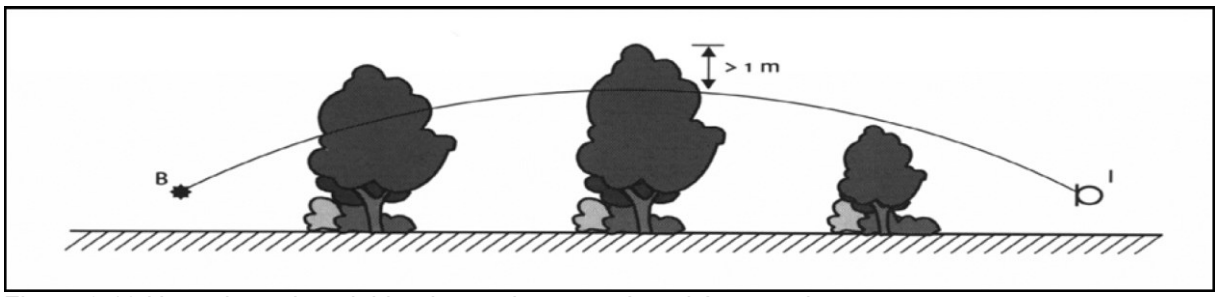
Als zich in het gekromde geluidpad (zie formule 3.10) van geluidbron naar immissiepunt dichte vegetatie bevindt, bestaande uit een combinatie van bomen, struiken of heesters, zodanig dat het zicht volledig verdwenen is, mag daarvoor een geluidreductie worden gehanteerd. Deze geluidreductie in de overdracht is frequentie-afhankelijk en is opgenomen in tabel 3.4. Als extra eis voor het toepassen van deze reductie geldt dat de hoogte van de vegetatie tenminste 1 m hoger is dan de hoogte van het gekromde geluidpad ter plaatse van de afscherming (zie figuur 3.10).

In de praktijk zal alleen in uitzonderingsgevallen aan de eisen van ondoorzichtbaarheid worden

voldaan. Als verschillende afzonderlijke vegetaties, die voldoen aan deze specificaties, de gekromde straal doorsnijden (regelbeplanting) mag de reductie voor iedere groep afzonderlijk worden toegepast. De reductie geldt zowel voor de zomer als de winter, mits aan de eisen van ondoorzichtbaarheid wordt voldaan. Voor veel beplantingen zal dit in de winter niet het geval zijn. De volgens tabel 3.4 te berekenen reductie mag dan alleen voor de helft in rekening worden gebracht. Voorts mag in geen geval met meer dan 4 beplantingsstroken worden gerekend.

Tabel 3.4 Geluidreductie die in rekening kan worden gebracht voor één strook dichte vegetatie, welke meer dan 1 m boven het gekromde geluidpad van bron naar immissiepunt uitsteekt

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	**63**	**125**	**250**	**500**	**1k**	**2k**	**4k**	**8k**
D_{veg} [dB]	0	0	1	1	1	1	2	3



Figuur 3.10 Het gekromde geluidpad gaat door twee 'regels' vegetatie

3.2.3.6. $D_{terrein}$

Op industrieterreinen kan, door geluidverstrooiing als gevolg van de aanwezigheid van installaties en objecten op het terrein, een extra verzwakking optreden. Deze wordt samengevat onder de term $D_{terrein}$. Als $D_{terrein}$ in rekening wordt gebracht mag geen schermwerking van schermen op het bedrijfsterrein worden toegepast. $D_{terrein}$ is zeer specifiek voor het type terrein, de dichtheid van obstakels en de hoogte daarvan. Het verdient daarom aanbeveling $D_{terrein}$ door metingen vast te stellen, waarbij de meethoogte overeen moet komen met de geluidstraal die naar de (verder gelegen) relevante immissiepunten gaat. Voor bedrijven met open procesinstallaties kan voor planningsdoeleinden met drie typen diffuse afschermende objecten worden gerekend. Hiervoor wordt het volgende indicatieve model gehanteerd.

$$D_{terrein} = t(f) \cdot r_t \qquad (3.20)$$

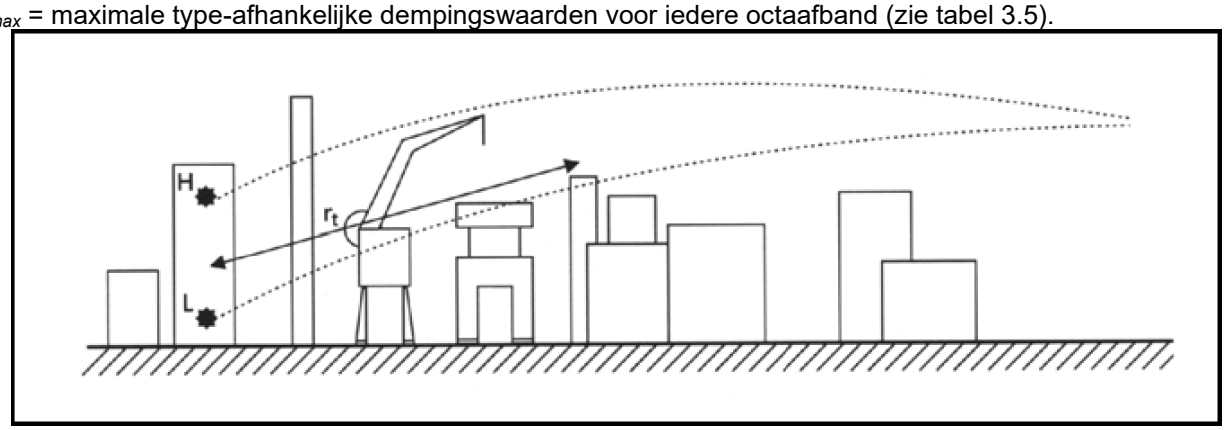
$$D_{terrein} \leq D_{max}$$

Met:

$t(f)$= frequentie-afhankelijke factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen, de indicatieve waarden van $t(f)$ staan in tabel 3.5.

r_t = het deel van de gekromde geluidstraal, dat door de `open' installaties gaat (zie ook figuur 3.11). Als de geluidstraal zich voornamelijk boven de installaties bevindt kan dit deel niet tot r_t worden gerekend.

D_{max} = maximale type-afhankelijke dempingswaarden voor iedere octaafband (zie tabel 3.5).



Figuur 3.11 Toelichting r_t

Tabel 3.5 Geluidverzwakking t(f) in dB/m door verstrooiing door, reflectie tegen, en afscherming door open procesinstallaties (deze tabel is indicatief)

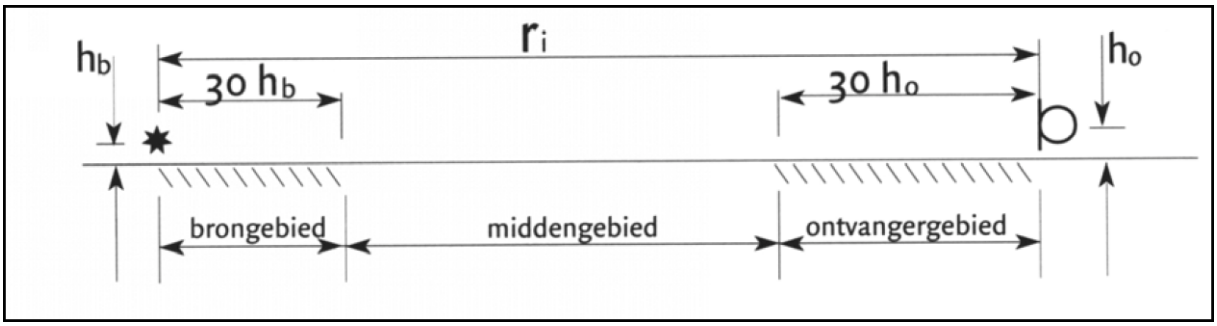
Midden-frequentie octaafbanden [Hz]	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	D_{max} [dB]
type A	0	0	0,02	0,03	0,06	0,09	0,1	0,1	0,1	10
type B	0	0	0,04	0,06	0,11	0,17	0,2	0,2	0,2	20
tanken -parken	0	0	0,002	0,005	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	10

Bovengenoemde typen installaties kunnen gedefinieerd worden als:
- Type A: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad hebben van circa 20%;
- Type B: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad van meer dan 20% hebben.
- Tanken-parken: open procesinstallaties waar vele (opslag)tanks staan opgesteld.

De waarden uit de tabel moeten met de nodige voorzichtigheid worden toegepast en gelden alleen ter indicatie. Als het toepassen van andere waarden (bijvoorbeeld verkregen uit metingen of anderszins) leidt tot betrouwbaarder resultaten hebben deze de voorkeur.

3.2.3.7. D_{bodem}

In de term D_{bodem} zijn de effecten van absorptie door, reflectie tegen en verstrooiing aan de bodem verdisconteerd.



Figuur 3.12 Onderverdeling van bodemgebieden

D_{bodem} wordt per octaafband bepaald. Het model is geschikt voor `breedbandige' geluiden. Bij de berekening in tertsbanden wordt voor alle tertsband en binnen de octaafband dezelfde waarde voor D_{bodem} aangehouden als voor de octaafband.

Geometrie

In het model wordt een drietal gebieden onderscheiden (zie figuur).

a. *Brongebied*

Het gebied dat vanaf de bron in de richting van het immissiepunt een lengte heeft van r_b.

$r_b = 30\ h_b$ als $r_i \geq h_b$
$r_b = r_i$ als $r_i < 30\ h_b$ (3.21)

b. *Ontvangergebied*

Het gebied dat vanaf het immissiepunt in de richting van de bron een lengte heeft van r_o.

$r_o = 30\ h_o$ als $r_i \geq h_o$
$r_o = r_i$ als $r_i < 30\ h_o$ (3.22)

c. *Middengebied*

Dit is het gebied tussen bron- en ontvangergebied. Overlappen het bron- en ontvangergebied elkaar dan wordt geen middengebied verondersteld.

Aard van de bodem

De volgende bodemtypen worden onderscheiden met behulp van de bodemfactor B.

a.1. Harde bodems: B = 0

Dit zijn alle bodems met een geluidreflecterend oppervlak, zoals asfalt, bestrating, water en betonplaten, waarop geen of nauwelijks geluidverstrooiende objecten aanwezig zijn.

a.2. Harde bodems met veel objecten: B = 0,3

Dit zijn bodems met een geluidreflecterend oppervlak van terreindelen waarop een grote dichtheid aan (semi-)permanent aanwezige geluidverstrooiende en/of geluidabsorberende objecten. Dit betreft bijvoorbeeld terreinen met (semi-)permanent aanwezige opslag van fust en/of kratten, opslag van bouw- of sloopmaterialen, sommige parkeer- en stallingsterreinen. Dit geldt alleen voor zover de demping ten gevolge van die objecten door hun aard en/of aantal niet anderszins in rekening kan worden gebracht, bijvoorbeeld door die objecten te modelleren als een scherm, wal, gebouw, tank of silo (verticaal cilindrisch object) of door toepassing van $D_{terrein}$ (open procesinstallaties) of D_{huis} (dempingsterm voor woongebieden). Kunnen die objecten wel op de genoemde wijze gemodelleerd worden, dan wordt voor de ondergrond van die objecten een harde bodem gehanteerd.

b. Absorberende bodems: B = 1

Absorberende bodems zijn alle bodems zonder zichtbare verharding waarop vegetatie voor kan komen met weinig of geen geluidverstrooiende objecten. Voorbeelden zijn grasland, akkerland met en zonder gewas, bossen, heide, tuinen, begroeide daken.

c. Gedeeltelijk absorberende bodems: B = n/100

Als een gebied voor n % uit absorberende bodem bestaat en voor het overige uit een harde bodem, dan is de bodemfactor

$$B = n/100 \tag{3.23}$$

Ook als er sprake is van een bodemsoort waarvan het oppervlak noch geheel geluidreflecterend, noch geheel geluidabsorberend is, kan een bodemfactor B tussen 0 en 1 worden ingevoerd.

Berekening van D_{bodem}

De term D_{bodem} is uit een drietal deeltermen opgebouwd die het effect van de bodem in het bron-, en immissiegebied en eventueel het middengebied aangeven.

$$D_{bodem} = D_{b,br} + D_{b,ont} + D_{b,mid} \tag{3.24}$$

De berekening van $D_{b,br}$ en $D_{b,ont}$ is volledig analoog. De berekening van het effect van het middengebied gaat op een andere wijze.

Tabel 3.6 De bodemverzwakking in het bron- en immissiegebied

Middenfrequentie octaafband [Hz]	**$D_{b,br}$ of $D_{b,ont}$ [dB]**	
	31,5	-3
	63	-3
	125	-1 + B_b ($a(h)$ + 1)
	250	-1 + B_b ($b(h)$ + 1)
	500	-1 + B_b ($c(h)$ + 1)
	1.000	-1 + B_b ($d(h)$ + 1)
	2.000	-1 + B_b
	4.000	-1 + B_b
8.000	-1 + B_b	
met:	$a(h) = 3{,}0^{-0{,}12(h-5)^2}\left(1 - e^{\frac{-r_i}{50}}\right) + 5{,}7e^{-0{,}09h^2}\left(1 - e^{-2{,}8\cdot 10^{-6} r_i^2}\right)$	

	$b(h) = 8{,}6e^{-0{,}09h^2}(1 - e^{-\frac{r_i}{50}})$
	$c(h) = 14{,}0e^{-0{,}46h^2}(1 - e^{-\frac{r_i}{50}})$
	$d(h) = 5{,}0e^{-0{,}90h^2}(1 - e^{-\frac{r_i}{50}})$

Opmerking: voor h = h_o = 5 m geldt de formule:

$$a(5) = \left(1 - e^{-\frac{r_t}{50}}\right) + 0{,}6\left(1 - e^{-2{,}8.10^{-6}r_i^2}\right) \quad (3.25)$$

$$b(5) = 0{,}9\left(1 - e^{-\frac{r_t}{50}}\right)$$

c(5) = 0,0

d(5)= 0,0

$D_{b,br}$

$D_{b,br}$ wordt berekend uit de afstand r_i tussen bron en immissiepunt, de bodem factor B_b van het brongebied en de (gecorrigeerde) bronhoogte h. De bodemfactor B_b blijft betrokken op de echte bronhoogte h_b.

De hoogte *h* is gelijk aan de bronhoogte tenzij er afscherming optreedt met een positieve verticale omweg (D_{scherm} ≥ 4,8) en de bronhoogte minder dan 5 m bedraagt. In dat geval geldt:

h = h_b als h_b ≥ 5 m of h_e ≤ 0 Illustratie:267238.png (3.26)

N.B. Bij de rondommethode wordt bij bepaling van immissieniveaus uitgegaan van $D_{b,br}$ = -1.

$D_{b,ont}$

De berekening van $D_{b,ont}$ is analoog aan $D_{b,br}$ (zie tabel 3.6).

$D_{b,mid}$

De verzwakking ten gevolge van het middengebied wordt bepaald uit de bodemfactor van het middengebied B_m en de factor m (zie tabel 3.7).

Tabel 3.7 De bodemverzwakking in het middengebied

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,mid}$ **[dB]**
31,5 en 63	-3 *m*
125 en hoger	+3 *m* (B_m – 1)
met: *m* = 0 als r_i ≤ 30 (h_b + h_o) *m* = 1 – 30 (h_b + h_o)/r_i als r_i > 30 (h_b + h_o)	

Een bijzonder geval doet zich voor als bron en ontvanger zich op relatief korte afstand van elkaar bevinden ten opzichte van de bronhoogte en ontvangerhoogte. Als voor de verhouding tussen de lengte van het directe geluidpad r_i en het tegen de bodem spiegelbeeldig gereflecteerde geluidpad r_r (bron – bodem – ontvanger) geldt:

20 log r_r/r_i ≥ 10

dan wordt geen bodemeffect in rekening gebracht (D_{bodem} = 0 dB).

3.2.3.8. D_{huis}

In het geval dat meervoudige reflecties nabij het immissiepunt een rol spelen, wordt aangeraden voor deze situatie een hybride methode toe te passen (zie paragraaf 3.4). Bij enkelvoudige reflecties kan de bijdrage via de reflectie worden berekend. De reflecterende objecten moeten voldoen aan de criteria die in paragraaf 3.2.3.3 zijn genoemd, waarbij dan voor `de bron' `het immissiepunt' moet worden gelezen. De berekening gaat verder analoog (zie paragraaf 3.2.3.3). Voor het bepalen van een 'gemiddelde dempingsterm voor woongebieden' kan gebruik worden gemaakt

van [L.8] en [L.9]. Met die methode kan voor een specifieke stedenbouwkundige situatie de term 'D_{huis}' worden berekend, zijnde een gemiddelde waarde voor het betreffende gebied.

3.3. Methode II: Substitutiemethode (II.9)

Het doel van de subsitutiemethode is het met een kunstbron (veelal een luidspreker) bepalen van de overdrachtsverzwakking tussen de locatie van een bestaande bron en de locatie van een immissiepunt. Bij deze methode moeten drie metingen worden verricht (meestal per octaafband):

- de immissierelevante geluidvermogen van de kunstbron;
- het geluiddrukniveau op het immissiepunt, veroorzaakt door de kunstbron;
- óf het geluiddrukniveau op het immissiepunt afkomstig van de echte bron óf de immissierelevante geluidvermogen van de echte bron.

Afhankelijk van de laatstgenoemde meting, kunnen de resultaten van de geluidmetingen als volgt gebruikt worden:

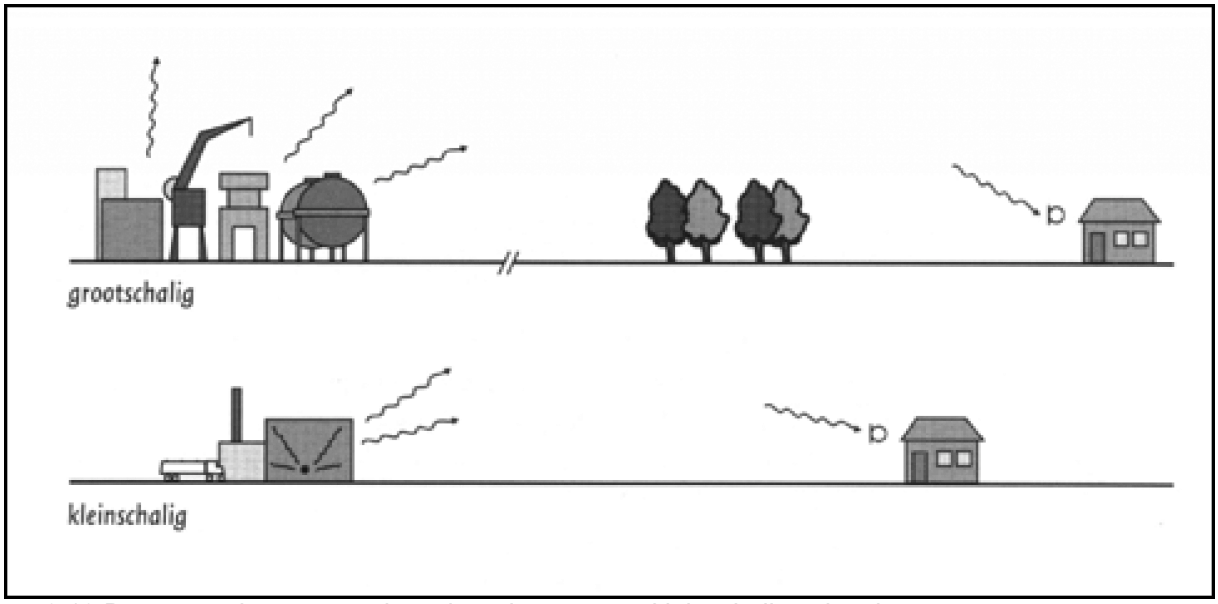
- als de immissie ten gevolge van de bestaande bron bekend is, kan de emissie van deze bron worden bepaald;
- als de emissie van een bron bekend is, kan de immissie ten gevolge van die bron worden bepaald.

Mogelijke fouten

In de praktijk treden bij toepassing de volgende problemen op:

- Als alleen één positie van de kunstbron wordt gehanteerd, kunnen zeer grote interferentie-effecten optreden. De meeste industriële bronnen hebben enige omvang en een diffuse uitstraling. Een kunstbron is klein van afmeting en vertoont een min of meer gerichte uitstraling. Hierdoor treedt ten aanzien van o.a. reflecties en bodemdemping een andere overdrachtsverzwakking op dan bij de te onderzoeken bron. In dat geval kan een beter resultaat verkregen worden door de bron op meerdere plaatsen en in verschillende richtingen te laten uitstralen en hierover te middelen.
- De kunstbron kan vaak niet exact op de plaats van de werkelijke bron staan. In plaats daarvan zal de kunstbron vaak vóór of boven de te onderzoeken bron moeten worden geplaatst. De substitutie is dan niet volledig.
- Door het combineren van de bovengenoemde drie metingen worden onnauwkeurigheden geïntroduceerd.
- Allereerst is in die zin de reproduceerbaarheid van het zendvermogen van de kunstbron noodzakelijk. Vervolgens moeten de metingen zeer nauwkeurig uitgevoerd kunnen worden om in het eindresultaat, alleen al op basis van meetfouten, een nauwkeurigheid te kunnen bereiken die valt binnen enkele dB's. Deze nauwkeurigheid heeft betrekking op iedere octaafband die voor het eindresultaat van belang is.
- Stoorgeluid kan het resultaat van de geluidmetingen beïnvloeden. Zodoende moet het stoorgeluidniveau bij de drie metingen in het algemeen laag zijn (zie paragraaf 2.1.1), en de immissierelevante geluidvermogen van de kunstbron zeer hoog. Deze eisen blijken in veel praktijksituaties niet goed haalbaar. Een controle hierop kan worden uitgevoerd door de kunstbron intermitterend aan en uit te zetten.

Bij kleinschalige industriële situaties is de fout, genoemd onder punt d, veelal te vermijden door het kiezen van een krachtige kunstbron. Als rond de kunstbron, als gevolg van veelvuldige reflecties, een diffuus veld optreedt (afgesloten ruimte, binnenplaats e.d.) zijn de fouten onder punt a en b ook goed te onderdrukken, zodat dan het gebruik van de substitutiemethode tot betrouwbare resultaten kan leiden.



Figuur 3.13 De toepassing van een kunstbron in groot- en kleinschalige situaties

Toepassingen
Bij grootschalige industriële situaties is de methode zelden geschikt voor het meten van volledige, grote overdrachtstrajecten tussen bron en immissiepunt, in verband met de bovengenoemde oorzaken van systematische en toevallige fouten. Wel kunnen in een dergelijk geval de geluidverzwakking over delen van het overdrachtstraject worden gemeten en worden gecombineerd met berekeningen. Zie hybride methoden (paragraaf 3.4).

Substitutiemethoden kunnen veelvuldig worden toegepast bij het optreden van contactgeluid in de vorm van reciprociteitsmetingen. Dit wordt hier niet nader besproken doch er wordt verwezen naar [L.4], [L.5] en [L.6].

3.4. Methode II: Hybride methoden (II.10)
Onder hybride-methoden wordt verstaan:
- dat berekeningsresultaten worden gecontroleerd en bijgesteld op basis van meetresultaten, verkregen op gekozen punten tussen bron en immissiepunt (meest voorkomende vorm), óf;
- dat onbetrouwbaar geachte meetresultaten (stoorgeluid, instrumentatie, weersinvloeden) op basis van berekeningen worden gecontroleerd (zie toepassing 3).

Het verdient bijna altijd aanbeveling meet- en berekeningsresultaten met elkaar te vergelijken, ten einde fouten te vermijden. In complexe situaties wordt dit sterk aanbevolen. Deze vergelijking gebeurt op dB(A)-waarde, maar ook op spectraal niveau. Het kan voorkomen dat de dB(A)-waarde goed overeenkomt, maar dat spectraal zeer grote verschillen bestaan.

Hybride-methoden kunnen in vele vormen worden toegepast. Daarom wordt hier volstaan met enkele voorbeelden van toepassingen.

Toepassing 1
Een drietal bronnen is gelegen op 500 tot 700 m afstand van het immissiepunt. In dezelfde richting als het immissiepunt veroorzaakt de brongroep een bepaald geluidniveau in een woonwijk. Aan de rand van de wijk komt het op 10 m hoogte gemeten geluidniveau overeen met het berekende geluidniveau. In de bebouwing treden echter verschillen op tussen de meet- en berekeningsresultaten. De metingen tussen de bebouwing worden betrouwbaar geacht (er zijn meerdere metingen per meetpunt verricht). De berekening van de geluidoverdracht in de bebouwing is echter gebaseerd op bepaalde kengetallen. Deze overdrachtsberekening mag voor het traject in de bebouwing voor elk van de bronnen op dezelfde wijze worden bijgesteld.

Eenzelfde bijstelling mag plaatsvinden als de industrie ver van het immissiepunt verwijderd is, en de meet- en berekeningsresultaten op grote hoogte (bijvoorbeeld 10 m) overeenstemmen, terwijl op geringe hoogte (bijvoorbeeld 1,5 m) het niveau moet worden vastgesteld. Als door de specifieke

aard van de bodem het bodemeffect niet nauwkeurig berekend kan worden, kan het bodemeffect worden bepaald met behulp van het gemiddelde meetresultaat verkregen op 1,5 m hoogte.

Toepassing 2

De geluidemissie van één of een aantal individuele bronnen kan in een immissierelevante geluidvermogen voor het hele bronterrein worden omgerekend door de overdrachtsweg op het terrein in rekening te brengen (bijvoorbeeld met behulp van een isolatieberekening (paragraaf 2.3.3.6), D_{refl}, $D_{terrein}$ en D_{scherm} (zie paragraaf 3.2.3). Deze berekende immissierelevante geluidvermogen kan worden gecontroleerd door het bepalen van het geluidvermogen van het hele terrein op basis van:

- een rondom-meting (zie paragraaf 2.3.3.3);
- geluidimmissiemetingen rond het terrein en uit deze resultaten met de geconcentreerde bronmethode (zie paragraaf 2.3.3.1) het geluidvermogen van het hele terrein te bepalen.

Uit de vergelijking van de berekende en de gemeten resultaten kan een bijstelling van de berekende overdrachtsverzwakking plaatsvinden.

Toepassing 3

Metingen waarbij weersinvloeden een belangrijke rol hebben gespeeld, dan wel waarbij (mogelijk) stoorgeluid aanwezig was, kunnen worden gecontroleerd door een emissiebepaling aangevuld met een overdrachtsberekening of door metingen op een dichter bij de bron gelegen punt, waarbij een extrapolatieberekening wordt toegepast.

Deze controle wordt vooral aanbevolen bij geluidmetingen op grote afstand van de bron, omdat daar het spectrum van het omgevingsgeluid en het spectrum van de bron minder goed van elkaar zijn te onderscheiden. Vaak blijkt dat in bepaalde octaafbanden het stoorgeluid van invloed is, terwijl dit met het gehoor niet waarneembaar is.

Tot de Hybride methoden kunnen evenzeer gerekend worden de overdrachtsmodellen, gebaseerd op golffront extrapolatie en het gebruik van geavanceerde meetsystemen, gebaseerd op microfoon arrays. Met name in zeer complexe situaties waar de conclusies kunnen leiden tot grote gevolgen, kan het toepassen van andere technieken dan in methode II omschreven, leiden tot meer inzicht. In al deze gevallen gaat de rapportage vergezeld van een uitgebreide documentatie van de toegepaste techniek.

4. Geluid van activiteiten

4.1. Toepassingsbereik

Het geluid van activiteiten, niet zijnde het geluid van gezamenlijke activiteiten op een industrieterrein waarvoor geluidproductieplafonds zijn vastgesteld, wordt beoordeeld op basis van een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{Ar,LT}$) voor de drie beoordelingsperioden van een etmaal. Deze beoordelingsperiode van een etmaal hebben betrekking op de volgende periode voor zover niet anders is voorgeschreven:

- Dagperiode, zijnde de periode tussen 07.00 en 19.00 uur;
- Avondperiode, zijnde de periode tussen 19.00 en 23.00 uur;
- Nachtperiode, zijnde de periode tussen 23.00 en 07.00 uur.

Het uitgangspunt voor de beoordeling van het geluid is het invallend geluidniveau. Het invallend geluid wordt door metingen en/of berekeningen nabij de ontvanger vastgesteld op de plaats en de hoogte waar hinder wordt of kan worden ondervonden (in het algemeen gevels die maatgevend zijn voor het geluidniveau in geluidgevoelige ruimten), met dien verstande dat de beoordelingshoogte tenminste 1,5 m bedraagt.

Bij metingen en/of berekeningen worden variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) verdisconteerd door toepassing van het systeem meteoraam/meteocorrectieterm.

Daarnaast kan het geluid van activiteiten beoordeeld worden op basis van de optredende geluidpieken. De beoordeling van de geluidpieken vindt plaats op basis van het maximale geluidniveau (L_{Amax}). Bij metingen en/of berekeningen worden variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) verdisconteerd door toepassing van het systeem

meteoraam/meteocorrectieterm.

Voor de bepaling van een jaargemiddelde geluidbelasting voor het geluid van een industrieterrein waarvoor geluidproductieplafonds als omgevingswaarden moeten worden vastgesteld, wordt verwezen naar hoofdstuk 5.

De in dit hoofdstuk beschreven wijze van bepaling van de beoordelingsgrootheden is voor methode I en II identiek, met dien verstande dat de wijze waarop de meteocorrectieterm van methode II enigszins in een groter toepassingsbereik voorziet dan de meteocorrectieterm van methode I.

4.2. Te beschouwen bedrijfssituatie

Onder het geluid van een activiteit wordt verstaan het gezamenlijke geluid van alle (deel)activiteiten die onderdeel zijn van een zogenoemde representatieve bedrijfssituatie (RBS). Een activiteit die niet op een industrieterrein wordt uitgevoerd heeft in beginsel één representatieve bedrijfssituatie. De representatieve bedrijfssituatie is hierbij de situatie waarbij de voor de geluidproductie relevante omstandigheden kenmerkend zijn voor de uitvoering van activiteiten bij volledige capaciteit in de te beschouwen etmaalperiode.

Voor de representatieve bedrijfssituatie kan worden aangesloten op de op 12 jaardagen na lawaaiigste jaardag (de zogenoemde 13^{e} dag). Naast de representatieve bedrijfssituatie kan ook één of meerdere uitzonderlijke bedrijfssituaties (UBS) worden onderscheiden. Een uitzonderlijke bedrijfssituatie is een (deel)activiteit die geen onderdeel is van de representatieve bedrijfssituatie en meer geluid veroorzaakt dan de representatieve bedrijfssituatie. Onder een dergelijke uitzonderlijke bedrijfssituatie vallen onder meer een incidentele bedrijfssituatie en een regelmatige afwijking van de representatieve bedrijfssituatie. Aan een uitzonderlijke bedrijfssituatie kunnen separate geluidgrenswaarden worden gesteld, waarbij rekening wordt gehouden met het beperkt optreden van dergelijke bedrijfssituaties.

Metingen aan activiteiten moeten zoveel mogelijk worden uitgevoerd bij een representatieve bedrijfssituatie, dat wil zeggen de resultaten van de meting/berekening moeten kenmerkend zijn voor de geluidssituatie over een beoordelingsperiode. Daarbij kan de representatieve bedrijfssituatie onderverdeeld zijn in verschillende doch eenduidig definieerbare bedrijfstoestanden. Bij elke meting per bedrijfstoestand hoort daarom ook een technische omschrijving van deze bedrijfstoestand. De gedetailleerdheid van deze beschrijving wordt bepaald door het doel van de meting en de beschikbare informatie.

De meetperiode is zodanig, dat het resultaat niet beïnvloed wordt door de keuze van het begin- of eindtijdstip van de metingen. De meetperiode is afhankelijk van het type geluid.

4.3. Bijzondere geluiden (tonaal karakter/impulsgeluid/muziekgeluid)

Bij het beoordelen van geluid van activiteiten moet rekening worden gehouden met bijzondere geluiden die vanwege hun karakter als extra hinderlijk worden beschouwd. Het betreft tonaal geluid, geluid met een impulsachtig karakter en muziekgeluid. Als criterium geldt dat het bijzondere karakter duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Als er bij een bedrijfstoestand sprake is van deze bijzondere geluiden, wordt een toeslag op het bij deze bedrijfstoestand gemeten (of berekende) langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau gehanteerd. Bij een combinatie van tonaal, impulsachtig geluid wordt die toeslag maar één keer toegepast.

De toeslag heeft betrekking op het gemeten (of berekende) langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege een bedrijfstoestand van de activiteiten. De toeslag wordt nadrukkelijk niet alleen toegepast op de deelbijdrage van die geluidbron die de aanleiding vormt voor het hanteren van de toeslag. Uitzondering daarop zijn zeer complexe situaties waar vele bedrijfstoestanden te onderscheiden zijn of waar het niet bekend is wanneer de bron met het bijzondere geluid exact optreedt. Dan vindt de toeslag plaats op het emissieniveau van de specifieke geluidbron(nen).

In het onderstaande is een nadere toelichting gegeven over bijzondere geluiden.

4.3.1. Tonaal geluid

Als criterium geldt dat het tonale karakter van het geluid duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Er kan sprake zijn van tonaal geluid als het geluid op het beoordelingspunt wordt bepaald door bijvoorbeeld jankende tandwielkasten, brommende transformatoren, gierende ventilatoren,

modelvliegtuigen en bepaalde trilapparatuur (betonindustrie). Herkenbaarheid van een specifieke geluidsbron hoeft geen aanwijzing te zijn van tonaliteit.

In geval van geluid met een tonaal karakter wordt er op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de activiteit(en) een toeslag van 5 dB in rekening gebracht. De toeslag wordt alleen toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van tonaal geluid.

In sommige gevallen kan een (smalbandige) spectrale analyse de aanwezigheid van een zuivere toon aantonen, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van `pieken' in het spectrum. De aanwezigheid van dergelijke “pieken” kan het waargenomen tonale karakter bevestigen; het is echter niet altijd een “bewijs” voor tonaal karakter. Het is namelijk mogelijk dat deze pieken in het spectrum ruim onder het equivalente geluidsimmissieniveau in dB(A) liggen, en door de maskering vanwege (breedbandig) geluid in het overige frequentiegebied het geluidsimmissieniveau geen tonaal karakter geven. Eventueel kan dan de kritische bandbreedtemethode volgens ISO 1996-2:2017 bijlage J [L.10] als hulpmiddel dienen. Alleen als de grootheid K_t in genoemde norm tenminste 5 dB bedraagt, kan sprake zijn van tonaal geluid zoals bedoeld in deze meet- en rekenmethode geluid industrie. Een tertsbandanalyse geeft in de regel onvoldoende informatie.

4.3.2. Impulsachtig geluid

Bij impulsachtig geluid komen in het geluidbeeld geluidstoten voor die minder dan 1 seconde duren en een zekere repetitie kennen. Een bijzondere vorm is impulsachtig geluid met een continu (soms periodiek) karakter.

Als criterium geldt dat het impulsachtig karakter duidelijk hoorbaar is op het beoordelingspunt. Er kan sprake zijn van impulsachtig geluid als de geluidbelasting bij de ontvanger wordt bepaald door bijvoorbeeld geluid uit een constructiewerkplaats ten gevolge van hameren of bikken gedurende een zekere periode, het geluid van een stansmachine (continu en periodiek) of door blaffende honden.

In geval van impulsachtig geluid wordt er op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de activiteit(en) een toeslag van 5 dB in rekening gebracht. De toeslag wordt toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van impulsachtig geluid.

Voor een bijzondere vorm van impulsachtig geluid, het schietgeluid, wordt ten aanzien van inventarisatie en beoordeling verwezen naar de bijlagen XXVIIIb, XXVIIIc en XXVIIId. Schietgeluid valt buiten het kader van deze meet- en rekenmethode geluid industrie.

4.3.3. Muziekgeluid

Als criterium voor het toekennen van een toeslag voor muziekgeluid geldt dat het muziekkarakter duidelijk hoorbaar moet zijn op het beoordelingspunt.

Als er sprake is van muziekgeluid wordt op het gemeten of berekende langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de activiteit(en) een toeslag van 10 dB in rekening gebracht. De toeslag wordt toegepast voor dat deel van de beoordelingsperiode dat er sprake is van muziekgeluid. Als een toeslag voor muziekgeluid wordt gehanteerd, vervallen eventuele toeslagen voor tonale of impulsachtige geluiden.

4.3.4. Laagfrequent geluid

Laagfrequent geluid is geluid met frequenties beneden circa 100 Hz, waardoor het zich sterk van gewoon hoorbaar geluid onderscheidt. Tot op heden heeft dit evenwel niet geleid tot het op gestandaardiseerde wijze toepassen van een toeslag. Om die reden wordt hieraan in dit kader geen bijzondere aandacht besteed.

4.4. Bepaling beoordelingsgrootheden

4.4.1. Bepaling langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$

De representatieve of uitzonderlijke bedrijfssituatie kan bestaan uit verschillende bedrijfstoestanden (zie ook paragraaf 4.2). Bij metingen wordt het immissieniveau per bedrijfstoestand bepaald uit het

energetisch gemiddelde van de gemeten (geldige) geluidsniveaus $L_{Aeq,T}$, zo nodig per meting gecorrigeerd voor stoorgeluid, volgens de formule:

$$L = 10log\left(\frac{1}{N}\sum_{x=1}^{N} 10^{\frac{L_x}{10}}\right) \quad (4.1)$$

waarbij wordt verstaan onder:
N = Aantal metingen
L_x = equivalente geluidsniveau van meting x

Omdat het immissieniveau vastgesteld wordt onder meteoraamcondities, wordt dit niveau het gestandaardiseerde immissieniveau L_i genoemd.

Wanneer de metingen en uitwerkingen zijn uitgevoerd in frequentiebanden, kan hieruit het gestandaardiseerde immissieniveau in dB(A) worden berekend door de A-gewogen geluidsniveaus in de beschouwde frequentiebanden energetisch te sommeren.

Wanneer de metingen direct in dB(A) zijn uitgevoerd, wordt hieruit direct het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau L_i per bedrijfstoestand verkregen.

Het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,LT}$ in dB(A) ten gevolge van een bepaalde bedrijfstoestand i wordt bepaald uit het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau volgens de formule:

$$L_{Aeqi,LT} = L_i - C_b - C_m - C_g \quad (4.2)$$

In het volgende wordt op de verschillende termen in formule 4.2 ingegaan.

De bedrijfsduurcorrectieterm C_b
De bedrijfsduurcorrectieterm C_b brengt de periode T_b in rekening zolang de bedrijfstoestand tijdens een beoordelingsperiode T_o (dag, avond, nacht) blijft bestaan.

$$C_b = -10log\left(\frac{T_b}{T_0}\right) \quad (4.3)$$

Hierbij worden de volgende beoordelingsperioden aangehouden, tenzij uitdrukkelijk anders vermeld:
- dagperiode: 07.00–19.00 uur; T_o = 12 uur
- avondperiode: 19.00–23.00 uur; T_o = 4 uur
- nachtperiode: 23.00–07.00 uur; T_o = 8 uur

De meteocorrectieterm C_m
De meteocorrectieterm C_m wordt berekend volgens de formules:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10\,(h_b + h_o) \quad (4.4)$$

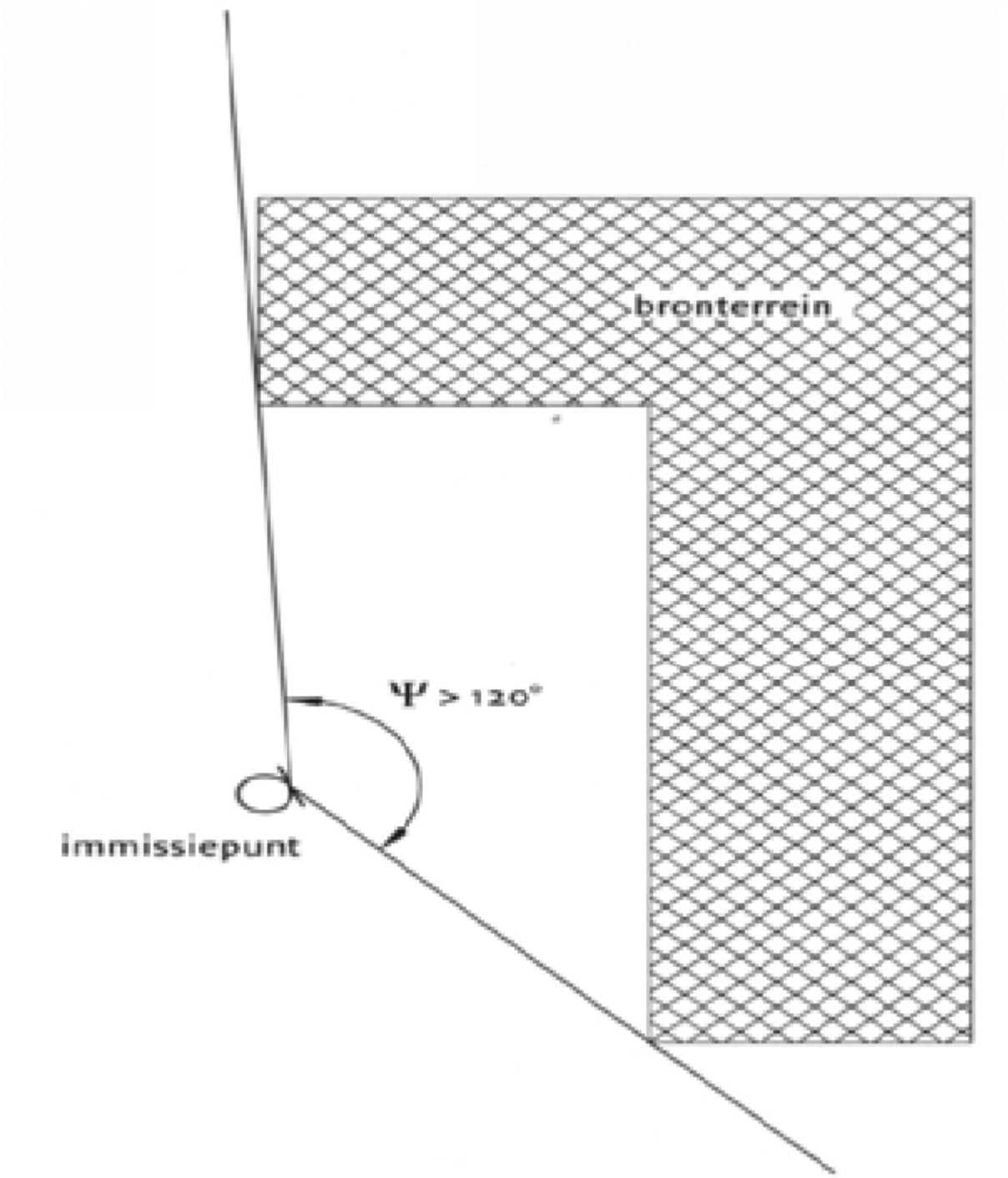
$$C_m = 5 - 50\frac{(h_b + h_o)}{r_i} \text{ als } r_i > 10(h_b + h_o)$$

Deze meteocorrectieterm is altijd positief of gelijk aan nul ($C_m \geq 0$)
Als bij toepassing van methode II de meting een bronterrein betreft dat onder een zichthoek $\Psi > 120°$ vanuit het immissiepunt wordt gezien en waarbij $r_i > 10\,(h_b + h_o)$, vinden de metingen plaats bij windrichtingen die gelijkmatig zijn verdeeld over deze zichthoek (zie figuur 4.1).

De meteocorrectieterm bedraagt dan:

$$C_m = 0 \text{ als } r_i \leq 10(h_b + h_o) \quad (4.5)$$

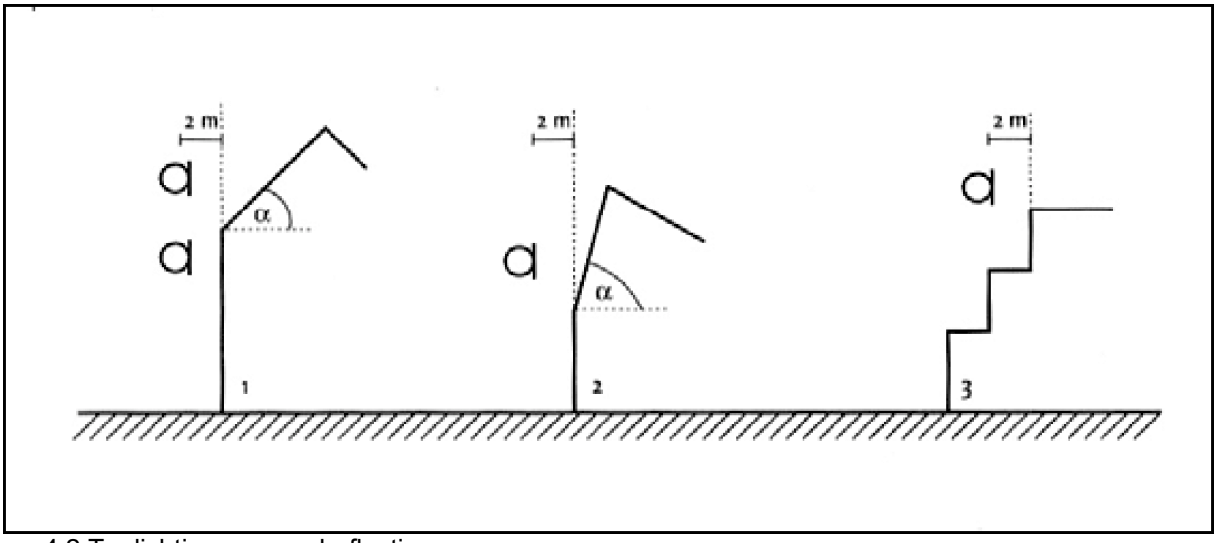
$$C_m = 5 - 50\frac{(h_b + h_o)}{r_i}\left(1 - 0{,}3.\frac{\psi}{180°}\right) als\ r_i > 10(h_b + h_o)$$



Figuur 4.1 Definitie zichthoek ψ

De gevelcorrectieterm C_g

Tenzij uitdrukkelijk anders gespecificeerd, wordt het niveau van het invallend geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) bepaald. Als het meetpunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau L_i een procedurele gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen (zie figuur 4.2). De in figuur 4.2 aangegeven afstand van 2 m voor de gevel wordt bij metingen in acht genomen.



Figuur 4.2 Toelichting op gevelreflectie

Dwarsdoorsnede huis 1: C_g = 3 dB voor de onderste microfoon c.q. beoordelingspositie
C_g = 0 dB voor de bovenste microfoon of beoordelingspositie

Dwarsdoorsnede huis 2: C_g = 3 dB (α ≥ 70º)

Dwarsdoorsnede huis 3: C_g = 0 dB

4.4.2. Bepaling beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$

Wanneer op het beoordelingspunt binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege een activiteit een geluid met duidelijk een tonaal of een impulsachtig karakter kan worden waargenomen, wordt op het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau van de betreffende bedrijfstoestand tijdens welke dit specifieke karakter optreedt een toeslag berekend van:

- tonaal: K_1 = 5 dB;
- impuls: K_2 = 5 dB.

Per bedrijfstoestand wordt ten hoogste één toeslag in rekening gebracht.

Wanneer op het beoordelingspunt binnen het totaal aanwezige geluidsniveau, vanwege een activiteit geluid met een duidelijk muziekkarakter wordt waargenomen, wordt het langtijdgemiddeld deelgeluidsniveau vanwege de betreffende bedrijfstoestand een toeslag berekend van: K_3 = 10 dB.

Als deze toeslag wordt toegepast, wordt voor deze bedrijfstoestand geen toeslag meer voor tonaal of impulsgeluid toegepast. De totale toeslag kan daarom niet groter zijn dan 10 dB.

Het langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand (kortweg deelbeoordelingsniveau) $L_{Ari,LT}$ wordt voor elke afzonderlijke beoordelingsperiode bepaald volgens de formule:

$$L_{Ari,LT} = L_{Aeqi,LT} + K_x \quad (4.6)$$

Hierin komt K_x overeen met K_1, K_2 of K_3.
Het totale beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt voor elke beoordelingsperiode bepaald uit de energetische sommatie van de deelbeoordelingsniveaus volgens de formule:

$$L_{Ar,LT} = 10log \sum 10^{\frac{L_{Ari,LT}}{10}} \quad (4.7)$$

4.4.3. Bepaling maximale geluidniveau L_{Amax}

Het maximale A-gewogen geluidniveau wordt onder meteoraamcondities gemeten in de meterstand ‘fast’. Op het gemeten maximale geluidsniveau $L_{i,max}$ wordt de meteocorrectieterm C_m (zie paragraaf 4.4.1) toegepast voor het verkrijgen van de beoordelingsgrootheid L_{Amax}. Tot een afstand

van r_i = 150 m bedraagt de meteocorrectie C_m meestal minder dan 4 dB. De C_m-waarde heeft betrekking op de geluidbron die het maximale geluidniveau veroorzaakt. Het maximale geluidniveau heeft gelijk als het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau betrekking op het invallende geluid (zie paragraaf 4.4.1).

5. Geluid van een industrieterrein

5.1. Toepassingsbereik

Het geluid door een industrieterrein waarvoor geluidproductieplafonds zijn vastgesteld is de jaargemiddelde geluidbelasting in L_{den} en L_{night}. Deze jaargemiddelde geluidbelasting wordt bepaald op basis van gegevens die zijn vastgesteld volgens methode II en is het gezamenlijke geluid door alle activiteiten die behoren tot de geluidbronsoort industrieterrein.

Het uitgangspunt voor de beoordeling van het geluid op geluidgevoelige bestemmingen is het invallend geluidniveau. Bij metingen of berekeningen worden variaties in de geluidsoverdracht (vooral op grotere afstanden van belang) verdisconteerd door toepassing van het systeem meteoraam/meteocorrectieterm.

5.2. Te beschouwen bedrijfssituatie

Het geluid van een industrieterrein is het gezamenlijke jaargemiddelde geluid van alle activiteiten die op een industrieterrein plaatsvinden. Hierbij wordt buiten beschouwing gelaten het geluid van:

- windturbines, windparken, civiele buitenschietbanen, militaire buitenschietbanen en militaire springterreinen;
- activiteiten waarvoor het omgevingsplan of een omgevingsvergunning voor een omgevingsplanactiviteit waarborgt dat het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ van het geluid op 30 m afstand van de begrenzing van de locatie waar de activiteit wordt verricht, niet meer bedraagt dan 45 dB;
- het TT Circuit Assen en het Circuit Park Zandvoort gedurende ten hoogste 12 dagen per kalenderjaar; en
- spoorvoertuigen op spoorwegemplacementen en doorgaand verkeer op wegen, vaarwegen en spoorwegen.

Voor alle activiteiten die op het industrieterrein worden uitgevoerd wordt een zogenoemde jaargemiddelde bedrijfssituatie (JBS) vastgesteld. Deze jaargemiddelde bedrijfssituatie wordt voor alle activiteiten in zowel de dag- avond als nachtperiode vastgesteld. Hierbij worden ook tijdelijk verhogingen van het geluid door uitzonderlijke bedrijfssituaties meegenomen.

5.3. Bijzondere geluiden (tonaal karakter/impulsgeluid/muziekgeluid)

Bij het beoordelen van het geluid door een industrieterrein wordt in beginsel geen rekening gehouden met bijzondere geluiden die extra hinderlijk zijn. Bij het beoordelen van het geluid door afzonderlijke activiteiten op een industrieterrein kan een toeslag vanwege extra hinderlijkheid wel aan de orde zijn. Het bevoegd gezag moet wel zorgen voor een zorgvuldige afstemming van het geluid door een industrieterrein en het geluid van de afzonderlijke activiteiten op een industrieterrein. Hierbij kan een probleem optreden, bijvoorbeeld bij een solitair transformatorstation dat tonaal geluid veroorzaakt én een activiteit ís die in aanzienlijke mate geluid kan veroorzaken en daarom op een industrieterrein met geluidproductieplafonds moet worden uitgevoerd. Het verdient dan aanbeveling om ook bij het vaststellen van de geluidproductieplafonds een toeslag voor extra hinderlijkheid toe te passen. De toeslag wordt hierbij toegepast over de periode van het jaar dat er sprake is van bijzonder geluid. Voor een nadere toelichting over bijzondere geluiden wordt verwezen naar paragraaf 4.3

5.4. Bepaling beoordelingsgrootheid

5.4.1. Bepaling jaargemiddeld deelgeluidniveau $L_{Aeqi,JM}$

Het jaargemiddeld deelgeluidsniveau $L_{Aeqi,JM}$ in dB(A) ten gevolge van een bepaalde bedrijfstoestand of geluidbron i wordt bepaald uit het A-gewogen gestandaardiseerde immissieniveau volgens de formule:

$$L_{Aeqi,JM} = L_i - C_b - C_m - C_g \qquad (5.1)$$

In het volgende wordt op de verschillende termen in formule 5.1 ingegaan.

De bedrijfsduurcorrectieterm C_b
De bedrijfsduurcorrectieterm brengt de jaargemiddelde periode T_b in rekening zolang de bedrijfstoestand (jaargemiddeld tijdens een beoordelingsperiode T_o (dag, avond, nacht)) blijft bestaan.

$$C_b = -10log\left(\frac{T_b}{T_0}\right) \quad (5.2)$$

Hierbij zijn de beoordelingsperioden:
- dagperiode: 07.00–19.00 uur; T_o = 12 uur
- avondperiode: 19.00–23.00 uur; T_o = 4 uur
- nachtperiode: 23.00–07.00 uur; T_o = 8 uur

De meteocorrectieterm C_m
De meteocorrectieterm C_m wordt berekend volgens de formule:

$C_m = 0$ *als* $r_i \leq 10(h_b + h_o)$ (5.3)

$$C_m = 5 - 50\frac{(h_b + h_o)}{r_i} \; als \; r_i > 10(h_b + h_o)$$

Deze meteocorrectieterm is altijd positief ($C_m \geq 0$)

De gevelcorrectieterm C_g
Tenzij anders gespecificeerd, wordt het niveau van het invallende geluid (dus zonder bijdrage van reflectie tegen een achterliggende gevel) bepaald. Als het beoordelingspunt direct vóór een gevel is gesitueerd, wordt op het gestandaardiseerde immissieniveau (L_i) een gevelcorrectieterm C_g van 3 dB in mindering gebracht om het invallende geluid te bepalen.

5.4.2. Bepaling jaargemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,JM}$

Bij de bepaling van het geluid van een industrieterrein worden in beginsel geen toeslagen voor impulsachtig, tonaal of muziekgeluid toegepast. Het jaargemiddeld deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand ($L_{Ari,JM}$) is dan gelijk aan het jaargemiddeld deelgeluidsniveau ($L_{Aeqi,JM}$). Het totale jaargemiddelde beoordelingsniveau ($L_{Ar,JM}$) wordt vervolgens berekend volgens de formule 5.5.

In de specifieke situaties die nader zijn aangeduid in paragraaf 5.3 waarbij wel een toeslag vanwege bijzondere geluiden wordt toegepast op het geluid door een industrieterrein, wordt op het jaargemiddeld deelgeluidniveau van de betreffende bedrijfstoestand tijdens welke dit specifieke karakter optreedt een toeslag berekend van:
- Tonaal: K_1 = 5 dB
- Impuls: K_2 = 5 dB
- Muziek: K_3 = 10 dB

Per bedrijfstoestand wordt ten hoogste één toeslag in rekening gebracht.

Het jaargemiddelde deelbeoordelingsniveau per bedrijfstoestand ($L_{Ari,JM}$) wordt voor elke afzonderlijke beoordelingsperiode bepaald volgens de formule:

$L_{Ari,JM} = L_{Aeqi,JM} + K_x$ (5.4)

Hierin komt K_x overeen met K_1, K_2 of K_3.

Het jaargemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,JM}$ wordt voor elke beoordelingsperiode bepaald uit de energetische sommatie van de jaargemiddelde deelbeoordelingsniveaus volgens de formule:

$$L_{Ar,JM} = 10log\sum 10^{\frac{L_{Ari,JM}}{10}} \quad (5.5)$$

5.4.3. Bepaling beoordelingsniveau L_{den} en L_{night}

Het geluid van een industrieterrein wordt beoordeeld op basis van een L_{den} en een L_{night}. Het jaargemiddeld beoordelingsniveau $L_{Ar,JM}$ wordt voor de verschillende beoordelingsperioden vastgesteld:

- Dagperiode: L_{day}= $L_{Ar,JM}$ (07.00–19.00 uur);
- Avondperiode: $L_{evening}$ = $L_{Ar,JM}$ (19.00–23.00 uur);
- Nachtperiode: L_{night} = $L_{Ar,JM}$ (23.00–07.00 uur).

De L_{den} wordt bepaald uit de energetische sommatie van de jaargemiddelde beoordelingsniveaus voor de verschillende beoordelingsperioden waarbij de $L_{evening}$ en de L_{night} worden vermeerderd met een toeslag van respectievelijk 5 en 10 dB:

$$L_{den} = 10\log\frac{12.10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4.10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8.10^{\frac{L_{night}+10}{10}}}{24} \quad (5.6)$$

6. Toelichting

6.1. Lijst van symbolen

Symbool	Eenheid	Omschrijving
β	°	Hoek tussen de normaal op het uitstralende oppervlak en de denkbeeldige lijn met het immissiepunt
ϵ_h/ϵ_v	m	Horizontale of verticale omweg om scherm
θ	°	Hoek tussen de 0° richting en de richting waarbij de gevoeligheid van een richtmicrofoon met 3 dB is teruggevallen
λ	m	Golflengte
ρ	–	Reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie
σ	–	Stralingsfactor of afstraalgraad
σn	–	Standaarddeviatie van het gemiddelde
Ψ	°	Hoek waaronder het brongebied vanuit de waarnemer wordt gezien
φ	°	Windhoek
φ_{max}	°	Maximale windhoek
Ω	steradialen	Ruimtehoek
a_{lu}	dB/m	Frequentie-afhankelijke dempingsfactor voor de luchtabsorptie
B	–	Bodemfactor
B_b	–	Bodemfactor van het brongebied
B_m	–	Bodemfactor van het middengebied
B_o	–	Bodemfactor van het ontvangergebied
C_b	dB	Bedrijfsduurcorrectieterm per beoordelingsperiode
C_d	dB	Diffusiteitscorrectie
C_g	dB	Gevelreflectieterm
C_m	dB	Meteocorrectieterm
C_{alt}	dB	Correctieterm voor de meetafstand bij extrapolaties
C_{stoor}	dB	Stoorgeluidcorrectie
d	m	Bron- of brongebieddiameter
$d_{k,k+1}$	m	Afstand tussen punten gelegen op een meetlijn
d_{ref}	dB	Diameter van het referentielichaam bij een lijnbron
d_z	m	Afstand tussen zwaailijnen
D_{xxx}	dB	Symbool voor verzwakkingsterm, voorzien van diverse indices, in het overdrachtsmodel

DI	m	Richtingsindex (directivity index)
ΔD	dB	Top hoek correctieterm
f	Hz	Frequentie
f_{onder}	Hz	Middenfrequentie van de laagste tertsband in de aangegeven octaafband
f_{midden}	Hz	Middenfrequentie van de middelste tertsband in de aangegeven octaafband octaafband
f_{boven}	Hz	Middenfrequentie van de hoogste tertsband in de aangegeven octaafband
h_b	m	Bronhoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{br}	m	Bronhoogte ten opzichte van referentievlak
h_e	m	Effectieve schermhoogte
h_m	m	Hoogte van meetpunt ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{ma}	m	Hoogte maaiveld ten opzichte van referentievlak
h_o	m	Beoordelingshoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{sr}	m	Hoogte van het scherm ten opzichte van referentievlak
I	–	Immissiepunt
I_s	W/m^2	Intensiteitsvector op oppervlak S
K_x *x = 1, 2 of 3* Respectievelijk K_1, K_2 en K_3	dB	Toeslagen voor tonaal (x = 1), impulsachtig (x = 2) en muziekgeluid (x = 3)
$K4$	dB	Correctiefactor voor bodeminvloed
l	m	Lengte van een lijnbron of meetlijn
$L_{Aeqi,JM}$	dB(A)	Jaartijdgemiddeld deelgeluidniveau
$L_{Aeqi,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelgeluidniveau
L_{Amax}	dB(A)	Maximale A-gewogen geluidniveau
$L_{Ari,JM}$	dB(A)	Jaargemiddeld deelbeoordelingsniveau
$L_{Ari,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld deelbeoordelingsniveau
$L_{Ar,JM}$	dB(A)	Jaargemiddeld beoordelingsniveau
$L_{Ar,LT}$	dB(A)	Langtijdgemiddeld beoordelingsniveau
$L_{Aeq,T}$	dB(A)	A-gewogen equivalent geluidniveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 µPa over de periode T
L_{dag} /L_{avond} L_{nacht}/L_{etmaal}	dB(A)	Beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ voor respectievelijk de dag-, avond-, nachtperiode en etmaal
L_{day} /$L_{evening}$ L_{night}/L_{den}	dB	Beoordelingsniveau LAr,JM voor respectievelijk de dag-, avond-, nachtperiode en etmaal
$L_{eq,T}$	dB	Equivalent geluid(druk)niveau ten opzichte van een referentiedruk van 20 µPa over de periode T
L_i	dB/dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau
L_i^*	dB/dB(A)	Het niet voor stoorgeluid gecorrigeerde gestandaardiseerd immissieniveau
$L_{i,alt}$	dB/dB(A)	Gestandaardiseerd immissieniveau op het alternatief punt
L_k	dB/dB(A)	Geluid(druk)niveau op punt k gelegen op een meetlijn bij rondommethode
$L_{nT,i}$	dB	Gestandaardiseerd op nagalmtijd genormeerd immissieniveau (binnengeluidniveau)
L_p	dB/dB(A)	Geluid(druk)niveau op de denkbeeldige meetlijn
$<L_{sA}>$	dB/dB(A)	Geluid(druk)niveau op het denkbeeldige meetvlak
L_{stoor}	dB/dB(A)	Geluid(druk)niveau van het stoorgeluid
L_v	dB/dB(A)	Snelheidsniveau

L_W	dB/dB(A)	Geluidvermogenniveau van de bron
L_{WR}	dB/dB(A)	Immissierelevante geluidvermogen
ΔL_α	dB	Luchtabsorptieterm bij rondommethode
ΔL_F	dB	Nabijheidsveldcorrectieterm bij rondom- en aangepast meetvlak-methode
ΔL_M	dB	Richtmicrofooncorrectieterm bij rondommethode
ΔL_S	dB	Term die het uitstralende oppervlak in rekening brengt
n	–	Normaalvector op oppervlak S
N	–	Aantal meetpunten of metingen
N_x	–	Fresnelgetal
$P_A(t)$	dB(A)	A-gewogen momentaan geluiddruk
P_o	dB	Referentiedruk van 20 µPa
Q	–	Verhouding tussen oppervlak referentievlak meetvlak
r_{bm}	m	Afstand tussen bron en het midden van cilinder m
r_{br}	m	Afstand tussen bron en reflecterend object
r_{geb}	m	Horizontale afstand van een lijn tussen bron en immissiepunt dat boven een gebouw ligt
r_i	m	Afstand tussen broncentrum en immissiepunt. Deze afstand is de lengte van de rechte verbindingslijn tussen broncentrum en immissiepunt, en dus niet een projectie van die lijn op het horizontale vlak. Het immissiepunt (de 'ontvanger') kan een beoordelingspunt of een meetpunt zijn.
r_{im}	m	Afstand tussen immissiepunt en het midden van cilinder m
r_r	m	Afstand van broncentrum via de spiegelbeeldig reflecterende bodem naar het immissiepunt
r_{alt}	m	Afstand tussen broncentrum en alternatief punt
r_{or}	m	Afstand tussen immissiepunt en reflecterend object
r_t	m	Lengte van het deel van de geluidstraal dat door `open' installaties heen gaat
R	m	Afstand tussen bron en meetpunt ten behoeve van geluidvermogenbepaling
R_i	dB	Geluidisolatie van wanddeel*i*
R_m	m	Gemiddelde afstand tussen het bron(terrein) en de meetlijn
S_m	m^2	Oppervlak van het meetvlak bij aangepast meetvlakmethode of het door de meetlijn omsloten grondoppervlak bij de rondommethode
S_p	m^2	Oppervlak van het bronterrein
S_{ref}	m^2	Oppervlak van het referentielichaam
S_k	m^2	Oppervlak van deelvlak k
S_i	m^2	Oppervlak van wanddeel *i*
$s_{l,\,sr}$	m	Horizontale afmeting van afscherming dwars op de lijn van bron naar immissiepunt
$t(f)$	–	Factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen
T_0	s	Referentienagalmtijd (0,5 of 0,8 s)
T_b	uren	Bedrijfsperiode
T_i	s	Rekenkundig gemiddelde nagalmtijd
$T_{i,j}$	s	Gemeten nagalmtijd
T_m	minuten	Meetperiode
T_o	uren	Beoordelingsperiode
U_x	m/s	Windsnelheid op x m hoogte
$v(t)$	m/s	Snelheid als functie van de tijd

v_0	m/s	Referentiesnelheid (10^{-9} m/s)
W_0	W	Referentie geluidvermogen (10^{-12} W)
W	W	Geluidvermogen van een bron

6.2. Isolatiewaarden

Enkele globale waarden voor de luchtgeluidsisolatie van diverse materialen en constructies, zoals deze door metingen zijn bepaald, worden gegeven in onderstaande tabellen. Hierbij wordt benadrukt dat bij deze waarden wordt uitgegaan van akoestisch goede randaansluitingen en afwezigheid van kieren.

Tabel 6.1 Isolatiewaarden van materialen

Materiaal, omschrijving		**Dikte in mm**	**Oppervlakte massa in kg/m²**	**R_i per octaafband in dB**					
				125 Hz	**250 Hz**	**500 Hz**	**1.000 Hz**	**2.000 Hz**	**4.000 Hz**
Hout									
H1	Triplex	4	3,5	3	9	12	18	26	29
H2	Spaanplaat (zwaar), multiplex, meubelplaat	ca. 15	12	15	20	24	27	25	29
H3	Duims vurenhout	25	16	17	23	28	25	30	36
Steenachtige materialen									
S1	Drijfsteen, 1/2 steens, 2-zijdig stuc[1]	110	110	28	32	33	36	45	50
S2	Drijfsteen, 1/1 steens, 2-zijdig stuc[1]	200	210	31	34	37	45	52	55
S3	Kalkzandsteen, boerengrauw, e.d.: 1/2 steens, 2-zijdig stuc	120	210	31	35	40	46	55	55
S4	als S3, 1/1 steens, 2-zijdig stuc	240	420	35	38	45	52	55	55
S5	Betonstenen (licht poreus), ongestuct	100	180	25	27	25	26	30	40
S6	als S5, gestuct	120	220	32	36	38	47	54	55
Beton									
B1	Grindbeton, massief 8 cm	80	180	30	33	35	45	52	55
B2	Grindbeton, massief 15 cm	150	350	33	37	45	54	55	55
B3	Gasbeton, massief 9 cm	90	75	25	30	30	32	37	45
B4	Gasbeton, massief 15 cm	150	120	30	30	32	37	45	50
Metaal									
M1	Aluminium, vlakke plaat, dikte 4 mm	4	11	12	17	23	28	29	25
M2	Staal, vlakke plaat, dikte 1 mm	1	8	11	17	22	27	33	40
M3	Staal, vlakke plaat, dikte 3 mm	3	24	19	24	30	36	40	32
M4	Staal, geprofileerd, dikte 0,7 mm	40	7	10	16	19	21	24	26
M5	Staal, geprofileerd, dikte 1 mm	45	11	14	16	20	25	29	23

Glas									
G1	4 mm	4	10	19	23	26	30	32	28
G2	8 mm	8	20	23	26	30	32	28	38
G3	4 mm glas, 12 mm spouw, 6 mm glas	22	25	22	21	29	37	37	37
G4	6 mm glas, 12 mm spouw, 6 mm glas	24	30	23	20	31	36	31	37
G5	8 mm glas, 12 mm spouw, 5 mm glas	25	33	24	22	31	36	36	38
G6	4 mm glas, 50 mm spouw, 8 mm glas	62	30	20	30	38	43	43	44
G7	6 mm glas, 75 mm spouw, 6 mm glas	87	30	26	33	41	46	41	47
Diversen									
D1	Asbestcement, vlak[2]	6	10	19	25	31	36	39	–
D2	Asbestcement, gegolfd[2]	6,5	14	23	27	26	27	31	–
D3	Polyester dakplaten, gegolfd, licht doorlatend	3	(3)	(4)	(5)	(8)	(11)	–	–
D4	Slagvast kunststof (toepassing bijv. lichtstraten)	4,5	5	9	15	21	27	33	39
D5	Openingen (d > l/2)	–	0	0	0	0	0	0	0

[1] Dit materiaal wordt alleen nog aangetroffen in bestaande gebouwen en wordt niet me er toegepast bij nieuwbouw.
[2] Asbestcement komt nog vrij veel voor, doch mag niet meer worden toegepast in de bouw en is vervangen door een asbestvrije variant. Dit materiaal heeft vergelijkbare isolatiewaarden als asbestcement.

Tabel 6.2 Isolatiewaarden van (samengestelde) constructies

Materiaal, omschrijving		**Oppervlakte massa in kg/m²**	***Ri* per octaafband in dB**					
			125 Hz	**250 Hz**	**500 Hz**	**1.000 Hz**	**2.000 Hz**	**4.000 Hz**
Metselwerk								
MW 1	Steenachtige spouwmuur met minerale wol in spouw	400	41	46	52	59	64	64
MW 2	1/2-steens buitenspouwblad, isolatie, binnenspouwblad van gasbeton (d=100 mm, 650 kg/m³)	275	38	39	39	46	55	55
MW 3	Glazen bouwstenen (d=80 mm)	200	26	32	38	48	38	38
Gevelconstructies								
GC1	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm, 40 kg/m³), staal (d=1,0 mm)	19	18	27	37	40	42	45
GC2	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm), staal geperforeerd 11% (d= 0,7 mm)	16	13	18	29	35	37	40
GC3	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), spouw (d=90 mm) gedeeltelijk gevuld met minerale wo l	16	15	20	31	37	37	40

	(d=70 m m), staal geperforeerd 11% (d=0,7 mm)							
GC4	idem, staal gesloten	17	17	29	39	42	42	45
GC5	Aluminium geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm, 40 kg/m^3), staal (d=1,0 mm)	15	16	26	35	40	42	45
GC6	Aluminium geprofileerd (d=0,7 mm), spouw geheel gevuld met minerale wol (d=90 mm,16 kg/m^3), staal (d=1,0 mm)	13	17	27	35	39	42	45
GC7	Stijf sandwichpaneel, kern van minerale wol (d=50-85 mm, 150 kg/m^3)	20	23	22	17	33	43	> 43
GC8	Stijf sandwichpaneel, kern van PS-schuim (d=50-65 mm)	20	22	26	30	24	37	> 37
GC9	Stijf sandwichpaneel, kern van PUR-schuim (d=45-75 mm)	20	22	26	30	31	26	> 30
Dakconstructies								
DS1	Staal geprofileerd (d=0,7 mm), minerale wol (d=60 mm, 10,5 kg/m^2), dakleer 1-laags (vastgebrand)	24	21	27	34	37	44	55
DS2	Staal geprofileerd, perforatiegraad 10% (d=0,7 mm), minerale wol (d=60 mm, 10,5 kg/m 2), dakleer 1-laags (vastgebrand)	21	14	17	25	38	46	56
DS3	Houtvezelbetonplaat met 30 mm ballastgrind		28	29	40	42	47	55
DS4	Houten dakbeschot met isolatie (schuim) en 30 mm ballastgrind		21	27	27	29	34	40

Bij de bovengenoemde waarden van dakconstructies met geprofileerde beplating is uitgegaan van cannelures die op een adequate wijze zijn gedicht bij de aansluiting op wanden of gevels.

Naast de in tabel 6.1 en tabel 6.2 opgenomen isolatiewaarden van materialen en constructies kan verwezen worden naar de literatuur. In dit kader kunnen genoemd worden:

- `Herziene rekenmethode geluidswering gevels' d.d. december 1989 van het Ministerie van VROM.
- `Rekenmethode GGG 97 voor het berekenen van de geluidswering van gevels' d.d. 15 mei 1997 van IW B (Intergemeentelijke werkgroep bouwfysica van grote gemeenten).

6.3. Belangrijkste wijzigingen ten opzichte van de Handleiding meten en rekenen industrielawaai

De meet- en rekenmethode geluid industrie is gebaseerd op de Handleiding meten en rekenen industrielawaai 1999 (heruitgave 2010, uitgever Berghauser Pont Publishing, ISBN: 978-90-73875-95-1). Ten opzichte van deze Handleiding (hierna te noemen: HMRI) zijn de volgende belangrijkste wijzigingen doorgevoerd:

- Gewijzigde indeling en opzet. De meet- en rekenmethode geluid industrie kent thans een indeling waarbij in hoofdstuk 1 de methode I en II qua toepassingsgebied worden toegelicht. In hoofdstuk 2 worden voor zowel methode I als II alle meetmethoden en vaststellingsmethoden van geluidvermogens behandeld. In hoofdstuk 3 worden alle geluidoverdrachtsmethoden behandeld. Hoofdstuk 4 behandelt de bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van activiteiten gebaseerd op representatieve bedrijfssituaties (RBS) en uitzonderlijke bedrijfssituaties (UBS). Hoofdstuk 5 behandelt de bepaling van de beoordelingsgrootheden voor het geluid van industrieterrein, waarbij wordt uitgegaan van een jaargemiddelde bedrijfssituatie. Hierbij worden nieuwe beoordelingsgrootheden L_{den} en L_{night} geïntroduceerd.
- Daarnaast zijn diverse tekstuele wijzigingen doorgevoerd en zijn foutieve verwijzingen binnen de

HMRI verbeterd.
- Controle en verbeteringen op actualiteit van externe verwijzingen naar norm, wet- en regelgeving. Ook zijn alle beleidsmatige overwegingen verwijderd.
- Aanpassing van HMRI formule 4.28: $B_b = (1-r_{geb}/r_i)$ waarin ten onrechte bodemfactor B ontbrak.
- Definitie van bronhoogte voor geluidbronnen op een gebouw is verduidelijkt.
- De definitie van ri (afstand tussen broncentrum en immissiepunt) is verbeterd.
- In de HMRI was niet aangegeven hoe om te gaan met meervoudige reflecties. Hierin is nu voorzien.
- Luchtabsorptiecoëfficiënt in de 200 Hz tertsband was in de HMRI abusievelijk aangegeven als 7,6.10-3, dit is gewijzigd in 7,6.10-4.
- De beschrijvingen van f_{onder}, f_{midden} en f_{boven} zijn aangepast.
- Nuancering in de beschrijving van de bodemtypen.
- Het gebruik van ISO 1996-2:2017 bijlage J voor het bepalen van tonaliteit.
- Aanpassing het bodemeffect in situatie waarbij de bron en ontvanger zich op relatief korte afstand van elkaar bevinden ten opzichte van de bronhoogte en ontvangerhoogte.
- Verduidelijking van de begrenzing van D_{scherm} in situaties met twee of meer schermen.

6.4. Nadere toelichting hoofdstuk 2

In hoofdstuk 2 worden zowel geluidimmissie- als geluidemissiemetingen beschreven.

Stoorgeluid

Bij geluidmetingen is het voorkomen stoorgeluid of het corrigeren voor stoorgeluid altijd van groot belang. Stoorgeluid is al het geluid, dat niet van de te onderzoeken bron afkomstig is. Het geluid van de te onderzoeken bron wordt signaal genoemd. De sterkte van het stoorgeluid bepaalt mede de toe te passen methode. Stoorgeluid kan namelijk het met en op kortere afstand van de bron noodzakelijk maken. Geluid van een (deel)bron is immers alleen te bepalen als zó dicht bij de (deel)bron wordt gemeten, dat het signaal het stoorgeluid afkomstig van de andere (deel)bronnen overheerst. Als lage geluidniveaus worden gemeten (30-50 dB(A)) is ook stoorgeluid veroorzaakt door de wind van belang: direct door windruis op het microfoonkapsel, indirect door het ruisen van bomen en dergelijke. Vooral als het signaal in enkele octaafbanden is geconcentreerd, kan, hoewel dit signaal goed hoorbaar is, het geluidniveau in dB(A) toch mede bepaald worden door wind. Daarnaast kunnen geluiden van natuurlijke oorsprong in een octaafband aan zienlijke stoorniveaus opleveren (vogelgetsjilp: 4 kHz).

De bijdrage van het stoorgeluid is en blijft een onzekere factor. Daarom is het vereist de meetmethode en de meetcondities zo te kiezen, dat de invloed van het stoorgeluid minimaal is. Bij alle metingen moet het stoorgeluid kwalitatief worden beoordeeld.

Geluidemissiemeetmethode

Voor de bepaling van de geluidemissie is alleen het geluid van belang dat door de bron in de richting van het immissiepunt wordt uitgestraald. Dit wordt aangeduid met het begrip immissierelevante geluidvermogen. Waar in het vervolg in deze meet- en rekenmethode geluid industrie gesproken wordt over geluidvermogen, wordt daarmee steeds de immissierelevante geluidvermogen bedoeld. Dit geluidvermogen kan in volgorde van afnemende nauwkeurigheid worden bepaald uit:
- metingen in de betreffende situatie;
- metingen aan vergelijkbare installaties elders;
- karakteristieke gegevens van bepaalde typen installaties in combinatie met empirische formules;
- kengetallen die voor globale planologie worden gebruikt.

Hoofdstuk 2 richt zich vooral op de eerste en, in prognose-situaties, op de tweede categorie. De emissiemeetmethoden zijn in een vijftal submethoden onderverdeeld:

Geconcentreerde bronmethode

Er is sprake van een geconcentreerde bron als de afstand *R* waar op gemeten wordt, groot is ten opzichte van de grootste afmeting, d, van de bron. In de meet- en rekenmethode geluid industrie wordt als criterium aangehouden dat $R > 1{,}5\ d$. Als aan deze voorwaarde is voldaan, kan uit een meting op één positie de immissierelevante geluidvermogen in de richting van die positie worden bepaald. Fouten ten gevolge van het geometrische nabijheidsveld en het akoestische nabijheidsveld spelen bij deze methode in de praktijk geen rol van betekenis.

Als deze emissiemethode kan worden toegepast zonder dat stoorgeluiden de metingen beïnvloeden, heeft deze methode de voorkeur boven de andere emissiemeetmethoden omdat deze eenvoudig en het meest nauwkeurig is.

Aangepast meetvlakmethode

Bij deze methode worden metingen verricht op een groot aantal posities, gelegen op een omhullend meetvlak dat aangepast is aan de vorm van de geluidbron. De afstand tot de bron bedraagt een halve tot enkele meters bij geluiduitstralende objecten. Bij openingen kan tot in het vlak van de opening worden gemeten, tenzij relatief hoge luchtstroomsnelheden in de opening optreden, die de geluidmeting verstoren.

Uit de grootte van het oppervlak van het aangepaste meetvlak en de gemeten niveaus kan het geluidvermogen worden bepaald. Soms kan met behulp van aannamen op basis van het type geluidbron een indicatie over de richtingsafhankelijkheid van de geluiduitstraling worden verkregen. Het grote voordeel van deze methode is dat in een situatie waarin de bronnen dicht bij elkaar staan de afzonderlijke geluidvermogens van deelbronnen kunnen worden bepaald. Vooral bij het treffen van maatregelen zal daarom deze methode worden toegepast.

Toegepast op relatief grote installaties is deze methode veel bewerkelijker dan de rondommethode. Voor fouten ten gevolge van het geometrisch nabijheidsveld wordt voor een deel gecorrigeerd. Op een afstand van circa 1 m of meer zijn de fouten ten gevolge van het akoestische nabijheidsveld veelal verwaarloosbaar.

De mogelijke invloed van stoorgeluid is bij deze metingen tot een minimum teruggebracht doch de nauwkeurigheid wordt beperkt door de onzekerheid over de richtingskarakteristiek van de bronnen.

Rondommethode (alleen methode II)

De rondommethode heeft als kenmerk dat de geluidvermogen wordt afgeleid uit geluidniveaus die op een voorgeschreven aantal posities op een voorgeschreven meetlijn rondom de bron zijn gemeten waarbij de meetpunten relatief dicht bij de bron liggen.

Met de rondommethode kan alleen een over de horizontale richtingen gemiddelde geluidvermogen worden afgeleid.

Alleen met behulp van aannamen over de positie van de belangrijkste bronnen kan enige richtingsinformatie worden verkregen. In het algemeen zal echter geen informatie over de richtingsafhankelijkheid van de geluiduitstraling in het horizontale vlak beschikbaar komen. Het geluid dat naar boven wordt uitgestraald en dus geen bijdrage geeft tot de geluidimmissie, blijft bij deze methode buiten beschouwing.

De rondommethode is daarom geschikt voor geluidbronnen die:

- in horizontale richting veel uitgestrekter zijn dan in verticale richting;
- zelf niet gericht uitstralen of opgesteld staan in een omgeving met veel geluidreflecterende en -verstrooiende objecten.

Door de geometrie die bij de rondommethode is vereist, is het akoestische nabijheidsveld niet van belang. Het effect van het geometrische nabijheidsveld is in de methode verwerkt.

De nauwkeurigheid van de methode hangt sterk van de situatie af. Een voordeel van deze meetmethode is dat de onderlinge afscherming op het fabrieksterrein in de geluidvermogen kan worden verwerkt.

Intensiteitsmetingen (alleen methode II)

Bij deze methode wordt met behulp van een speciale intensiteitsmeetprobe de geluidintensiteit bepaald die door een omsloten oppervlak rond een geluidbron stroomt. Uit het product van intensiteit en oppervlak is het geluidvermogen van de bron te bepalen. Deze methode leent zich goed bij situaties met stoorgeluid, doch vereist bijzondere deskundigheid.

Snelheidsmetingen (alleen methode II)

Van bepaalde (delen van) constructies of machines kan het geluidvermogen afgeleid worden uit de door snelheidsmetingen (ook wel trillingmetingen genoemd) vast te stellen snelheidsniveaus, de

oppervlakte van de betreffende geluidafstralende onderdelen en de afstraalgraad. De afstraalgraad is de verhouding tussen de trillingenergie van een object en de daardoor afgestraalde geluidenergie. De mate van nauwkeurigheid is sterk afhankelijk van de betrouwbaarheid van de afstraalgraad.

Welke emissiemeetmethode ook wordt gekozen het verdient de voorkeur om een situatie met behulp van verschillende metingen vast te stellen, zodat metingen met elkaar vergeleken kunnen worden en tot een nauwkeurige analyse gekomen kan worden van de situatie.

Het zal bij vele metingen niet te voorkomen zijn dat in bepaalde frequentiebanden stoorgeluid optreedt. Als voorbeeld hiervan kunnen windturbulenties genoemd worden. In de praktijk bepalen windturbulenties in de lage frequenties nog wel eens de meetwaarde.

Omdat de keuze van het meetpunt betrekkelijk vrij is, moet er zorg voor worden gedragen dat stoorgeluidcorrecties die invloed hebben op het A-gewogen geluidniveau zo min mogelijk voorkomen. Hierbij moet ook rekening worden gehouden met de te berekenen geluidniveaus op grotere afstand. Door het effect van luchtabsorptie in het midden- en hoogfrequente gebied neemt het belang van de laagfrequente componenten op grote afstand toe.

In literatuur [L.4], [L.5] en [L.6] wordt ingegaan op specifieke aspecten bij het verrichten en analyseren van snelheidsmetingen.

6.5. Nadere toelichting hoofdstuk 3

De geluidoverdracht wordt in het algemeen door middel van berekeningen bepaald. Een overdrachtsberekening bevat elementen die altijd optreden, zoals verzwakking door geometrische uitbreiding en luchtabsorptie, en elementen die sterk van de situatie afhangen zoals bodemeffecten, afscherming, enzovoort. Bij complexe overdrachtssituaties is vooral de invloed van deze laatste elementen belangrijk maar vaak ook moeilijk te berekenen.

In een groot aantal situaties zal een voldoende nauwkeurige berekening kunnen worden uitgevoerd met het overdrachtsmodel van methode I, dat wil zeggen als de bron-ontvangerafstand klein is en geen afscherming optreedt.

Het overdrachtsmodel van methode I kan ook toegepast worden voor een eenvoudige situatie met afscherming. De rekenresultaten zijn evenwel indicatief en conservatief, en kunnen afwijken van de resultaten die met methode II gevonden zouden worden. In complexe situaties waarbij ingewikkelde en/of meervoudige afschermingen en reflecties een rol spelen, zullen de verzwakkingen met methode I niet nauwkeurig berekend kunnen worden. Het overdrachtsmodel van de specialistische methode II kan dan worden gebruikt.

De geluidniveaus berekend met het overdrachtsmodel van methode II zijn meestal nagenoeg gelijk met de geluidniveaus die volgen uit de berekeningen met het overdrachtsmodel van methode I, mits laatstgenoemde methode onder de gestelde randvoorwaarden wordt toegepast.

Methode I kan niet worden toegepast voor de vaststelling van geluid ten gevolge van industrieterreinen waar geluidproductieplafonds gelden, maar binnen de daarvoor geldende randvoorwaarden wel voor het indicatief vaststellen of een activiteit op een dergelijk industrieterrein inpasbaar is binnen het geluidproductieplafond.

De nauwkeurigheid van toepassing van de methode voor het berekenen van lage schermen wordt beperkt door reflecties in het bron- of immissiegebied. Ook voor hoog gelegen schermen en grote afstanden tussen bron en immissiepunt neemt de betrouwbaarheid van de methode zoals omschreven in paragraaf 3.2.3.4 af ten gevolge van atmosferische invloeden. Spreidingen van + 5 dB in het niveau kunnen optreden. In uiterst kritische situaties kan het gewenst zijn de resultaten te verifiëren met behulp van daarvoor meer geëigende overdrachtsrekenmodellen zoals het golffrontextrapolatiemodel. Deze modellen zijn echter niet eenvoudig toepasbaar en vragen veelal lange rekentijden en zijn niet algemeen toegankelijk.

6.6. Nadere toelichting hoofdstuk 4

Het geluid van activiteiten, niet zijnde het geluid van een industrieterrein, moet worden beoordeeld op

basis van een langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{Ar,LT}$). Het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau wordt vastgesteld op basis van een representatieve bedrijfssituatie (RBS) van een activiteit. Dit is de gangbaar maximale bedrijfssituatie van een activiteit. Alleen uitzonderlijke bedrijfssituaties die beperkt voorkomen kunnen bij de representatieve bedrijfssituatie buiten beschouwing worden gelaten. Voor de uitzonderlijke bedrijfssituaties (UBS) van een activiteit kan afzonderlijk het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau ($L_{Ar,LT}$) worden bepaald en worden getoetst aan (afwijkende) grenswaarden. Onder de Wet milieubeheer waren er onder andere incidentele bedrijfssituaties, regelmatige afwijkingen van de representatieve bedrijfssituatie en evenementen. Al deze bedrijfssituaties vallen nu onder de uitzonderlijke bedrijfssituatie (UBS).

Deze systematiek komt in belangrijke mate overeen met de HMRI. Ten opzichte van de oude HMRI is voor de bepaling van een toeslag vanwege tonaal geluid (K_1) de mogelijkheid gegeven om gebruik te maken van ISO 1996-2:2017 bijlage J. In het verleden heeft het wel of niet toepassen van de toeslag vanwege tonaal geluid voor veel discussie gezorgd. Met behulp van ISO 1996-2:2017 bijlage J kan op kwantitatieve wijze de mate van tonaliteit worden vastgesteld. Deze mate van tonaliteit wordt uitgedrukt middels de grootheid K_t. Alleen bij een K_t van 5 of meer kan de toeslag K_1 van 5 dB worden toegepast bij de bepaling van het langtijdgemiddeld beoordelingsniveau.

6.7. Nadere toelichting hoofdstuk 5

Het geluid door een industrieterrein wordt beoordeeld op basis van een jaargemiddelde geluidbelasting. Deze geluidbelasting wordt uitgedrukt in een L_{den} en een L_{night}. Voor alle activiteiten die op het industrieterrein worden uitgevoerd, behoudens enkele in paragraaf 5.2 genoemde activiteiten, moet aldus de jaargemiddelde bedrijfssituatie worden vastgesteld.

Een jaargemiddelde bedrijfssituatie kan afwijken van een representatieve bedrijfssituatie. Echter als een vergunning is verleend voor een bepaalde activiteit zonder beperkingen qua aantal dagen per jaar en/of uitsluiting van specifieke weekdagen dan is de jaargemiddelde bedrijfssituatie voor deze activiteit gelijk aan de representatieve bedrijfssituatie. Bij de vaststelling van jaargemiddelde bedrijfssituatie moeten tijdelijke verhogingen van het geluid zoals door het afblazen of affakkelen in de petrochemische industrie of andere uitzonderlijke activiteiten, worden meegenomen.

In de oude HMRI was uitdrukkelijk vermeld dat toeslagen voor bijzondere geluiden niet gebruikt moesten worden in het kader beoordeling van het geluid van gezoneerde industrieterreinen. Daarbij was opgemerkt dat bij de vergunningverlening aan bedrijven op het gezoneerde industrieterrein deze toeslag wel van toepassing was, waarbij het bevoegd gezag voor een zorgvuldige afstemming van zonering en vergunning zorg moet dragen. Dit heeft er in het verleden toe geleid dat in enkele specifieke situaties waarbij er sprake is van geluid met een tonaal karakter (bijvoorbeeld: een industrieterrein met een groot solitair transformatorstation of een industrieterrein dat bestaat uit een motorcrossterrein waar voornamelijk met tweetakt motoren wordt gereden) toch een toeslag voor tonaal geluid is toegepast bij de bepaling van het geluid door het gezoneerde industrieterrein. De reden hiervoor was dat het niet toepassen van een toeslag vanwege tonaal geluid bij tonale activiteiten tot een onderschatting zou leiden van de hinderbeleving bij bestaande en nieuwe geluidgevoelige bestemmeningen en niet in lijn zou zijn met de beoordeling van tonale activiteiten buiten een industrieterrein.

In de nieuwe systematiek is dat ongewijzigd voortgezet en wordt de mogelijkheid geboden om voor voornoemde specifieke situaties een toeslag vanwege bijzondere geluiden te hanteren bij het bepalen van het geluid van een industrieterrein. In alle overige situaties moet de toeslag vanwege van bijzondere geluiden niet worden toegepast bij het bepalen van het geluid van een industrieterrein.

6.8. Literatuurlijst

[L.1]	NEN-EN-ISO 3382-2:2008 ‘Akoestiek – Meting van de ruimte akoestische parameters – Deel 2: Nagalmtijd in gewone ruimtes’
[L.2]	ISO 8297: 1994 ‘Acoustics B Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment – Engineering method’
[L.3]	ISO 9613-1: 1993 ‘Acoustics – Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere’

[L.4]	L. Cremer, M. Heckl en E. E. Ungar, `Structure-Borne Sound', Springer Verlag 1973 Berlin, blz. 506 e.v.
[L.5]	H. F. Steenhoek, T. ten Wolde, `The reciprocal measurements of mechanical-acoustical transfer functions', Acustica 23 (1970), 301
[L.6]	K. J. Buhlert en J. Feldmann, `Ein Messverfahren zur Bestimmung von Körperschallanregung und -übertragung', Acustica 42 (1979) p. 108-113
[L.7]	Ir. M.L.S. Vercammen en ir. P.H. Heringa `Berekening afstraalgraad verschillende constructies' ICG rapport IL-HR-13-04,1989
[L.8]	Dr. Ing. A. von Meier en Dr. G.J. van Blokland, `Uitbreiding van industriegeluid in woonwijken met betrekking tot sanering industrielawaai', ICG rapport GF-HR-01-03 (1989)
[L.9]	Ir. A. Moerkerken, `Handleiding ter berekening van de geluidverzwakking in woonwijken in het kader van de sanering industrielawaai', ICG rapport GF-HR-01-05 (1989)
[L.10]	ISO 1996-2:2017 ‘Acoustics – Description and measurement of environmental noise – Part 2: Determination of sound pressure levels’

Bijlage IVi. (meet- en rekenmethode geluid windturbines)

1. Standaardmeetmethode

1.1. Principe van de meting

Het doel van de meting is het bepalen van het geluidvermogen per octaafband als functie van de windsnelheid op ashoogte. Om het jaargemiddelde geluidvermogen te bepalen moet de geluidemissie bij een uitgestrekt windsnelheidsgebied worden gemeten.

De geluidmetingen worden verricht in asrichting, benedenwinds van de turbine (referentierichting). In andere richtingen dan de referentierichting is de geluiduitstraling van windturbines doorgaans lager. Daarom wordt een (optionele) procedure geboden om een correctiefactor voor de richtwerking vast te stellen. Deze factor is relatief ten opzichte van het in referentierichting uitgestraalde geluidvermogen.

De windsnelheid op ashoogte wordt afgeleid uit het gemeten elektrisch vermogen van de turbine. Hierbij wordt gebruikgemaakt van de vermogenscurve van de turbine. Deze curve geeft de relatie tussen de windsnelheid op ashoogte en het opgewekte elektrische vermogen. Deze methode is nauwkeuriger dan het extrapoleren van de windsnelheid, gemeten op relatief lage hoogte (bijvoorbeeld 10 m).

De geluidmetingen worden verricht op betrekkelijk korte afstand van de turbine. Om verstoring met stromingsgeluid rond de microfoon en variërende bodemeffecten te voorkomen wordt de microfoon op een vlakke reflecterende plaat bevestigd, zodat er bij elke frequentie sprake is van drukverdubbeling en dus 6 dB toename van het geluidniveau.

De resultaten van de geluidmetingen worden aangevuld met meteorologische data en met gegevens die door de exploitant van de turbine moeten worden geleverd, zoals het opgewekte elektrische vermogen en de oriëntatie van de as van de turbine ten opzichte van de heersende windrichting.

1.2. Apparatuur

Bij de geluidmetingen wordt de volgende apparatuur gebruikt:

a) Een rondomgevoelige microfoon met een diameter van ten hoogste 1,27cm.
b) Een instrument waarmee de A-weging kan worden uitgevoerd.
c) Een integrerende octaafbandanalysator.
d) Een akoestische ijkbron, die geschikt is voor het gebruikte type microfoon.
e) Een ronde geluidreflecterende plaat met een diameter van minstens 1 m, vervaardigd van akoestisch hard materiaal; bijvoorbeeld 12 mm multiplex.
f) Een voorziening om windgeruis te onderdrukken zonder daarbij het resultaat te beïnvloeden; bijvoorbeeld de helft van een akoestische windbol.

De functionaliteit van de onder b) en c) genoemde instrumenten is meestal samengevoegd in één apparaat. De meetketen moet voldoen aan de relevante specificaties voor klasse 1 apparatuur van de NEN-EN-IEC 61672-1 en de octaafbandfilters aan NEN-EN-IEC 61260-1. De akoestische ijkbron voldoet aan de norm voor klasse 1 apparatuur conform NEN-EN-IEC 60942. De specificaties van de instrumentatie moeten minstens iedere twee jaar worden gecontroleerd.
De meteorologische toestand wordt als volgt geregistreerd:

g) Windsnelheid met een nauwkeurigheid van 0,2 m/s bij windsnelheden van 1 tot 15 m/s.
h) Windrichting met een nauwkeurigheid van 6°.
i) Luchtdruk met een nauwkeurigheid van 1 kPa.
j) Temperatuur met een nauwkeurigheid van 1°C.

1.3. Meetprocedure

1.3.1. Geluidmetingen

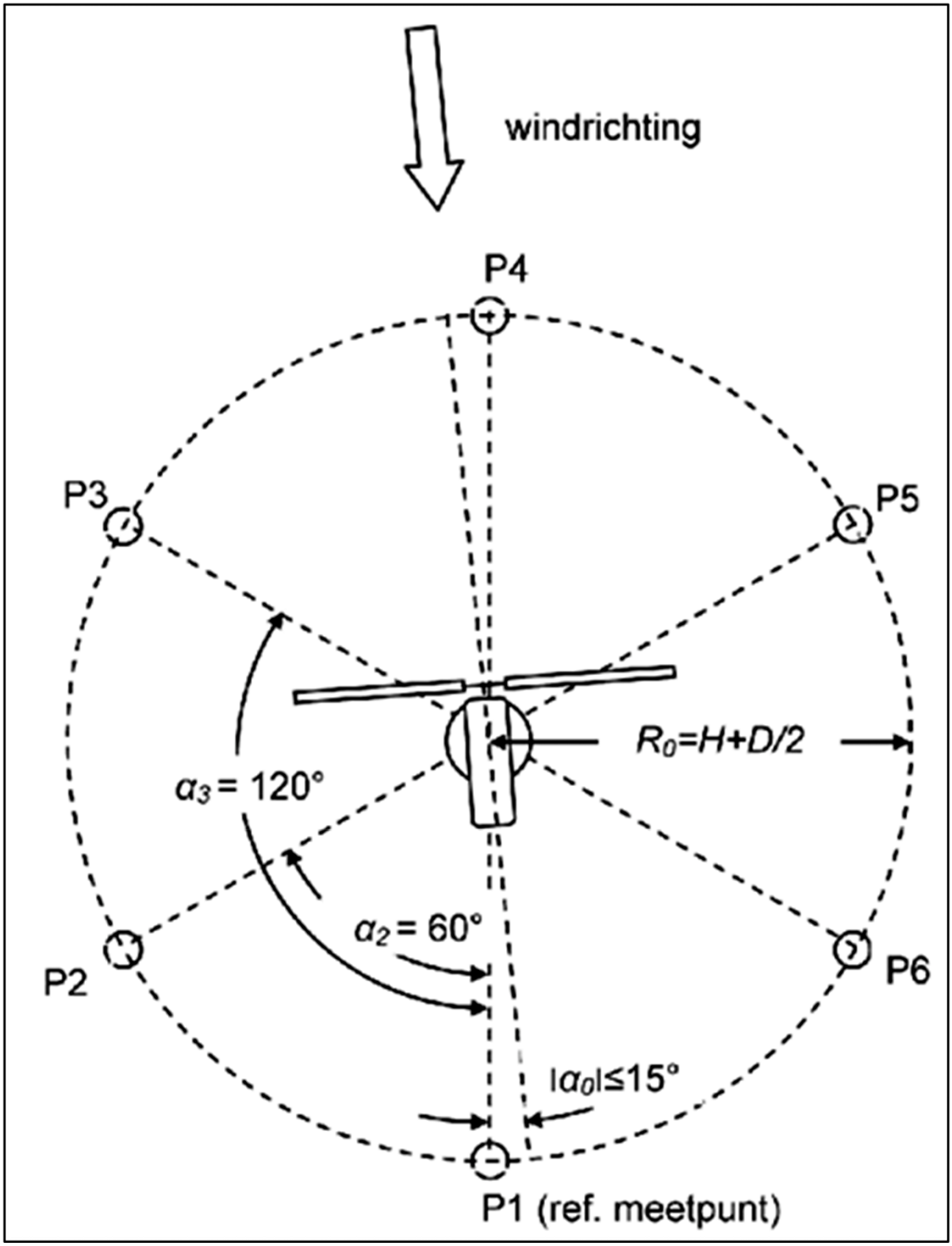
Meetposities en meetopstelling

Het geluidniveau van de turbine wordt op één verplichte positie en optioneel op 6 posities bepaald. De optionele meetpunten zijn gelijkmatig verdeeld over een cirkel met straal R_0, zoals weergegeven in figuur 1.1 en 1.2. Hierbij stelt R_0 de horizontale afstand voor tussen het meetpunt en de verticale hartlijn van de turbinemast. Deze afstand is circa:

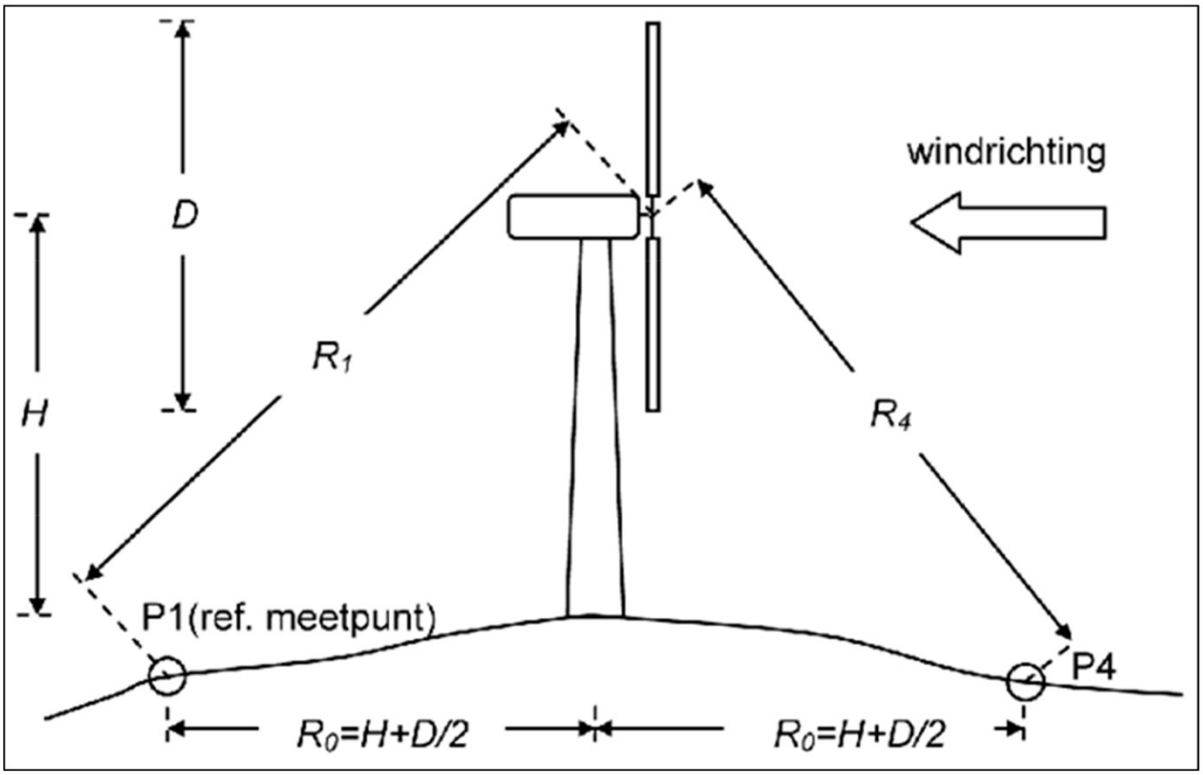
$$R_0 = H + D/2 \qquad (1.1)$$

waarbij wordt verstaan onder:
H: de verticale afstand tussen het maaiveld en de ashoogte;
D: de diameter van de rotor.

Het verplichte referentiemeetpunt P1 bevindt zich benedenwinds van de windturbine en wordt gebruikt bij het bepalen van het geluidvermogen van de turbine. De meetpunten P2 t/m P6 worden gebruikt bij de vaststelling van de correctiefactor voor de richtwerking van de turbine (optioneel). Tijdens de metingen moet de as van de rotor parallel zijn met de op ashoogte heersende windrichting. Verder mag de richting van de as P1-P4 niet meer dan ±15° afwijken van de heersende windrichting.



Figuur 1.1 bovenaanzicht van de geluidmeetposities

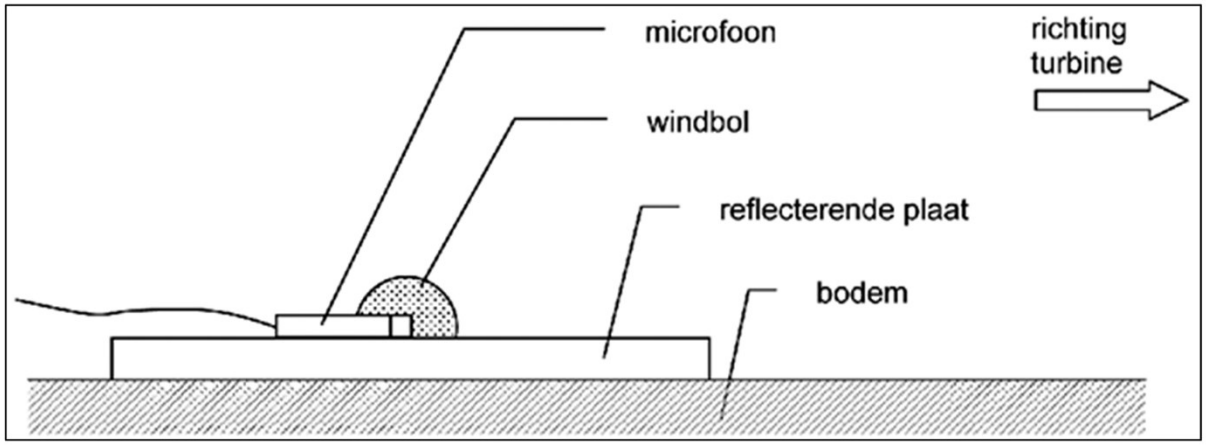


Figuur 1.2 schematische weergave meetposities P1 (benedenwinds) en P4 (bovenwinds)

Doordat het middelpunt van de rotor niet samenvalt met het middelpunt van de mast zullen R_1 en R_4 (in geringe mate) verschillen.

De directe omgeving van de meetpositie en het gebied tussen de microfoon en de windturbine moet vrij zijn van obstakels die van invloed zijn op het resultaat.

Bij de metingen is de microfoon op de reflecterende plaat bevestigd met de hartlijn van de microfoon gericht op de windturbine, zoals aangegeven in figuur 1.3. Hierbij sluit de reflecterende plaat goed aan op de bodem.



Figuur 1.3 weergave van de meetopstelling

Meetcondities
Bij dichte mist of neerslag mag niet worden gemeten.

Voor en na iedere serie metingen moet het meetsysteem worden gekalibreerd met een akoestische ijkbron. Bij langdurige metingen moet het meetsysteem ook tussentijds worden gekalibreerd. Als de kalibratiewaarden meer dan 0,5 dB afwijken van de initiële waarden zijn de meetresultaten niet geldig.

Periodes waarin sprake is van stoorgeluid met een discontinu karakter (zoals incidentele voertuigpassages, vogels, vliegtuigen) worden niet meegenomen in de analyse. Wanneer er sprake is van stoorgeluid van continue aard (zoals windgeruis) wordt hiervoor gecorrigeerd.

Metingen voor het bepalen van het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen
De metingen voor het bepalen van het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen van de windturbine worden uitgevoerd op meetpunt P1. Bij de metingen worden de equivalente A-gewogen octaafbandspectra met middenfrequenties van 31,5 tot 8.000 Hz vastgesteld over periodes met een duur van ten minste 1,0 minuut.

De metingen moeten worden uitgevoerd bij windsnelheden op ashoogte (V_H) die variëren tussen V_{ci} tot 95% van V_{rated},
waarbij wordt verstaan onder:

V_{ci}	laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is (cut in snelheid);
V_{rated}	windsnelheid, waarbij de turbine juist het nominale vermogen levert.

Bij iedere hele waarde van de windsnelheid V_H moeten binnen een bandbreedte van 1 m/s minstens drie metingen worden verricht. De totale meetset bedraagt ten minste 30 metingen van ten minste 1,0 minuut.

Om voldoende gegevens te verkrijgen bij alle relevante windsnelheidscondities kan het noodzakelijk zijn om meerdere meetsessies te organiseren. Bij controlemetingen voor handhaving kan het meetprogramma echter worden ingeperkt, zie paragraaf 1.6.

Rondommetingen voor het bepalen van de richtingsindex (optioneel)
Ter bepaling van de richtingsindex van de windturbine worden simultaan metingen verricht op de meetpunten P1 tot en met P6. Volstaan wordt met het bepalen van het equivalente totale A-gewogen geluidniveau van de windturbine. De meetserie bestaat uit ten minste 10 metingen per positie met een duur van ieder ten minste 1,0 minuut. De windsnelheid op ashoogte ligt tijdens de metingen tussen 0,75V_{rated} en 0,95 V_{rated}.

Geluidmetingen ter bepaling van stoorgeluid
De stoorgeluidcorrectie geschiedt op basis van metingen van het achtergrondgeluid bij uitgeschakelde windturbine. Tijdens de achtergrondmetingen moeten geluidmeetpositie, meetopstelling en omstandigheden overeenkomen met de situatie bij ingeschakelde turbine. Het bereik van de te bemeten windsnelheden moet overeenstemmen met de windtoestand op die hoogte bij ingeschakelde turbine.

1.3.2. Windsnelheid op ashoogte

De windsnelheid op ashoogte wordt afgeleid van het opgewekte elektrisch vermogen en de vermogenscurve van de installatie. De vermogenscurve moet zijn vastgesteld volgens een gangbare en controleerbare richtlijn. De periodes waarover het gemiddelde vermogen wordt vastgesteld, hebben een duur van 1,0 minuut en vallen samen met die van de geluidmetingen.

Bij sommige windturbines kan de geluidemissie softwarematig worden gestuurd door het verlagen van het rotortoerental (geluidmodus). Het rendement is dan wel lager dan bij het toerental dat voor energieopwekking het meest optimaal is. Voor een geluidmodus geldt daardoor een afwijkende vermogenscurve. Vanzelfsprekend moet de te hanteren vermogenscurve betrekking hebben op de modus die tijdens de metingen is ingesteld.

1.3.3. Windsnelheid voor achtergrondgeluidcorrectie

Voor het bepalen van de correctie voor stoorgeluid wordt de windsnelheid (V_A) gemeten op een afstand van 2D bovenwinds van de turbine, zowel bij ingeschakelde als bij uitgeschakelde turbine. Hierbij wordt een hoogte aangehouden van 5 tot 10 m boven het plaatselijke maaiveld. De periodes waarover de gemiddelde windsnelheid wordt bepaald, komen overeen met die van de geluidmetingen.

1.3.4. Windrichting, temperatuur en luchtdruk

Informatie over de windrichting op ashoogte, de oriëntatie van de rotoras ten opzichte van de wind, temperatuur en luchtdruk kan worden overgenomen van het informatiesysteem van de turbine. Als alternatief kunnen de metingen worden uitgevoerd op de in paragraaf 1.3.3 aangegeven positie.

1.4. Verwerking van de meetgegevens

1.4.1. Correctie windsnelheid op ashoogte

In het algemeen is de vermogenscurve genormeerd op standaard atmosferische omstandigheden (veelal p_{ref} = 101,3 kPa en T_{ref} = 288°K). Bij grote afwijkingen ten opzichte van de standaardcondities worden de met behulp van de vermogenscurveafgeleide windsnelheden gecorrigeerd voor de energie-inhoud van de heersende wind volgens de formule:

$$V_H = V_D \left(\frac{p_{ref} T}{p T_{ref}}\right)^{\frac{1}{3}} \quad (1.2)$$

waarbij wordt verstaan onder:

V_H	gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte in m/s;
V_D	windsnelheid, afgeleid van de power curve in m/s;
p_{ref}	referentie luchtdruk;
T_{ref}	referentie luchttemperatuur;
p	luchtdruk in kPa;
T	luchttemperatuur in K.

1.4.2. Correctie voor stoorgeluid

Het niveau van het stoorgeluid L_{stoor} wordt berekend op basis van achtergrondmetingen op het betreffende geluidmeetpunt bij uitgeschakelde turbine. Hiertoe worden de geluidniveaus op P1 (of P1-P6) uitgezet tegen de windsnelheid, gemeten op de in paragraaf 1.3.3 aangegeven positie. Vervolgens worden de coëfficiënten bepaald van het tweedegraads polynoom dat zo goed mogelijk aansluit bij de meetwaarden.

$$L_{stoor}(V_A) = a_0 + a_1 V_A + a_2 {V_A}^2 \quad (1.3)$$

waarbij wordt verstaan onder:

V_A	windsnelheid op 5 tot 10 m hoogte boven het maaiveld, gemeten op een afstand van *2D* bovenwinds van de turbine

De 1-minuutgemiddelde geluidniveaus, gemeten bij ingeschakelde turbine worden vervolgens gecorrigeerd voor stoorgeluid volgens de formule:

$$L_{eq} = 10lg \left[10^{\frac{L_{eq*}}{10}} - 10^{\frac{L_{stoor}}{10}}\right] \quad (1.4)$$

waarbij wordt verstaan onder:

L_{eq}	geluidniveau van de turbine;
$L_{eq}{}^{*}$	geluidniveau van de windturbine inclusief stoorgeluid;
L_{stoor}	niveau van het stoorgeluid, berekend met de op dat moment heersende windsnelheid (V_A) volgens formule 1.3.

Bij het bepalen van de geluidvermogens geschiedt stoorgeluidcorrectie met formule 1.3 en 1.4 per octaafband. Bij het bepalen van de correctiefactor voor de richtwerking kan worden volstaan met correctie van totale A-gewogen niveaus. Het stoorgeluidniveau L_{stoor} wordt beperkt tot een waarde die ten minste 3,0 dB onder het niveau bij ingeschakelde turbine ligt.

1.4.3. Bepalen windsnelheidsafhankelijk geluidvermogen

De op P1 gemeten octaafbandniveaus bij ingeschakelde turbine worden uitgezet tegen de windsnelheid op ashoogte. Vervolgens wordt per octaafband de best passende derdegraads polynoom berekend van de relatie tussen het geluidniveau in de betreffende octaafband en de gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte V_H:

$$L_{eq,i}(V_H) = b_{0,i} + b_{1,i}V_H + b_{2,i}V_H^2 + b_{3,i}V_H^3 \quad (1.5)$$

waarbij wordt verstaan onder:

i	1,2...9 (octaafband 31,5 Hz, 63 Hz ... 8.000 Hz)

Hieruit worden vervolgens bij iedere hele waarde van de windsnelheid in m/s op ashoogte in het bereik van V_{ci} tot en met V_{rated} de equivalente octaafbandniveaus $L_{eq,i,j}$ berekend.

Het geluidvermogen per octaafband wordt vervolgens berekend volgens de formule:

$$L_{W,i,j} = L_{eq,i,j} - 6 + 10\,lg(4\,\pi R_1^2) = L_{eq,i,j} + 5 + 20lgR_1 \quad (1.6)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$L_{W,i,i}$	geluidvermogen per octaafband *i* en per windsnelheidsklasse *j*
R_1	afstand tussen meetpunt P1 en het middelpunt van de rotor, zoals aangegeven in figuur 1.
j	integer, gelijk aan de windsnelheid in m/s vanaf V_{ci} tot en met V_{rated}
6	correctie voor drukverdubbeling als gevolg van meting op reflecterende plaat

1.4.4. Bepalen van de correctiefactor voor de richtwerking (optioneel)

Voor iedere meetwaarde op meetpunt *k* (*k* = 1,2,...6) wordt het verschil bepaald met het niveau dat simultaan is geregistreerd op referentiepositie P1. Hierbij wordt als volgt rekening gehouden met het verschil in afstand tot het middelpunt van de rotor:

$$\Delta L_k = L_{Aeq,k} - L_{Aeq,1} + 20lg\left[\frac{R_k}{R_1}\right] \quad (1.7)$$

waarbij wordt verstaan onder:

ΔL_k	richtingsindex in dB op meetpunt *k*, relatief ten opzichte van het referentiemeetpunt
$L_{Aeq,k}$	gemeten equivalente geluidniveau in dB(A) op meetpunt met index *k*
R_k	afstand van meetpunt met index *k* tot het middelpunt van de rotor
k	1,2...6

Vervolgens wordt de correctiefactor voor de richtwerking berekend volgens de formule:

$$\Delta L = \frac{1}{6}\sum_{k=1}^{6}\Delta L_k \quad (1.8)$$

Deze correctiefactor is relatief ten opzichte ten opzichte van het in referentierichting uitgestraalde geluidvermogen en neemt doorgaans een negatieve waarde aan.

1.5. Geluidvermogen bij windsnelheden hoger dan V_{rated}

De vaststelling van de windsnelheid op ashoogte op basis van de vermogenscurve geeft betrouwbare

resultaten tot aan de windsnelheid V_{rated} waarbij de turbine het nominale vermogen (P_{rated}) levert. Als het windaanbod hoger is dan het nominale vermogen van de windturbine wordt de overtollige windenergie niet benut voor de opwekking van elektriciteit. De vermogenscurvemethode is daarom voor waarden boven P_{rated} niet direct bruikbaar en dientengevolge hoeven voor windsnelheden die uitstijgen boven V_{rated} geen metingen te worden verricht. Voor de berekening van het jaargemiddelde geluidvermogen is de informatie bij hoge windsnelheden echter wel nodig.

Vrijwel alle moderne turbines beschikken over een zogenaamde *pitch* regeling. Hierbij wordt het aandrijfvermogen boven het nominale vermogen gereduceerd door verkleining van de invalshoek van de rotorbladen. Bij dergelijke turbines is het geluidvermogen boven P_{rated} nagenoeg onafhankelijk van de windsnelheid. Daarom wordt voor dergelijke windturbines uitgegaan van:

$$L_{W,i,j} = L_{W,i,V_{rated}} \quad (1.9)$$

bij $V_{rated} < j \leq V_{co}$

Hierbij stelt V_{co} de hoogste windsnelheid voor, waarbij de turbine in bedrijf is (cut out snelheid).

Bij een beperkte groep windturbines wordt het elektrisch vermogen boven P_{rated} passief gereduceerd, doordat de rotorbladen in overtrektoestand geraken (*stall* regeling). Bij *stall* geregelde turbines neemt de geluidemissie boven P_{rated} in de regel sterk toe met de windsnelheid. Voor dit type windturbines mag worden uitgegaan van formule 1.9 als de windsnelheid op ashoogte niet meer dan 10% van de tijd hoger is dan V_{rated}. Als niet aan deze voorwaarde wordt voldaan, moet een specialistische meet- of rekenmethode worden gehanteerd voor het bepalen van het geluidvermogen in het betreffende windsnelheidsgebied.

1.6. Handhaving

Handhaving met metingen op geluidgevoelige gebouwen is door de invloed van stoorgeluid en problemen met representativiteit niet goed mogelijk. Daarom worden handhavingsmetingen toegespitst op controle van het geluidvermogen.

Het bepalen van het geluidvermogen bij alle voorkomende windsnelheden kan tijdrovend zijn en is in het algemeen niet nodig. Daarom kan – ter beoordeling van het bevoegd gezag – worden volstaan met steekproefsgewijze controle van het geluidvermogen. De uitvoering en uitwerking hiervan vindt plaats volgens de methode die in voorgaande paragrafen is beschreven, met uitzondering van het volgende:

- Bij de te onderzoeken hele waarde van de windsnelheid op ashoogte (index *j*) worden binnen een bandbreedte van 1 m/s minstens *zes* metingen verricht met een duur van ten minste 1,0 minuut per meting.
- De *totale A-gewogen niveaus* worden beschouwd in plaats van octaafbandniveaus.
- Op de gemeten totale A-gewogen niveaus wordt *lineaire regressie* uitgevoerd, waarna het geluidvermogen bij de hele waarde van de windsnelheid op ashoogte (index *j*) wordt berekend.

Bij het bepalen van de windsnelheid op ashoogte wordt in principe uitgegaan van door de exploitant aan te leveren productiegegevens. De gegevens kunnen in veel gevallen extern worden getoetst door registratie van het rotortoerental.

2. Standaardrekenmethode

2.1. Principe van de berekening

Het geluid wordt uitgedrukt in geluidbelasting L_{den} en L_{night}.

In algemene zin wordt het equivalente geluidniveau $L_{Aeq,T}$ in dB(A) over een tijdvak T van t_1 tot t_2 bepaald volgens de formule:

$$L_{A,eq,T} = 10log(\frac{1}{T}\int_{t1}^{t2}\left(\frac{p_{A,t}}{p_0}\right)^2 dt$$

waarbij wordt verstaan onder:

T = $t_2 - t_1$

$p_{A(t)}$	= de A-gewogen momentane geluiddruk
p	= referentiedruk van 20 µPa

Het equivalente geluidniveau L_{eq} van een windturbine wordt berekend als de som van de jaargemiddelde geluidemissie L_E, de geluidoverdracht van de bron naar het beoordelingspunt bij gestandaardiseerde (gunstige) omstandigheden ΣD en de meteocorrectieterm C_{meteo}. De berekening wordt uitgesplitst per dag-, avond- en nachtperiode.

De emissieterm wordt bepaald uit de convolutie van het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen en de langjaargemiddelde lokale windsnelheidsverdeling op ashoogte. Als de bron niet kan worden gekenmerkt door een zuivere monopool en dus niet in alle richtingen gelijkmatig uitstraalt, kan de richtingsindex worden meegewogen.

De geluidoverdracht bij gestandaardiseerde omstandigheden wordt getypeerd door een positieve verticale geluidsnelheidsgradiënt. Dit betekent wind in de richting van het beoordelingspunt en een geringe invloed van de temperatuursgradiënt. De methode om de overdracht te berekenen is integraal overgenomen uit bijlage IVh (methode II.8). Deze methode wordt veelvuldig gebruikt bij andere geluidbronnen van industriële aard en behoeft om die reden geen nadere toelichting.

Met de meteocorrectieterm wordt het verschil tussen de gestandaardiseerde en de gemiddelde overdrachtssituatie in rekening gebracht. De hier gebruikte term wijkt, zoals al aangegeven, af van de in de HMRI-1999 gedefinieerde term als gevolg van het meenemen van de windrichtingstatistiek. De correctieterm is daarom afhankelijk van de richting van de ontvanger ten opzichte van de bron.

2.2. Beschrijving van de bron

De geluiduitstraling van een windturbine kan worden gemodelleerd met één puntbron, als de horizontale afstand tussen de hartlijn van de mast en het immissiepunt ten minste gelijk is aan de ashoogte, vermeerderd met de helft van de rotordiameter, ofwel

$r_{HOR} \geq H + {}^{D}/_{2}$.

waarbij wordt verstaan onder:

H	ashoogte
D	rotordiameter

De hoogte van de puntbron h_b ten opzichte van het maaiveld ter plaatse komt daarbij overeen met de hoogte van de rotoras:

$h_b = H$

2.3. De basisformules

De geluidbelasting van windturbines wordt uitgedrukt in de dosismaat L_{den}. Deze maat geeft de jaargemiddelde geluidbelasting weer, waarbij de avond- en nachtperiodes zwaarder wegen dan de dagperiode. De berekening van L_{den} en L_{night} gaat volgens de formule:

$$L_{den} = 10lg\left(\frac{12}{24}\,10^{\frac{L_{dag}}{10}} + \frac{4}{24}\,10^{\frac{L_{avond}+5}{10}} + \frac{8}{24}\,10^{\frac{L_{nacht}+10}{10}}\right) \qquad (2.1)$$

Hierbij representeren L_{dag}, L_{avond} en L_{nacht} de equivalente A-gewogen geluidniveaus L_{eq} per dag-, avond- en nachtperiode. De beoordelingsperioden zijn als volgt gedefinieerd:

dag	07:00–19:00 uur;
avond	19:00–23:00 uur;
nacht	23:00–07:00 uur.

Het jaargemiddelde equivalente A-gewogen niveau L_{eq} per beoordelingsperiode wordt berekend volgens de formule:

$$L_{A,eq} = 10\ lg\left(\sum_{i=1}^{9}\sum_{n=1}^{N} 10^{\frac{L_{eq,i,n}}{10}}\right) \quad (2.2)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$L_{eq,i,n}$	bijdrage aan het equivalente niveau van één octaaf (index *i*) van één windturbine (index *n*) per beoordelingsperiode
i	1,2...9 (octaafband 31,5 Hz, 63 Hz ... 8.000 Hz)
n	*1,2,...N* (*N* is het aantal windturbines)

$L_{eq,i,n}$ wordt berekend uit het jaargemiddelde geluidvermogen van de windturbine, verminderd met de gemiddelde geluidoverdracht naar het immissiepunt. Berekend wordt het invallend geluid. De berekening gaat per octaafband, per beoordelingsperiode en per windturbine volgens de formule:

$$L_{eq,i,n} = L_E - D_{geo} - D_{lucht} - D_{refl} - D_{scherm} - D_{veg} - D_{terrein} - D_{bodem} - C_{meteo} \quad (2.3)$$

waarbij wordt verstaan onder:

L_E	jaargemiddeld geluidvermogen van de turbine in octaafband *i* in de betreffende beoordelingsperiode
D_{geo}	afname van het geluidniveau door geometrische uitbreiding
D_{lucht}	afname van het geluidniveau door absorptie in lucht
D_{refl}	afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief)
D_{scherm}	afname ten gevolge van afscherming door akoestisch goed isolerende obstakels (dijken, wallen, gebouwen)
D_{veg}	afname vanwege geluidverstrooiing aan en absorptie door vegetatie
$D_{terrein}$	afname door verstrooiing en absorptie door installaties op het industrieterrein voor zover deze niet in de overige termen is begrepen
D_{bodem}	afname ten gevolge van reflectie tegen, verstrooiing aan en absorptie door bodem (deze term kan ook negatief zijn)
C_{meteo}	term die het verschil in rekening brengt tussen de gestandaardiseerde geluidoverdracht (meewind) en de gemiddelde meteorologische situatie

In de navolgende paragrafen wordt op de verschillende termen nader ingegaan.

2.4. De emissieterm L_E

2.4.1. De berekening

De emissieterm L_E representeert het jaargemiddelde geluidvermogen per octaafband dat door de turbine wordt uitgestraald. Het wordt berekend uit het windsnelheidsafhankelijke geluidvermogen van de installatie, de lokale langjaargemiddelde windsnelheidsverdeling op ashoogte en de correctiefactor voor de richtwerking. De berekeningen worden uitgesplitst per dag-, avond- en nachtperiode. De emissieterm wordt berekend volgens de formule:

$$L_E = 10lg\left(\sum_{j=V_{ci}}^{V_{co}} \left(\frac{U_j}{100} 10^{L_{w,i,j}/10}\right)\right) + \Delta L \quad (2.4)$$

waarbij wordt verstaan onder:

$L_{w,i,j}$	bronsterkte per octaafband *i* en per windsnelheidsklasse *j* in dB(A)

ΔL	correctiefactor voor de richtwerking van windturbines in dB
U_j	frequentie van voorkomen van windsnelheidsklasse j op ashoogte per beoordelingsperiode in procenten
j	windsnelheden in hele getallen op ashoogte in m/s, gelegen tussen V_{ci} en V_{co}
V_{ci}	laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is (ci = cut in)
V_{co}	hoogste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is (co = cut out)

2.4.2. Bepalen van de bronsterkte

De broneigenschappen $L_{W,i,j}$ en ΔL volgen uit de in hoofdstuk 2 beschreven of een daaraan gelijkwaardige procedure. Als geen richtingsinformatie beschikbaar is, geldt ΔL= 0 dB. In dat geval wordt het jaargemiddelde geluidvermogen van de turbine mogelijk in enige mate overschat, wat vanuit milieuhygiënisch oogpunt acceptabel wordt geacht.

2.4.3. Bepalen windsnelheidsverdeling

De windsnelheidsverdeling voor de dag-, avond- en nachtperiode is in tabellen beschikbaar op vaste roosterpunten in Nederland. De gegevens zijn afkomstig van het KNMI en zijn gebaseerd op langjarige windstatistiek van 2004 tot en met 2013.

De windverdelingen zijn beschikbaar in tabellen, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen de dag- (07–19 uur), avond- (19–23 uur) en nachtperiode (23–07 uur). De informatie heeft de vorm van frequentieverdelingen, waarbij per klasse wordt aangegeven hoe groot de waarschijnlijkheid van die klasse in de betreffende beoordelingsperiode is. De getalswaarden zijn gegeven in procenten, afgerond op twee decimalen. De windverdelingen zijn opgedeeld in 25 klassen. De middenwaarden van de klassen komen overeen met hele waarden van de windsnelheid. De klassenbreedte bedraagt 1 m/s.

Door het KNMI geleverde data is weergegeven in tabellen op vaste gridpunten. De gridpunten liggen op een equidistant en orthogonaal rooster. De afstand tussen de gridpunten is 2.5 km in beide richtingen. De coördinaten in het horizontale vlak zijn gedefinieerd volgens het Amersfoortse coördinatenstelsel (RDnew). Per roosterpunt zijn de histogrammen beschikbaar voor 14 hoogtes (10, 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 220, 240, 260). De hoogte (z in meters) is relatief ten opzichte van de gemiddelde maaiveldhoogte. Indien de voet van de turbinemast uitsteekt boven het omringende terrein, dient dit te worden verdisconteerd in de ashoogte z.

2.4.4. Bijzondere situaties

Bij bepaalde typen windturbines kan de emissieterm worden beïnvloed door het tijdelijk programmeren van een zogenaamde geluidmodus. Hierbij wordt het rotortoerental actief lager ingesteld, wat resulteert in een lagere geluidemissie. In dat geval bestaan er dus meerdere relaties tussen het geluidvermogen en de windsnelheid op ashoogte. Dan wordt de geluidemissieterm berekend door energetische sommatie over alle voorkomende bedrijfsmodi, waarbij U_j naar rato over de bedrijfsmodi wordt verdeeld.

Een andere wijze van beperken van de geluidemissie is het tijdelijk stop zetten van de turbine, bijvoorbeeld bij harde wind tijdens de geluidgevoelige nachtelijke periode. In die situatie wordt U_j gebaseerd op de gemaximeerde tijdsduur waarbij de turbine bij die windsnelheid in bedrijf is.

2.5. De geometrische uitbreidingsterm D_{geo}

In de overdrachtsberekening wordt uitgegaan van uitbreiding over een hele bol volgens de formule:

$$D_{geo} = 10 \lg(4\pi r_i^2) = 20 \lg r_i + 11 \qquad (2.5)$$

waarbij wordt verstaan onder:

r_i	afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt

2.6. De luchtdemping D_{lucht}

De luchtabsorptie wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{lucht} = a_{lu}(f) * r_i \qquad (2.6)$$

De waarden voor de luchtabsorptiecoëfficiënt a_{lu} zijn vermeld in tabel 2.1.

Tabel 2.1 De luchtabsorptiecoëfficiënt in dB/m in octaafbandwaarden (ISO 9613-1: 1993, bij een temperatuur van 10°C en een relatieve vochtigheid van 80%)

middenfrequentie octaafbanden [Hz]	**31,5**	**63**	**125**	**250**	**500**	**1.000**	**2.000**	**4.000**	**8.000**
a_{lu} [dB/m]	2.10^{-5}	7.10^{-5}	$2,5.10^{-4}$	$7,6.10^{-4}$	$1,6.10^{-3}$	$2,9.10^{-3}$	$6,2.10^{-3}$	$1,9.10^{-2}$	$6,7.10^{-2}$

2.7. De term D_{refl}

Als er geen reflecterende objecten zijn, geldt: $D_{refl} = 0$ dB.

Als er wel reflecterende objecten zijn, worden hieraan de volgende eisen gesteld om in de berekening als reflecterend object te worden aangemerkt:

a) het reflecterend object heeft dwars op het geluidpad afmetingen die groter zijn dan de betreffende golflengte van het geluid; en
b) het object wordt vanuit de bron en/of vanuit het immissiepunt gezien onder een hoek van ten minste 5° in het horizontale vlak; en
c) de hoogte van het object moet groter zijn dan:

$$h_b + r_{br}/16 \text{ of } h_o + r_{or}/16 \qquad (2.7)$$

waarbij wordt verstaan onder:

r_{br}	afstand van de bron tot het reflecterend object
r_{or}	afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object
h_o	ontvangerhoogte
h_b	bronhoogte

d) het object heeft een min of meer vlakke en geluidreflecterende wand. Bomenrijen en open procesinstallaties worden zo buitengesloten; en
e) het geluid kan via een reflectie (zoals bij een optische spiegeling) het immissiepunt bereiken (zie figuren 2.1 en 2.2).

Bronsterkte van de spiegelbron

De reflectie wordt in rekening gebracht door een spiegelbron te veronderstellen. Als de overdrachtsomstandigheden voor bron en spiegelbron weinig verschillen, dan wordt geen aparte spiegelbron in rekening gebracht, en is:

$$D_{refl} = 10\lg(1 + \rho) \qquad (2.8)$$

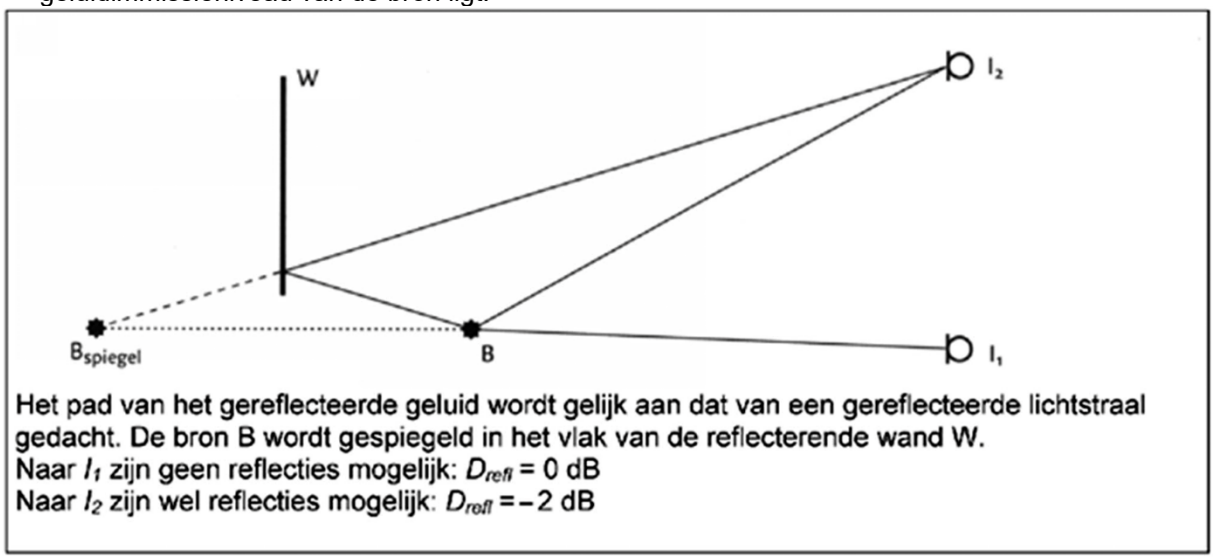
Enkele waarden voor ρ, de reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie, worden gegeven in tabel 2.2.

Blijkt dat de geluidbijdrage via de reflectie sterk verschilt van de bijdrage via de directe weg, bijvoorbeeld door aanwezigheid van een afscherming (figuur 2.3), dan wordt deze spiegelbron als een aparte bron berekend en is $D_{refl} = 0$ dB. Voor de bronsterkte van de spiegelbron geldt:(

$$L_{W,i,m})_{spiegel} = L_{W,i.m} + 10\lg(\rho) \qquad (2.9)$$

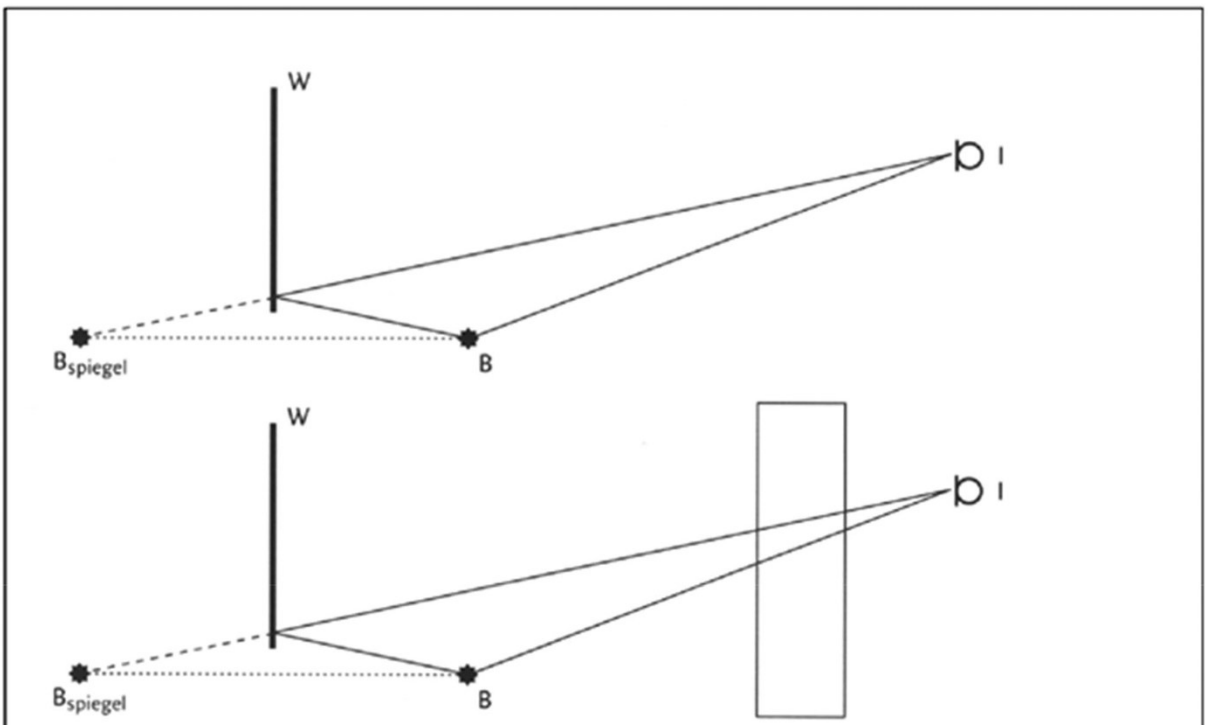
Opmerkingen:

- reflecties tegen de bodem worden door toepassing van D_{bodem} in rekening gebracht;
- spiegelbronnen mogen worden verwaarloosd als hun bijdrage meer dan 7 dB onder het geluidimmissieniveau van de bron ligt.



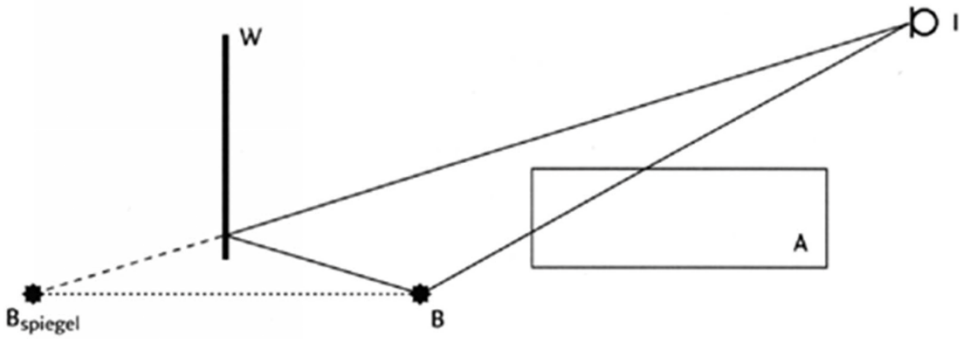
Het pad van het gereflecteerde geluid wordt gelijk aan dat van een gereflecteerde lichtstraal gedacht. De bron B wordt gespiegeld in het vlak van de reflecterende wand W.
Naar I_1 zijn geen reflecties mogelijk: $D_{refl} = 0$ dB
Naar I_2 zijn wel reflecties mogelijk: $D_{refl} = -2$ dB

Figuur 2.1 Toelichting op optische spiegeling



In beide gevallen zijn het directe geluidspad en het pad langs de reflecterende straal van gelijke grootteorde en zijn de overdrachtsomstandigheden niet sterk verschillend. Er kan met één bron gerekend worden, waarbij $D_{refl} = -2$ dB.

Figuur 2.2 Geen spiegelbron, $D_{refl} = -2$ dB

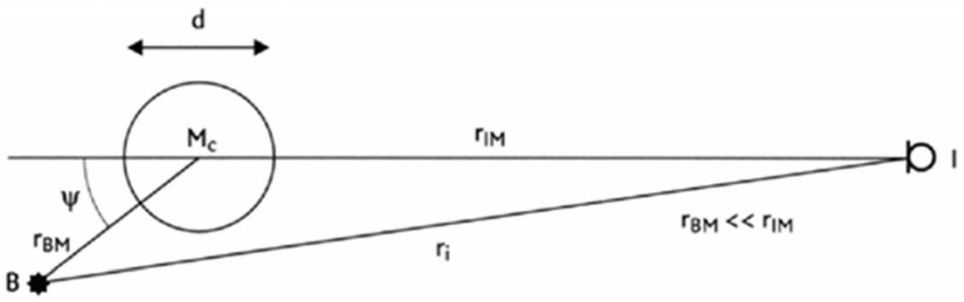


De directe straal wordt afgeschermd door gebouw A en de gereflecteerde straal gaat langs het gebouw. De overdrachtseffecten langs de directe weg en langs de gereflecteerde weg verschillen sterk. Nu moet spiegelbron $B_{spiegel}$ apart in rekening worden gebracht.

Figuur 2.3 Wel spiegelbron in rekening brengen en D_{refl} = 0 dB

Aard van het object	Reflectiecoëfficiënt ρ
vlakke harde wanden	1
wanden van gebouwen met ramen en kleine uitbouwen	0,8
fabriekswanden voor 50% bedekt met openingen, installaties en pijpen	0,4
cilinders met harde wanden (tanks, silo's)	$\frac{d \sin(\Psi/2)}{2r_{bm}}$
open installaties	0

d = diameter cilinder
r_{bm} = afstand bron tot het midden van de cilinder m
Ψ = supplement van de hoek tussen de lijnen B-m en I-m



Tabel 2.2 Waarden voor de reflectiecoëfficiënt ρ

2.8. De schermwerking D_{scherm}

2.8.1. Eisen aan afschermende objecten

Een object wordt als scherm in rekening gebracht als:

a) de massa per eenheid van oppervlakte ten minste 10 kg/m^2 bedraagt; en
b) het object geen grote kieren of openingen heeft; procesinstallaties, bomen e.d. worden dus niet als scherm in rekening gebracht; en

c) de horizontale afmeting dwars op de lijn van bron naar immissiepunt groter is dan de golflengte van het geluid. (in figuur 2.4 en 2.6: $s_l + s_r > \lambda$)

Bij schermen van geringe hoogten wordt een correctiefactor H_f toegepast volgens formule 2.15.

2.8.2. Schematiseren van objecten tot scherm

Elk object wordt geschematiseerd door een vlak dun scherm met rechte verticale randen links LL' en rechts RR'. De bovenrand LR van het scherm hoeft niet horizontaal te zijn.

Als gebouwen afschermen en de afmetingen van het gebouw in de richting van bron naar immissiepunt niet verwaarloosbaar zijn ten opzichte van de afstand tussen bron en immissiepunt, kan het gebouw worden gerepresenteerd door een prisma met een viertal rechte lijnstukken die verticaal op een rechthoekig grondvlak staan. De lijnstukken mogen ongelijk van lengte zijn. Elk zijvlak kan als scherm dienst doen.

2.8.3. Berekening D_{scherm}

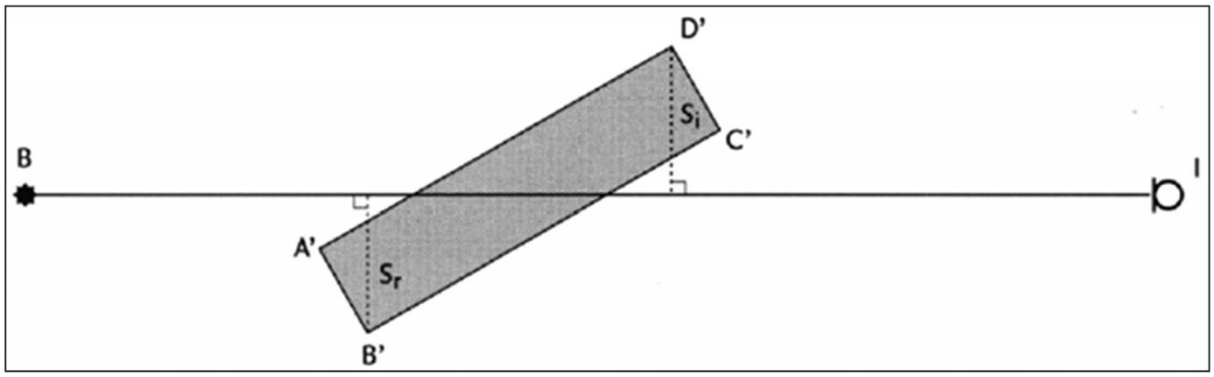
Door de lijn bron-immissiepunt BI wordt een verticaal vlak V geplaatst. Als één of meer schermen wordt doorsneden door lijn BF, worden op elk scherm drie punten bepaald (zie figuur 2.5), te weten:

het snijpunt van de lijn BI met het scherm;
de top van het scherm in vlak V (snijpunt V met lijn LR);
het snijpunt van het (verlengde) schermvlak met een gekromde geluidstraal, die de geluidoverdracht beschrijft als het scherm er niet zou zijn (kromtestraal = 8*r*).

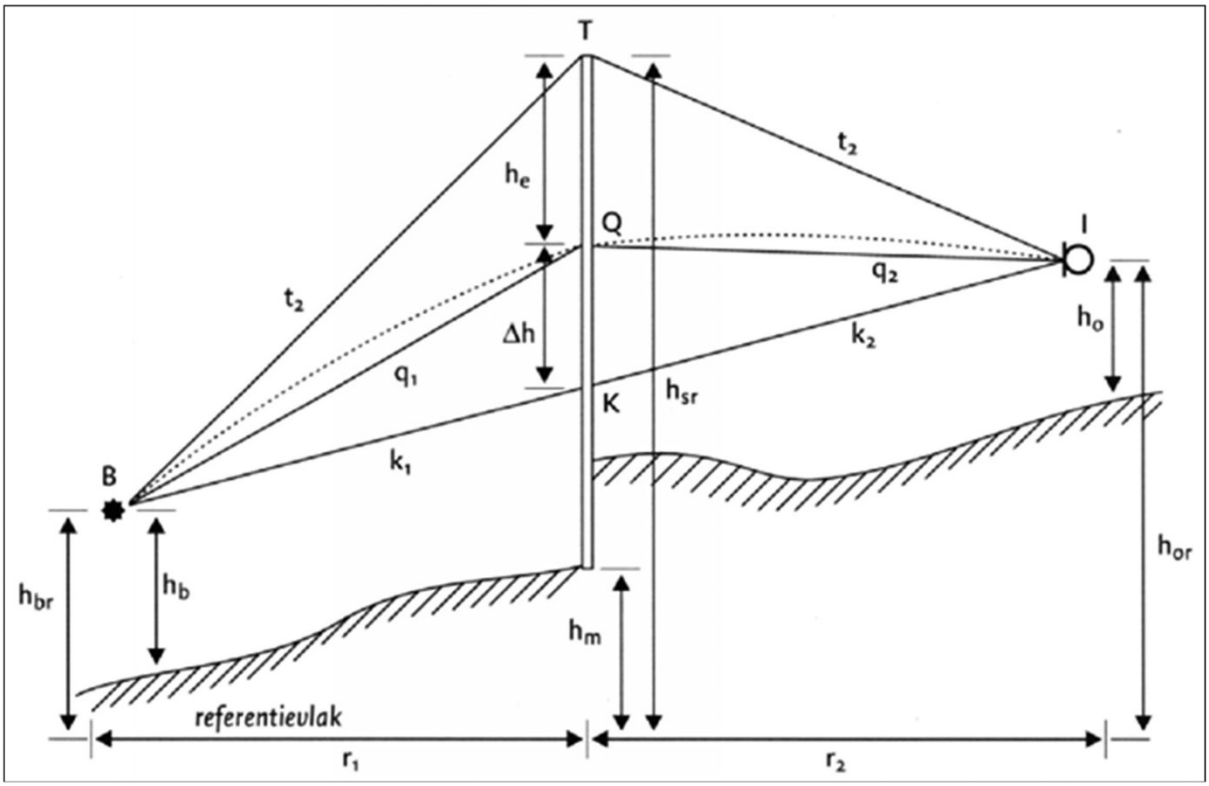
Het punt Q ligt altijd boven K en wel op een afstand Δh, die volgens onderstaande formule wordt berekend uit de horizontale afstand bron-scherm r_1 en de horizontale afstand immissiepunt-scherm r_2 volgens de formule:

$$\Delta h = \frac{r_1 r_2}{16(r_1+r_2)} \qquad (2.10)$$

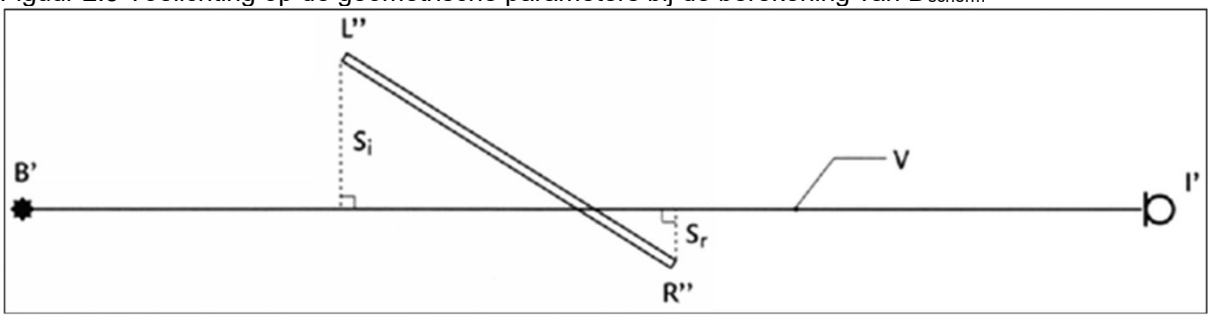
De afstand tussen Q en T is de effectieve schermhoogte h_e. Als Q boven T ligt is h_e negatief.



Figuur 2.4 Toelichting bij het bepalen van s_l en s bij een gebouw



Figuur 2.5 Toelichting op de geometrische parameters bij de berekening van D_{scherm}



Figuur 2.6 Toelichting op de berekening van D_{scherm}

Er worden drie situaties onderscheiden, die vervolgens worden behandeld:

a) V snijdt geen enkel scherm;
b) V snijdt één scherm;
c) V snijdt meer dan een scherm.

a. V snijdt geen scherm

In het geval dat vlak V geen enkel afschermend object snijdt, kunnen slechts grote, hoge objecten in de omgeving van de lijn van bron naar immissiepunt het geluidveld van een puntbron beïnvloeden. Bij de berekening worden deze diffracties buiten beschouwing gelaten.

$$D_{scherm} = 0 \text{ dB} \qquad (2.11)$$

Opmerking: in speciale gevallen kan het bronvermogen worden opgesplitst in kleinere deelbronnen. Zo wordt het effect van de discontinuïteit wel/geen afscherming sterk afgezwakt.

b. V snijdt één scherm

Uit de plaats van de punten K, Q en T enerzijds en de punten B en I anderzijds kunnen de lengten van de rechte verbindingslijnen k_1 = BK, k_2 = K_I, q_1 = BQ, q_2 = QI, t_1 = BT en t_2 = TI worden berekend (zie figuur 2.5). Hieruit is de verticale omweg ε_v te bepalen volgens de formules:

Als T boven K ligt: $\varepsilon_v = t_1 + t_2 - q_1 - q_2$ (2.12)
Als T onder K ligt: $\varepsilon_v = 2(k_1 + k_2) - t_1 - t_2 - q_1 - q_2$

De horizontale omwegen worden berekend door de situatie op het horizontale referentievlak te projecteren. De projecties van B en I zijn B' en I' en de rechten LL" en RR" snijden het referentievlak in L' en R' (zie figuur 2.6).

De rechter omweg: $\varepsilon_r = B'R'' + R''I' - r_1 - r_2$ (2.13)
De linker omweg: $\varepsilon_l = B'L'' + L''I' - r_1 - r_2$

Van elk van de omwegen wordt een Fresnelgetal *N* bepaald:

$N_v(f) = 0{,}0059\ \varepsilon_v f$ (2.14)
$N_r(f) = 0{,}0059\ \varepsilon_r f$
$N_l(f) = 0{,}0059\ \varepsilon_l f$

Voor de frequentie *f* wordt bij berekening in octaafbanden de middenfrequentie van de laagste tertsband in de octaafband ingevuld (deze is gelijk aan $f_{oct}/2^{1/2}$) en bij berekening in tertsbanden de middenfrequentie van de betreffende tertsband. Uit het Fresnelgetal wordt de afscherming per schermrand berekend, uitgaande van de veronderstelling dat elke rand oneindig lang is. De bijdragen van de verschillende overdrachtswegen worden gesommeerd. D_{scherm} wordt gecorrigeerd als de hoogte van het scherm boven het laagste van de twee aan het scherm grenzende maaivelden ($h_{sr} - h_{ma}$) klein is. Voor obstakels die sterk afwijken van een ideaal dun scherm wordt een term ΔD in rekening gebracht in formule 2.15.

Als $N_v \leq -0{,}1$
$D_{scherm} = 0$ dB
Als $N_v > -0{,}1$

$$D_{scherm} = 10H_f\left[lg\left(\frac{1}{20N_v+3}+\frac{1}{20N_r+3}+\frac{1}{20N_t+3}\right)^{-1}\right] - \Delta D \quad (2.15)$$

waarbij wordt verstaan onder:

H_f	$(h_{sr} - h_{ma})\ f / 250$	als $(h_{sr}-h_{ma})\ f / 250 < 1$
H_f	1	als $(h_{sr} - h_{ma})\ f / 250 \geq 1$
ΔD	zie tabel 2.3	

Tabel 2.3 De waarden voor ∆D van obstakels die van de ideale schermvorm afwijken

ΔD [dB]	Betreft
0	– alle gebouwen; – dunne wanden met een helling kleiner dan 20° met de verticaal; – grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld niet meer dan 70° bedragen;
0	– grondlichamen uit de groep $\Delta D = 2$ als boven op het grondlichaam een obstakel uit bovenstaande categorie staat dat ten minste even hoog is als het grondlichaam
2	– grondlichamen waarbij de hellingen van de taluds aan beide zijden opgeteld tussen 70° en 165° liggen; – grondlichamen met daarop een obstakel uit de eerste groep $\Delta D = 0$ dat minder hoog is dan het grondlichaam

Als $D_{scherm} \leq 0$ dB dan wordt $D_{scherm} = 0$ dB
Als $D_{scherm} \geq 20$ dB dan wordt $D_{scherm} = 20$ dB

Opmerking: als het scherm veel breder is dan hoog gaat de formule 2.15 over in de formule van het oneindig lange scherm ($\Delta D = 0$ verondersteld).

$D_{scherm} = 10H_f \lg(20N_v + 3)$ (2.16)

c. Vlak V snijdt twee of meer schermen
Hier kunnen twee situaties worden onderscheiden, namelijk:

c.1	de algemene situatie;
c.2	het bijzondere geval waarbij zowel dichtbij de bron als dichtbij het immissiepunt een scherm staat en waarbij de onderlinge afstand tussen de schermen groot is.

c.1 Algemene situatie

Onderscheiden kunnen worden:

a: Voor geen of slechts één van de schermen geldt $h_e \geq 0$.
In deze gevallen wordt alleen het scherm met de grootste verticale omweg berekend volgens de procedure van het enkele scherm. (Dit betekent, in het geval dat he kleiner dan nul is, dat met het scherm dat in absolute waarde gerekend de kleinste omweg bezit verder wordt gerekend).

b:. Meer schermen met $h_e \geq 0$.
Voor de berekening van D_{scherm} wordt een goede benadering gevonden door de D_{scherm} van het meest afschermende object te bepalen met de procedure van het enkele scherm. Gebouwen en dergelijke worden in deze berekening vereenvoudigd tot een enkel scherm waarbij de zijpaden worden berekend langs de verticale hoeklijnen met de grootste horizontale omweg.

Als de onderlinge afstand r_{12} (zie figuur 2.7) tussen de schermen voldoet aan:

$r_{12} / r_i > 0{,}2$

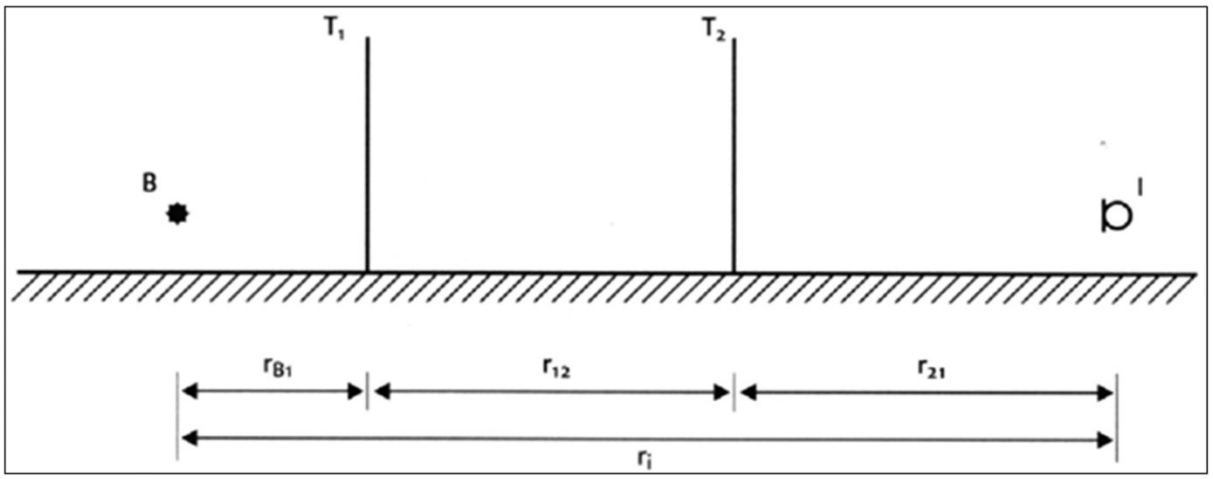
kan de volgende rekenprocedure worden gebruikt, die in figuur 2.8 schematisch wordt aangegeven:

1. Alle schermen met $h_e < 0$ worden verwijderd.
2. Van de overgebleven schermen wordt het punt S_i (berekend bij scherm i) bepaald. S_i ligt op een afstand s onder de top van het scherm.

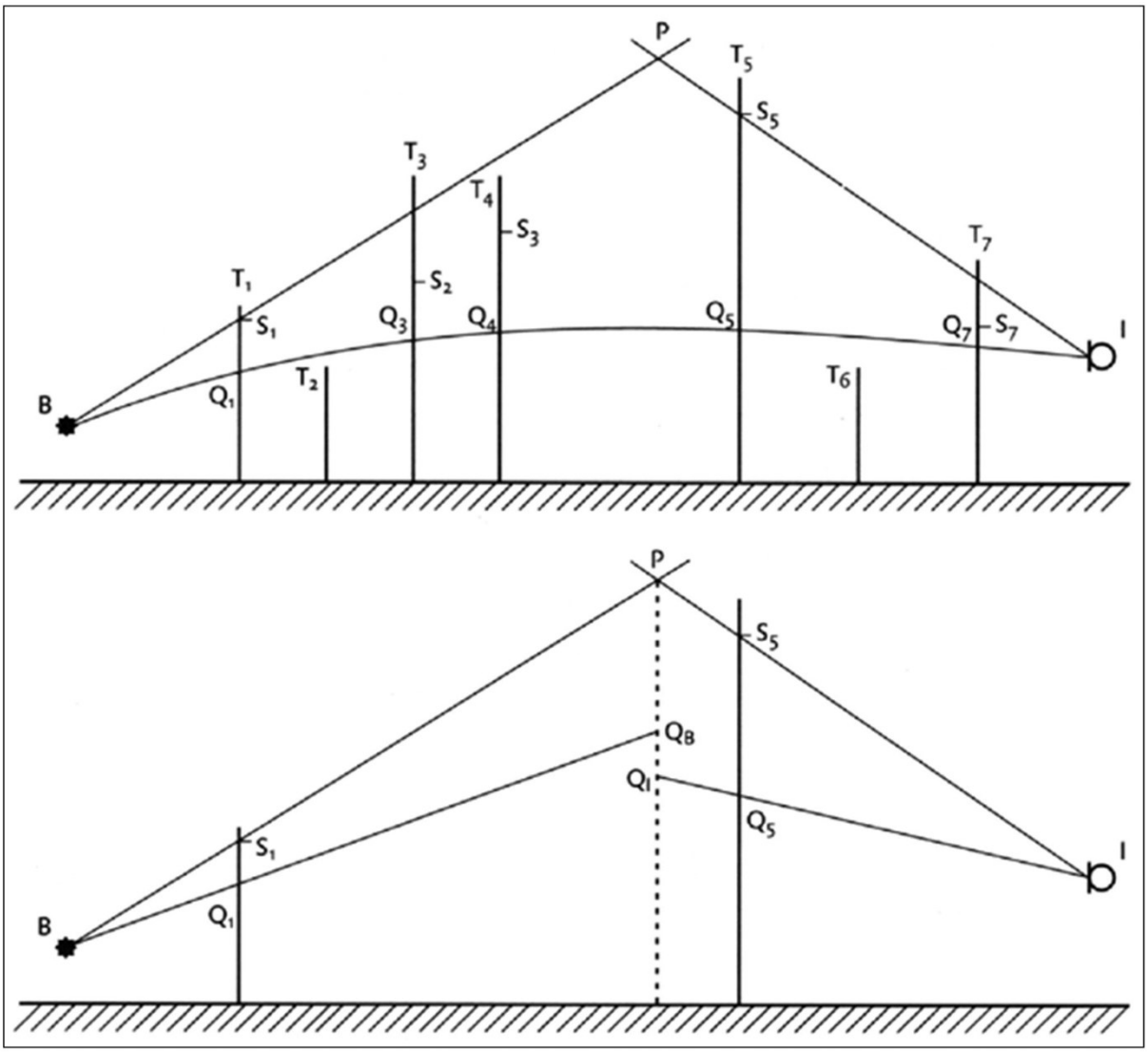
$$S = h_e \left\{ 1 - \frac{1}{1 + \frac{h_e}{s_l} + \frac{h_e}{s_r}} \right\} \qquad (2.17)$$

---

s_l en s_r zijn hierin de afstand van de linker-en rechterzijkant tot V. Bij gebouwen zijn dit de afstanden van de verst verwijderde verticale hoeklijnen van het gebouw ter linker- en rechterzijde van V.



Figuur 2.7 De geometrie bij meerdere schermen tussen bron en immissiepunt



Figuur 2.8 Toelichting op de berekening van D_{scherm} bij meerdere schermen

3. De verbindingslijnen tussen bron B en S_i en tussen het immissiepunt I en S_i worden bepaald. Vervolgens wordt de lijn BS_j geselecteerd, die vanuit de bron gezien de grootste elevatie heeft. Ook wordt de lijn IS_k geselecteerd, die vanuit het immissiepunt gezien de grootste elevatie heeft.
4. Als de lijnen BS_j en IS_k hetzelfde scherm betreffen, wordt D_{scherm} berekend door voor dit scherm de procedure van het enkele scherm te volgen. In de overige gevallen wordt het snijpunt P van de lijnen BS_j en IS_k bepaald. Door dit snijpunt wordt een verticale lijn, p, gedacht. Op p worden twee punten bepaald, te weten:

   - Q_B, snijpunt p met de lijn BQ_j;
   - Q_I, snijpunt p met de lijn IQ_k.

   Bepaal de hypothetische omweg ε_h volgens de formule:

$$\varepsilon_h = BP + PI + - BQ_B - IQ_I \qquad (2.18)$$

5. Vervolgens wordt D_{scherm} berekend volgens de formule:

$$D_{scherm} = 10\lg (0{,}118\ \varepsilon_{h\,f} + 3) \qquad (2.19)$$

Met:

f	de middenfrequentie van de laagste tertsband in een octaafband bij berekening in octaafbanden of de middenfrequentie van de tertsband bij berekening in tertsbanden.

De waarde van D_{scherm} wordt in deze situatie als volgt begrensd:

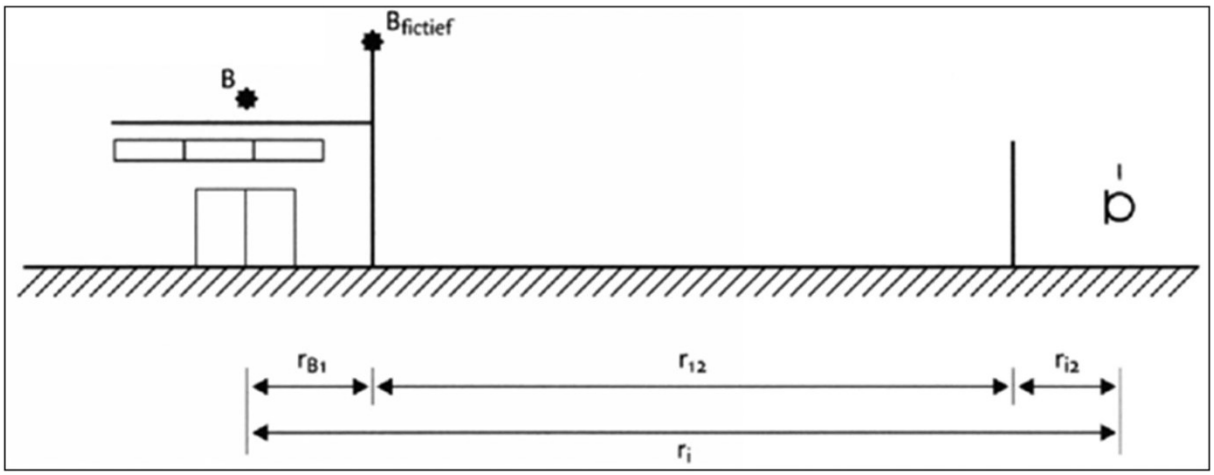
$4{,}8 \leq D_{scherm} \leq 20$ dB

c.2 Bijzondere situatie

Een bijzondere rekenprocedure kan worden gevolgd als een scherm zich relatief dicht bij de bron bevindt (scherm 1) en een ander dicht bij het immissiepunt (scherm 2). Voorwaarde is dat (zie figuur 2.9)

$r_{B1} < 0{,}2\, r$
$r_{i2} < 0{,}2\, r$
D_{scherm} is nu de som van twee termen.
$D_{scherm} = D_1 + D_2$

Met dien verstande dat $0 \leq D_{scherm} \leq 40$ dB



Figuur 2.9 Toelichting op de geometrie bij een bijzondere situatie

D_1 wordt bepaald volgens de procedure van het enkele scherm voor scherm 1. Als voor scherm 1 geldt $h_e \geq 0$, dan wordt voor de berekening van D_2 een fictieve bron aangenomen op de top van scherm 1. Is $h_e < 0$, dan wordt geen fictieve bron aangenomen maar wordt met de werkelijke plaats van de bron gerekend. D_2 wordt berekend volgens de procedure van het enkele scherm. Aanbevolen wordt, als de afscherming nabij het immissiepunt groter is dan die bij de bron, de procedure om te draaien en eerst de afscherming nabij het immissiepunt te berekenen en vervolgens met een (fictief) immissiepunt de afscherming bij de bron. Als meer schermen bij bron en/of immissiepunt aan bovenstaande voorwaarde voldoen, worden de schermen met de hoogste waarde voor ($D_1 + D_2$) gebruikt in de berekening.

2.9. De term D_{veg}

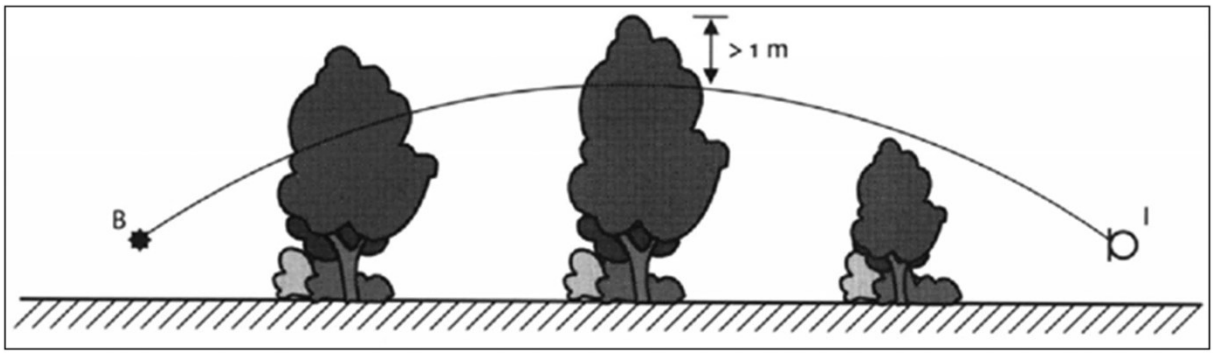
Als zich in het gekromde geluidpad (zie formule 2.10) van geluidbron naar immissiepunt dichte vegetatie bevindt, bestaande uit een combinatie van bomen, struiken of heesters, zodanig dat het zicht volledig verdwenen is, mag daarvoor een geluidreductie worden gehanteerd. Deze geluidreductie in de overdracht is frequentie-afhankelijk en is opgenomen in tabel 2.4. Als extra eis voor het toepassen van deze reductie geldt dat de hoogte van de vegetatie ten minste 1 m hoger moet zijn dan de hoogte van het gekromde geluidpad ter plaatse van de afscherming (zie figuur 2.10).

In de praktijk zal in uitzonderingsgevallen aan de eisen van ondoorzichtbaarheid worden voldaan. Als verschillende afzonderlijke vegetaties, die voldoen aan deze specificaties, de gekromde straal doorsnijden (regelbeplanting) mag de reductie voor iedere groep afzonderlijk worden toegepast.

De reductie geldt zowel voor de zomer als de winter, mits aan de eisen van ondoorzichtbaarheid wordt voldaan. Voor veel beplantingen zal dit in de winter niet het geval zijn. De volgens tabel 2.4 te berekenen reductie mag dan voor de helft in rekening worden gebracht. Verder mag in geen geval met meer dan vier beplantingsstroken worden gerekend.

Tabel 2.4 Geluidreductie die in rekening kan worden gebracht voor één strook dichte vegetatie, die meer dan 1 m boven het gekromde geluidpad van bron naar immissiepunt uitsteekt

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	**31,5**	**63**	**125**	**250**	**500**	**1k**	**2k**	**4k**	**8k**
D_{veg} [dB]	0	0	0	1	1	1	1	2	3



Figuur 2.10 Het gekromde geluidpad gaat door twee ‘regels’ vegetatie

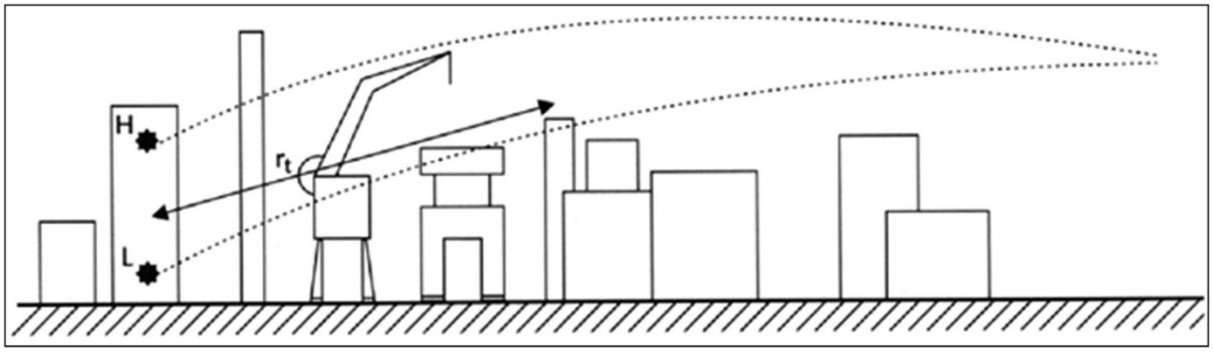
2.10. De term $D_{terrein}$

Op industrieterreinen kan, door geluidverstrooiing als gevolg van de aanwezigheid van installaties en objecten op het terrein, een extra verzwakking optreden. Deze wordt samengevat onder de term $D_{terrein}$. Als $D_{terrein}$ in rekening wordt gebracht mag geen schermwerking van schermen op het bedrijfsterrein worden toegepast. $D_{terrein}$ is zeer specifiek voor het type terrein, de dichtheid van obstakels en de hoogte daarvan. Het verdient daarom aanbeveling $D_{terrein}$ door metingen vast te stellen, waarbij de meethoogte overeen moet komen met de geluidstraal die naar de (verder gelegen) relevante immissiepunten gaat. Voor bedrijven met open procesinstallaties kan voor planningsdoeleinden met drie typen diffuse afschermende objecten worden gerekend. Hiervoor wordt het volgende indicatieve model gehanteerd.

$$D_{terrein} = t(f) \cdot r_t \qquad (2.20)$$

$D_{terrein} \leq D_{max}$, met

$t(f)$	frequentie-afhankelijke factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen, de indicatieve waarden van $t(f)$ staan in tabel 2.5.
r_t	het deel van de gekromde geluidstraal, dat door de ‘open’ installaties gaat (zie ook figuur 2.11). Als de geluidstraal zich voornamelijk boven de installaties bevindt kan dit deel niet tot rt worden gerekend.
D_{max}	maximale type-afhankelijke dempingswaarden (zie tabel 2.5).



Figuur 2.11 Toelichting r_t

Tabel 2.5 Geluidverzwakking t(f) in dB/m door verstrooiing door, reflectie tegen, en afscherming door open procesinstallaties (deze tabel is indicatief)

Middenfrequentie octaafbanden [Hz]	31,5		125	250	500	1k	2k	4k	8k	D_{max} [dB]
type A	0		0,02	0,03	0,06	0,09	0,1	0,1	0,1	10
type B	0		0,04	0,06	0,11	0,17	0,2	0,2	0,2	20
tankenparken	0		0,002	0,005	0,015	0,02	0,02	0,02	0,02	10

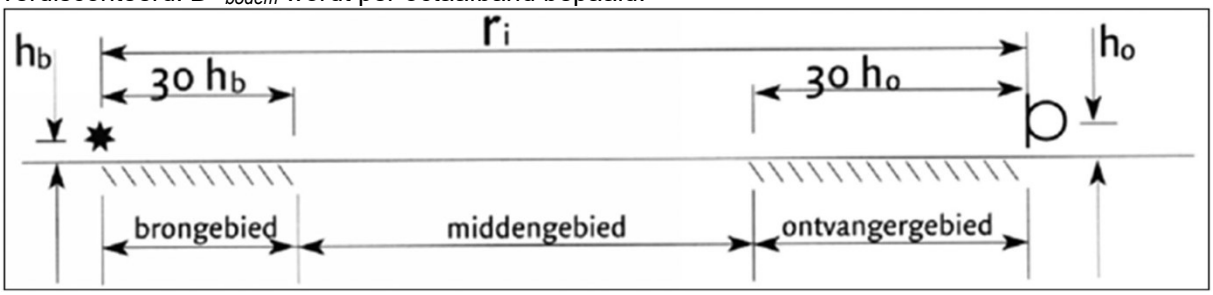
Bovengenoemde typen installaties kunnen worden gedefinieerd als:

- Type A: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad hebben van circa 20%;
- Type B: open procesinstallaties die per 30 m afstand door de installaties een bedekkingsgraad van meer dan 20% hebben.
- Tanken-parken: open procesinstallaties waar vele (opslag)tanks staan opgesteld.

De waarden uit de tabel moeten met de nodige voorzichtigheid worden toegepast en dienen alleen ter indicatie. Als het toepassen van andere waarden (bijvoorbeeld verkregen uit metingen of anderszins) leidt tot betrouwbaarder resultaten, hebben deze de voorkeur.

2.11. De bodemdemping D_{bodem}

In de term D_{bodem} zijn de effecten van absorptie door, reflectie tegen en verstrooiing aan de bodem verdisconteerd. D_{bodem} wordt per octaafband bepaald.



Figuur 2.12 Onderverdeling van bodemgebieden

2.11.1. Geometrie

In het model wordt een drietal gebieden onderscheiden (zie figuur 2.12).

a. Brongebied

Het gebied dat vanaf de bron in de richting van het immissiepunt een lengte heeft van *rb.*

$$r_b = 30\,h_b \quad \text{als } r_i \geq h_b \qquad (2.21)$$
$$r_b = r_i \quad \text{als } r_i < 30\,h_b$$

b. Ontvangergebied

Het gebied dat vanaf het immissiepunt in de richting van de bron een lengte heeft van r_o.

$$r_o = 30\,h_o \quad \text{als } r_i \geq h_o \qquad (2.22)$$
$$r_o = r_i \quad \text{als } r_i < 30\,h_o$$

c. Middengebied

Dit is het gebied tussen bron- en ontvangergebied. Overlappen het bron- en ontvangergebied elkaar dan wordt geen middengebied verondersteld.

2.11.2. Aard van de bodem

De volgende bodemtypen worden onderscheiden met behulp van de bodemfactor *B*.

a. Harde bodems: B = 0

Harde bodems zijn alle bodems die bestaan uit asfalt, bestrating, water, beton en alle bodems waarop veel reflecterende en geluidverstrooiende objecten staan zoals open procesinstallaties en dergelijke. Vele industrieterreinen zijn als hard aan te merken.

b. Absorberende bodems: B = 1

Absorberende bodems zijn alle bodems waarop vegetatie voor kan komen met weinig of geen geluidverstrooiende objecten. Voorbeelden zijn grasland, akkerland met en zonder gewas, bossen, heide, tuinen.

c. Gedeeltelijk absorberende bodems: B = n/100

Als een gebied voor n% uit absorberende bodem bestaat, dan is de bodemfactor

$$B = n/100 \qquad (2.23)$$

2.11.3. Berekening van Dbodem

De term D_{bodem} is uit een drietal deeltermen opgebouwd die het effect van de bodem in het bron-, en immissiegebied en eventueel het middengebied aangeven.

$$D_{bodem} = D_{b,br} + D_{b,ont} + D_{b,mid} \qquad (2.24)$$

De berekening van $D_{b,br}$ en $D_{b,ont}$ is volledig analoog. De berekening van het effect van het middengebied gaat op een andere wijze.

Tabel 2.6 De bodemverzwakking in het bron- en immissiegebied

Middenfrequentie octaafband [Hz]	$D_{b,br}$ of $D_{b,ont[dB]}$
31,5	–3
63	–3
125	$-1 + B_b\,(a(h) + 1)$
250	$-1 + B_b\,(b(h) + 1)$
500	$-1 + B_b\,(c(h) + 1)$
1.000	$-1 + B_b\,(d(h) + 1)$
2.000	$-1 + B_b$
4.000	$-1 + B_b$
8.000	$-1 + B_b$

waarbij wordt verstaan onder:

$$a(h) = 3{,}0e^{-0{,}12(h-5)^2}\left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 5{,}7e^{-0{,}09h^2}\left(1 - e^{-2{,}8.10^{-6}r_i^2}\right)$$
$$b(h) = 8{,}6e^{-0{,}09h^2}\left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$
$$c(h) = 14{,}0e^{-0{,}46h^2}\left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$
$$d(h) = 5{,}0e^{-0{,}90h^2}\left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$

Opmerking: voor $h = h_o = 5$ m geldt:

$$a(5) = 3{,}0\left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right) + 0{,}6\left(1 - e^{-2{,}8.10^{-6}r_i^2}\right) \quad (2.25)$$
$$b(5) = 0{,}9\left(1 - e^{-\frac{r_i}{50}}\right)$$
$$c(5) = 0{,}0$$
$$d(5) = 0{,}0$$

De term $D_{b,br}$

$D_{b,br}$ wordt berekend uit de afstand r_i tussen bron en immissiepunt, de bodemfactor B_b van het brongebied en de (gecorrigeerde) bronhoogte h. De bodemfactor B_b blijft betrokken op de echte bronhoogte h_b.

De hoogte h is gelijk aan de bronhoogte tenzij er afscherming optreedt met een positieve verticale omweg ($D_{scherm} \geq 4{,}8$) en bovendien de bronhoogte minder dan 5 m bedraagt. In dat geval geldt:

$h = h_b$	als $h_b \geq 5$ m of $h_e \leq 0$	(2.26)
$h = h_b + (r_i - r_{bs})h_e/r_i$	als $h_b < 5$ m en $h_e > 0$	

De term $D_{b,ont}$

De berekening van $D_{b,ont}$ is analoog aan $D_{b,br}$ (zie tabel 2.6).

De term $D_{b,mid}$

De verzwakking ten gevolge van het middengebied wordt bepaald uit de bodemfactor van het middengebied B_m en de factor m (zie tabel 2.7).

Tabel 2.7 De bodemverzwakking in het middengebied

Middenfrequentie octaafband [Hz]	**$D_{b,mid}$ [dB]**
31,5 en 63	$-3\,m$
125 en hoger	$+3\,m\,(B_m - 1)$

waarbij wordt verstaan onder:

$m = 0$ als $r_i \leq 30\,(h_b + h_o)$

$m = 1 - 30\,(h_b + h_o)/r_i$ als $r_i > 30\,(h_b + h_o)$

2.12. Dempingsterm voor woongebieden D_{huis}

Voor het bepalen van een gemiddelde dempingsterm voor woongebieden kan gebruik worden gemaakt van de ICG rapporten GF-HR-01-03 (1989) en GF-HR-01-05 (1989). Met die methode kan voor een specifieke stedenbouwkundige situatie de term D_{huis} worden berekend, zijnde een gemiddelde waarde voor het betreffende gebied.

2.13. De meteocorrectieterm C_{meteo}

De meteocorrectie voor windturbines wordt vastgesteld volgens de formule:

$$C_{meteo} = 0 \; voor \; r \leq 10(h_b + h_o) \quad (2.27)$$
$$C_{meteo} = 5\left[1 - 10\left(\frac{h_b + h_o}{r}\right)\right]\left[1 - \frac{1}{2}\cos(\beta - 45°)\right] \; voor \; r > 10(h_b + h_o)$$

waarbij wordt verstaan onder:

β	hoek tussen het noorden en de verbindingslijn tussen bron en ontvanger (in graden)
h_b	bronhoogte met $h_b = H$
h_o	ontvangerhoogte
r	horizontale afstand tussen bron en ontvanger

3. Definities

3.1. Symbolen

Symbool	Eenheid	Omschrijving
ΔL	dB	Correctiefactor voor de richtwerking van windturbines
a_{lu}	dB/m	Luchtabsorptiecoëfficiënt
B	–	Bodemfactor
B_b	–	Bodemfactor van het brongebied
B_m	–	Bodemfactor van het middengebied
B_o	–	Bodemfactor van het ontvangergebied
C_{meteo}	dB	Meteocorrectieterm
D	m	Rotordiameter
d	m	Diameter cilinder
$D_{b,br}$	dB	Bodemverzwakking in het brongebied
$D_{b,mid}$	dB	Bodemverzwakking in het middengebied
$D_{b,ont}$	dB	Bodemverzwakking in het ontvangergebied
D_{bodem}	dB	Demping ten gevolge van de bodem
D_{geo}	dB	Afname van het geluidniveau door geometrische uitbreiding
D_{lucht}	dB	Afname van het geluidniveau door absorptie in lucht
D_{max}	dB	Maximale type-afhankelijke dempingswaarden
D_{refl}	dB	Afname door reflectie tegen obstakels (deze term is negatief)
D_{scherm}	dB	Afname ten gevolge van afscherming door obstakels
$D_{terrein}$	dB	Afname door demping t.g.v. installaties op het industrieterrein
D_{veg}	dB	Afname vanwege geluidverstrooiing aan en absorptie door vegetatie
f	Hz	Frequentie
H	m	Verticale afstand tussen het maaiveld en het middelpunt van de rotor
h_b	m	Bronhoogte = H
h_e	m	Effectieve schermhoogte
h_m	m	Hoogte van meetpunt ten opzichte van plaatselijk maaiveld

h_{ma}	m	Hoogte maaiveld ten opzichte van referentievlak
h_{o}	m	Beoordelingshoogte ten opzichte van plaatselijk maaiveld
h_{sr}	m	Hoogte van het scherm ten opzichte van referentievlak
i	–	1,2...9 (octaafband 31,5 Hz, 63 Hz ... 8.000 Hz)
j	–	Integer windsnelheden op ashoogte, gelegen tussen v_{ci} en v_{co}
$L_{Aeq,k}$	dB(A)	Gemeten equivalente geluidniveau op meetpunt met index k
L_{eq}	dB(A)	Geluidniveau van de turbine
L_{CUM}	dB(A)	Gecumuleerd hinderequivalent geluidniveau
L_{eq}^{*}	dB(A)	Geluidniveau van de windturbine inclusief stoorgeluid
L_{stoor}	dB(A)	Stoorgeluid bij uitgeschakelde turbine (achtergrondgeluid)
L_{E}	dB(A)	Jaargemiddeld geluidvermogen in octaafband *i* per beoordelingsperiode
$L_{W,i,j}$	dB(A)	Bronsterkte per octaafband *i* en per windsnelheidsklasse *j*
L^{*}_{xx}	dB(A)	Hinderequivalente geluidbelasting, xx=LL (luchtvaart), RL (railverkeer), VL (wegverkeer), IL (industrie), WT (windturbine)
N	–	Fresnelgetal
p	p	Luchtdruk
p_{ref}	kPa	Referentie luchtdruk; veelal p_{ref} = 101,3 kPa
R_{0}	m	Horizontale afstand tussen P_k en de verticale hartlijn van de mast
R_{1}	m	Kortste afstand tussen meetpunt P1 en het middelpunt van de rotor
r_{bm}	m	Afstand bron tot het midden van de cilinder m
r_{br}	m	Afstand van de bron tot het reflecterend object
r_{i}	m	Afstand tussen het broncentrum en het immissiepunt
R_{k}	m	Afstand van meetpunt met index k tot het middelpunt van de rotor
r_{or}	m	Afstand van het immissiepunt tot het reflecterend object
r_{t}	m	Deel van de gekromde geluidstraal, dat door de “open” installaties gaat
T	T	Luchttemperatuur
$t(_{f})$	dB/m	Factor voor de geluidverzwakking door industrieterreinen
T_{ref}	K	Referentie luchttemperatuur; veelal T_{ref} = 288 K
U_{j}	%	Frequentie van voorkomen van windsnelheid *j* op ashoogte per periode
V_{A}	m/s	Windsnelheid op 5–10 meter hoogte boven het maaiveld
V_{ci}	m/s	Laagste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is
V_{co}	m/s	Hoogste windsnelheid waarbij de turbine in bedrijf is
V_{D}	m/s	Windsnelheid, afgeleid van de power curve
V_{H}	m/s	Gecorrigeerde windsnelheid op ashoogte
V_{rated}	m/s	Windsnelheid, waarbij de turbine juist het nominale vermogen levert
α_{k}	°	Hoek tussen windrichting/rotoras en de lijn tussen bron en ontvanger

β	°	Hoek tussen het noorden en de verbindingslijn tussen bron en ontvanger
ΔD	dB	Tophoekcorrectie
ε_h	m	Horizontale omweg om scherm
ε_v	m	Verticale omweg om scherm
ρ	–	Reflectiecoëfficiënt
Ψ	°	Supplement van de hoek tussen de lijnen B-m en l-m

3.2. Begrippen

Begrip	Omschrijving
Avondperiode	De beoordelingsperiode van 19.00 tot 23.00 uur
Beoordelingshoogte	De hoogte van het beoordelingspunt boven het maaiveld
Beoordelingspunt	Het punt waar de geluidbelasting wordt berekend en getoetst aan (eventuele) grenswaarden
Dagperiode	De beoordelingsperiode van 07.00 tot 19.00 uur
Equivalent geluidniveau	$L_{Aeq} = 10lg\left\{\frac{1}{t_2 - t_1}\int_{t_1}^{t_2}\frac{p_A^2}{p_0^2}dt\right\}$ waarbij wordt verstaan onder: p_A A-gewogen momentane geluiddruk p_0 referentiegeluiddruk van 20 µPa
Invallend geluidniveau	Het geluidniveau dat op een gevel invalt zonder dat hierbij de eigen gevelreflectie betrokken wordt
Monopool	Rondom gelijk uitstralende puntbron
Nachtperiode	De beoordelingsperiode van 23.00 tot 07.00 uur
Referentierichting	Richting die samenvalt met de rotoras (benedenwinds)
Richtingsindex	Het in een bepaalde richting uitgestraalde geluidvermogen, verminderd met het geluidvermogen dat in referentierichting wordt uitgestraald
Stoorgeluid	Het op een emissiemeetpunt optredende geluid, veroorzaakt door andere geluidbronnen dan de windturbine
Vermogenscurve	Het verband tussen het elektrisch vermogen en de windsnelheid op ashoogte bij standaard atmosferisch omstandigheden

Bijlage IVj. (maatregelpunten en geluidbeperkende maatregelen rijksinfrastructuur)

In deze bijlage wordt verstaan onder D: de lengte van het deel van de loodlijn vanuit een geluidgevoelig gebouw naar een weg, respectievelijk een spoorweg, dat eindigt op de dichtstbijzijnde rand van de wegdekverharding, respectievelijk de dichtstbijzijnde spoorstaaf.

Tabel 1 Bronmaatregelen, randvoorwaarden en maatregelpunten

Omschrijving bronmaatregel	Randvoorwaarden	Maatregelpunten
Weg		
2-laags zeer open asfaltbeton	– Voldoende verkeersintensiteit. – Geen wringend of remmend verkeer – Snelheid meer dan 70 km/u.	22 per 10 m^2
Dunne deklaag	– Niet op kruisingen met afslaand verkeer, rotondes of verkeerspleinen	9 per 10 m^2
Spoorweg		
Raildemper	– Niet tegen wissels of voegen – Bij houten dwarsliggers als instemming is verkregen van de beheerder – De afstand waarover raildempers worden aangelegd is ten minste 50 m per spoor – Onverminderd het derde gedachtestreepje is de afstand per spoor waarover raildempers worden aangelegd ten minste twee maal D, berekend vanuit het in het geluidgevoelige cluster, bedoeld in artikel 3.48 van het Besluit kwaliteit leefomgeving, waarvoor de raildempers worden overwogen, gelegen geluidgevoelige gebouw dat het dichtst bij een spoorstaaf ligt. Van deze eis kan in bijzondere omstandigheden worden afgeweken	29 per m enkel spoor

Tabel 2 Overdrachtsmaatregelen, randvoorwaarden en maatregelpunten

Omschrijving overdrachtsmaatregel	Randvoorwaarden	Maatregelpunten	
Weg			
Geluidscherm		Per strekkende meter bij een hoogte van:	
		1 m	53
		2 m	93
		3 m	133
		4 m	173
		5 m	212
		6 m	251
		7 m	289
		8 m	327
		elke m hoogte boven 8 m	44
Geluidwal	– Ruimtebeslag – Grondgesteldheid	Gelijk aan het aantal maatregelpunten van een geluidscherm	
Middenbermscherm		Per strekkende meter bij een hoogte van:	
		1 m	64
		2 m	112
		3 m	160
		4 m	207
		5 m	254
		6 m	301
		7 m	347
		8 m	392
Schermtop (T-top)	– Op bestaand scherm passend – Passend in het profiel	Per strekkende meter	44
Spoorweg			
Geluidscherm met uitzondering van een geluidscherm bij een spoorweg dat is gelegen op een kortere afstand dan 2,5 m uit het hart van het spoor (minischerm)		Per strekkende meter bij een hoogte van:	
		1 m	83
		1,5 m	87
		2 m	92
		3 m	122

		4 m	148
		5 m	173
		6 m	198
		7 m	223
		8 m	248
		elke m hoogte boven 8 m	25
Geluidwal	– Ruimtebeslag. – Grondgesteldheid	Gelijk aan het aantal maatregelpunten van een geluidscherm	
Scherm tussen sporen met uitzondering van een geluidscherm bij een spoorweg dat is gelegen op een kortere afstand dan 2,5 m uit het hart van het spoor (minischerm)	– Niet bij wissels	Per strekkende meter bij een hoogte van:	
		1 m	83
		1,5 m	87
		2 m	92
		3 m	122
		4 m	148
		5 m	173

Tabel 3 Maatregelen zonder maatregelpunten

Aanpassen en vervangen van een spoorbrug

Bijlage IVk. (formulier verklaring kwaliteitsborger)

Verklaring bij gereedmelding

Als bedoeld in artikel 3.86, tweede lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving en bijlage IVK van de Omgevingsregeling

Kwaliteitsborger

Bedrijfsnaam			
Naam			
Functie			
KvK-nummer			
Adres			
Telefoonnummer			
E-mailadres			
Toegelaten instrument		Reg. nr. Tlokb	

Initiatiefnemer / indiener bouwmelding

Naam		
Adres		
Kenmerk melding		d.d. .. / .. / ….

Locatie bouwactiviteit

Adres[1]	
Kadastrale aanduiding	
Coördinaten bouwwerk(en)	

[1] Indien er geen adres (bekend) is kadastrale aanduiding of coördinaten van de locatie invullen.

Hierbij verklaart ondergetekende dat:

a. hij toestemming heeft van de instrumentaanbieder om het instrument toe te passen;
b. hij de kwaliteitsborging heeft uitgevoerd volgens de in het instrument gestelde eisen;
c. er naar zijn oordeel een gerechtvaardigd vertrouwen is dat het resultaat van de bouwactiviteit voldoet aan de regels, bedoeld in de hoofdstukken 4 en 5 van het Besluit bouwwerken leefomgeving.

Aldus naar waarheid opgemaakt en ondertekend op .. / .. / …. TeNaam, functie en handtekening[1] namens de kwaliteitsborger:

[1] Een gewone handtekening of een elektronische niet gekwalificeerde handtekening volstaat.

Bijlage IVl. (aanvraagformulier toelating instrument)
Het aanvraagformulier bevat ten minste onderstaande onderdelen:

A. Aanvraaggegevens [in te vullen door Toelatingsorganisatie]

Registratienummer	
Instrumentnaam	
Uw referentiecode	
Ingediend op	
Ingediende bijlagen	

B. Aanvrager (instrumentaanbieder):

1. Bedrijf

KvK-nummer	
Vestigingsnummer	
Statutaire naam	
Handelsnaam	

2. Contactpersoon

Geslacht	□ Man	□ Vrouw	
Voorletters			
Voorvoegsels			
Achternaam			
Functie			

3. Vestigingsadres bedrijf

Postcode	
Huisnummer	
Huisnummertoevoeging	
Huisletter	
Straatnaam	
Woonplaats	
Adres	

4. Correspondentieadres

Adres	

5. Contactgegevens

Telefoonnummer

E-mailadres
Adres berichtenbox

C. Instrument

6. Instrument

Naam instrument			
Instrument is gebaseerd op een reeds toegelaten instrument?			
□ JA, registratienummer		□ NEE	
Gevolgklasse	□ GK1	□ GK2	□ GK3
Type bouwwerken			

D. Toe te voegen bijlagen

Beschrijving van het instrument voor kwaliteitsborging waarin ten minste de onderdelen van afdeling 10.7B en 3.19 van het Besluit bouwwerken leefomgeving aan bod komen.

E. Nawoord en ondertekening

Hierbij verklaar ik dat ik de aanvraag naar waarheid heb ingevuld en dat ik weet dat er kosten verbonden kunnen zijn aan het indienen van een aanvraag.

Handtekening aanvrager

Datum	
Handtekening	

Bijlage V. (huisvestingssystemen en emissiefactoren)

Code	Beschrijving huisvestingssysteem	Nummer systeembeschrijving	Emissiefactor per dierplaats		
			ammoniak (kg NH_3/jaar)	geur (ouE/sec)	fijnstof (g PM_{10}/jaar)
HOOFDCATEGORIE A: RUNDVEE					
HA1	**Diercategorie melk- en kalfkoeien van 2 jaar en ouder (inclusief kalveren jonger dan 14 dagen)**				
HA1.1	Grupstal met drijfmest	OW 1993.09.V1	5,7	–	81
HA1.2	Ligboxenstal met hellende vloer en giergoot	OW 1993.03.V1, OW 1993.04.V1, OW 1993.05.V1, OW 1993.06.V1, OW 1994.08.V1	10,2	–	148
HA1.3	Ligboxenstal met hellende vloer en spoelsysteem	OW 1994.03.V1	9,2	–	148
HA1.4	Ligboxenstal met hellende vloer en giergoot met spoelsysteem of roostervloer met spoelsysteem	OW 2001.28.V1	10,2	–	148
HA1.5	Ligboxenstal met dichte geprofileerde hellende vloer	OW 2009.11.V1	11,0	–	148
HA1.6	Ligboxenstal met dichte hellende vloer met rubber toplaag	OW 2009.22.V1	11,0	–	148
HA1.7	Ligboxenstal met sleufvloer	OW 2010.14.V1, OW 2010.24.V1	11,8	–	148
HA1.8	Ligboxenstal met roostervloer met bolle rubber toplaag en afdichtflappen in roosterspleten waarvoor voor 12 april 2017 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2010.30.V1	6,0	–	148
HA1.9	Ligboxenstal met roostervloer met bolle rubber toplaag	OW 2010.31.V1	7	–	148
HA1.10	Ligboxenstal met geprofileerde vloer met hellende sleuven en regelmatige mestafstorten waarvoor voor 20 juli 2018 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2010.32.V1	11,8	–	148
HA1.11	Ligboxenstal met geprofileerde vloer met hellende sleuven en regelmatige mestafstorten waarvoor voor 20 juli 2018 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen	OW 2010.33.V1	12,2	–	148

	omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum				
HA1.12	Ligboxenstal met roostervloer met cassettes in de roosterspleten	OW 2010.34.V1	7	–	148
HA1.13	Ligboxenstal met geprofileerde vloer met hellende sleuven en regelmatige mestafstorten met afdichtflappen	OW 2010.35.V1	7	–	148
HA1.14	Ligboxenstal met geprofileerde vloer met hellende sleuven en regelmatige mestafstorten met afdichtkleppen waarvoor voor 20 juli 2018 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2010.36.V1	10,3	–	148
HA1.15	Ligboxenstal met V-vormige vloer met gietasfalt in combinatie met een gierafvoerbuis en met mestschuif waarvoor voor 20 juli 2018 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2012.01.V1	11,7	–	148
HA1.16	Mechanisch geventileerde stal met een chemisch luchtwassysteem waarvoor voor 20 juli 2018 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2012.02.V1	5,1	–	148
HA1.17	Ligboxenstal met V-vormige vloer van geprofileerde vloerelementen in combinatie met een gierafvoerbuis	OW 2012.04.V1	8	–	148
HA1.18	Ligboxenstal met roostervloer met hellende groeven of hellend gelegd met afdichtkleppen in roosterspleten	OW 2012.05.V1	11	–	148
HA1.19	Ligboxenstal met geprofileerde hellende vloer met perforaties waarvoor voor 6 mei 2020 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2012.08.V1	10,1	–	148
HA1.20	Ligboxenstal met geprofileerde vloer met hellende sleuven en regelmatige mestafstorten met	OW 2013.01.V1	7	–	148

	afdichtingen				
HA1.21	Ligboxenstal met sleufvloer met in doorsteken, wachtruimte en doorlopen een roostervloer met bolle rubber toplaag en afdichtflappen in roosterspleten	OW 2013.03.V1	11	–	148
HA1.22	Ligboxenstal met geprofileerde vloer met hellende sleuven met urineafvoergat of met regelmatige mestafstorten met afdichtkleppen	OW 2013.04.V1	6	–	148
HA1.23	Ligboxenstal met geprofileerde vloer met hellende sleuven, aaneengesloten of met regelmatige mestafstorten met afdichtflappen	OW 2013.05.V1	7	–	148
HA1.24	Ligboxenstal met vloer met geprofileerde rubber matten met hellend profiel en regelmatige mestafstorten met afdichtflappen waarvoor voor 6 mei 2020 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2013.06.V1	10,3	–	148
HA1.25	Ligboxenstal met hellende vloer met geprofileerde rubber matten en centrale giergoot	OW 2013.07.V1	8	–	148
HA1.26	Ligboxenstal met roostervloer met hellende groeven of hellend gelegd met afdichtkleppen in roosterspleten en vernevelsysteem	OW 2014.02.V1	8	–	148
HA1.27	Ligboxenstal met roostervloer met rubber matten en composietnokken met hellend profiel en cassettes in roosterspleten	OW 2015.05.V1	6	–	148
HA1.28	Ligboxenstal met geprofileerde hellende vloer met holtes voor gieropvang en -afvoer aan zijkant waarvoor voor 1 januari 2019 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2015.06.V1	9,9	–	148
HA1.29	Ligboxenstal met roostervloer met bolle rubber toplaag	OW 2017.06.V1	8	–	148
HA1.30	Ligboxenstal met sleufvloer met geprofileerde rubber tegels waarvoor voor 20 juli 2023 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2018.02.V1	8,1	–	148
HA1.31	Ligboxenstal met vlakke betonnen	OW 2018.03.V1	9,1	–	148

	vloerplaten met sleuven, voorzien van profiel met 1% hellende groeven richting een centrale giergoot met giergaten en mestverwijdering waarvoor voor 1 december 2022 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum				
HA1.32	Ligboxenstal met geprofileerde rubber oplegsleufvloer met hellende sleuven met gierafvoergaatjes waarvoor voor 1 januari 2024 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2018.06.V1	7,1	–	148
HA1.33	Ligboxenstal met dichte geprofileerde vloer met rubbermatten en composietnokken met hellend profiel waarvoor voor 1 januari 2024 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2018.07.V1	9,0	–	148
HA1.34	Ligboxenstal met vlakke vloer met rubber sleufvloer, vlakke langssleuven en geprofileerd rubber (hellende V-vorm), groeven en nopjes tussen de langssleuven met vingermestschuif waarvoor voor 1 januari 2024 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht of waarvoor tussen 1 januari 2024 en 26 april 2024 een omgevingsvergunning voor een milieubelastende activiteit is verleend, of, als een vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor 26 april 2024	OW 2019.01.V1	8,3	–	148
HA1.35	Ligboxenstal met urineopvangstation ~~waarvoor voor 1 januari 2024 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht of waarvoor tussen 1 januari 2024 en 2 juni 2024 een omgevingsvergunning voor een milieubelastende activiteit is verleend, of, als een vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor 2 juni 2024~~	OW 2021.05.V2~~V1~~	~~8,46~~	–	148

HA1.36	Ligboxenstal met een indrukbare drainerende loopvloer voorzien van een mestschuif, waarbij de urine en mest direct worden gescheiden en apart worden opgeslagen, waarvoor voor 1 januari 2024 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht of waarvoor tussen 1 januari 2024 en 2 oktober 2024 een omgevingsvergunning voor een milieubelastende activiteit is verleend, of, als een vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor 2 oktober 2024	OW 2021.06.V1	6,4	–	148
HA1.37	Ligboxenstal voorzien van geprofileerde rubberen oplegmatten met ruitprofiel onder 2% afschot naar een centrale giergoot en frequente mestverwijdering met vaste mestschuif, waarvoor voor 1 januari 2024 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht of waarvoor tussen 1 januari 2024 en 2 oktober 2024 een omgevingsvergunning voor een milieubelastende activiteit is verleend, of, als een vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor 2 oktober 2024	OW 2021.07.V1	8,9	–	148
HA1.38	Natuurlijk geventileerde ligboxenstal met een roostervloer voorzien van inlays met urineafvoergaatjes in de roosterspleten, frequent bevochtigen en schoonzuigen van de vloer door een mestverzamelrobot en een mechanische kelderluchtafzuiging met een chemisch luchtwassysteem (95% emissiereductie)	OW 2021.08.V1	3	-	148
HA1.39	Ligboxenstal met V-vormige vloer van geprofileerde vloerelementen in een helling van 3,5% in combinatie met een gierafvoerbuis, waarvoor voor 1 januari 2024 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht of waarvoor tussen 1 januari 2024 en 9 maart 2026 een omgevingsvergunning voor een milieubelastende activiteit is verleend, of, als een vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor 9 maart 2026	OW 2022.01.V1	6,2	-	148
HA1.100	Overige huisvestingssystemen		13	–	148
HA2	**Diercategorie vrouwelijk jongvee jonger dan 2 jaar, diercategorie**				

	fokstieren jonger dan 2 jaar				
HA2.100	Overige huisvestingssystemen		4,4	–	38
HA3	**Diercategorie vleeskalveren jonger dan 1 jaar**				
HA3.1	Stal met hellende roostervloer in combinatie met hellende schijnvloer onder roostervloer waarvoor voor 6 mei 2020 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2012.09.V1	2,5	35,6	33
HA3.2	Stal met volledige roostervloer voorzien van een bolle rubber toplaag en afdichtkleppen in de roosterspleten waarvoor voor 20 juli 2023 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2018.04.V1	1,9	31,2	22
HA3.100	Overige huisvestingssystemen		3,5	35,6	33
HA4	**Diercategorie zoogkoeien van 2 jaar en ouder (inclusief ongespeende kalveren)**				
HA4.100	Overige huisvestingssystemen		4,1	–	86
HA5	**Diercategorie overig vleesvee vanaf spenen en jonger dan 2 jaar**				
HA5.100	Overige huisvestingssystemen		5,3	35,6	170
HA6	**Diercategorie overig rundvee van 2 jaar en ouder**				
HA6.100	Overige huisvestingssystemen		6,2	–	170
HOOFDCATEGORIE B: SCHAPEN					
HB1	**Diercategorie schapen van 1 jaar en ouder (inclusief lammeren)**				
HB1.100	Overige huisvestingssystemen (beweiden)		0,7	7,8	–
HOOFDCATEGORIE C: GEITEN					
HC1	**Diercategorie geiten van 1 jaar en ouder**				
HC1.100	Overige huisvestingssystemen		1,9	18,8	19

HC2	**Diercategorie geiten vanaf 61 dagen tot 1 jaar**				
HC2.100	Overige huisvestingssystemen		0,8	11,3	10
HC3	**Diercategorie geiten tot 61 dagen**				
HC3.100	Overige huisvestingssystemen		0,2	5,7	10
HOOFDCATEGORIE D: VARKENS					
HD1	**Diercategorie gespeende biggen minder dan 25 kg**				
HD1.1	Vlakke gecoate keldervloer met mestschuif	OW 1993.01.V1	0,20	5,4	56
HD1.2	Gedeeltelijk rooster met spoelgotensysteem	OW 1994.09.V1, OW 1997.01.V1	0,24	7,8	74
HD1.3	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof				
HD1.3.1	Volledig rooster	OW 1996.05.V1	0,18	7,8	56
HD1.3.2	Gedeeltelijk rooster	OW 1996.05.V1	0,25	7,8	74
HD1.4	Mestband in mestkanaal met metalen driekantrooster	OW 1996.06.V1	0,23	5,4	74
HD1.5	Ondiepe mestkelders met water- en mestkanaal				
HD1.5.1	Oppervlakte mestkanaal ten hoogste 0,13 m^2 per dierplaats	OW 1996.01.V1	0,26	5,4	74
HD1.5.2	Oppervlakte mestkanaal ten hoogste 0,19 m^2 per dierplaats	OW 2001.14.V1	0,33	7,8	74
HD1.6	Schuine putwand				
HD1.6.1	Emitterende mestoppervlakte ten hoogste 0,07 m^2 per dierplaats, ongeacht groepsgrootte	OW 2001.13.V1	0,17	5,4	74
HD1.6.2	Emitterende mestoppervlakte 0,07–0,10 m^2 per dierplaats in groepen tot 30 dieren	OW 2004.06.V1	0,21	5,4	74
HD1.6.3	Emitterende mestoppervlakte 0,07–0,10 m^2 per dierplaats in groepen vanaf 30 dieren zonder spoelgoten	OW 2010.04.V1	0,18	5,4	74
HD1.6.4	Emitterende mestoppervlakte 0,07–0,10 m^2 per dierplaats in groepen vanaf 30 dieren met spoelgoten	OW 1999.05.V1, OW 1999.06.V1	0,18	7,8	74
HD1.7	Gedeeltelijk rooster met verkleinde mestoppervlakte	OW 2001.16.V1	0,39	7,8	74
HD1.8	Mestopvang in water met mestafvoersysteem	OW 2006.07.V1	0,15	5,4	56
HD1.9	Volledig rooster met water- en mestkanaal	OW 2010.05.V1	0,20	5,4	56
HD1.10	Koeldeksysteem (150% koeloppervlakte)	OW 2010.12.V1	0,17	5,4	56
HD1.11	Hok met conditionering van de ligvloertemperatuur, mestkelders met water- en mestkanaal, voerbak en watervoorziening boven het waterkanaal, mestkanaal met metalen driekant roostervloer met mestspleet, beide kanalen	OW 2019.02.V1	0,21	5,4	56

	voorzien van een pan met watervulsysteem, dagelijkse mestafvoer uit het mestkanaal en een emitterend mestoppervlakte van ten hoogste 0,062 m^2 per dierplaats waarvoor voor 1 januari 2023 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht of, als deze vergunning niet nodig was, dat rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum				
HD1.100	Overige huisvestingssystemen		0,69	7,8	74
HD2	**Diercategorie kraamzeugen (inclusief biggen tot spenen)**				
HD2.1	Spoelgotensysteem, spoelen met dunne mest	OW 1993.12.V1, OW 1999.02.V1	3,3	27,9	160
HD2.2	Kunststof schijnvloer met schuif onder rooster	OW 1994.02.V1	3,7	27,9	160
HD2.3	Vlakke gecoate keldervloer met mestschuif	OW 1994.06.V1	4,0	27,9	160
HD2.4	Hellende gecoate keldervloer met giergoot en mestschuif	OW 1994.07.V1	3,1	27,9	160
HD2.5	Ondiepe mestkelders met mest- en waterkanaal	OW 1995.08.V1	4,0	27,9	160
HD2.6	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof	OW 1996.04.V1	3,1	27,9	160
HD2.7	Mestkanaal en hellende (schijn)vloer onder roostervloer	OW 2001.17.V1	5,0	27,9	160
HD2.8	Schuiven in mestgoot	0W 2001.18.V1	2,5	27,9	160
HD2.9	Waterkanaal met afgescheiden mestkanaal of mestbak	OW 2004.07.V1	2,9	27,9	160
HD2.10	Mestpan	OW 2006.08.V1	2,9	27,9	160
HD2.11	Mestgoot met mestafvoersysteem	OW 2010.06.V1	3,2	27,9	160
HD2.12	Mestpan met water- en mestkanaal	OW 2010.07.V1	2,9	27,9	160
HD2.13	Mestpan met water- en mestkanaal en koelsysteem	OW 2018.01.V1	1,3	27,9	160
HD2.14	Koeldeksysteem (150% koeloppervlakte)	OW 2010.15.V1	2,4	27,9	160
HD2.100	Overige huisvestingssystemen		8,3	27,9	160
HD3	**Diercategorie guste en dragende zeugen**				
HD3.1	Smalle ondiepe mestkanalen met metalen driekantrooster en rioleringssysteem (individuele huisvesting)	OW 1995.02.V1	2,4	18,7	175
HD3.2	Mestgoot met combinatierooster en frequente mestafvoer (individuele huisvesting)	OW 1995.05.V1	1,8	18,7	175
HD3.3	Spoelgotensysteem met dunne mest				
HD3.3.1	Individuele huisvesting	OW 1995.07.V1	2,5	18,7	175

HD3.3.2	Groepshuisvesting	OW 1998.01.V1, OW 1999.03.V1	2,5	18,7	175
HD3.4	Mestopvang in en spoelen met aangezuurde vloeistof				
HD3.4.1	Individuele huisvesting	OW 1996.03.V1	1,8	18,7	175
HD3.4.2	Groepshuisvesting	OW 1998.02.V1	1,8	18,7	175
HD3.5	Schuiven in mestgoot (individuele huisvesting)	OW 2001.19.V1	2,2	18,7	175
HD3.6	Mestband in mestkanaal met metalen driekantrooster	OW 2008.11.V1	2,2	18,7	175
HD3.7	Koeldeksysteem				
HD3.7.1	115% koeloppervlakte (individuele huisvesting)	OW 2010.16.V1	2,2	18,7	175
HD3.7.2	135% koeloppervlakte (groepshuisvesting)	OW 2010.17.V1	2,2	18,7	175
HD3.8	Groepshuisvesting zonder strobed met voerligboxen of voerstations en schuine putwanden in mestkanaal				
HD3.8.1	Met metalen driekantrooster	OW 2010.08.V1	2,3	18,7	175
HD3.8.2	Met anders dan metalen driekantrooster	OW 2006.09.V1	2,5	18,7	175
HD3.9	Rondloopstal met voerstation en strobed	OW 2010.09.V1	2,6	18,7	175
HD3.10	Hok met kelders met water- en mestkanaal, vloervoedering, mestkanaal met metalen driekant roostervloer met mestspleet, mest- en watergoot met schuine puntwanden, koelsysteem en watervul- en spoelsysteem in mestgoot, dagelijkse mestafvoer en een emitterend mestoppervlakte van ten hoogste 0,3 m^2 per dierplaats waarvoor voor 1 januari 2023 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht of, als deze vergunning niet nodig was, dat rechtmatig in gebruik is genomen voor 1 januari 2023	OW 2019.03.V1	1,5	18,7	175
HD3.100	Overige huisvestingssystemen (groepshuisvesting)		4,2	18,7	175
HD3.101	Overige huisvestingssystemen (individuele huisvesting)		4,2	18,7	175
HD4	**Diercategorie dekberen van 7 maanden en ouder**				
HD4.100	Overige huisvestingssystemen		5,5	18,7	180
HD5	**Diercategorie vleesvarkens van 25 kg en meer, diercategorie opfokberen van 25 kg en meer en jonger dan 7 maanden diercategorie opfokzeugen van 25 kg en meer**				

HD5.1	Scharrelvleesvarkens in beddenstal	OW 2001.30.V1	1,9	23,0	153
HD5.2	Gehele dierplaats onderkelderd zonder stankafsluiter	OW 2001.23.V1	4,5	23,0	153
HD5.3	Mestopvang in en spoelen met ammoniakarme vloeistof (inclusief aanzuren)	OW 1993.10.V1, OW 1993.11.V1, OW 1995.03.V1, OW 2001.24.V1	1,6	17,9	153
HD5.4	Metalen driekantrooster met mestopvang in met formaldehyde behandelde mestvloeistof	OW 1995.01.V1	1,0	17,9	153
HD5.5	Metalen driekantrooster met mestopvang in water	OW 1995.06.V1	1,3	17,9	153
HD5.6	Spoelgotensysteem met metalen driekantrooster	OW 1998.03.V1	1,2	23,0	153
HD5.7	Spoelgotensysteem met rooster	OW 1998.04.V1, OW 1999.04.V1	1,7	23,0	153
HD5.8	Water- en mestkanaal	OW 2001.03.v1	1,7	23,0	153
HD5.9	Mestkanaal met schuine putwand (en waterkanaal)				
HD5.9.1	Met metalen driekantrooster op mestkanaal				
HD5.9.1.1	Emitterende mestoppervlakte ten hoogste 0,18 m^2 per dierplaats met spoelgoten	OW 1997.04.V1	1,0	23,0	153
HD5.9.1.2	Emitterende mestoppervlakte 0,18–0,27 m^2 per dierplaats zonder spoelgoten	OW 2004.03.V1	1,0	17,9	153
HD5.9.1.3	Emitterende mestoppervlakte 0,18–0,27 m^2 per dierplaats met spoelgoten	OW 1997.04.V1	1,4	23.0	
HD5.9.1.4	Emitterende mestoppervlakte 0,18–0,27 m^2 per dierplaats zonder spoelgoten	OW 2004.04.V1	1,4	17,9	153
HD5.9.2	Met anders dan metalen driekantrooster op mestkanaal				
HD5.9.2.1	Emitterende mestoppervlakte ten hoogste 0,18 m^2 per dierplaats	OW 2004.05.V1	1,5	17,9	153
HD5.9.2.2	Emitterende mestoppervlakte 0,18–0,27 m^2 per dierplaats	OW 2010.10.V1	1,9	23,0	153
HD5.10	Koeldeksysteem (200% koeloppervlakte)				
HD5.10.1	Met metalen driekantrooster				
HD5.10.1.1	Emitterende mestoppervlakte ten hoogste 0,5 m^2 per dierplaats	OW 2004.08.V1	1,2	17,9	153
HD5.10.1.2	Emitterende mestoppervlakte ten hoogste 0,8 m^2 per dierplaats	OW 2010.19.V1	1,5	17,9	153
HD5.10.2	Met anders dan metalen driekantrooster				
HD5.10.2.1	Emitterende mestoppervlakte ten hoogste 0,6 m^2 per dierplaats	OW 2010.20.V1	1,6	17,9	153
HD5.10.2.2	Emitterende mestoppervlakte 0,6–0,8 m^2 per dierplaats	OW 2001.01.V1	2,4	23,0	153
HD5.11	Koeldeksysteem (170% koeloppervlakte) met metalen driekantrooster				

HD5.11.1	Emitterende mestoppervlakte mestkanaal groter dan 0,5 m^2, maar ten hoogste 0,67 m^2 per dierplaats	OW 2001.25.V1	1,7	23	153
HD5.11.2	Emitterende mestoppervlakte mestkanaal ten hoogste 0,5 m^2 per dierplaats	OW 2019.05.V1	1,4	17,9	153
HD5.12	Bollevloerhok met betonnen morsrooster en metalen driekantrooster				
HD5.12.1	Emitterende mestoppervlakte ten hoogste 0,22 m^2 per dierplaats	OW 2001.27.V1	1,4	17,9	153
HD5.12.2	Emitterende mestoppervlakte ten hoogste 0,33 m^2 per dierplaats	OW 2001.27.V1	2,0	23,0	153
HD5.13	Mestband in mestkanaal met metalen driekantrooster	OW 2008.11.V1	1,1	17,9	153
HD5.14	Hok met mestkelders met water- en mestkanaal, voerbak en watervoorziening boven het waterkanaal, mestkanaal met metalen driekant roostervloer, mestgoot met schuine putwanden, koelsysteem en watervul- en spoelsysteem, dagelijkse mestafvoer en een emitterende mestoppervlakte van ten hoogste 0,08 m^2 per dierplaats waarvoor voor 1 januari 2023 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht of, als deze vergunning niet nodig was, dat rechtmatig in gebruik is genomen voor 1 januari 2023	OW 2019.04.V1	0,77	17,9	153
HD5.100	Overige huisvestingssystemen		3,0	23,0	153
HOOFDCATEGORIE E: KIPPEN					
HE1	**Diercategorie opfokhennen en -hanen van legkippen jonger dan 18 weken**				
HE1.1	Kooihuisvesting				
HE1.1.1	Batterij met mestband	OW 1993.07.V1	0,020	0,18	2
HE1.1.2	Batterij met mestbandbeluchting				
HE1.1.2.1	Beluchting 0,2 m^3/uur per dierplaats	OW 1993.08.V1	0,020	0,18	2
HE1.1.2.2	Beluchting 0,4 m^3/uur per dierplaats	OW 1997.03.V1	0,006	0,18	2
HE1.1.3	Batterij met mestbandbeluchting en bovenliggende droogtunnel	OW 1999.01.V1	0,010	0,18	2
HE1.1.4	Batterij met mestschuiven en centrale mestband	OW 1995.04.V1	0,011	0,18	2
HE1.1.5	Batterij met open mestopslag	OW 2001.04.V1	0,045	0,18	2
HE1.1.6	Batterij met mest- en luchtkanaal	OW 2001.05.V1	0,208	0,18	2
HE1.1.7	Koloniehuisvesting met mestbandbeluchting 0,7 m^3/uur per dierplaats	OW 2009.10.V1	0,016	0,18	8
HE1.2	Grondhuisvesting				

HE1.2.1	Strooiselvloer (eventueel met roostervloer)	OW 2001.06.V1	0,170	0,18	30
HE1.2.2	Warmteheaters en ventilatoren	OW 2009.14.V1	0,088	0,18	30
HE1.2.3	Verhoogde roostervloer met daarboven oplierbare en/of opklapbare roosters	OW 2015.03.V1	0,110	0,18	30
HE1.2.4	Warmteheaters met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag	OW 2011.13.V1	0,088	0,18	30
HE1.3	Volièrehuisvesting				
HE1.3.1	Ten minste 50% rooster met mestband	OW 2005.02.V1	0,050	0,18	23
HE1.3.2	65–70% rooster en mestbandbeluchting 0,3 m^3/uur per dierplaats	OW 2005.03.V1	0,030	0,18	23
HE1.3.3	45–55% rooster en mestbandbeluchting				
HE1.3.3.1	Beluchting 0,1 m^3/uur per dierplaats	OW 2006.10.V1	0,030	0,18	23
HE1.3.3.2	Beluchting 0,3 m^3/uur per dierplaats	OW 2006.10.V1	0,023	0,18	23
HE1.3.4	30–35% rooster en mestbandbeluchting 0,4 m^3/uur per dierplaats	OW 2006.11.V1	0,014	0,18	23
HE1.3.5	55-60% rooster en mestbandbeluchting 0,4 m^3/uur per dierplaats	OW 2006.12.V1	0,020	0,18	23
HE1.100	Overige huisvestingssystemen (niet-batterijhuisvesting)		0,170	0,18	30
HE1.101	Overige huisvestingssystemen (batterijhuisvesting)		0,045	0,18	30
HE2	**Diercategorie legkippen van 18 weken en ouder, diercategorie ouderdieren van legkippen van 18 weken en ouder**				
HE2.1	Kooihuisvesting				
HE2.1.1	Verrijkte kooien met mestbandbeluchting	OW 2005.11.V1	0,030	0,35	23
HE2.1.2	Koloniehuisvesting met mestbandbeluchting	OW 2009.10.V1	0,030	0,35	23
HE2.2	Grondhuisvesting				
HE2.2.1	Circa 1/3 strooiselvloer en circa 2/3 roostervloer	OW 2001.09.V1	0,402	0,34	84
HE2.2.2	Met beluchting onder gedeeltelijk verhoogde roostervloer	OW 2010.21.V1	0,110	0,34	84
HE2.2.3	Met mestbeluchting via buizen onder beun	OW 2001.10.V1	0,125	0,34	84
HE2.2.4	Met enkele buis onder beun aan beide zijden van legnest	OW 2011.09.V1	0,150	0,34	84
HE2.2.5	Met mestbeluchting via verticale ventilatiekokers	OW 2011.10.V1	0,150	0,34	84
HE2.2.6	Twee verdiepingen met mestbanden onder roosters	OW 2004.11.V1	0,068	0,34	84
HE2.2.7	Met frequente mest- en strooiselverwijdering	OW 2004.12.V1	0,106	0,34	84
HE2.3	Volièrehuisvesting				

HE2.3.1	Ten minste 50% rooster met mestband	OW 2004.09.V1	0,090	0,34	65
HE2.3.2	45–55% roosters en mestbandbeluchting				
HE2.3.2.1	Beluchting ten minste 0,2 m^3/uur per dierplaats	OW 2004.10.V1	0,055	0,34	65
HE2.3.2.2	Beluchting ten minste 0,5 m^3/uur per dierplaats	OW 2004.10.V1	0,042	0,34	65
HE2.3.3	30–35% roosters en mestbandbeluchting 0,7 m^3/uur per dierplaats	OW 2005.04.V1	0,025	0,34	65
HE2.3.4	55–60% roosters en mestbandbeluchting 0,7 m^3/uur per dierplaats	OW 2005.05.V1	0,037	0,34	65
HE2.100	Overige huisvestingssystemen		0,315	0,34	84
HE3	**Diercategorie ouderdieren van vleeskuikens in opfok jonger dan 19 weken**				
HE3.1	Mixluchtventilatie	OW 2005.10.V1	0,114	0,18	23
HE3.2	Warmteheaters en ventilatoren	OW 2009.14.V1	0,129	0,18	23
HE3.3	Warmteheaters met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag	OW 2011.13.V1	0,129	0,18	23
HE3.4	Luchtmengsysteem voor droging strooisellaag met warmtewisselaar	OW 2010.13.V1	0,077	0,18	23
HE3.5	Buizenverwarming waarvoor voor 1 december 2022 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, die rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum en die is toegepast in een dierenverblijf dat nadien niet is vervangen of uitgebreid	OW 2017.01.V1	0,044	0,18	23
HE3.100	Overige huisvestingssystemen		0,250	0,18	23
HE4	**Diercategorie ouderdieren van vleeskuikens van 19 weken en ouder**				
HE4.1	Groepskooi met mestband en geforceerde mestdroging	OW 1995.09.V1, OW 1996.07.V1, OW 2009.23.V1	0,080	0,93	8
HE4.2	Volièrehuisvesting				
HE4.2.1	Met geforceerde mestdroging	OW 2010.22.V1	0,170	0,93	43
HE4.2.2	Met geforceerde mest- en strooiseldroging	OW 2010.23.V1	0,130	0,93	43
HE4.3	Perfosysteem op gedeeltelijk verhoogde roostervloer	OW 1998.05.V1	0,230	0,93	43
HE4.4	Grondhuisvesting met mestbeluchting				
HE4.4.1	Van bovenaf	OW 2004.13.V1	0,250	0,93	43
HE4.4.2	Met verticale slangen in mest	OW 2004.14.V1	0,435	0,93	43
HE4.4.3	Via buizen onder beun	OW 2010.03.V1	0,435	0,93	43

HE4.4.4	Via verticale ventilatiekokers	OW 2010.37.V1	0,435	0,93	43
HE4.5	Grondhuisvesting met mestbanden onder de roosters	OW 2007.10.V1	0,245	0,93	43
HE4.100	Overige huisvestingssystemen		0,580	0,93	43
HE5	**Diercategorie vleeskuikens**				
HE5.1	Zwevende vloer met strooiseldroging	OW 1993.02.V1, OW 1994.05.V1, OW 1996.02.V1, OW 1996.09.V1	0,004	0,33	22
HE5.2	Geperforeerde vloer met strooiseldroging	OW 1994.04.V1, OW 1996.08.V1	0,012	0,33	22
HE5.3	Etagesysteem met volledige roostervloer en mestbandbeluchting	OW 1997.02.V1	0,004	0,33	22
HE5.4	Grondhuisvesting met vloerverwarming en vloerkoeling	OW 2001.11.V1	0,038	0,33	22
HE5.5	Mixluchtventilatie	OW 2005.10.V1	0,031	0,33	22
HE5.6	Etagesysteem met mestband en strooiseldroging	OW 2006.13.V1	0,017	0,33	22
HE5.7	Warmteheaters en ventilatoren	OW 2009.14.V1	0,035	0,33	22
HE5.8	Luchtmengsysteem voor droging strooisellaag met warmtewisselaar	OW 2010.13.V1	0,021	0,33	22
HE5.9	Luchtmengsysteem voor droging strooisellaag met warmteheaters	OW 2011.13.V1	0,035	0,33	22
HE5.10	Buizenverwarming	OW 2017.01.V1			
HE5.10.1	Huisvestingssysteem waarvoor voor 1 december 2022 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, dat rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum en dat is toegepast in een dierenverblijf dat nadien niet is vervangen of uitgebreid		0,012	0,33	22
HE5.10.2	Huisvestingssysteem dat niet voldoet aan de voorwaarden, genoemd in rij HE5.10.1		0,021	0,33	22
HE5.100	Overige huisvestingssystemen		0,068	0,33	22
HOOFDCATEGORIE F: PARELHOENDERS					
HF1	**Diercategorie vleesparelhoenders**				
HF1.1	Zwevende vloer met strooiseldroging	OW 1993.02.V1, OW 1994.05.V1, OW 1996.02.V1 OW 1996.09.V1	0,004	0,33	22
HF1.2	Geperforeerde vloer met strooiseldroging	OW 1994.04.V1, OW 1996.08.V1	0,012	0,33	22
HF1.3	Etagesysteem met volledige roostervloer en mestbandbeluchting	OW 1997.02.V1	0,004	0,33	22
HF1.4	Grondhuisvesting met vloerverwarming	OW 2001.11.V1	0,038	0,33	22

	en vloerkoeling				
HF1.5	Mixluchtventilatie	OW 2005.10.V1	0,031	0,33	22
HF1.6	Etagesysteem met mestband en strooiseldroging	OW 2006.13.V1	0,017	0,33	22
HF1.7	Warmteheaters en ventilatoren	OW 2009.14.V1	0,035	0,33	22
HF1.8	Luchtmengsysteem voor droging strooisellaag met een warmtewisselaar	OW 2010.13.V1	0,021	0,33	22
HF1.9	Warmteheaters met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag	OW 2011.13.V1	0,035	0,33	22
HF1.10	Buizenverwarming	OW 2017.01.V1			
HF1.10.1	Huisvestingssysteem waarvoor voor 1 december 2022 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, dat rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum en dat is toegepast in een dierenverblijf dat nadien niet is vervangen of uitgebreid		0,012	0,33	22
HF1.10.2	Huisvestingssysteem dat niet voldoet aan de voorwaarden, genoemd in rij HF1.10.1		0,021	0,33	22
HF1.100	Overige huisvestingssystemen		0,068	0,33	22
HOOFDCATEGORIE G: KALKOENEN					
HG1	**Diercategorie ouderdieren van vleeskalkoenen jonger dan 6 weken**				
HG1.1	Verwarmingssysteem met warmteheaters en ventilatoren	OW 2009.14.V1	0,08	0,29	23
HG1.2	Warmteheaters met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag	OW 2011.13.V1	0,08	0,29	23
HG1.3	Luchtmengsysteem voor droging strooisellaag met warmtewisselaar	OW 2010.13.V1	0,05	0,29	23
HG1.4	Buizenverwarming	OW 2017.01.V1			
HG1.4.1	Huisvestingssysteem waarvoor voor 1 december 2022 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, dat rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum en dat is toegepast in een dierenverblijf dat nadien niet is vervangen of uitgebreid		0,03	0,29	23
HG1.4.2	Huisvestingssysteem dat niet voldoet aan de voorwaarden, genoemd in rij HG1.4.1		0,05	0,29	23
HG1.100	Overige huisvestingssystemen		0,15	0,29	23
HG2	**Diercategorie ouderdieren van vleeskalkoenen van 6 weken en**				

	ouder en jonger dan 30 weken				
HG2.1	Verwarmingssysteem met warmteheaters en ventilatoren	OW 2009.14.V1	0,24	1,55	163
HG2.2	Warmteheaters met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag	OW 2011.13.V1	0,24	1,55	163
HG2.3	Luchtmengsysteem voor droging strooisellaag met warmtewisselaar	OW 2010.13.V1	0,15	1,55	163
HG2.100	Overige huisvestingssystemen		0,47	1,55	163
HG3	**Diercategorie ouderdieren van vleeskalkoenen van 30 weken en ouder**				
HG3.100	Overige huisvestingssystemen		0,59	1,55	207
HG4	**Diercategorie vleeskalkoenen**				
HG4.1	Gedeeltelijk verhoogde strooiselvloer	OW 2001.12.V1	0,36	1,55	86
HG4.2	Mechanisch geventileerde stal met frequente strooiselverwijdering	OW 2005.07.V1	0,26	1,55	86
HG4.3	Verwarmingssysteem met warmteheaters en ventilatoren	OW 2009.14.V1	0,35	1,55	86
HG4.4	Warmteheaters met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag	OW 2011.13.V1	0,35	1,55	86
HG4.5	Luchtmengsysteem voor droging strooisellaag met warmtewisselaar	OW 2010.13.V1	0,21	1,55	86
HG4.100	Overige huisvestingssystemen		0,68	1,55	86
HOOFDCATEGORIE H: EENDEN					
HH1	**Diercategorie ouderdieren van vleeseenden**				
HH1.100	Overige huisvestingssystemen		0,320	0,49	182
HH2	**Diercategorie vleeseenden**				
HH2.1	Binnen mesten				
HH2.1.100	Overige huisvestingssystemen		0,210	0,49	84
HH2.2	Buiten mesten (per afgeleverd dier)		0,019	0,49	–
HOOFDCATEGORIE I: STRUISVOGELS					
HI1	**Diercategorie struisvogels jonger dan 4 maanden**				
HI1.100	Overige huisvestingssystemen		0,3	–	–
HI2	**Diercategorie struisvogels van 4 maanden en ouder en jonger dan 12 maanden**				
HI2.100	Overige huisvestingssystemen		1,8	–	–
HI3	**Diercategorie struisvogels van 12 maanden en ouder**				

HI3.100	Overige huisvestingssystemen		2,5	–	–
HOOFDCATEGORIE K: KONIJNEN					
HK1	**Diercategorie voedster**				
HK1.1	Mechanisch geventileerde stal met gescheiden afvoer van mest en urine	OW 2005.08.V1	0,77	–	–
HK1.2	Mechanisch geventileerde stal met gescheiden afvoer van mest en urine in een 'deeppit'-systeem	OW 2024.01.V1	0,5	–	–
HK1.100	Overige huisvestingssystemen		1,20	–	-
HK2	**Diercategorie vlees- en opfokkonijnen tot dekleeftijd**				
HK2.1	Mechanisch geventileerde stal met gescheiden afvoer van mest en urine	OW 2005.09.V1	0,12	–	–
HK2.2	Mechanisch geventileerde stal met gescheiden afvoer van mest en urine in een 'deeppit'-systeem	OW 2024.01.V1	0,12	–	–
HK2.100	Overige huisvestingssystemen		0,20	–	–
HOOFDCATEGORIE L: PAARDEN					
HL1	**Diercategorie paarden van 3 jaar en ouder**				
HL1.100	Overige huisvestingssystemen		5,0	–	–
HL2	**Diercategorie paarden jonger dan 3 jaar**				
HL2.100	Overige huisvestingssystemen		2,1	–	–
HL3	**Diercategorie pony's van 3 jaar en ouder**				
HL3.100	Overige huisvestingssystemen		3,1	–	–
HL4	**Diercategorie pony's jonger dan 3 jaar**				
HL4.100	Overige huisvestingssystemen		1,3	–	–

Bijlage VI. (aanvullende technieken en reductiepercentages)

Code	Omschrijving aanvullende techniek	Nummer systeembeschrijving Omgevingswet	Toepasbaar bij code	Reductiepercentage			Voldoen ook aan nummer systeembeschrijving Omgevingswet
				Ammoniak	Geur	PM_{10}	
LW	**Luchtwassystemen**						
LW1	**Enkelvoudige biologische luchtwassystemen**						
LW1.1	Biologisch luchtwassysteem	OW 2006.02.V1, OW 2007.03.V1, OW 2010.27.V1, OW 2011.11.V1, OW 2013.02.V1	HA3, HD, HE, HF, HG, HH1, HH2.1	70%	45%	75%	
			HC	67%	43%	71%	OW 2017.07
			HK	70%	-	-	
LW1.2	Biologisch luchtwassysteem	OW 2008.05.V1, OW 2011.12.V1	HA3, HD	70%	45%	75%	
			HC	67%	43%	71%	OW 2017.07
LW1.3	Biologisch luchtwassysteem	OW 2004.01.V1, OW 2008.01.V1, OW 2008.02.V1, OW 2008.03.V1, OW 2008.04.V1, OW 2008.12.V1, OW 2009.20.V1, OW 2009.21.V1	HA3, HD	70%	45%	60%	
			HC	67%	43%	57%	OW 2017.07
LW1.4	Biologisch luchtwassysteem	OW 2009.13.V1, OW 2010.28.V1, OW 2015.04.V1	HA3, HD, HE, HF, HG, HH1, HH2.1	70%	45%	60%	
			HC	67%	43%	57%	OW 2017.07
			HK	70%	-	-	
LW1.5	Biologisch luchtwassysteem	OW 2012.07.V1	HA3, HD	85%	45%	60%	
			HC	81%	43%	57%	OW 2017.07
LW1.6	Biofilter	OW 2011.03.V1	HE, HF, HG, HH1, HH2.1	70%	45%	80%	
LW1.7	Biofilter waarvoor voor 20 juli 2023 een omgevingsvergunning is verleend als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, aanhef en onder e, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht, of, als deze vergunning niet nodig was, dat rechtmatig in gebruik is genomen voor die datum	OW 2020.06.V1	HD	70%	45%	80%	
LW2	**Enkelvoudige chemische luchtwassystemen**						
LW2.1	Chemisch luchtwassysteem	OW 2001.31.V1, OW 2007.06.V1	HE1.1.2.1	90%	30%	35%	
LW2.2	Chemisch luchtwassysteem	OW 2001.32.V1, OW 2007.07.V1	HE1.1.2.2	90%	30%	35%	
LW2.3	Chemisch luchtwassysteem	OW 2004.02.V1, OW 2006.04.V1, OW 2006.05.V1, OW 2008.07.V1, OW 2009.01.V1,	HA3, HD	70%	30%	35%	
			HC	67%	29%	33%	OW 2017.07

		OW 2010.25.V1, OW 2011.14.V1					
LW2.4	Chemisch luchtwassysteem	OW 2005.01.V1, OW 2008.06.V1, OW 2014.01.V1	HA3, HD, HE, HF, HG, HH1, HH2.1	70%	30%	35%	
			HC	67%	29%	33%	OW 2017.07
			HK	70%	-	-	
LW2.5	Chemisch luchtwassysteem	OW 2007.05.V1	HA3, HD	95%	30%	35%	
			HC	90%	29%	33%	OW 2017.07
			HE1, HF, HG, HH1, HH2.1	90%	40%	35%	
			HK	90%	-	-	
LW2.6	Chemisch luchtwassysteem	OW 2008.08.V1	HA3, HD	95%	30%	35%	
			HC	90%	29%	33%	OW 2017.07
			HE1, HF, HG, HH1, HH2.1	90%	30%	35%	
			HK	90%	-	-	
LW2.7	Chemisch luchtwassysteem	OW 2008.09.V1, OW 2010.26.V1	HA3, HD	95%	30%	35%	
			HC	90%	29%	33%	OW 2017.07
LW2.8	Chemisch luchtwassysteem	OW 2013.08.V1	HA3, HD, HE, HF, HG, HH1, HH2.1	90%	30%	35%	
			HC	86%	29%	33%	OW 2017.07
			HK	90%	-	-	
LW2.9	Chemisch luchtwassysteem	OW 2021.03.V1	HE1, HE2, HE3, HE4, HG1, HG2, HG3, HH1	70%	30%	70%	
LW2.10	Chemisch luchtwassysteem	OW 2021.04.V1	HE5, HF1, HG4, HH2.1	70%	30%	70%	
LW3	**Water luchtwassystemen**						
LW3.1	Water luchtwassysteem	OW 2009.19.V1	HE1, HE2, HE3, HE4, HE5, HF1, HG1, HG2, HG3, HG4, HH1, HH2.1	0%	0%	33%	
LW4	**Meervoudige luchtwassystemen**						
LW4.1	Biologische luchtwassysteem met watergordijn	OW 2007.02.V1, OW 2009.12.V1, OW 2010.02.V1	HA3, HD	85%	45%	80%	
			HC	81%	43%	76%	OW 2017.07.V1
LW4.2	Biologisch en water luchtwassysteem met geurverwijderingssectie	OW 2011.07.V1	HA3, HD	85%	45%	80%	
			HC	81%	43%	76%	OW 2017.07.V1
LW4.3	Biologisch en chemisch luchtwassysteem met biofilter	OW 2011.08.V1	HA3, HD	90%	45%	80%	
			HC	86%	43%	76%	OW 2017.07.V1
LW4.4	Chemisch luchtwassysteem (lamellenfilter) en water luchtwassysteem	OW 2006.14.V1	HA3, HD	85%	30%	80%	
			HC	81%	29%	76%	OW 2017.07.V1
LW4.5	Chemisch en water	OW 2006.15.V1	HA3, HD	70%	30%	80%	

	luchtwassysteem met biofilter		HC	67%	29%	76%	OW 2017.07.V1
LW4.6	Chemisch en water luchtwassysteem met biofilter	OW 2007.01.V1	HA3, HD	85%	30%	80%	
			HC	81%	29%	76%	OW 2017.07.V1
AR	**Aanvullende technieken rundvee**						
AR1	**Beweiden**						
AR1.1	Beweiden		HA1	0%	0%	20%	
AV	**Aanvullende technieken varkens**						
AV1	Schuine wanden in mestkanaal						
AV1.1	Schuine wanden in mestkanaal	OW 2016.01.V1	HD1.100	40%	0%	0%	
AV1.2	Schuine wanden in mestkanaal	OW 2016.02.V1	HD2.100, HD5.100	15%	0%	0%	
AV1.3	Schuine wanden in mestkanaal	OW 2016.03.V1	HD3.100, HD3.101	20%	0%	0%	
AV100	**Overige technieken varkens**						
AV100.1	Drijvende ballen in mest	OW 2010.01.V1	HD	29%	0%	0%	
AP	**Aanvullende technieken pluimvee**						
AP1	**Oliefilm**						
AP1.1	Oliefilm met drukleidingen	OW 2009.17.V1	HE3, HE5, HF1, HG4	0%	0%	54%	
AP1.2	Oliefilm met sproeikoppen	OW 2015.01.V1	HE1.3, HE2.3, HE4.2	0%	0%	15%	
AP1.3	Oliefilm met robot	OW 2015.02.V1	HE1.2.1, HE1.100, HE2.2, HE2.100, HE4.3, HE4.4, HE4.5, HE4.100	0%	0%	30%	
AP2	**Ionisatie**						
AP2.1	Ionisatie met negatieve coronadraden	OW 2009.18.V1	HE5.1, HE5.2, HE5.3, HE5.4, HE5.5, HE5.7, HE5.8, HE5.9, HE5.10, HE5.100	0%	0%	49%	
AP2.2	Ionisatiefilter	OW 2011.01.V1	HE1, HE2, HE3, HE4, HE5, HF1, HG1, HG2, HG3, HG4, HH1, HH2.1	0%	0%	57%	
AP2.3	Ionisatie met koolstofborsteltjes	OW 2020.03.V1	HE, HF, HG	0%	0%	31%	
AP2.4	Ionisatie met negatieve coronadraden (prikkeldraad)	OW 2020.04.V1	HE5.1, HE5.2, HE5.3, HE5.4, HE5.5, HE5.7, HE5.8, HE5.9, HE5.10, HE5.100	0%	0%	52%	

AP2.5	Ionisatie-units met ingebouwde coronadraden en ingebouwd collectoroppervlak	OW 2020.05.V1	HE5.1, HE5.2, HE5.3, HE5.4, HE5.5, HE5.7, HE5.8, HE5.9, HE5.10, HE5.100	0%	0%	16%	
AP3	**Mestdrogen**						
AP3.1	Droogtunnel met geperforeerde banden	OW 2005.06.V1	HE1, HE2	0%	0%	30%	
AP3.2	Droogtunnel met geperforeerde metalen platen	OW 2007.09.V1	HE1, HE2	0%	0%	55%	
AP3.3	Mestdroogsysteem met geperforeerde doek	OW 2001.36.V1	HE1, HE2, HE4, HE5	0%	0%	55%	
AP4	**Uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens**						
AP4.1	Uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 13 dagen	OW 2009.02.V1	HE5.4	10%	10%	10%	
		OW 2009.03.V1	HE5.5	10%	10%	10%	
		OW 2009.04.V1	HE5.6	10%	10%	10%	
		OW 2009.15.V1	HE5.7	10%	10%	10%	
		OW 2017.08.V1	HE5.8	10%	10%	10%	
		OW 2017.09.V1	HE5.10	0%	10%	10%	
		OW 2009.08.V1	HE5.100	10%	10%	10%	
AP4.2	Uitbroeden eieren en opfokken vleeskuikens tot 19 dagen	OW 2009.05.V1	HE5.4	15%	20%	23%	
		OW 2009.06.V1	HE5.5	10%	20%	23%	
		OW 2009.07.V1	HE5.6	25%	20%	23%	
		OW 2009.16.V1	HE5.7	15%	20%	23%	
		OW 2017.10.V1	HE5.8	10%	20%	23%	
		OW 2017.11.V1	HE5.10	0%	20%	23%	
		OW 2009.09.V1	HE5.100	25%	20%	23%	
AP100	**Overige technieken pluimvee**						
AP100.1	Droogfilterwand	OW 2010.29.V1	HE, HF, HG, HH1, HH2.1	0%	0%	40%	
AP100.2	Strooiselschuif	OW 2017.02.V1	HE2.3	20%	0%	20%	
AP100.3	Luchtconditioneringsunit	OW 2020.01.V1	HE, HF, HG, HH1, HH2.1	0%	0%	80%	
AP100.4	Warmtewisselaar; 1–95% reductie PM_{10}	OW 2021.01.V1	HE, HF, HG, HH1, HH2.1	0%	0%	1–95%	
AP100.5	Stoffilter met 99% verwijdering PM_{10}	OW 2021.02.V1	HE, HF, HG, HH1, HH2.1	0%	0%	1–95%	

Bijlage VIa. (vroege teelten)

- Aardappelen
- Aardbeien, vermeerdering
- Andijvie
- Anijs
- Asperge
- Blauwmaanzaad
- Bloemkool, productie-
- Boerenkool
- Bonen, tuin-
- Bonen, veld-
- Boomkwekerijgewassen
- Bol- en knolgewassen in de sierteelt, met uitzondering van tulp
- Bospeen
- Bosui, zomer-
- Broccoli
- Chinese kool, productie-
- Dille
- Echinacea
- Erwten
- Fruitteelt
- Granen, winter-
- Granen, zomer-
- Gras-klaver
- Grasland, blijvend
- Grasland, tijdelijk
- Grasland, natuurlijk
- Graszaad
- Graszoden
- Haver
- Kapucijners (en grauwe erwten)
- Kervel
- Knoflook
- Komijn
- Koolrabi
- Koolzaad, winter-
- Koolzaad, zomer-
- Linzen
- Lupine
- Luzerne
- Maïs, geteeld overeenkomstig de biologische productiemethode
- Meerjarige bloemisterijgewassen
- Paksoi
- Peterselie
- Peulen
- Plantuien
- Prei, zaai- en productie-
- Pronkbonen
- Raapstelen
- Rabarber
- Radijs
- Rode kool, productie-
- Rode bieten/ kroten
- Savooiekool, productie-
- Schorseneren
- Selderij, productie-
- Sjalotten
- Sla, productie-
- Snij- en trekheesters

- Snijrogge
- Spinazie, productie-
- Spitskool, productie-
- Suikerbieten
- Suikermaïs onder folie
- Valeriaan
- Vaste planten
- Venkel
- Vlas, vezel- en olie-
- Voederbieten
- Waspeen, productie-
- Witte kool, productie-
- Zaaiuien

Bijlage VIb. (rustgewassen)

- Afrikaantjes (tagetes)
- Beemdlangbloem
- Blauwmaanzaad
- Bloemmengsel (randen)
- Boekweit
- Bruine bonen
- Korte (groente)teelten, vroeg geoogste gewassen of in voorkomend geval een combinatie van beide, gevolgd door een voor 1 september en na de oogst van de vorige teelt ingezaaid onbemest vanggewas (gewas overeenkomstig tabel 6 van bijlage A bij de Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) waarbij het vanggewas niet voor 1 februari wordt vernietigd
- Dahlia
- Droge erwten
- Engels raaigras
- Festulolium
- Gerst, winter-
- Gerst, zomer-
- Granen, overige
- Gras-klaver
- Grasland, blijvend
- Grasland, natuurlijk
- Grasland, tijdelijk
- Graszaad
- Graszoden
- Haver
- Italiaans raaigras
- Karwijzaad
- Klaver, rode
- Klaver, witte
- Kolen
- Koolzaad
- Koolzaad, winter- (inclusief boterzaad)
- Koolzaad, zomer- (inclusief boterzaad)
- Kruiden, zaadgewassen
- Lelie (eerste jaar van meerjarige teelt)
- Lijnzaad, niet van vezelvlas (olievlas)
- Lupinen, niet bittere
- Luzerne
- Miscanthus (olifantsgras)
- Narcis (eerste jaar van meerjarige teelt)
- Peterselie, productie-
- Pioen (eerste jaar van meerjarige teelt)
- Quinoa
- Raapzaad
- Raketblad (Solanum sisymbriifolium)
- Rietzwenkgras, anders dan voor industriegras
- Rietzwenkgras, industriegras
- Rode kool
- Witte kool
- Rogge, met uitzondering van snijrogge
- Roodzwenkgras
- Rustgewasmengsel, waarbij het mengsel voor ten minste twee derde bestaat uit een of meer rustgewassen uit deze bijlage
- Snijrogge
- Soedangras/sorghum
- Soja
- Spelt
- Spruitkool
- Tarwe, winter-

- Tarwe, zomer-
- Teelten voor zaaizaad en vermeerdering
- Timothee
- Triticale
- Tuinbonen
- Veldbeemdgras
- Veldbonen
- Vezelhennep
- Vezelvlas
- Vogelakkers
- Westerwolds raaigras
- Zonnekroon

Bijlage VII. (maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik met betrekking tot milieubelastende activiteiten)

Inhoudsopgave

Onderdeel Code	Categorie Code	Categorie Omschrijving (onderwerp)
F	A	Perslucht
F	B	Stoom
F	C	Aandrijvingen
F	D	Productkoeling
F	E	Grootkeukenapparatuur
F	F	Ovens
F	G	Terreinverlichting
F	H	Zwembad
F	I	Serverruimte
F	J	Roltrap
F	K	Zonnepanelen
P	A	Natlakspuitcabines
P	B	Drogen
P	C	Procesbaden
P	D	Procesapparatuur
P	E	Proceswarmte
P	F	Proceskoeling
P	G	Veehouderijen
P	H	Datacentrum

Onderdeel 1 Faciliteiten:
Categorie: Perslucht

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA1
Toe te passen maatregel	**Vergroot de persluchtbuffer.** Door het aansluiten van een (extra) buffervat op het bestaande persluchtnet kan meer perslucht opgeslagen worden, waardoor het aantal starts en stops van de compressor wordt beperkt.
Huidige situatie	Er is een persluchtcompressor met aan/uit-schakelaar aanwezig zonder buffervat of met een te klein buffervat. Hierdoor draait de persluchtinstallatie minimaal 15 minuten per bedrijfsuur in nullast. Bij vergroting van de buffer is het uitgangspunt om maximaal 5 minuten aaneengesloten in nullast te draaien.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 4.100 bedrijfsuren van het persluchtnet per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 3.400 bedrijfsuren van het persluchtnet per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte nabij de persluchtcompressor om een persluchtbuffervat te plaatsen. De persluchtvraag is gemiddeld gezien variabel gedurende een bedrijfsuur. De persluchtcompressor heeft een vermogen van minimaal 10 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja

Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig op persluchtlekkages en verhelp deze.

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA2
Toe te passen maatregel	**Plaats een afsluiter met tijdschakelaar om verlies van perslucht buiten bedrijfstijden te beperken.** Door het toepassen van een afsluiter met tijdschakelaar op het persluchtnet of delen daarvan kunnen apparaten en machines worden losgekoppeld van de perslucht. Zo hoeft de compressor niet onnodig perslucht te comprimeren buiten bedrijfstijden.
Huidige situatie	Er is een centraal persluchtnet aanwezig dat geheel of deels onder druk staat buiten gebruikstijden.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De op het persluchtnet aangesloten apparaten en machines zijn geschikt om zonder persluchtdruk buiten bedrijf stil te staan.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig op persluchtlekkages en verhelp deze. Controleer regelmatig de instelling van de tijden dat het persluchtnet buiten bedrijf is en zorg dat deze bij veranderende bedrijfstijden (zoals bij zomer- en wintertijd) worden bijgewerkt.

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA3
Toe te passen maatregel	**Pas een flow-drukregelaar toe in het persluchtnet.** Door integratie van een flow-drukregelaar (regelklep direct na het buffervat) in een persluchtnet kunnen schommelingen in de persluchtvraag worden uitgebalanceerd. Om de schommelingen op te vangen is de persdruk vaak hoger ingesteld dan nodig. Door toepassing van een flow-drukregelaar kan de persdruk in het buffervat worden verlaagd. De verlaging in persdruk zorgt voor een besparing op het energiegebruik van de compressor. Daarbij zal door lagere druk het persluchtgebruik per gebruiker afnemen en lekt er minder perslucht weg. Door minder persluchtgebruik of -lekkage zal de compressor ook energie besparen.
Huidige situatie	Er is een persluchtnet met een centrale toerengeregelde persluchtcompressor(en) en buffervat aanwezig, waarbij een flow-drukregelaar ontbreekt.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.700 bedrijfsuren van het persluchtnet per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de compressor is ten hoogste 45 kW en het persluchtgebruik is maximaal 7 m^3/min. In het persluchtnet vinden hoge drukvallen plaats door grote persluchtafname.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verlaag de persluchtdruk na plaatsing van de schakelaar en controleer regelmatig de ingestelde waarde.

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA4
Toe te passen maatregel	**Plaats een luchtkanaal zodat de persluchtcompressor (koude) buitenlucht aanzuigt.** Plaats een luchtkanaal voor het aanzuigen van buitenlucht of van binnenlucht uit

	een onverwarmde ruimte. Als de persluchtcompressor koudere lucht aanzuigt kan er energiezuiniger perslucht worden gemaakt.
Huidige situatie	Er is een centraal persluchtnet aanwezig met een persluchtcompressor van ten minste 7,5 kW die warme lucht aanzuigt vanuit de ruimte waarin deze is opgesteld.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.000 bedrijfsuren van de persluchtcompressor per jaar.
Technische randvoorwaarden	De compressor staat binnen 5 m van een buitenmuur.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA5
Toe te passen maatregel	**Gebruik zuinige persluchtgereedschappen.** Door gebruik te maken van nieuwe en energiezuinige perslucht aangedreven gereedschappen, zoals blaaspistolen, wordt er minder perslucht gebruikt en energie bespaard.
Huidige situatie	Er wordt gebruik gemaakt van 'conventionele' persluchtgereedschappen, zoals blaaspistolen, met een nominaal gebruik van meer dan 120 l/min.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij gereedschappen die meer dan 1.800 uur per jaar worden gebruikt.
Technische randvoorwaarden	De persluchtcompressoren hoeven niet te worden aangepast door het verminderde gebruik van perslucht.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Onderhoud de perslucht aangedreven gereedschappen zodat er geen onnodige perslucht verloren gaat en houd ze schoon. Controleer regelmatig op persluchtlekkages aan gereedschap, koppelingen en leidingen en verhelp deze.

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA6
Toe te passen maatregel	**Gebruik elektrisch handgereedschap als vervanging voor pneumatisch aangedreven gereedschap.** Door waar mogelijk elektrisch handgereedschap toe te passen en perslucht aangedreven gereedschap alleen te gebruiken wanneer er geen elektrisch alternatief is, kan het persluchtgebruik worden beperkt. Het opwekken van perslucht voor het aandrijven van gereedschap is minder efficiënt dan het gebruiken van elektrisch aangedreven gereedschap.
Huidige situatie	Persluchtaangedreven handgereedschap wordt gebruikt voor toepassingen waar een elektrisch alternatief voor kan worden gebruikt.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij gebruik van het gereedschap van meer dan 6 u/wk.
Technische randvoorwaarden	Er is een geschikt elektrisch alternatief beschikbaar dat voldoet aan de specifieke eisen van de werkzaamheden zoals voldoende koppel en een handzaam gewicht en formaat. De gereedschappen worden niet in een ATEX omgeving gebruikt.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA7
Toe te passen maatregel	**Gebruik een blower voor het schoonblazen in plaats van perslucht.** Voor werkzaamheden zoals schoonblazen van vloeren en machines waarbij met perslucht wordt geblazen kan een decentrale blower worden gebruikt. Dit is energiezuiniger dan blazen met perslucht.
Huidige situatie	Blazen gebeurt met perslucht van ten minste 6 bar.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij gebruik van perslucht voor schoonblazen van meer dan 6 u/wk.
Technische randvoorwaarden	Het proces moet toestaan dat er met een lagere druk en groter luchtvolume schoongeblazen wordt. De blower is binnen 10 m van de toepassing te plaatsen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA8
Toe te passen maatregel	**Vervang de regelklepbediening op basis van perslucht door elektrische aandrijvingen.** Door het op perslucht aangedreven besturend element (actuator) van de regelklep te vervangen door een servo- of stappenmotor, kan energie worden bespaard. Bij een perslucht aangedreven actuator moet het gehele jaar lucht op druk worden gehouden. Daarom is een elektrische aandrijving efficiënter.
Huidige situatie	Er is een regelklep met een door perslucht aangedreven actuator (besturend element) aanwezig die is aangesloten op het centrale persluchtnet. De actuator kan separaat worden vervangen.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij processen die het hele jaar continu in bedrijf zijn.
Technische randvoorwaarden	Er is een elektrische voedingskast beschikbaar binnen 10 m. De regelklep bevindt zich niet in een ATEX-omgeving.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie: Stoom

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB1
Toe te passen maatregel	**Verlaag de stoomdruk van het centrale stoomnet.** Een verlaging van de stoomdruk zorgt voor lagere (stoom)temperaturen en voor een lagere schoorsteentemperatuur. Daardoor verliest de ketel minder warmte en wordt het warmteverlies door de schoorsteen kleiner. Bovendien neemt het verlies in het (stoom)distributienet en het flashverlies in condenspotten af. De mate van verlaging van de stoomdruk wordt bepaald door de stoomafnemer die om de hoogste stoomdruk vraagt om te kunnen blijven opereren.
Huidige situatie	Er is een stoomketel aanwezig die is gekoppeld aan een centraal stoomnet en de druk op het stoomnet is hoger dan voor de aangesloten apparaten vereist is.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: het stoomnet is meer dan 2.300 uur per jaar op druk.
Technische randvoorwaarden	Voor de verlaging van het stoomdruksetpoint zijn geen verdere veranderingen aan het systeem nodig. De stoomafnemers kunnen functioneren met de verlaagde stoomdruk.

	De huidige leidingen en appendages dienen geschikt te zijn voor een verhoging van de stromingssnelheden van de stoom. De stoomdruk bedraagt minimaal 4 bar. De stoomdruk kan met ten minste 10% worden verlaagd.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de stoomdruk in het stoomnet.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB2
Toe te passen maatregel	**Gebruik een economiser om warmte uit de rookgassen van de stoomketel nuttig in te zetten.** Door het uitkoelen van rookgas met een economiser kan de restwarmte uit de rookgassen worden benut om het ketelvoedingwater voor te verwarmen.
Huidige situatie	Er is een stoomketel aanwezig en de warmte uit de rookgassen wordt niet benut.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 2.100 vollasturen van de stoomketel per jaar.
Technische randvoorwaarden	De klep voor het ketelvoedingswater moet modulerend zijn om een constante flow in de economiser te garanderen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verricht regelmatig metingen aan de in- en uitgaande temperaturen om vast te stellen of de economiser goed werkt.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB3
Toe te passen maatregel	**Gebruik een rookgascondensor om warmte uit de rookgassen van de stoomketel nuttig in te zetten.** Door het condenseren van rookgas met een RVS-condensor kan de restwarmte uit de rookgassen nuttig worden ingezet. Toepassing van de maatregel vereist dat de brander van de stoomketel opnieuw wordt afgesteld.
Huidige situatie	Er is een stoomketel met economiser aanwezig en de rookgassen verlaten de schoorsteen (na de economiser) met een temperatuur van 130 °C of hoger.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Er is redelijk koud suppletiewater aanwezig (10 - 20°C). Het suppletiewaterdebiet is relatief hoog (meer dan 80% van de massastroom stoom), of er is warmtevraag aanwezig zoals water voor centrale verwarming of schoonmaakwater.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Onderhoud de warmtewisselaar volgens de leveranciersvoorschriften.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB4
Toe te passen maatregel	**Vervang stoom als middel voor ruimteverwarming.** Door stoom als middel voor ruimteverwarming te vervangen voor een efficiënter alternatief wordt energie bespaard. Mogelijke alternatieven zijn een indirect gestookte heater, een direct gestookte hoogrendement (HR)-heater of donkere stralers.

Huidige situatie	De ruimteverwarming gebeurt met een met stoom gevoede luchtverhitter.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Er is een aansluitpunt voor gas aanwezig binnen een afstand van 50 m van de te verwarmen ruimte. De huidige constructie en de elektriciteitsaansluiting kunnen worden hergebruikt (één-op-één vervanging van de huidige heaters). Er zweeft geen brandbaar stof (zoals houtstof of andere organische stoffen) in de ruimte. De rookgasafvoer kan direct door het dak gerealiseerd worden.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB5
Toe te passen maatregel	**Isoleer ongeïsoleerde warme delen van de stoomketel.** Door het aanbrengen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van ten minste 1,0 m^2K/W bij ongeïsoleerde mangaten, ketel-achterfronten en voedingswaterregelkleppen van stoomketels, kan warmteverlies worden voorkomen.
Huidige situatie	Bepaalde delen van de stoomketel, zoals mangaten, het ketel-achterfront en de voedingswaterregelklep zijn niet of onvoldoende geïsoleerd.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Voer jaarlijks een (visuele) controle uit naar de staat van de isolatie.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB6
Toe te passen maatregel	**Isoleer stoomleidingen en appendages.** Door het aanbrengen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van ten minste 2,5 m^2K/W rondom stoomleidingen en appendages wordt warmteverlies tegengegaan.
Huidige situatie	De stoomleidingen zijn niet of onvoldoende geïsoleerd.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Voer jaarlijks een (visuele) controle uit naar de staat van de isolatie.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB7
Toe te passen maatregel	**Pas een omgekeerde osmose (RO)-installatie toe om de ketelwaterkwaliteit te verbeteren.** Met een omgekeerde osmose-installatie kan de waterkwaliteit voor een gasgestookte stoomketel worden verbeterd. Hierdoor is er minder toevoeging van

	nieuw water nodig en wordt er ook minder water ververst (spui). Dit verlaagt het watergebruik en daardoor hoeft er minder water te worden opgewarmd in de stoomketel.
Huidige situatie	Er is een stoomketel zonder waterbehandeling of met enkel een eenvoudige ontharder zoals een harskolom aanwezig. De waterverversing (spui) is ten minste 10%.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende opstelruimte in het ketelhuis voor een omgekeerde osmose-installatie.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks op lekkages en voer zo nodig onderhoud uit aan de reverse osmose-installatie.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB8
Toe te passen maatregel	**Plaats een warmtewisselaar bij de uitgang van een heetwaterproces om het suppletiewater voor te verwarmen met warmte uit te lozen water.** Door het plaatsen van een warmtewisselaar bij de uitgang van een heetwaterproces kan het suppletiewater van de stoomketel worden voorverwarmd met warmte uit te lozen afvalwater. Voorbeelden van dergelijke warmteterugwinning zijn een kratten- of gereedschapwasser.
Huidige situatie	Er is een heetwaterproces aanwezig (bijvoorbeeld een kratten- of gereedschapwasser) waarbij het warme afvalwater wordt geloosd op het vuilwaterriool zonder dat daar warmte uit is teruggewonnen.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 1.500 bedrijfsuren van het heetwaterproces per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het heetwaterproces verbruikt ten minste 500 m^3 water per jaar.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Inspecteer en reinig elke twee jaar de warmtewisselaar.

Categorie: Aandrijvingen

Onderwerp	Aandrijvingen
Nummer maatregel	FC1
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregeling toe op machines.** Met de toepassing van een frequentieregelaar op de elektromotor welke een machine of machinedeel aandrijft kan de motor optimaal worden ingezet in de bedrijfsvoering. De aandrijving door de elektromotor kan middels de frequentieregelaar optimaal worden ingeregeld, waarbij de snelheid van de elektromotor zodanig wordt gekozen dat de aandrijving zijn functie goed kan vervullen met een zo laag mogelijk opgenomen vermogen. Deze maatregel beslaat directe en indirecte aandrijvingen, zoals via as, snaar, riem, ketting en dergelijke.
Huidige situatie	Er is een machine aanwezig met een aandrijving via elektromotor met een elektrisch vermogen van ten minste 8 kW. De efficiëntieklasse van de elektromotor is ten minste IE2.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.300 draaiuren per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 800 draaiuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte in de regelkast om de frequentieregelaar te kunnen plaatsen, óf de motor is goed toegankelijk, waardoor de frequentieregelaar nabij de elektromotor kan worden geplaatst. De functionaliteit van de machine moet een variabel of verlaagd toerental toestaan.

Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Aandrijvingen
Nummer maatregel	FC2
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregeling op pompen toe.** Door het toepassen van een frequentieregelaar op de pomp kan de pomp optimaal worden ingeregeld. Daarbij wordt het werkpunt van de pomp zodanig gekozen dat de pomp zijn functie goed kan vervullen met een zo laag mogelijk opgenomen vermogen. Bij veel toepassingen kan een eenvoudige debiet- of drukregeling worden ingesteld, waarbij de pomp altijd naar het optimale werkpunt wordt geregeld.
Huidige situatie	Er is een variabele flow of een overcapaciteit welke wordt gesmoord met een regel- of smoorklep. Er is een pomp van ten minste 4 kW aanwezig, die wordt aangedreven door een elektromotor van efficiencyklasse IE2 of hoger.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 4.100 draaiuren per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 3.000 draaiuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte in de regelkast om de frequentieregelaar te kunnen plaatsen, óf de frequentieregelaar kan nabij de elektromotor worden geplaatst.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Aandrijvingen
Nummer maatregel	FC3
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregeling toe op compressoren van onder andere de koel-, vries- en persluchtinstallaties.** Door het toepassen van de frequentieregelaar wordt het toerental van de compressor optimaal ingeregeld, zodanig dat de compressor de gewenste druk en debiet kan leveren met een zo laag mogelijk opgenomen vermogen. Daarnaast kan bij veel toepassingen een eenvoudige druk- of temperatuurregeling worden ingesteld, waarbij de compressor altijd naar het optimale werkpunt wordt geregeld. Bij een installatie waarin meerdere compressoren parallel opereren moet alleen de compressor met het grootste regelvermogen van een frequentieregelaar worden voorzien.
Huidige situatie	Er is een compressor zonder frequentieregeling aanwezig, aangedreven door een elektromotor met een elektrisch vermogen van ten minste 8 kW. De efficiëntieklasse van de elektromotor is ten minste IE2.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.300 draaiuren per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 1.000 draaiuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte in de regelkast om de frequentieregelaar te kunnen plaatsen, óf de frequentieregelaar kan nabij de elektromotor worden geplaatst.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Aandrijvingen
Nummer maatregel	FC4

Toe te passen maatregel	**Vervang elektromotoren met efficiëntieklasse IE2 of lager door een motor met efficiëntieklasse IE4 of hoger.** Elektromotoren met een hogere efficiëntieklasse, zoals IE4 gebruiken minder elektriciteit dan elektromotoren met een lagere efficiëntieklasse. Door het vervangen van elektromotoren met efficiëntieklasse IE2 of lager door elektromotoren met efficïëntieklasse IE4 of hoger wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Er zijn elektromotoren aanwezig met efficiëntieklasse IE2 of lager. Deze motoren zijn herkenbaar doordat er geen IE-klasse, klasse IE1 of IE2 op het typeplaatje van de motor staat.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 1.000 draaiuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de motoren is ten minste 0,75 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Test en controleer regelmatig de lagers en de weerstand van de wikkelingen volgens leveranciersvoorschriften.

Onderwerp	Aandrijvingen
Nummer maatregel	FC5
Toe te passen maatregel	**Vervang IE3-elektromotoren door efficiëntieklasse IE4 of hoger.** Elektromotoren met een hogere efficiëntieklasse, zoals IE4 gebruiken minder elektriciteit dan elektromotoren met een lagere efficiëntieklasse. Door het vervangen van IE3-elektromotoren door IE4-elektromotoren of hoger wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Er zijn elektromotoren aanwezig met efficiëntieklasse IE3. Deze motoren zijn herkenbaar doordat er IE3 op het typeplaatje van de motor staat.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 1.900 draaiuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de motoren is meer dan 0,75 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Test en controleer regelmatig de lagers en de weerstand van de wikkelingen volgens leveranciersvoorschriften.

Categorie: Productkoeling

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD1
Toe te passen maatregel	**Gebruik een alternatief voor elektrische verwarming aan de binnenzijde van de glazen deur van een verticaal vriesmeubel.** Door anti-condensfolie of een coating aan de binnenkant van de glazen deur aan te brengen is er geen elektrische verwarming meer nodig en kan deze verwijderd worden. Dit geeft een besparing op het elektriciteitsgebruik van het vriesmeubel en de koelinstallatie, omdat de koelinstallatie de ontstane warmte dan niet weg hoeft te koelen.
Huidige situatie	Er is een verticaal vriesmeubel aanwezig waarbij gebruik wordt gemaakt van elektrische (rand)verwarming op de glazen deur voor het voorkomen van condensvorming.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: het vriesmeubel is meer dan 1.800 uur per jaar in gebruik.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer dat de ruitverwarming is uitgeschakeld nadat een folie of coating is aangebracht.

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD2
Toe te passen maatregel	**Plaats deuren voor verticale koelmeubels.** Door het plaatsen van glazen deuren voor verticale koelmeubels is er minder koudeverlies vanuit het meubel naar de ruimte. Dit vermindert het energiegebruik voor koeling en het energiegebruik voor ruimteverwarming.
Huidige situatie	Er zijn verticale koelmeubels aanwezig die niet of alleen 's nachts worden afgedekt.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: het koelmeubel is meer dan 4.400 uur per jaar in gebruik.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD3
Toe te passen maatregel	**Pas nachtafdekking toe bij semi-verticale koelmeubels.** Een semi-verticaal koelmeubel heeft schappen die van onder naar boven minder diep worden. Nachtafdekking bestaat vaak uit een of meer rolgordijnen die aan het koelmeubel kunnen worden vastgemaakt en eenvoudig met de hand open en dicht kunnen worden gemaakt. Hierdoor is er buiten openingstijden minder koudeverlies vanuit het meubel naar de ruimte. Dit vermindert het energiegebruik voor koeling en het energiegebruik voor ruimteverwarming.
Huidige situatie	Er zijn semi-verticale koelmeubels aanwezig zonder nachtafdekking.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: het koelmeubel is meer dan 2.100 uur per jaar in gebruik.
Technische randvoorwaarden	Het koelmeubel is geschikt voor het plaatsen van nachtafdekking.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Dek de koelmeubels af na sluitingstijd.

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD4
Toe te passen maatregel	**Plaats dagafdekking op horizontale vriesmeubels.** Door schuifdeuren of andere dagafdekking toe te passen op horizontale vriesmeubels vindt er minder koudeverlies plaats vanuit het meubel naar de ruimte. Dit vermindert het energiegebruik voor koeling en het energiegebruik voor ruimteverwarming.
Huidige situatie	Er zijn horizontale vriesmeubels aanwezig zonder dagafdekking.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD5
Toe te passen maatregel	**Isoleer koel- en vriesleidingen.** Door het aanbrengen van isolatie om koel- en vriesleidingen wordt koudeverlies naar de omgeving beperkt. Hierdoor zal het energiegebruik van de koelinstallatie afnemen. Gebruik vanwege condensvorming FEF (flexibel elastomeric foam) of een ander isolatiemateriaal met een structuur van gesloten cellen, een hoge dampdiffusieweerstand en een laag warmtegeleidingsvermogen.
Huidige situatie	De gekoelde koel- of vriesleidingen zijn niet of onvoldoende geïsoleerd. Het gaat hierbij om de leidingen van de koelmachine naar het afgiftesysteem.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de staat van de isolatie en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD6
Toe te passen maatregel	**Koppel de verdamperventilator aan de vriesceldeur.** Door het koppelen van de verdamperventilator aan de vriesceldeur gaat deze uit op het moment dat de deur wordt geopend. Dit voorkomt onnodig koudeverlies bij het openen van de deur. Bovendien vindt minder ijsvorming plaats op de verdamper.
Huidige situatie	Er is een vriescel aanwezig, waarbij de verdamperventilator en de vriesceldeur niet zijn gekoppeld, waardoor de verdamperventilator blijft draaien als de deur wordt geopend. De deur is niet voorzien van lamellen of een snelsluitdeur.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De grenswaarden voor de maximale temperatuur van de producten in de vriescel moeten gewaarborgd kunnen blijven.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD7
Toe te passen maatregel	**Isoleer de wanden van koelcellen om warmte buiten te houden.** Door het isoleren van de koelcelwanden wordt koudeverlies naar de omgeving voorkomen en de temperatuur in een koelcel behouden. Pas isolatiemateriaal toe met een Rd-waarde van ten minste 6 m^2K/W. Hierdoor daalt het elektriciteitsgebruik van de koelinstallatie.
Huidige situatie	Er is een niet of onvoldoende geïsoleerde koelcel aanwezig. De isolatiedikte is ten hoogste 15 mm (Rd-waarde is 0,5 m^2K/W of lager).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de isolatie op beschadigingen en vochtproblemen volgens de leveranciersvoorschriften.

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD8
Toe te passen maatregel	**Regel de verdamperventilatoren van koelcellen op basis van meerdere temperatuursensoren.** In de koelcellen draait continu een ventilator bij de verdamper om temperatuurverschillen in de koelcel te voorkomen. Door de verdamperventilator te regelen op basis van meerdere temperatuursensoren kan energie worden bespaard.
Huidige situatie	Er is een koelcel aanwezig, waarbij de verdamperventilator niet wordt geregeld op basis van meerdere temperatuursensoren. De verdamperventilator is voorzien van een frequentieregelaar.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: de koelcel is meer dan 4.800 uur per jaar in gebruik.
Technische randvoorwaarden	De oppervlakte van de koelcel is ten minste 100 m^2. In de koelcel wordt geen groenten en/of fruit opgeslagen, vanwege gevaar van ethyleenophoping.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD9
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregelaar toe om het circulatievoud te regelen bij gekoelde opslag van groente, fruit of andere plantaardige producten (levend product).** Het circulatievoud van de lucht is het aantal malen per uur dat een ruimte-inhoud wordt doorspoeld met geconditioneerde lucht uit een luchtbehandelingsinstallatie. Tijdens de bewaarperiode is het niet nodig de volledige ventilatiecapaciteit van de koeling te benutten. Door te sturen op de ethyleenconcentratie kan het ventilatievoud worden geoptimaliseerd door middel van frequentieregeling van de ventilatoren.
Huidige situatie	Er is een koelcel aanwezig voor de opslag van groente, fruit of andere plantaardige producten, waarbij het ventilatievoud niet wordt geregeld.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 4.500 draaiuren van de circulatieventilatoren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De circulatieventilatoren zijn geschikt voor frequentieregeling.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD10
Toe te passen maatregel	**Scheid de luchttoevoer naar de koelinstallatie van de warme lucht uit de koelinstallatie.** Wanneer een condensor binnen staat wordt de warmte van de condensor overgedragen aan de te koelen lucht. Door het plaatsen van een apart aanzuigkanaal vanuit de buitenlucht of een onverwarmde ruimte kan de te koelen lucht worden gescheiden van de warme afgegeven lucht van de condensor. Hierdoor verbruikt de koelinstallatie minder elektriciteit.
Huidige situatie	Er is een koelinstallatie aanwezig waarbij de luchttoevoer en de afgegeven warme lucht van de condensor in dezelfde ruimte terechtkomen, waardoor deze opwarmt.

Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De condensor staat binnen en de buitenlucht kan worden aangezogen met een aanzuigkanaal korter dan 5 m. De maatregel is niet toepasbaar bij stekkerklare koelmeubels.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD11
Toe te passen maatregel	**Pas een condensordrukregeling op buitenluchttemperatuur toe op de koelinstallatie.** Door het toepassen van een automatische condensordrukregeling op basis van de buitenluchttemperatuur, zal de condensortemperatuur op jaarbasis gemiddeld dalen. Hierdoor werkt de koelinstallatie efficiënter.
Huidige situatie	Er is een koelinstallatie met een vermogen van ten minste 20 kWth aanwezig, die is voorzien van een elektronisch expansieventiel en die werkt met een vaste condensordruk gedurende het gehele jaar.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De bestaande software kan worden aangepast met een variabel condensorsetpoint. De regelkast van de koelinstallatie is bereikbaar en geschikt voor de toevoeging van een buitentemperatuursensor.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD12
Toe te passen maatregel	**Gebruik de restwarmte van de condensors van de koelinstallatie.** Door middel van een extra warmtewisselaar in het persgascircuit kan de restwarmte uit de condensors nuttig worden gebruikt.
Huidige situatie	Er is een koelinstallatie aanwezig waarbij de warmte van de condensors niet nuttig wordt gebruikt.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: de beschikbare warmte kan ten minste 1.000 uur per jaar nuttig worden ingezet.
Technische randvoorwaarden	Er is ten minste 50 kWth aan warmte van de condensor beschikbaar. Het moet technisch mogelijk zijn om de warmte nuttig te gebruiken.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD13
Toe te passen maatregel	**Pas dagafdekking toe bij semi-verticale koelmeubels.** Door het toepassen van dagafdekking bij een semi-verticaal koelmeubel vindt er minder koudeverlies plaats vanuit het meubel naar de ruimte. Dit vermindert het energiegebruik voor koeling en het energiegebruik voor ruimteverwarming.

Huidige situatie	Er zijn semi-verticale koelmeubels aanwezig zonder dagafdekking.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: het koelmeubel is meer dan 7.200 uur per jaar in gebruik.
Technische randvoorwaarden	Het semi-verticale koelmeubel moet geschikt zijn voor het plaatsen van dagafdekking.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD14
Toe te passen maatregel	**Plaats LED-armaturen in gekoelde cellen.** Door het vervangen van TL verlichting in gekoelde ruimten door LED-armaturen wordt het vermogen van de verlichting beperkt. Naast de beperking van het elektrische vermogen wordt ook de warmtelast verlaagd waardoor er minder koeling nodig is.
Huidige situatie	In de gekoelde cellen zijn armaturen met langwerpige fluorescentielampen (TL8 of TL5) aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak regelmatig de verlichtingsarmaturen schoon.

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD15
Toe te passen maatregel	**Pas heetgasontdooiing toe op de vriesinstallatie.** Om een goede koeling mogelijk te maken dient ijsvorming voorkomen te worden. Door het toepassen van heetgasontdooiing bij plaatsing van een nieuwe vriesinstallatie kan energie bespaard worden.
Huidige situatie	Er is een vriesinstallatie aanwezig waarbij een regeling voor ontdooiing ontbreekt.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de werking van de heetgasontdooiing. Er mag in principe geen ijsaangroei op de verdamper zichtbaar zijn.

Categorie: Grootkeukenapparatuur

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur
Nummer maatregel	FE1
Toe te passen maatregel	**Vervang de infrarood-salamander door een salamander met automatische pan/bord detectie.** Door het vervangen van de infrarood-salamander door een salamander met pan/bord detectie kan worden voorkomen dat deze onnodig aanstaat wanneer deze niet in gebruik is.
Huidige situatie	Er zijn één of meer infrarood-salamanders aanwezig waarbij een aan/uit- of tijdschakelaar ontbreekt.

Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.700 gebruiksuren van de salamander per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur
Nummer maatregel	FE2
Toe te passen maatregel	**Pas hot-fill toe bij bestaande vaatwasapparatuur in grootkeukens.** Door het toepassen van warmwater uit een bestaande warmwateraansluiting in vaatwasapparatuur (hot-fill) wordt warm water gebruikt dat op een efficiëntere manier is geproduceerd. Dit is bijvoorbeeld het geval als het water is opgewarmd met een warmtepomp, een zonneboiler en/of restwarmte.
Huidige situatie	Er is een horeca vaatwasser aanwezig die is aangesloten op een koudwaterleiding. Het warme tapwater wordt op een efficiënte manier opgewekt zoals bijvoorbeeld met restwarmte van de koeling, een zonneboiler of een warmtepomp.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 400 gebruiksuren van de vaatwasser per jaar.
Technische randvoorwaarden	De warmwaterleiding ligt nabij de vaatwasser.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur
Nummer maatregel	FE3
Toe te passen maatregel	**Pas een dubbelwandige vaatwasser toe in grootkeukens.** Door het toepassen van een energiezuinige dubbelwandige horecavaatwasser vindt minder warmteverlies plaats door de wanden van de vaatwasser. Daardoor wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Er is een enkelwandige horeca vaatwasser aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 400 gebruiksuren van de vaatwasser per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur
Nummer maatregel	FE4
Toe te passen maatregel	**Pas een laagdebiet afzuigkap toe bij grootkeukens.** In een laagdebiet afzuigkap zijn luchttoevoercompartimenten aangebracht voor het inblazen van lucht aan de onder- en/of binnenzijde van de luifelranden. Dit leidt tot betere afvangprestaties dan bij een conventionele afzuigkap, waardoor de afzuigkap met een lager debiet kan werken. Dat zorgt voor energiebesparing.
Huidige situatie	Er is een conventionele afzuigkap aanwezig zonder extra luchttoevoercompartimenten.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 3.200 draaiuren van de afzuigkap per jaar.

Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig de afzuigkap volgens het interval zoals aangegeven in de leveranciersvoorschriften.

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur
Nummer maatregel	FE5
Toe te passen maatregel	**Pas een elektrisch frituurtoestel toe in plaats van een gasgestookt toestel.** Door het vervangen van het huidige frituurtoestel op gas door een elektrisch frituurtoestel wordt het warmteverlies naar de omgeving verminderd. Hierdoor neemt de efficiëntie toe.
Huidige situatie	Er is een gasgestookt frituurtoestel aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: het elektriciteitsgebruik is ten minste 50.000 kWh en het aardgasgebruik is ten hoogste 170.000 m^3 per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande elektriciteitsaansluiting heeft voldoende capaciteit en er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar op het elektriciteitsnet.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur
Nummer maatregel	FE6
Toe te passen maatregel	**Pas een elektrische combisteamer toe in plaats van een gasgestookte variant.** Door het toepassen van een elektrische combisteamer in plaats van een gasgestookte combisteamer kan op aardgas worden bespaard.
Huidige situatie	Er is een gasgestookte combisteamer aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: het elektriciteitsgebruik is ten minste 50.000 kWh en het aardgasgebruik is ten hoogste 170.000 m^3 per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande elektriciteitsaansluiting heeft voldoende capaciteit en er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar op het elektriciteitsnet.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie: Ovens

Onderwerp	Ovens
Nummer maatregel	FF1
Toe te passen maatregel	**Pas een rookgasklep toe in het rookgaskanaal van de gasgestookte oven om warmteverlies te beperken.** Toepassen van rookgaskleppen bij ovens om warmteverlies als gevolg van thermische trek te voorkomen, wanneer de brander van de oven uitgeschakeld is en de oven nog warm is. Met deze maatregel koelt de oven minder snel af, waarmee energie wordt bespaard.
Huidige situatie	Er is een gasgestookte oven aanwezig, waarbij het rookgaskanaal niet is voorzien van een rookgasklep.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 1.900 gebruiksuren van de oven

	per jaar en een aardgasgebruik van ten hoogste 170.000 m3 per jaar.
Technische randvoorwaarden	De huidige ontsteking van de brander is geschikt om een rookgasklep te kunnen besturen. De oven heeft een thermisch vermogen van ten minste 40 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Ovens
Nummer maatregel	FF2
Toe te passen maatregel	**Pas modulerende branders in ovens toe.Door het toepassen van modulerende branders in ovens wordt het brandervermogen beter geregeld op basis van de warmtevraag, waardoor minder stilstands- en opstartverliezen plaatsvinden.** Bij een gastoevoerdruk van meer dan 50 mbar zijn een apart gasfilter en een aparte drukregelaar nodig.
Huidige situatie	Er is een gasgestookte oven met een brandervermogen van tenminste 100 kW aanwezig zonder modulerende branders.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 2.100 gebruiksuren van de oven per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie: Terreinverlichting

Onderwerp	Terreinverlichting
Nummer maatregel	FG1
Toe te passen maatregel	**Plaats een tijdklok samen met een daglichtregeling als de verlichting op vaste tijden moet branden terwijl het donker is.** Door het gebruik van een tijdklok samen met een daglichtregeling staan lampen die op vaste uren moeten branden niet onnodig aan.
Huidige situatie	De buitenverlichting heeft geen tijdklok en/of geen daglichtregeling op plaatsen waar de verlichting op vaste uren moet branden terwijl het donker is.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing bij verlichting die om veligheidsredenen de gehele nacht aan moet blijven.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak regelmatig de sensoren van de verlichtingsregeling schoon en controleer jaarlijks de instellingen van de tijdklok.

Onderwerp	Terreinverlichting
Nummer maatregel	FG2
Toe te passen maatregel	**Plaats een bewegingssensor op plaatsen waar de lampen niet altijd aan hoeven te zijn.** Door het plaatsen van een bewegingssensor op plaatsen waar de terreinverlichting alleen aan hoeft te zijn als er mensen aanwezig zijn, staan lampen niet onnodig aan.

Huidige situatie	Er zijn lampen zonder een bewegingssensor aanwezig op plaatsen waar alleen verlichting nodig is als er mensen aanwezig zijn.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.100 onnodige branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing bij verlichting die om veligheidsredenen de gehele nacht aan moet blijven.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak regelmatig de sensoren van de verlichtingsregeling schoon.

Onderwerp	Terreinverlichting
Nummer maatregel	FG3
Toe te passen maatregel	**Plaats extra schakelaars voor de veldverlichting per veld.** Door het plaatsen van extra schakelaars om de veldverlichting per veld te kunnen schakelen, die na een gekozen tijd automatisch uit gaan, worden velden niet onnodig verlicht.
Huidige situatie	De veldverlichting kan alleen voor meerdere velden tegelijkertijd worden geschakeld.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 11 kW aan verlichting per veld.
Technische randvoorwaarden	Per veld zijn al aparte kabels voor de stroomvoorziening aanwezig.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Terreinverlichting
Nummer maatregel	FG4
Toe te passen maatregel	**Vervang op een lichtmast de armaturen met spaarlampen of gasontladingslampen door LED-armaturen.** Door op een lichtmast armaturen met spaarlampen of gasontladingslampen te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik beperkt. De lichtmast blijft behouden.
Huidige situatie	Er zijn lichtmasten met armaturen met spaarlampen of gasontladingslampen (kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI) aanwezig, waarbij het armatuur kan worden vervangen zonder de mast te vervangen.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het LED-armatuur kan worden toegepast op de bestaande lichtmast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Terreinverlichting
Nummer maatregel	FG5
Toe te passen maatregel	**Vervang bij terreinverlichting zonder mast de armaturen met gasontladingslampen door LED-armaturen.** Door bij terreinverlichting, die niet op een mast staat, het armatuur met gasontladingslampen te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik beperkt.

Huidige situatie	Er is terreinverlichting die niet op een mast staat aanwezig met armaturen met een van de volgende gasontladingslampen: kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Categorie: Zwembad

Onderwerp	Zwembad
Nummer maatregel	FH1
Toe te passen maatregel	**Vervang in bestaande kozijnen en ramen in de zwembadruimte het enkelglas door HR++ glas.** Door het bestaande enkel glas te vervangen door HR++ glas wordt warmteverlies beperkt.
Huidige situatie	Er zijn ramen of kozijnen met enkel glas aanwezig in de verwarmde zwembadruimtes.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	HR++ glas kan in het bestaande kozijn of raam worden geplaatst.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Zwembad
Nummer maatregel	FH2
Toe te passen maatregel	**Pas isolatie toe op ongeïsoleerde zwembadwaterleidingen in een zwembad.** Door het aanbrengen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van minimaal 1,4 m^2K/W rondom zwembadwaterleidingen, flenzen en appendages wordt het warmteverlies verminderd.
Huidige situatie	Er zijn ongeïsoleerde zwembadwaterleidingen en appendages aanwezig, die zich bevinden in een binnenopsteling.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De leidingen zijn goed bereikbaar. De gemiddelde temperatuur van het water in de leidingen is hoger dan de gemiddelde temperatuur van de omgeving waarin de leidingen en appendages zich bevinden.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Voer jaarlijks een (visuele) controle uit naar de staat van de isolatie. Voer eenmaal per 5 jaar een warmtemeting uit.

Onderwerp	Zwembad
Nummer maatregel	FH3
Toe te passen maatregel	**Dek het zwembad af met zwembadafdekking buiten de openingstijden.** Door het afdekken van een rechthoekig zwembad na sluitingstijd wordt warmteverlies via verdamping tegengegaan.
Huidige situatie	Er is een rechthoekig zwembad aanwezig dat onafgedekt achterblijft wanneer het zwembad gesloten is.

Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Afdekking buiten gebruikstijden mag niet leiden tot overschrijding van de grenswaarden voor vluchtige stoffen in het zwembadwater.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Zwembad
Nummer maatregel	FH4
Toe te passen maatregel	**Plaats een glijbaanafsluiter op de uitgang van de waterglijbaan, die deels buiten de gebouwschil loopt.** Door aan de uitgang onderaan de glijbaan een glijbaanafsluiter te plaatsen, wordt warmteverlies voorkomen. De afkoeling van de lucht blijft beperkt tot de inhoud van de glijbaan.
Huidige situatie	Er is bij een verwamd en overdekt zwembad een ongeïsoleerde waterglijbaan aanwezig, die gedeeltelijk buiten de gebouwschil loopt.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: het aardgasverbruik is ten hoogste 170.000 m^3 per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Plaats de glijbaanafsluiter als de glijbaan buiten bedrijf is.

Onderwerp	Zwembad
Nummer maatregel	FH5
Toe te passen maatregel	**Isoleer de wanden van het zwembassin.** Door het plaatsen van isolatieplaten met een Rd-waarde van ten minste 1,8 m^2K/W wordt warmteverlies door de wanden van het zwembassin beperkt.
Huidige situatie	Er is een verwarmd zwembassin aanwezig met ongeïsoleerde wanden.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De gemiddelde temperatuur van het zwembadwater is hoger dan de gemiddelde temperatuur van de omgeving waarin de wanden van het zwembassin zich bevinden. De wanden van het zwembassin zijn goed bereikbaar.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Voer jaarlijks een (visuele) controle uit naar de staat van de isolatie.

Onderwerp	Zwembad
Nummer maatregel	FH6
Toe te passen maatregel	**Win warmte terug uit het spoelwater door gebruik te maken van een spoelwaterbuffer.** Door gebruik te maken van een spoelwaterbuffer kan warmte uit het spoelwater van het zwembad worden teruggewonnen met een warmtewisselaar.
Huidige situatie	Er is een verwarmd zwembad aanwezig waarbij het warme spoelwater wordt geloosd op het riool.

Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte voor het plaatsen van een spoelwaterbuffer van tenminste 5 m^3.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Zwembad
Nummer maatregel	FH7
Toe te passen maatregel	**Pas een HR-ketel toe voor zwembadwaterverwarming.** Door de bestaande ketel te vervangen door een hoogrendement HR-107 ketel wordt de efficiëntie van de verwarming van het zwembadwater verhoogd.
Huidige situatie	Er wordt gebruik gemaakt van een conventionele of verbeterde rendementketel voor het verwarmen van het zwembadwater.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 2.300 bedrijfsuren van het zwembad per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Zwembad
Nummer maatregel	FH8
Toe te passen maatregel	**Verbeter de isolatie van het dak van het zwembad.** Een zwembad heeft over het algemeen een hoge binnentemperatuur. Door het dak (verder) te isoleren tot een Rc-waarde van 6,3 m^2K/W wordt het warmteverlies beperkt en is er minder energie nodig om het zwembad te verwarmen. De isolatie kan worden aangebracht bovenop of onder de dakbedekking (omgekeerd dak of warm dak).
Huidige situatie	Het dak van de zwembadruimte is niet of onvoldoende geïsoleerd (Rc-waarde kleiner dan 2,0 m^2K/W).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Zwembad
Nummer maatregel	FH9
Toe te passen maatregel	**Pas een efficiënte warmtewisselaar toe op de balansventilatie van het zwembad.** Door een dubbele kruisstroomwarmtewisselaar toe te passen in de balansventilatie van het zwembad wordt het warmteverlies beperkt.
Huidige situatie	In het zwembad is mechanische toe- en afvoer van ventilatielucht zonder warmteterugwinning, of met warmteterugwinning door middel van een twincoilsysteem aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing

Technische randvoorwaarden	De luchttoevoer- en afvoerkanalen liggen in elkaars nabijheid. De warmte uit de ventilatielucht wordt niet met behulp van een warmtepomp teruggewonnen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer de warmtewisselaar regelmatig en maak deze zo nodig schoon.

Categorie: Serverruimte

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI1
Toe te passen maatregel	**Pas virtualisatie en consolidatie toe bij servers.** Door middel van virtualisatie en consolidatie (het intern of extern samenvoegen van werklast) wordt het aantal in gebruik zijnde servers teruggebracht.
Huidige situatie	Er zijn meerdere fysieke servers aanwezig met een totaal opgesteld vermogen ten minste 5 kW, waarbij de beschikbare verwerkingscapaciteit groter is dan de actuele behoefte aan verwerkingscapaciteit.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De door de virtualisatie en consolidatie gereduceerde servercapaciteit is voldoende om pieken in de vraag naar capaciteit op te vangen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI2
Toe te passen maatregel	**Stel geautomatiseerd energiebeheer in op servers.** Door het instellen van geautomatiseerd energiebeheer (power management) past de server zijn energiegebruik aan op de actuele vraag naar verwerkingscapaciteit. Het afstemmen kan door het instellen van een passend dynamisch power management profiel (balanced mode). De instellingen op het niveau van de hardware (BIOS) en het operating system moeten zodanig zijn dat de server alle mogelijkheden voor het aanpassen van het energiegebruik kan benutten.
Huidige situatie	Er is een serverruimte aanwezig met een opgesteld vermogen aan ICT-apparatuur van ten minste 5 kW. Er is sprake van een gemiddelde CPU-belasting van minder dan 80%.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De op de server geplaatste applicaties zijn niet zodanig vertragingsgevoelig dat vertragingen van enkele microseconden problematisch zijn.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI3
Toe te passen maatregel	**Neem een laagbelaste Uninterrupted Power Supply (UPS) uit bedrijf.** Door de belasting van UPS-en (Batterijen) te optimaliseren kan een maximale conversie efficiëntie worden bereikt. Door het uit bedrijf nemen van laagbelaste UPS-en (<30%) en/of het gebruik van modulaire UPS-en kan de belasting van de

	UPS-en zodanig worden verhoogd dat een conversie efficiëntie van tenminste 96% wordt bereikt.
Huidige situatie	Er is een serverruimte aanwezig met een opgesteld vermogen aan ICT-apparatuur van ten minste 5 kW en deze is aangesloten op meerdere UPS-en. Ten minste één UPS wordt gemiddeld minder dan 30% belast.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Er zijn voldoende UPS-en actief om de nagestreefde redundantie in de serverruimte te waarborgen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Monitor en registreer (automatisch) de UPS-efficiëntie en de geleverde vermogens en analyseer de uitkomsten.

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI4
Toe te passen maatregel	**Pas een buitenluchtklep toe voor koeling van de serverruimte.** Bij kleine serverruimtes die grenzen aan de buitenlucht kan een geautomatiseerde buitenluchtklep een effectieve maatregel zijn. Door het toepassen van een buitenluchtklep met sensoren voor luchtvochtigheid en temperatuur kan worden gekoeld met buitenlucht en kan de inzet van de koelinstallatie worden verminderd.
Huidige situatie	Er is een compressiekoelinstallatie aanwezig voor de koeling van de serverruimte.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De serverruimte grenst met ten minste één zijde aan een buitengevel om een gestuurde buitenluchtklep te kunnen installeren. De aangezogen buitenlucht bevat geen stoffen die voor vervuiling of schade aan de installaties kan zorgen. Indien aangezogen lucht voor de installatie schadelijke stoffen bevat moet er een filterinstallatie geplaatst kunnen worden. Het opgestelde vermogen in de serverruimte is ten minste 5 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de vocht- en temperatuursensoren van de buitenluchtklep volgens leveranciersvoorschriften en reinig deze indien nodig.

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI5
Toe te passen maatregel	**Pas een energiezuinige koelinstallatie toe voor de koeling van serverruimten.** Vervang bestaande directe expansie koelinstallaties door nieuwe efficiëntere koelinstallaties. Door lagere condensatietemperaturen in tussenseizoen en winter verbetert de efficiëntie substantieel en wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Er is een serverruimte aanwezig met een opgesteld vermogen aan ICT-apparatuur van ten minste 5 kW. Voor het koelen van deze ruimte wordt gebruik gemaakt van een koelinstallatie met directe expansiekoeling.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De COP (Coefficient of performance) van de huidige koelinstallatie is 3,5 of lager.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Serverruimte

Nummer maatregel	FI6
Toe te passen maatregel	**Breng een scheiding aan tussen de koude aanvoerlucht en de warme afvoerlucht in de datazaal.** Door het aanbrengen van gangafdekking, deuren en blindplaten worden koude en warme compartimenten gecreëerd. Dat voorkomt vermenging van koude aanvoerlucht waarmee de apparatuur wordt gekoeld, en de warme lucht die naar buiten wordt afgevoerd. Hierdoor neemt de efficiëntie van de koeling toe.
Huidige situatie	Er vindt vermenging plaats van aan- en afvoerlucht in de serverruimte.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de afdichting van de compartimenten en de plaatsing van de blindplaten.

Categorie: Roltrap

Onderwerp	Roltrap
Nummer maatregel	FJ1
Toe te passen maatregel	**Pas aanbodafhankelijke regeling met twee snelheden of met onderbrekende roltrapbesturing toe.** Door het toepassen van een aanbodafhankelijke regeling met twee snelheden of een onderbrekende roltrapbesturing, wordt de roltrap stilgezet of vertraagd als er geen aanbod is van personen.
Huidige situatie	Er is een roltrap aanwezig die continu in bedrijf is en die niet is uitgevoerd met een aanbodafhankelijke regeling.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.600 bedrijfsuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De roltrap moet geschikt zijn voor een aanbodsafhankelijke regeling of onderbrekende roltrapbesturing.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Zet de roltrap uit buiten openingstijden.

Categorie: Zonnepanelen

Onderwerp	Zonnepanelen
Nummer maatregel	FK1
Toe te passen maatregel	**Plaats zonnepanelen op het dak.** Door de plaatsing van zonnepanelen wordt duurzame elektriciteit opgewekt. Daarmee wordt bespaard op de inkoop van elektriciteit via het elektriciteitsnet.
Huidige situatie	Er is een grootverbruikaansluiting voor elektriciteit (meer dan 3x80 A). Er is ten minste 2.000 m^2 aan geschikt dakoppervlak beschikbaar voor het plaatsen van minimaal 300 kWp aan zonnepanelen.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het dak heeft voldoende vrije draagkracht voor de plaatsing van zonnepanelen en bijbehorende ballast. De bestaande elektriciteitsaansluiting heeft voldoende capaciteit en er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar op het elektriciteitsnet. Het dak hoeft de komende 10 jaar niet te worden gerenoveerd. De verzekeraar gaat akkoord met plaatsen van de zonnepanelen zonder dat dit tot een significante prijsstijging van de verzekeringspremie leidt. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast. Bij een installatie van 300 kWp kan alle opgewekte energie direct in het gebouw

	worden gebruikt.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak de zonnepanelen jaarlijks schoon. Controleer regelmatig of de verwachte productie gehaald wordt of laat dit monitoren.

Onderdeel 2 Processen:
Categorie: Natlakspuitcabines

Onderwerp	Natlakspuitcabines
Nummer maatregel	PA1
Toe te passen maatregel	**Pas een omschakelmodule toe om de ventilatiestand van de spuitcabine automatisch van ventilatie- naar circulatie te schakelen.** Tijdens het spuitproces moet er voldoende ventilatie met verse buitenlucht zijn. Na de nadraaitijd kan de spuitcabine daarom worden geschakeld naar circulatiestand, zodat er minder koude buitenlucht opgewarmd hoeft te worden. Dit kan door het toepassen van een omschakelmodule gekoppeld aan het persluchtsysteem van de spuitcabine. De recirculerende lucht wordt weer opgewarmd in de luchtbehandelingskast. Tijdens het drogen is er niemand aanwezig in de spuitcabine.
Huidige situatie	Er is een spuitcabine van 10 m^2 of groter aanwezig voorzien van mechanische ventilatie inclusief luchtbehandeling. De verwarming van de lucht gebeurt door een gasgestookte ketel.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 600 gebruiksuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het luchtbehandelingssysteem kan worden omgebouwd voor recirculatie (kanaalwerk van de afvoerlucht koppelen aan luchtbehandelingskast, aanbrengen recirculatiekleppen, et cetera).
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Natlakspuitcabines
Nummer maatregel	PA2
Toe te passen maatregel	**Win de warmte terug uit de ventilatielucht van de spuitcabine.** Bij warmteterugwinning uit ventilatielucht bij een spuitcabine wordt de verse buitenlucht voorverwarmd met restwarmte uit de afgezogen ventilatielucht. Door warmte terug te winnen is er minder energie nodig om buitenlucht te verwarmen. Er zijn verschillende systemen op de markt zoals een kruisstroomwisselaar of een twincoilsysteem. Welk systeem het beste kan worden toegepast is afhankelijk het aanwezige ventilatiesysteem en de beschikbare ruimte.
Huidige situatie	Er wordt geen warmte teruggewonnen uit de ventilatielucht van de spuitcabine. Er is een spuitcabine van 10 m^2 of groter aanwezig voorzien van mechanische ventilatie met luchtbehandeling. De verwarming van de lucht gebeurt door een gasgestookte ketel.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 800 uur droogtijd door de spuitcabine per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer de warmtewisselaar regelmatig en maak deze zo nodig schoon. Controleer de filters regelmatig en vervang deze tijdig.

Onderwerp	Natlakspuitcabines
Nummer maatregel	PA3
Toe te passen maatregel	**Pas een openbrandersysteem toe voor de verwarming van de spuitcabine.** Door het toepassen van een openbrandersysteem bij spuitcabines worden de rookgassen van de brander(s) gemengd met de ventilatielucht en worden deze niet eerst naar buiten afgevoerd. Hierdoor wordt het warmteverlies van het systeem beperkt, doordat er geen warmte-overdracht hoeft plaats te vinden.
Huidige situatie	Er is een conventioneel brandersysteem aanwezig bij de spuitcabine, waarbij de rookgassen en de warmte daaruit direct naar buiten worden afgevoerd. Er is een spuitcabine van 10 m^2 of groter aanwezig voorzien van mechanische ventilatie inclusief luchtbehandeling. De verwarming van de lucht gebeurt door een gasgestookte ketel.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 800 uur droogtijd in de spuitcabine per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 600 uur droogtijd in de spuitcabine per jaar.
Technische randvoorwaarden	De huidige schakelkast is geschikt voor de ombouwing.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Natlakspuitcabines
Nummer maatregel	PA4
Toe te passen maatregel	**Gebruik hangschakelaars voor het spuitpistool om de afzuiging van de spuitcabine te beperken.** Tijdens spuitwerkzaamheden is een grote hoeveelheid verse lucht van ten minste 20 °C nodig. Door gebruik te maken van hangschakelaars wordt de afzuiging automatisch in debiet verminderd wanneer het handspuitpistool wordt opgehangen aan deze schakelaar. Zo wordt er alleen op hoog debiet afgezogen wanneer er daadwerkelijk wordt gespoten. Hiermee wordt het energiegebruik van de ventilatoren en de luchtverwarming verminderd. De afzuiging moet zodanig worden teruggeregeld dat de over- of onderdruk van de spuitcabine behouden blijft.
Huidige situatie	De spuitcabine beschikt over debietregeling, maar is niet voorzien van automatische (hang)schakelingen. Er is een spuitcabine van 10 m^2 of groter aanwezig voorzien van mechanische ventilatie inclusief luchtbehandeling. De verwarming van de lucht gebeurt door een gasgestookte ketel.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.000 bedrijfsuren van de spuitcabine per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 700 bedrijfsuren van de spuitcabine per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Natlakspuitcabines
Nummer maatregel	PA5
Toe te passen maatregel	**Pas infrarooddrogers toe als droogsysteem voor spotreparaties.** spotreparaties (zoals een kleine deuk, kras of buts) is het toepassen van infrarooddrogers een energiezuiniger alternatief voor het gebruik van de spuitcabine, doordat hiermee niet de gehele cabine hoeft te worden verwarmd.
Huidige situatie	Er is een spuitcabine van 10m^2 of groter aanwezig en bij het uitvoeren van spotreparaties wordt de droogfunctie van deze cabine gebruikt.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing

Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie: Drogen

Onderwerp	Drogen
Nummer maatregel	PB1
Toe te passen maatregel	**Pas vermogensregeling toe op de ventilatietoevoer naar de droogkamer.** Door het toepassen van toerenregeling of andere vermogensregeling op de ventilatietoevoer naar de droogkamer kan het ventileren worden beperkt. Hierdoor neemt het energiegebruik van de ventilatie af.
Huidige situatie	Er is een droogkamer aanwezig, waarbij een toerenregeling of andere vermogensregeling ontbreekt op de ventilatietoevoer naar de droogkamer.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 1.500 bedrijfsuren van de droogkamer per jaar.
Technische randvoorwaarden	De ventilatoren zijn geschikt voor toepassing van een vermogensregeling. De bestaande besturing beschikt over een analoge uitgang. In de bestaande regelkast is voldoende ruimte voor het plaatsen van een frequentieregelaar.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Drogen
Nummer maatregel	PB2
Toe te passen maatregel	**Pas een vochtsensor inclusief regeling toe in de uittredelucht van droogprocessen.** Door toepassing van een vochtsensor, inclusief regeling op basis van het vochtgehalte van de uittredelucht, kan het recirculatiedebiet van de drooglucht worden verhoogd. Dat zorgt voor energiebesparing door de vermindering van verse luchttoevoer op lage temperatuur. Door toepassing van de vochtsensor kan tot 95 % van de uittredelucht worden gerecycled.
Huidige situatie	Er is een droogproces aanwezig zonder vochtsensor en bijbehorende regeling voor het recirculeren van drooglucht.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 2.000 gebruiksuren van het droogproces.
Technische randvoorwaarden	Het thermisch vermogen van de luchtverhitter is ten minste 50 kWth.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie: Procesbaden

Onderwerp	Procesbaden
Nummer maatregel	PC1
Toe te passen maatregel	**Pas een warmtepomp toe voor de verwarming van een procesbad.** De bestaande externe elektrische verwarming (heater) van een procesbad wordt

	vervangen door een externe hoge temperatuur (HT) warmtepomp. Het toepassen van een warmtepomp is energie-efficiënter.
Huidige situatie	Er is een procesbad aanwezig dat wordt verwarmd met een extern elektrisch verwarmingselement bij een aanvoertemperatuur tot 80 °C en met een minimaal thermisch vermogen van 25 kW.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 5.000 bedrijfsuren van het procesbad per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is een warmtebron beschikbaar op minimaal 35 °C vloeistoftemperatuur (bijvoorbeeld koelwater). De warmtebron heeft een voldoende hoge flow om te voorzien in de warmtevraag wanneer deze circa 5 graden wordt afgekoeld. Er is voldoende ruimte beschikbaar voor plaatsing van de warmtepomp.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer minimaal jaarlijks de effectieve en efficiënte werking van de warmtepomp.

Onderwerp	Procesbaden
Nummer maatregel	PC2
Toe te passen maatregel	**Isoleer de wanden van een verwarmd procesbad.** Door het toepassen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van tenminste 1,5 m^2 K/W en kunststof of roestvrijstalen (RVS) beplating wordt warmteverlies door de badwanden verminderd bij verwarmde procesbaden.
Huidige situatie	Er is een procesbad aanwezig waarvan de wanden niet zijn geïsoleerd. Het procesbad wordt verwarmd tot een temperatuurverschil van ten minste 20 °C ten opzichte van de omgeving.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Voer jaarlijks een (visuele) controle uit naar de staat van de isolatie.

Onderwerp	Procesbaden
Nummer maatregel	PC3
Toe te passen maatregel	**Dek warme procesbaden af om het warmteverlies te beperken.** Door het afdekken van warme procesbaden buiten bedrijfstijden wordt verdampingsverlies tegengegaan.
Huidige situatie	Het procesbad, gevuld met warm (ongeveer 80 °C) water of waterige vloeistof voor reinigen, spoelen of fluxen, wordt niet afgedekt buiten bedrijfstijden.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: het is mogelijk om het verwarmde procesbad meer dan 900 uur per jaar af te dekken.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer minimaal jaarlijks of de afdekking nog van goede kwaliteit is en of deze beschadigd is.

Categorie: Procesapparatuur

Onderwerp	Procesapparatuur

Nummer maatregel	PD1
Toe te passen maatregel	**Optimaliseer de procesparameters van procesapparatuur.** Bepaal de optimale procesparameters zoals opwarmtijd, koeltijd, draaiuren, druk en temperatuur van de procesapparatuur en regel deze in, zodat er minimaal energiegebruik is met een gelijkblijvende productkwaliteit.
Huidige situatie	Er is procesapparatuur met een vermogen van ten minste 100 kW aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.800 gebruiksuren van de procesapparatuur per jaar.
Technische randvoorwaarden	De apparatuur is al voorzien van aansturingssoftware met energiemonitoringsfunctionaliteit, maar deze is nog niet ingeregeld.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD2
Toe te passen maatregel	**Zuig warme lucht af bij grote warmteproducerende apparaten zodat de ruimte minder hoeft te worden gekoeld.** Door de warme afblaaslucht van de warmteproducerende installaties naar buiten af te voeren blijft de warmte niet in de geconditioneerde ruimte. Dit vermindert de vraag naar koude, waardoor de koelmachine minder hard hoeft te werken. Dit bespaart op het gebruik van elektriciteit.
Huidige situatie	Er zijn warmteproducerende installaties aanwezig, bestaande uit een apparaat of een cluster van apparaten met een totaal vermogen van ten minste 10 kW, waarvan de warme afblaaslucht met één installatie is af te zuigen. De ruimte waarin de warmteproducerende apparaten staan opgesteld wordt actief gekoeld.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 1.200 gebruiksuren van het apparaat per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte beschikbaar voor het plaatsen van het buisrooster voor afzuiging bij de apparatuur.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verplaats warmteproducerende apparatuur naar buiten de gekoelde ruimte.

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD3
Toe te passen maatregel	**Regel het luchtafzuigdebiet bij droog- en moffelovens op basis van de bezettingsgraad.** Door een droog- of moffeloven uit te rusten met een bezettingsgraadmeter en een frequentieregelaar kan de hoeveelheid ventilatie worden geminimaliseerd bij een lagere bezetting. Hierdoor hoeft er minder buitenlucht te worden opgewarmd.
Huidige situatie	Er is een droog- of moffeloven aanwezig, waarbij de ventilator van de droogoven niet wordt geregeld en bij gebruik altijd op een vaste capaciteit draait.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De ventilator is geschikt voor toepassing van een frequentieregelaar. In de bestaande regelkast is voldoende ruimte voor het plaatsen van een frequentieregelaar. De bestaande besturing beschikt over een analoge uitgang.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en	Niet van toepassing

onderhoud	

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD4
Toe te passen maatregel	**Pas een hoogfrequente HR-lader toe voor het opladen van tractiebatterijen.** Door de toepassing van een hoogfrequente HR-lader voor het opladen van tractiebatterijen neemt de efficiëntie van het oplaadproces fors toe. Tractiebatterijen worden gebruikt in voertuigen voor intern transport zoals vorkheftrucks.
Huidige situatie	Er is een lader voor tractiebatterijen aanwezig die niet als hoogfrequente HR-lader is uitgevoerd.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 400 laadcycli per jaar.
Technische randvoorwaarden	De huidige accu's zijn geschikt voor hoogfrequent laden.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD5
Toe te passen maatregel	**Plaats een filter op de afvoerlucht van de snipperafzuiger en blaas de afgezogen lucht terug de ruimte in.** Door het plaatsen van een filterinstallatie op de snipperafzuiger kan de afgezogen lucht worden teruggeblazen in de verwarmde ruimte. Daardoor wordt de afvoer van warme lucht beperkt.
Huidige situatie	Er is een snipperafzuiger aanwezig die staat opgesteld in een verwarmde ruimte.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 1.000 draaiuren van de snipperafzuiger per jaar.
Technische randvoorwaarden	De gefilterde lucht mag geen vervuiling in schadelijke concentraties bevatten. Houd geldende wetgeving voor de desbetreffende locatie aan.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer en vervang de filters voordat deze verzadigd zijn. Verminder luchtvervuilingsbronnen waardoor het ventilatievoud lager kan zijn.

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD6
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregelaar toe op de ventilator van de centrale stofafzuiging.** Door het toepassen van een frequentieregeling op de ventilatoren van de centrale stofafzuiging, kan het debiet beter worden geregeld op basis van de vraag.
Huidige situatie	Er is een centrale stofafzuiging aanwezig die meerdere werkplekken bedient, maar waarvan de ventilator niet frequentiegeregeld is.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.600 gebruiksuren van de centrale stofafzuiging per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 1.000 gebruiksuren van de centrale stofafzuiging per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er mag geen stof neerslaan in het systeem als gevolg van de verlaging van de motorsnelheid. De frequentieregelaar kan in de bestaande regelkasten, óf nabij de elektromotor geplaatst worden.

	De ventilator van de centrale stofafzuiging heeft een efficiencyklasse IE2 of hoger.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer het afzuigsysteem regelmatig op vervuiling.

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD7
Toe te passen maatregel	**Plaats een stopknop om het onnodig aanstaan van het centraal stofzuigersysteem te voorkomen.** Door het installeren van een stopknop binnen handbereik zal de tijd dat het centrale stofzuigersysteem in bedrijf is afnemen. Hiermee wordt het energiegebruik verminderd.
Huidige situatie	Er is een centraal stofzuigersysteem aanwezig voor bijvoorbeeld reiniging, handschuren of afstoffing van producten, waarbij geen stopknop is geïnstalleerd. Op het centraal stofzuigersysteem is geen automatische uitschakeling of uitschakeling door een timer aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.900 gebruiksuren van de centrale stofafzuiging per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 1.300 gebruiksuren van de centrale stofafzuiging per jaar.
Technische randvoorwaarden	De stopknop moet geplaatst kunnen worden binnen 3 m afstand van de plek waar stof wordt afgezogen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD8
Toe te passen maatregel	**Plaats een frequentieregelaar om het opgenomen vermogen van het centrale vacuümsysteem te beperken.** Als het centrale vacuümsysteem continu op onderdruk wordt gehouden, zorgt dit bij lage belasting (weinig afzuigvolume) dat het vacuüm lager is dan nodig. Door toepassing van frequentieregeling kan het vacuümsetpoint ook in deellast beter worden gehandhaafd en kan de vacuümmotor gemiddeld op een lager toerental draaien.
Huidige situatie	Er is een industrieel centraal vacuümsysteem aanwezig. De centrale motor is niet toerengeregeld en houdt continu het centrale vacuümsysteem op onderdruk.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 700 gebruiksuren van het centrale vacuümsysteem per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vacuümsysteem is voorzien van afsluitbare aansluitpunten. De centrale vacuümmotor heeft een efficiencyklasse IE2 of hoger.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig het vacuümsysteem op lekkages. Controleer regelmatig het vacuümsetpoint en pas dit zo nodig aan.

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD9
Toe te passen maatregel	**Vervang aanwezige verlichting op of nabij procesapparatuur door LED-**

	verlichting. Door het vervangen van TL-buizen (TL8), spaar-, halogeen- of gasontladingslampen door LED-lampen wordt het energiegebruik van de verlichting beperkt.
Huidige situatie	Er is verlichting aanwezig op of nabij procesapparatuur die niet is voorzien van LED-lampen.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.300 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande lampen zijn eenvoudig bereikbaar en kunnen één-op-één worden vervangen door LED-lampen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Categorie: Proceswarmte

Onderwerp	Proceswarmte
Nummer maatregel	PE1
Toe te passen maatregel	**Plaats aanvullende platen in de platenwarmtewisselaar om de warmteoverdracht te vergroten.** Door uitbreiding van de warmtewisselaar met meerdere platen wordt het warmteuitwisselend oppervlak van vloeistof-vloeistof platenwarmtewisselaars vergroot en kan meer warmte worden overgedragen. De toevoerstroom hoeft daardoor minder te worden verwarmd en de afvoerstroom minder te worden gekoeld.
Huidige situatie	Er is een vloeistof-vloeistof warmtewisselaar aanwezig waarbij het huidige temperatuurverschil tussen de beide kanten van de warmtewisselaar 6 °C of meer is.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De warmtewisselaar is door het toevoegen van platen uit te breiden met ten minste 20% extra warmtewisselend oppervlak. De extra onttrokken warmte in de uitgebreide platenwarmtewisselaar kan zonder extra aanpassingen in het proces nuttig worden toegepast. Het thermisch vermogen van de huidige platenwarmtewisselaar is ten minste 100 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer de warmtewisselaar regelmatig en maak deze zo nodig schoon.

Onderwerp	Proceswarmte
Nummer maatregel	PE2
Toe te passen maatregel	**Isoleer warme productleidingen en appendages.** Door het aanbrengen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van minimaal 1,5 m^2K/W om leidingen en appendages waarin warme producten worden verplaatst wordt het warmteverlies beperkt.
Huidige situatie	Er zijn warme productleidingen en appendages zonder isolatie aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De leidingen en appendages zijn goed bereikbaar.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de staat van de isolatie en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Proceswarmte
Nummer maatregel	PE3
Toe te passen maatregel	**Isoleer de wanden van hoge temperatuur procesvaten om warmteverlies te beperken.** Door het aanbrengen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van ten minste 0,7 m^2K/W op de wanden van hoge temperatuur procesvaten wordt warmteverlies naar de omgeving beperkt. Een voorbeeld hiervan is het isoleren van een autoclaaf met een temperatuur van ten minste 60 °C.
Huidige situatie	Het procesvat is niet of beperkt geïsoleerd (minder dan 5 mm isolatie).
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 2.200 gebruiksuren van het vat per jaar.
Technische randvoorwaarden	De wanden van het hoge temperatuur procesvat zijn goed bereikbaar voor het aanbrengen van isolatiemateriaal.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de staat van de isolatie en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Proceswarmte
Nummer maatregel	PE4
Toe te passen maatregel	**Isoleer de wanden van verwarmde opslagtanks.** Door het aanbrengen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van minimaal 1,5 m^2K/W rondom verwarmde tanks wordt het warmteverlies beperkt. Bij gesloten tanks moet, indien de constructie dat toestaat, ook het dak van de tank worden geïsoleerd.
Huidige situatie	Er zijn niet of onvoldoende geïsoleerde enkelwandige opslagtanks in buitenopstelling aanwezig, die worden verwarmd tot ten minste 20 °C.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: de tank wordt meer dan 500 uur per jaar verwarmd.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de staat van de isolatie en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Proceswarmte
Nummer maatregel	PE5
Toe te passen maatregel	**Pas een elektrische verwarmingsmantel toe voor IBC-containers.** Door het toepassen van een elektrische verwarmingsmantel voor het vorstvrij houden van een IBC-container (Intermediate Bulk Container) gedurende vorstperiodes hoeft niet de hele ruimte waarin de containers zijn opgesteld te worden verwarmd en is minder energie nodig.
Huidige situatie	Er zijn IBC-containers aanwezig die met straalkachels op de gewenste temperatuur worden gehouden.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.300 gebruiksuren van de straalkachel per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Proceswarmte
Nummer maatregel	PE6
Toe te passen maatregel	**Gebruik het warme en koude water uit de sterilisatiecyclus van producten of goederen voor verwarming en koeling van het sterilisatiewater.** Na het steriliseren wordt het warme water in de warme buffer gepompt en na het koelen wordt het koude water naar de koudebuffer gepompt. In een nieuwe sterilisatiebatch kan het nog relatief warme water opnieuw worden gebruikt voor de verwarming en het relatief koude water opnieuw voor de koeling. Zo is voor elke sterilisatiecyclus niet de gehele opwarming en afkoeling van het sproeiwater nodig. Dit zorgt voor een besparing op het gasgebruik van de stoominstallatie en op het elektriciteitsgebruik van de elektrische koelmachine.
Huidige situatie	Er vindt een sterilisatieproces plaats, waarbij het warme en koude water uit de sterilisatiecyclus niet wordt ingezet voor verwarming en koeling.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.500 batches per jaar.
Technische randvoorwaarden	De inhoud van het sterilisatievat is ten minste 100 liter.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Proceswarmte
Nummer maatregel	PE7
Toe te passen maatregel	**Gebruik de restwarmte uit het blancheerproces door het plaatsen van een warmtewisselaar.** Door het plaatsen van een warmtewisselaar bij de uitgaande stroom van de blancheur kan het suppletiewater worden voorverwarmd met spuiwater tot 60 °C.
Huidige situatie	Er is een blancheur aanwezig waarvan het spuiwater wordt geloosd zonder dat hieruit warmte wordt teruggewonnen.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 500 gebruiksuren van de blancheerder per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het reservoir met de warmtewisselaar (coil) kan eenvoudig worden aangesloten op het spui- en suppletiewater van de blancheur. Er is voldoende opstellingsruimte nabij de blancheur.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer de warmtewisselaar regelmatig en maak deze zo nodig schoon.

Onderwerp	Proceswarmte
Nummer maatregel	PE8
Toe te passen maatregel	**Gebruik de warmte van folieblazen nuttig voor de verwarming van een dichtbijgelegen ruimte.** Warme lucht van de folieblaasinstallatie kan nuttig worden gebruikt voor ruimteverwarming van een aangrenzende productieruimte of een aangrenzend magazijn. Hierdoor hoeft minder energie te worden opgewekt voor verwarming van die ruimte. Het warmeluchttransport gebeurt door middel van een mechanische ventilator met flexibel kanaalwerk en een aantal meters vast leidingwerk.
Huidige situatie	Er is een folieblazer aanwezig die is voorzien van Internal Bubble Cooling, waarbij de warme lucht naar buiten wordt afgevoerd.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De lengte van het aan te leggen kanaalwerk is minder dan 50 m. De naastgelegen ruimtes hebben ten minste gedurende 2.400 uur per jaar een

	warmtevraag. Er zijn geen additieve geuren of gevaarlijke stoffen aanwezig in de afgezogen warme lucht.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie: Proceskoeling

Onderwerp	Proceskoeling
Nummer maatregel	PF1
Toe te passen maatregel	**Plaats een warmtewisselaar om de restwarmte in koelwater te benutten.** Door de restwarmte uit het koelwater met een warmtewisselaar terug te winnen, kan deze ergens anders worden ingezet en wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Warm koelwater wordt aan de buitenlucht gekoeld in een open koeltoren, waarbij geen warmte wordt teruggewonnen uit het koelwater.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: de restwarmte is meer dan 2.800 uur per jaar nuttig inzetbaar. Natuurlijk moment: de restwarmte is meer dan 2.200 uur per jaar nuttig inzetbaar.
Technische randvoorwaarden	De teruggewonnen warmte uit het koelwater kan worden ingezet in een proces of toepassing met een gelijkmatige warmtevraag.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer de warmtewisselaar regelmatig en maak deze zo nodig schoon.

Onderwerp	Proceskoeling
Nummer maatregel	PF2
Toe te passen maatregel	**Pas een drycooler toe voor de koeling van procesapparatuur.** Door het toepassen van een drycooler voor de koeling van procesapparatuur kan gebruik worden gemaakt van vrij beschikbare koeling uit de buitenlucht als aanvulling op de koelmachine. De efficiëntie van een drycooler is hoger dan van een compressiekoelmachine.
Huidige situatie	De procesapparatuur vereist continu koeling (7 dagen per week), die wordt geleverd door een compressiekoelmachine met een water/glycolsysteem met een elektrisch vermogen van ten minste 10 kW en zonder vrije koelingfunctie.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 1.300 bedrijfsuren van de procesapparatuur per jaar.
Technische randvoorwaarden	De warmte van de compressiekoelmachine wordt niet teruggewonnen. Er is voldoende ruimte beschikbaar voor het plaatsen van de drycoolers. Bij plaatsing op het dak moet het dak beschikken over voldoende vrije draagkracht.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Regelmatig onderhouden van de drycoolers volgens leveranciersvoorschriften.

Onderwerp	Proceskoeling
Nummer maatregel	PF3
Toe te passen maatregel	**Pas voorkoeling met (leiding)water toe in een proces met ijswaterkoeling.** Door in het koelproces een voorkoelstap met leidingwater toe te passen, kan het ijswatergebruik worden beperkt. IJswater wordt dan alleen nog gebruikt voor de

	laatste koelstap.
Huidige situatie	Het volledige koeltraject wordt uitgevoerd met ijswater, waarbij gebruik wordt gemaakt van lokale ijswaterkoelers.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.400 bedrijfsuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte voor een extra koeler. Het opgewarmde (leiding)water moet nuttig kunnen worden gebruikt. Het koelproces kan in twee stappen worden uitgevoerd, met een voor- en een nakoelproces, die direct na elkaar plaatsvinden.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie: Veehouderijen

Onderwerp	Veehouderijen
Nummer maatregel	PG1
Toe te passen maatregel	**Pas een voorkoeler met koud (leiding)water toe bij het koelen van melk.** Door het voorkoelen van melk met koud (leiding)water zal de koelmachine minder energie gebruiken voor het afkoelen van de melk. Daarnaast wordt het water dat gebruikt wordt voor het schoonmaken van onder andere de melkrobot voorverwarmd, waardoor de proceswaterboiler minder energie gebruikt.
Huidige situatie	Er is een koelinstallatie aanwezig waarbij de melk niet wordt voorgekoeld en rechtstreeks naar de koelmachine wordt geleid.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het opgewarmde (leiding)water moet nuttig kunnen worden gebruikt.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer de warmtewisselaar regelmatig en maak deze zo nodig schoon.

Onderwerp	Veehouderijen
Nummer maatregel	PG2
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregelaar toe om het vermogen van de vacuümpomp van de melkinstallatie te beperken.** Door het plaatsen van een frequentieregelaar op de vacuümpomp kan het toerental van de vacuümpomp worden geregeld op basis van de (onder)druk. Daarmee wordt het opgenomen vermogen van de vacuümpomp beperkt.
Huidige situatie	Er is een melkinstallatie aanwezig waarvan de vacuümpomp niet is voorzien van een frequentieregelaar en die draait op een vast vermogen wanneer de vacuüminstallatie in bedrijf is.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 1.900 bedrijfsuren van de vacuümpomp van de melkinstallatie per jaar.
Technische randvoorwaarden	De huidige vacuümpomp is geschikt voor de toepassing van een frequentieregelaar.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Veehouderijen

Nummer maatregel	PG3
Toe te passen maatregel	**Pas een energiezuinige regeling toe op infrarood warmtelampen.** Door het toepassen van een halveringsschakelaar of een dimmer op de infrarood warmtelampen voor het warm houden van jonge dieren, kan de brandsterkte van de lampen worden aangepast.
Huidige situatie	Er zijn infrarood warmtelampen aanwezig voor het verwarmen van jonge dieren die niet zijn voorzien van een regeling om de brandsterkte aan te passen.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 800 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie: Datacentrum

Onderwerp	Datacentrum
Nummer maatregel	PH1
Toe te passen maatregel	**Stel een hogere koeltemperatuur in voor de koeling van servers.** De setpoint van de zaalkoelers is minimaal gelijk aan de bovengrens van de door ASHRAE aanbevolen temperatuur van 27 °C bij gebruik van compressiekoeling of natte koeling. Door het verhogen van de koeltemperatuur kan meer gebruik worden gemaakt van vrije koeling en werkt de koeling efficiënter. Bij gebruik van 100% droge vrije koeling zijn lagere setpoints dan 27 °C toegestaan.
Huidige situatie	De zaalkoelers van het datacentrum werken met een lagere ruimtetemperatuur dan de maximaal aanbevolen bedrijfstemperatuur voor elektronische apparatuur.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig het ingestelde setpoint.

Onderwerp	Datacentrum
Nummer maatregel	PH2
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregelaar toe om het vermogen van de zaalkoelers te beperken.** De zaalkoelers (CRAH's) worden voorzien van een frequentieregelaar waardoor het toerental van de zaalkoelers op temperatuur kan worden geregeld. De ventilatoren draaien daardoor gemiddeld op een lager vermogen, waardoor energie wordt bespaard.
Huidige situatie	Er zijn zaalkoelers aanwezig die niet zijn voorzien van een frequentieregelaar.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De zaalkoelers kunnen frequentiegeregeld worden.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Datacentrum
Nummer maatregel	PH3
Toe te passen maatregel	**Pas vrije koeling toe bij de koelinstallatie in het datacentrum.** Door vrije koeling te integreren in de koelvoorziening van het datacentrum, kan het gebruik van de compressiekoelinstallatie worden beperkt. Er bestaan verschillende systemen voor vrije koeling zoals directe vrije luchtkoeling, indirecte vrije luchtkoeling of koudwaterproductie met vrije koeling ondersteuning. Welk systeem het beste past hangt af van de specifieke situatie.
Huidige situatie	Er is een compressiekoelinstallatie aanwezig waarbij geen vrije koeling wordt toegepast.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Bij plaatsing op het dak moet het dak beschikken over voldoende vrije draagkracht.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de instellingen van het koelsysteem en optimaliseer de koelingsetpoints voor een hogere koeltemperatuur.

Bijlage VIIa. (aanwijzing vergunningvrije gevallen soorten wild niet onder cites-basisverordening: vervoeren zieke dieren)

A Kaart zeehondenopvang



B Handelingskader zeehondenopvang

Situatie	Gemaakte afspraak over hoe te handelen
verstrikte en gewonde dieren	Directe hulp bieden aan verwonde en verstrikte dieren (buiten de gesloten natuurgebieden, bedoeld in artikel 3.59, aanhef en onder b, onder 1°, van het Besluit kwaliteit leefomgeving) bestaande uit: – (medische) hulp ter plaatse en eventueel verplaatsen – opname – euthanasie (bij geringe kans op herstel)
zogende pups zonder moeder nabij	24 uur observatie en zorgen voor rust rondom pup zodat moeder kan terugkomen. Eerder dan 24 uur opvangen als: – de pup op een lastige of gevaarlijke plek ligt; en – er te veel omstanders zijn die commotie geven en er geen mogelijkheden zijn om de ligplek van deze zeehond af te zetten of via handhaving de commotie op te lossen. Bij eerdere opname dan 24 uur: goede administratie van proces en redenen.
gespeende zeehonden	Zorgen voor rust rondom het dier (voorkeur) (30 tot liefst 50 m). Dier verplaatsen naar rustige plek als er te veel omstanders zijn. (Geen opname gespeende zeehonden, ook niet als er sprake is van gewichtsverlies)
matig zieke dieren	24 uur observatie voor matig zieke of verzwakte dieren om te bezien of de dieren zich op een natuurlijke wijze kunnen hervatten. Zo nodig rust maken op de vindplek of dier verplaatsen naar rustige plek. Pas na 24 uur overgaan tot opname als duidelijk is dat herstel niet zonder interventie gaat plaatsvinden. Eerder opnemen in de volgende gevallen: – het dier ligt op een lastige of gevaarlijke plek; – het dier blijkt bij nadere bepaling toch ernstig ziek of verzwakt te zijn (zie 'ernstig zieke dieren'); – er zijn teveel omstanders die commotie geven en handhaving of afzetting/verplaatsing is geen optie; – ondragelijk en zinloos lijden (dan euthanasie); – er is besmettingsgevaar voor dieren of mensen (zoönosen). Bij eerdere opname dan 24 uur: goede administratie van proces en redenen.
ernstig zieke dieren	Directe opname ernstig zieke, ondervoede of verzwakte dieren voor behandeling (of als er geringe kans is op herstel – voor euthanasie) in het zeehondencentrum.
in gesloten natuurgebieden (op grond van artikel 3.59, aanhef en onder b, onder 1°, van het Besluit kwaliteit leefomgeving)	Geen hulp of opvang is het vaste uitgangspunt. Zo nodig kunnen de Minister van LNV en de kustprovincies op grond van de relevante wet- en regelgeving de eigen bevoegdheden uitoefenen om hulp te bieden aan gewonde of verstrikte dieren. De desbetreffende bevoegde partij draagt in de gesloten gebieden de verantwoordelijkheid voor de communicatie met het publiek.

Bijlage VIIaa. (maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik met betrekking tot milieubelastende activiteiten specifiek voor de glastuinbouwsector)

Inhoudsopgave

Onderdeel Code	Categorie Code	Categorie Omschrijving (onderwerp)
F	A	Perslucht
F	B	Stoom
F	C	Aandrijvingen
F	D	Productkoeling
F	E	Grootkeukenapparatuur
F	G	Terreinverlichting
F	I	Serverruimte
F	K	Zonnepanelen
P	B	Drogen
P	D	Procesapparatuur
P	E	Proceswarmte
P	T	Glastuinbouw

Onderdeel 1 : faciliteiten
Categorie : Perslucht

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA1
Toe te passen maatregel	**Vergroot de persluchtbuffer.** Door het aansluiten van een (extra) buffervat op het bestaande persluchtnet kan meer perslucht opgeslagen worden, waardoor het aantal starts en stops van de compressor wordt beperkt.
Huidige situatie	Er is een persluchtcompressor met aan/uit-schakelaar aanwezig zonder buffervat of met een te klein buffervat. Hierdoor draait de persluchtinstallatie minimaal 15 minuten per bedrijfsuur in nullast. Bij vergroting van de buffer is het uitgangspunt om maximaal 5 minuten aaneengesloten in nullast te draaien.

Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 4.100 bedrijfsuren van het persluchtnet per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 3.400 bedrijfsuren van het persluchtnet per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte nabij de persluchtcompressor om een persluchtbuffervat te plaatsen. De persluchtvraag is gemiddeld gezien variabel gedurende een bedrijfsuur. De persluchtcompressor heeft een vermogen van minimaal 10 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig op persluchtlekkages en verhelp deze.

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA2
Toe te passen maatregel	**Plaats een afsluiter met tijdschakelaar om verlies van perslucht buiten bedrijfstijden te beperken.** Door het toepassen van een afsluiter met tijdschakelaar op het persluchtnet of delen daarvan kunnen apparaten en machines worden losgekoppeld van de perslucht. Zo hoeft de compressor niet onnodig perslucht te comprimeren buiten bedrijfstijden.
Huidige situatie	Er is een centraal persluchtnet aanwezig dat geheel of deels onder druk staat buiten gebruikstijden.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De op het persluchtnet aangesloten apparaten en machines zijn geschikt om zonder persluchtdruk buiten bedrijf stil te staan.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig op persluchtlekkages en verhelp deze. Controleer regelmatig de instelling van de tijden dat het persluchtnet buiten bedrijf is en zorg dat deze bij veranderende bedrijfstijden (zoals bij zomer- en wintertijd) worden bijgewerkt.

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA3
Toe te passen maatregel	**Pas een flow-drukregelaar toe in het persluchtnet.** Door integratie van een flow-drukregelaar (regelklep direct na het buffervat) in een persluchtnet kunnen schommelingen in de persluchtvraag worden uitgebalanceerd. Om de schommelingen op te vangen is de persdruk vaak hoger ingesteld dan nodig. Door toepassing van een flow-drukregelaar kan de persdruk in het buffervat worden verlaagd. De verlaging in persdruk zorgt voor een besparing op het energiegebruik van de compressor. Daarbij zal door lagere druk het persluchtgebruik per gebruiker afnemen en lekt er minder perslucht weg. Door minder persluchtgebruik of -lekkage zal de compressor ook energie besparen.
Huidige situatie	Er is een persluchtnet met een centrale toerengeregelde persluchtcompressor(en) en buffervat aanwezig, waarbij een flow-drukregelaar ontbreekt.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.700 bedrijfsuren van het persluchtnet per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de compressor is ten hoogste 45 kW en het persluchtgebruik is maximaal 7 m^3/min. In het persluchtnet vinden hoge drukvallen plaats door grote persluchtafname.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verlaag de persluchtdruk na plaatsing van de schakelaar en controleer regelmatig de ingestelde waarde.

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA4
Toe te passen maatregel	**Plaats een luchtkanaal zodat de persluchtcompressor (koude) buitenlucht aanzuigt.** Plaats een luchtkanaal voor het aanzuigen van buitenlucht of van binnenlucht uit een onverwarmde ruimte. Als de persluchtcompressor koudere lucht aanzuigt kan er energiezuiniger perslucht worden gemaakt.
Huidige situatie	Er is een centraal persluchtnet aanwezig met een persluchtcompressor van ten minste 7,5 kW die warme lucht aanzuigt vanuit de ruimte waarin deze is opgesteld.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.000 bedrijfsuren van de persluchtcompressor per jaar.
Technische randvoorwaarden	De compressor staat binnen 5 m van een buitenmuur.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA5
Toe te passen maatregel	**Gebruik zuinige persluchtgereedschappen.** Door gebruik te maken van nieuwe en energiezuinige perslucht aangedreven gereedschappen, zoals blaaspistolen, wordt er minder perslucht gebruikt en energie bespaard.
Huidige situatie	Er wordt gebruik gemaakt van 'conventionele' persluchtgereedschappen, zoals blaaspistolen, met een nominaal gebruik van meer dan 120 l/min.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij gereedschappen die meer dan 1.800 uur per jaar worden gebruikt.
Technische randvoorwaarden	De persluchtcompressoren hoeven niet te worden aangepast door het verminderde gebruik van perslucht.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Onderhoud de perslucht aangedreven gereedschappen zodat er geen onnodige perslucht verloren gaat en houd ze schoon. Controleer regelmatig op persluchtlekkages aan gereedschap, koppelingen en leidingen en verhelp deze.

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA6
Toe te passen maatregel	**Gebruik elektrisch handgereedschap als vervanging voor pneumatisch aangedreven gereedschap.** Door waar mogelijk elektrisch handgereedschap toe te passen en perslucht aangedreven gereedschap alleen te gebruiken wanneer er geen elektrisch alternatief is, kan het persluchtgebruik worden beperkt. Het opwekken van perslucht voor het aandrijven van gereedschap is minder efficiënt dan het gebruiken van elektrisch aangedreven gereedschap.
Huidige situatie	Persluchtaangedreven handgereedschap wordt gebruikt voor toepassingen waar een elektrisch alternatief voor kan worden gebruikt.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij gebruik van het gereedschap van meer dan 6 u/wk.
Technische randvoorwaarden	Er is een geschikt elektrisch alternatief beschikbaar dat voldoet aan de specifieke eisen van de werkzaamheden zoals voldoende koppel en een handzaam gewicht en formaat. De gereedschappen worden niet in een ATEX omgeving gebruikt.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA7
Toe te passen maatregel	**Gebruik een blower voor het schoonblazen in plaats van perslucht.** Voor werkzaamheden zoals schoonblazen van vloeren en machines waarbij met perslucht wordt geblazen kan een decentrale blower worden gebruikt. Dit is energiezuiniger dan blazen met perslucht.
Huidige situatie	Blazen gebeurt met perslucht van ten minste 6 bar.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij gebruik van perslucht voor schoonblazen van meer dan 6 u/wk.
Technische randvoorwaarden	Het proces moet toestaan dat er met een lagere druk en groter luchtvolume schoongeblazen wordt. De blower is binnen 10 m van de toepassing te plaatsen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Perslucht
Nummer maatregel	FA8
Toe te passen maatregel	**Vervang de regelklepbediening op basis van perslucht door elektrische aandrijvingen.** Door het op perslucht aangedreven besturend element (actuator) van de regelklep te vervangen door een servo- of stappenmotor, kan energie worden bespaard. Bij een perslucht aangedreven actuator moet het gehele jaar lucht op druk worden gehouden. Daarom is een elektrische aandrijving efficiënter.
Huidige situatie	Er is een regelklep met een door perslucht aangedreven actuator (besturend element) aanwezig die is aangesloten op het centrale persluchtnet. De actuator kan separaat worden vervangen.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij processen die het hele jaar continu in bedrijf zijn.
Technische randvoorwaarden	Er is een elektrische voedingskast beschikbaar binnen 10 m. De regelklep bevindt zich niet in een ATEX-omgeving.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie : Stoom

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB1
Toe te passen maatregel	**Verlaag de stoomdruk van het centrale stoomnet.** Een verlaging van de stoomdruk zorgt voor lagere (stoom)temperaturen en voor een lagere schoorsteentemperatuur. Daardoor verliest de ketel minder warmte en wordt het warmteverlies door de schoorsteen kleiner. Bovendien neemt het verlies in het (stoom)distributienet en het flashverlies in condenspotten af. De mate van verlaging van de stoomdruk wordt bepaald door de stoomafnemer die om de hoogste stoomdruk vraagt om te kunnen blijven opereren.
Huidige situatie	Er is een stoomketel aanwezig die is gekoppeld aan een centraal stoomnet en de druk op het stoomnet is hoger dan voor de aangesloten apparaten vereist is.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: Het stoomnet is meer dan 3.700 uur per jaar op druk.
Technische randvoorwaarden	Voor de verlaging van het stoomdruksetpoint zijn geen verdere veranderingen aan het systeem nodig.

	De stoomafnemers kunnen functioneren met de verlaagde stoomdruk. De huidige leidingen en appendages dienen geschikt te zijn voor een verhoging van de stromingssnelheden van de stoom. De stoomdruk bedraagt minimaal 4 bar. De stoomdruk kan met ten minste 10% worden verlaagd.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de stoomdruk in het stoomnet.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB3
Toe te passen maatregel	**Gebruik een rookgascondensor om warmte uit de rookgassen van de stoomketel nuttig in te zetten.** Door het condenseren van rookgas met een RVS-condensor kan de restwarmte uit de rookgassen nuttig worden ingezet. Toepassing van de maatregel vereist dat de brander van de stoomketel opnieuw wordt afgesteld.
Huidige situatie	Er is een stoomketel met economiser aanwezig en de rookgassen verlaten de schoorsteen (na de economiser) met een temperatuur van 130 °C of hoger.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 4.600 bedrijfsuren van de stoomketel.
Technische randvoorwaarden	Er is redelijk koud suppletiewater aanwezig (10 – 20°C). Het suppletiewaterdebiet is relatief hoog (meer dan 80% van de massastroom stoom), of er is warmtevraag aanwezig zoals water voor centrale verwarming of schoonmaakwater.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Onderhoud de warmtewisselaar volgens de leveranciersvoorschriften.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB4
Toe te passen maatregel	**Vervang stoom als middel voor ruimteverwarming.** Door stoom als middel voor ruimteverwarming te vervangen voor een efficiënter alternatief wordt energie bespaard. Mogelijke alternatieven zijn een indirect gestookte heater, een direct gestookte hoogrendement (HR)-heater of donkere stralers.
Huidige situatie	De ruimteverwarming gebeurt met een met stoom gevoede luchtverhitter.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Er is een aansluitpunt voor gas aanwezig binnen een afstand van 50 m van de te verwarmen ruimte. De huidige constructie en de elektriciteitsaansluiting kunnen worden hergebruikt (één-op-één vervanging van de huidige heaters). Er zweeft geen brandbaar stof (zoals houtstof of andere organische stoffen) in de ruimte. De rookgasafvoer kan direct door het dak gerealiseerd worden.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB5
Toe te passen maatregel	**Isoleer ongeïsoleerde warme delen van de stoomketel.** Door het aanbrengen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van ten minste

	1,0 m^2K/W bij ongeïsoleerde mangaten, ketel-achterfronten en voedingswaterregelkleppen van stoomketels, kan warmteverlies worden voorkomen.
Huidige situatie	Bepaalde delen van de stoomketel, zoals mangaten, het ketel-achterfront en de voedingswaterregelklep zijn niet of onvoldoende geïsoleerd.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Voer jaarlijks een (visuele) controle uit naar de staat van de isolatie.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB6
Toe te passen maatregel	**Isoleer stoomleidingen en appendages.** Door het aanbrengen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van ten minste 2,5 m^2K/W rondom stoomleidingen en appendages wordt warmteverlies tegengegaan.
Huidige situatie	De stoomleidingen zijn niet of onvoldoende geïsoleerd.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Voer jaarlijks een (visuele) controle uit naar de staat van de isolatie.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB7
Toe te passen maatregel	**Pas een omgekeerde osmose (RO)-installatie toe om de ketelwaterkwaliteit te verbeteren.** Met een omgekeerde osmose-installatie kan de waterkwaliteit voor een gasgestookte stoomketel worden verbeterd. Hierdoor is er minder toevoeging van nieuw water nodig en wordt er ook minder water ververst (spui). Dit verlaagt het watergebruik en daardoor hoeft er minder water te worden opgewarmd in de stoomketel.
Huidige situatie	Er is een stoomketel zonder waterbehandeling of met enkel een eenvoudige ontharder zoals een harskolom aanwezig. De waterverversing (spui) is ten minste 10%.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende opstelruimte in het ketelhuis voor een omgekeerde osmose-installatie.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks op lekkages en voer zo nodig onderhoud uit aan de reverse osmose-installatie.

Onderwerp	Stoom
Nummer maatregel	FB8
Toe te passen maatregel	**Plaats een warmtewisselaar bij de uitgang van een heetwaterproces om het suppletiewater voor te verwarmen met warmte uit te lozen water.** Door het plaatsen van een warmtewisselaar bij de uitgang van een heetwaterproces kan het suppletiewater van de stoomketel worden voorverwarmd met warmte uit te lozen afvalwater. Voorbeelden van dergelijke warmteterugwinning zijn een kratten- of gereedschapwasser.
Huidige situatie	Er is een heetwaterproces aanwezig (bijvoorbeeld een kratten- of gereedschapwasser) waarbij het warme afvalwater wordt geloosd op het vuilwaterriool zonder dat daar warmte uit is teruggewonnen.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 2.400 bedrijfsuren van het heetwaterproces per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het heetwaterproces verbruikt ten minste 500 m^3 water per jaar.

Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Inspecteer en reinig elke twee jaar de warmtewisselaar.

Categorie : Aandrijvingen

Onderwerp	Aandrijvingen
Nummer maatregel	FC1
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregeling toe op machines.** Met de toepassing van een frequentieregelaar op de elektromotor welke een machine of machinedeel aandrijft kan de motor optimaal worden ingezet in de bedrijfsvoering. De aandrijving door de elektromotor kan middels de frequentieregelaar optimaal worden ingeregeld, waarbij de snelheid van de elektromotor zodanig wordt gekozen dat de aandrijving zijn functie goed kan vervullen met een zo laag mogelijk opgenomen vermogen. Deze maatregel beslaat directe en indirecte aandrijvingen, zoals via as, snaar, riem, ketting en dergelijke.
Huidige situatie	Er is een machine aanwezig met een aandrijving via elektromotor met een elektrisch vermogen van ten minste 8 kW. De efficiëntieklasse van de elektromotor is ten minste IE2.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.300 draaiuren per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 800 draaiuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte in de regelkast om de frequentieregelaar te kunnen plaatsen, óf de motor is goed toegankelijk, waardoor de frequentieregelaar nabij de elektromotor kan worden geplaatst. De functionaliteit van de machine moet een variabel of verlaagd toerental toestaan.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Aandrijvingen
Nummer maatregel	FC2
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregeling op pompen toe.** Door het toepassen van een frequentieregelaar op de pomp kan de pomp optimaal worden ingeregeld. Daarbij wordt het werkpunt van de pomp zodanig gekozen dat de pomp zijn functie goed kan vervullen met een zo laag mogelijk opgenomen vermogen. Bij veel toepassingen kan een eenvoudige debiet- of drukregeling worden ingesteld, waarbij de pomp altijd naar het optimale werkpunt wordt geregeld.
Huidige situatie	Er is een variabele flow of een overcapaciteit welke wordt gesmoord met een regel- of smoorklep. Er is een pomp van ten minste 4 kW aanwezig, die wordt aangedreven door een elektromotor van efficiencyklasse IE2 of hoger.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 4.100 draaiuren per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 3.000 draaiuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte in de regelkast om de frequentieregelaar te kunnen plaatsen, óf de frequentieregelaar kan nabij de elektromotor worden geplaatst.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Aandrijvingen
Nummer maatregel	FC3
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregeling toe op compressoren van onder andere de koel-, vries- en persluchtinstallaties.** Door het toepassen van de frequentieregelaar wordt het toerental van de compressor optimaal ingeregeld, zodanig dat de compressor de gewenste druk en debiet kan leveren met een zo laag mogelijk opgenomen vermogen. Daarnaast kan bij veel toepassingen een eenvoudige druk- of temperatuurregeling worden ingesteld, waarbij de compressor altijd naar het optimale werkpunt wordt geregeld. Bij een installatie waarin meerdere compressoren parallel opereren moet alleen de compressor met het grootste regelvermogen van een frequentieregelaar worden voorzien.
Huidige situatie	Er is een compressor zonder frequentieregeling aanwezig, aangedreven door een elektromotor met een elektrisch vermogen van ten minste 8 kW. De efficiëntieklasse van de elektromotor is ten minste IE2.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.300 draaiuren per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 1.000 draaiuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte in de regelkast om de frequentieregelaar te kunnen plaatsen, óf de frequentieregelaar kan nabij de elektromotor worden geplaatst.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Aandrijvingen
Nummer maatregel	FC4
Toe te passen maatregel	**Vervang elektromotoren met efficiëntieklasse IE2 of lager door een motor met efficiëntieklasse IE4 of hoger.** Elektromotoren met een hogere efficiëntieklasse, zoals IE4 gebruiken minder elektriciteit dan elektromotoren met een lagere efficiëntieklasse. Door het vervangen van elektromotoren met efficiëntieklasse IE2 of lager door elektromotoren met efficïëntieklasse IE4 of hoger wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Er zijn elektromotoren aanwezig met efficiëntieklasse IE2 of lager. Deze motoren zijn herkenbaar doordat er geen IE-klasse, klasse IE1 of IE2 op het typeplaatje van de motor staat.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 1.000 draaiuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de motoren is ten minste 0,75 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Test en controleer regelmatig de lagers en de weerstand van de wikkelingen volgens leveranciersvoorschriften.

Onderwerp	Aandrijvingen
Nummer maatregel	FC5
Toe te passen maatregel	**Vervang IE3-elektromotoren door efficiëntieklasse IE4 of hoger.** Elektromotoren met een hogere efficiëntieklasse, zoals IE4 gebruiken minder elektriciteit dan elektromotoren met een lagere efficiëntieklasse. Door het vervangen van IE3-elektromotoren door IE4-elektromotoren of hoger wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Er zijn elektromotoren aanwezig met efficiëntieklasse IE3. Deze motoren zijn herkenbaar doordat er IE3 op het typeplaatje van de motor staat.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 1.900 draaiuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de motoren is meer dan 0,75 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Test en controleer regelmatig de lagers en de weerstand van de wikkelingen volgens leveranciersvoorschriften.

Categorie : Productkoeling

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD5
Toe te passen maatregel	**Isoleer koel- en vriesleidingen.** Door het aanbrengen van isolatie om koel- en vriesleidingen wordt koudeverlies naar de omgeving beperkt. Hierdoor zal het energiegebruik van de koelinstallatie afnemen. Gebruik vanwege condensvorming FEF (flexibel elastomeric foam) of een ander isolatiemateriaal met een structuur van gesloten cellen, een hoge dampdiffusieweerstand en een laag warmtegeleidingsvermogen.
Huidige situatie	De gekoelde koel- of vriesleidingen zijn niet of onvoldoende geïsoleerd. Het gaat hierbij om de leidingen van de koelmachine naar het afgiftesysteem.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de staat van de isolatie en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD6
Toe te passen maatregel	**Koppel de verdamperventilator aan de vriesceldeur.** Door het koppelen van de verdamperventilator aan de vriesceldeur gaat deze uit op het moment dat de deur wordt geopend. Dit voorkomt onnodig koudeverlies bij het openen van de deur. Bovendien vindt minder ijsvorming plaats op de verdamper.
Huidige situatie	Er is een vriescel aanwezig, waarbij de verdamperventilator en de vriesceldeur niet zijn gekoppeld, waardoor de verdamperventilator blijft draaien als de deur wordt geopend. De deur is niet voorzien van lamellen of een snelsluitdeur.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De grenswaarden voor de maximale temperatuur van de producten in de vriescel moeten gewaarborgd kunnen blijven.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD7
Toe te passen maatregel	**Isoleer de wanden van koelcellen om warmte buiten te houden.** Door het isoleren van de koelcelwanden wordt koudeverlies naar de omgeving voorkomen en de temperatuur in een koelcel behouden. Pas isolatiemateriaal toe met een Rd-waarde van ten minste 6 m^2K/W. Hierdoor daalt het elektriciteitsgebruik van de koelinstallatie.
Huidige situatie	Er is een niet of onvoldoende geïsoleerde koelcel aanwezig. De isolatiedikte is ten hoogste 15 mm (Rd-waarde is 0,5 m^2K/W of lager).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing

Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de isolatie op beschadigingen en vochtproblemen volgens de leveranciersvoorschriften.

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD8
Toe te passen maatregel	**Regel de verdamperventilatoren van koelcellen op basis van meerdere temperatuursensoren.** In de koelcellen draait continu een ventilator bij de verdamper om temperatuurverschillen in de koelcel te voorkomen. Door de verdamperventilator te regelen op basis van meerdere temperatuursensoren kan energie worden bespaard.
Huidige situatie	Er is een koelcel aanwezig, waarbij de verdamperventilator niet wordt geregeld op basis van meerdere temperatuursensoren. De verdamperventilator is voorzien van een frequentieregelaar.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: De koelcel is meer dan 4.800 uur per jaar in gebruik.
Technische randvoorwaarden	De oppervlakte van de koelcel is ten minste 100 m^2. In de koelcel wordt geen groenten en/of fruit opgeslagen, vanwege gevaar van ethyleenophoping.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD9
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregelaar toe om het circulatievoud te regelen bij gekoelde opslag van groente, fruit of andere plantaardige producten (levend product).** Het circulatievoud van de lucht is het aantal malen per uur dat een ruimte-inhoud wordt doorspoeld met geconditioneerde lucht uit een luchtbehandelingsinstallatie. Tijdens de bewaarperiode is het niet nodig de volledige ventilatiecapaciteit van de koeling te benutten. Door te sturen op de ethyleenconcentratie kan het ventilatievoud worden geoptimaliseerd door middel van frequentieregeling van de ventilatoren.
Huidige situatie	Er is een koelcel aanwezig voor de opslag van groente, fruit of andere plantaardige producten, waarbij het ventilatievoud niet wordt geregeld.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 4.500 draaiuren van de circulatieventilatoren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De circulatieventilatoren zijn geschikt voor frequentieregeling.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD10
Toe te passen maatregel	**Scheid de luchttoevoer naar de koelinstallatie van de warme lucht uit de koelinstallatie.** Wanneer een condensor binnen staat wordt de warmte van de condensor overgedragen aan de te koelen lucht. Door het plaatsen van een apart aanzuigkanaal vanuit de buitenlucht of een onverwarmde ruimte kan de te koelen lucht worden gescheiden van de warme afgegeven lucht van de condensor. Hierdoor verbruikt de koelinstallatie minder elektriciteit.
Huidige situatie	Er is een koelinstallatie aanwezig waarbij de luchttoevoer en de afgegeven warme lucht van de condensor in dezelfde ruimte terechtkomen, waardoor deze opwarmt.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De condensor staat binnen en de buitenlucht kan worden aangezogen met een aanzuigkanaal korter dan 5 m.

	De maatregel is niet toepasbaar bij stekkerklare koelmeubels.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD11
Toe te passen maatregel	**Pas een condensordrukregeling op buitenluchttemperatuur toe op de koelinstallatie.** Door het toepassen van een automatische condensordrukregeling op basis van de buitenluchttemperatuur, zal de condensortemperatuur op jaarbasis gemiddeld dalen. Hierdoor werkt de koelinstallatie efficiënter.
Huidige situatie	Er is een koelinstallatie met een vermogen van ten minste 20 kWth aanwezig, die is voorzien van een elektronisch expansieventiel en die werkt met een vaste condensordruk gedurende het gehele jaar.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De bestaande software kan worden aangepast met een variabel condensorsetpoint. De regelkast van de koelinstallatie is bereikbaar en geschikt voor de toevoeging van een buitentemperatuursensor.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD12
Toe te passen maatregel	**Gebruik de restwarmte van de condensors van de koelinstallatie.** Door middel van een extra warmtewisselaar in het persgascircuit kan de restwarmte uit de condensors nuttig worden gebruikt.
Huidige situatie	Er is een koelinstallatie aanwezig waarbij de warmte van de condensors niet nuttig wordt gebruikt.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: De beschikbare warmte kan ten minste 1.700 uur per jaar nuttig worden ingezet.
Technische randvoorwaarden	Er is ten minste 50 kWth aan warmte van de condensor beschikbaar. Het moet technisch mogelijk zijn om de warmte nuttig te gebruiken.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD13
Toe te passen maatregel	**Pas dagafdekking toe bij semi-verticale koelmeubels.** Door het toepassen van dagafdekking bij een semi-verticaal koelmeubel vindt er minder koudeverlies plaats vanuit het meubel naar de ruimte. Dit vermindert het energiegebruik voor koeling en het energiegebruik voor ruimteverwarming.
Huidige situatie	Er zijn semi-verticale koelmeubels aanwezig zonder dagafdekking.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het semi-verticale koelmeubel moet geschikt zijn voor het plaatsen van dagafdekking.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Productkoeling

Nummer maatregel	FD14
Toe te passen maatregel	**Plaats LED-armaturen in gekoelde cellen.** Door het vervangen van TL verlichting in gekoelde ruimten door LED-armaturen wordt het vermogen van de verlichting beperkt. Naast de beperking van het elektrische vermogen wordt ook de warmtelast verlaagd waardoor er minder koeling nodig is.
Huidige situatie	In de gekoelde cellen zijn armaturen met langwerpige fluorescentielampen (TL8 of TL5) aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak regelmatig de verlichtingsarmaturen schoon.

Onderwerp	Productkoeling
Nummer maatregel	FD15
Toe te passen maatregel	**Pas heetgasontdooiing toe op de vriesinstallatie.** Om een goede koeling mogelijk te maken dient ijsvorming voorkomen te worden. Door het toepassen van heetgasontdooiing bij plaatsing van een nieuwe vriesinstallatie kan energie bespaard worden.
Huidige situatie	Er is een vriesinstallatie aanwezig waarbij een regeling voor ontdooiing ontbreekt.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de werking van de heetgasontdooiing. Er mag in principe geen ijsaangroei op de verdamper zichtbaar zijn.

Categorie : Grootkeukenapparatuur

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur
Nummer maatregel	FE1
Toe te passen maatregel	**Vervang de infrarood-salamander door een salamander met automatische pan/bord detectie.** Door het vervangen van de infrarood-salamander door een salamander met pan/bord detectie kan worden voorkomen dat deze onnodig aanstaat wanneer deze niet in gebruik is.
Huidige situatie	Er zijn één of meer infrarood-salamanders aanwezig waarbij een aan/uit- of tijdschakelaar ontbreekt.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.700 gebruiksuren van de salamander per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur

Nummer maatregel	FE2
Toe te passen maatregel	**Pas hot-fill toe bij bestaande vaatwasapparatuur in grootkeukens.** Door het toepassen van warmwater uit een bestaande warmwateraansluiting in vaatwasapparatuur (hot-fill) wordt warm water gebruikt dat op een efficiëntere manier is geproduceerd. Dit is bijvoorbeeld het geval als het water is opgewarmd met een warmtepomp, een zonneboiler en/of restwarmte.
Huidige situatie	Er is een horeca vaatwasser aanwezig die is aangesloten op een koudwaterleiding. Het warme tapwater wordt op een efficiënte manier opgewekt zoals bijvoorbeeld met restwarmte van de koeling, een zonneboiler of een warmtepomp.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 400 gebruiksuren van de vaatwasser per jaar.
Technische randvoorwaarden	De warmwaterleiding ligt nabij de vaatwasser.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur
Nummer maatregel	FE3
Toe te passen maatregel	**Pas een dubbelwandige vaatwasser toe in grootkeukens.** Door het toepassen van een energiezuinige dubbelwandige horecavaatwasser vindt minder warmteverlies plaats door de wanden van de vaatwasser. Daardoor wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Er is een enkelwandige horeca vaatwasser aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 400 gebruiksuren van de vaatwasser per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur
Nummer maatregel	FE4
Toe te passen maatregel	**Pas een laagdebiet afzuigkap toe bij grootkeukens.** In een laagdebiet afzuigkap zijn luchttoevoercompartimenten aangebracht voor het inblazen van lucht aan de onder- en/of binnenzijde van de luifelranden. Dit leidt tot betere afvangprestaties dan bij een conventionele afzuigkap, waardoor de afzuigkap met een lager debiet kan werken. Dat zorgt voor energiebesparing.
Huidige situatie	Er is een conventionele afzuigkap aanwezig zonder extra luchttoevoercompartimenten.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 3.200 draaiuren van de afzuigkap per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig de afzuigkap volgens het interval zoals aangegeven in de leveranciersvoorschriften.

Onderwerp	Grootkeukenapparatuur
Nummer maatregel	FE6
Toe te passen maatregel	**Pas een elektrische combisteamer toe in plaats van een gasgestookte variant.** Door het toepassen van een elektrische combisteamer in plaats van een gasgestookte combisteamer kan op aardgas worden bespaard.
Huidige situatie	Er is een gasgestookte combisteamer aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing

Technische randvoorwaarden	De bestaande elektriciteitsaansluiting heeft voldoende capaciteit en er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar op het elektriciteitsnet.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie : Terreinverlichting

Onderwerp	Terreinverlichting
Nummer maatregel	FG1
Toe te passen maatregel	**Plaats een tijdklok samen met een daglichtregeling als de verlichting op vaste tijden moet branden terwijl het donker is.** Door het gebruik van een tijdklok samen met een daglichtregeling staan lampen die op vaste uren moeten branden niet onnodig aan.
Huidige situatie	De buitenverlichting heeft geen tijdklok en/of geen daglichtregeling op plaatsen waar de verlichting op vaste uren moet branden terwijl het donker is.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing bij verlichting die om veligheidsredenen de gehele nacht aan moet blijven.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak regelmatig de sensoren van de verlichtingsregeling schoon en controleer jaarlijks de instellingen van de tijdklok.

Onderwerp	Terreinverlichting
Nummer maatregel	FG2
Toe te passen maatregel	**Plaats een bewegingssensor op plaatsen waar de lampen niet altijd aan hoeven te zijn.** Door het plaatsen van een bewegingssensor op plaatsen waar de terreinverlichting alleen aan hoeft te zijn als er mensen aanwezig zijn, staan lampen niet onnodig aan.
Huidige situatie	Er zijn lampen zonder een bewegingssensor aanwezig op plaatsen waar alleen verlichting nodig is als er mensen aanwezig zijn.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.100 onnodige branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing bij verlichting die om veligheidsredenen de gehele nacht aan moet blijven.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak regelmatig de sensoren van de verlichtingsregeling schoon.

Onderwerp	Terreinverlichting
Nummer maatregel	FG4
Toe te passen maatregel	**Vervang op een lichtmast de armaturen met spaarlampen of gasontladingslampen door LED-armaturen.** Door op een lichtmast armaturen met spaarlampen of gasontladingslampen te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik beperkt. De lichtmast blijft behouden.

Huidige situatie	Er zijn lichtmasten met armaturen met spaarlampen of gasontladingslampen (kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI) aanwezig, waarbij het armatuur kan worden vervangen zonder de mast te vervangen.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het LED-armatuur kan worden toegepast op de bestaande lichtmast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Terreinverlichting
Nummer maatregel	FG5
Toe te passen maatregel	**Vervang bij terreinverlichting zonder mast de armaturen met gasontladingslampen door LED-armaturen.** Door bij terreinverlichting, die niet op een mast staat, het armatuur met gasontladingslampen te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er is terreinverlichting die niet op een mast staat aanwezig met armaturen met een van de volgende gasontladingslampen: kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Categorie : Serverruimte

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI1
Toe te passen maatregel	**Pas virtualisatie en consolidatie toe bij servers.** Door middel van virtualisatie en consolidatie (het intern of extern samenvoegen van werklast) wordt het aantal in gebruik zijnde servers teruggebracht.
Huidige situatie	Er zijn meerdere fysieke servers aanwezig met een totaal opgesteld vermogen ten minste 5 kW, waarbij de beschikbare verwerkingscapaciteit groter is dan de actuele behoefte aan verwerkingscapaciteit.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De door de virtualisatie en consolidatie gereduceerde servercapaciteit is voldoende om pieken in de vraag naar capaciteit op te vangen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI2
Toe te passen maatregel	**Stel geautomatiseerd energiebeheer in op servers**

	Door het instellen van geautomatiseerd energiebeheer (power management) past de server zijn energiegebruik aan op de actuele vraag naar verwerkingscapaciteit. Het afstemmen kan door het instellen van een passend dynamisch power management profiel (balanced mode). De instellingen op het niveau van de hardware (BIOS) en het operating system moeten zodanig zijn dat de server alle mogelijkheden voor het aanpassen van het energiegebruik kan benutten.
Huidige situatie	Er is een serverruimte aanwezig met een opgesteld vermogen aan ICT-apparatuur van ten minste 5 kW. Er is sprake van een gemiddelde CPU-belasting van minder dan 80%.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De op de server geplaatste applicaties zijn niet zodanig vertragingsgevoelig dat vertragingen van enkele microseconden problematisch zijn.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI3
Toe te passen maatregel	**Neem een laagbelaste Uninterrupted Power Supply (UPS) uit bedrijf.** Door de belasting van UPS-en (Batterijen) te optimaliseren kan een maximale conversie efficiëntie worden bereikt. Door het uit bedrijf nemen van laagbelaste UPS-en (<30%) en/of het gebruik van modulaire UPS-en kan de belasting van de UPS-en zodanig worden verhoogd dat een conversie efficiëntie van tenminste 96% wordt bereikt.
Huidige situatie	Er is een serverruimte aanwezig met een opgesteld vermogen aan ICT-apparatuur van ten minste 5 kW en deze is aangesloten op meerdere UPS-en. Ten minste één UPS wordt gemiddeld minder dan 30% belast.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Er zijn voldoende UPS-en actief om de nagestreefde redundantie in de serverruimte te waarborgen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Monitor en registreer (automatisch) de UPS-efficiëntie en de geleverde vermogens en analyseer de uitkomsten.

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI4
Toe te passen maatregel	**Pas een buitenluchtklep toe voor koeling van de serverruimte.** Bij kleine serverruimtes die grenzen aan de buitenlucht kan een geautomatiseerde buitenluchtklep een effectieve maatregel zijn. Door het toepassen van een buitenluchtklep met sensoren voor luchtvochtigheid en temperatuur kan worden gekoeld met buitenlucht en kan de inzet van de koelinstallatie worden verminderd.
Huidige situatie	Er is een compressiekoelinstallatie aanwezig voor de koeling van de serverruimte.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De serverruimte grenst met ten minste één zijde aan een buitengevel om een gestuurde buitenluchtklep te kunnen installeren. De aangezogen buitenlucht bevat geen stoffen die voor vervuiling of schade aan de installaties kan zorgen. Indien aangezogen lucht voor de installatie schadelijke stoffen bevat moet er een filterinstallatie geplaatst kunnen worden. Het opgestelde vermogen in de serverruimte is ten minste 5 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de vocht- en temperatuursensoren van de buitenluchtklep volgens leveranciersvoorschriften en reinig deze indien nodig.

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI5

Toe te passen maatregel	**Pas een energiezuinige koelinstallatie toe voor de koeling van serverruimten.** Vervang bestaande directe expansie koelinstallaties door nieuwe efficiëntere koelinstallaties. Door lagere condensatietemperaturen in tussenseizoen en winter verbetert de efficiëntie substantieel en wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Er is een serverruimte aanwezig met een opgesteld vermogen aan ICT-apparatuur van ten minste 5 kW. Voor het koelen van deze ruimte wordt gebruik gemaakt van een koelinstallatie met directe expansiekoeling.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De COP (Coefficient of performance) van de huidige koelinstallatie is 3,5 of lager.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Serverruimte
Nummer maatregel	FI6
Toe te passen maatregel	**Breng een scheiding aan tussen de koude aanvoerlucht en de warme afvoerlucht in de datazaal.** Door het aanbrengen van gangafdekking, deuren en blindplaten worden koude en warme compartimenten gecreëerd. Dat voorkomt vermenging van koude aanvoerlucht waarmee de apparatuur wordt gekoeld, en de warme lucht die naar buiten wordt afgevoerd. Hierdoor neemt de efficiëntie van de koeling toe.
Huidige situatie	Er vindt vermenging plaats van aan- en afvoerlucht in de serverruimte.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de afdichting van de compartimenten en de plaatsing van de blindplaten.

Categorie : Zonnepanelen

Onderwerp	Zonnepanelen
Nummer maatregel	FK1
Toe te passen maatregel	**Plaats zonnepanelen op het dak.** Door de plaatsing van zonnepanelen wordt duurzame elektriciteit opgewekt. Daarmee wordt bespaard op de inkoop van elektriciteit via het elektriciteitsnet.
Huidige situatie	Er is een grootverbruikaansluiting voor elektriciteit (meer dan 3x80 A). Er is ten minste 2.000 m^2 aan geschikt dakoppervlak beschikbaar voor het plaatsen van minimaal 300 kWp aan zonnepanelen.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het dak heeft voldoende vrije draagkracht voor de plaatsing van zonnepanelen en bijbehorende ballast. De bestaande elektriciteitsaansluiting heeft voldoende capaciteit en er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar op het elektriciteitsnet. Het dak hoeft de komende 10 jaar niet te worden gerenoveerd. De verzekeraar gaat akkoord met plaatsen van de zonnepanelen zonder dat dit tot een significante prijsstijging van de verzekeringspremie leidt. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast. Bij een installatie van 300 kWp kan alle opgewekte energie direct in het gebouw worden gebruikt.

Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak de zonnepanelen jaarlijks schoon. Controleer regelmatig of de verwachte productie gehaald wordt of laat dit monitoren.

Onderdeel 2 : Processen
Categorie : Drogen

Onderwerp	Drogen
Nummer maatregel	PB1
Toe te passen maatregel	**Pas vermogensregeling toe op de ventilatietoevoer naar de droogkamer.** Door het toepassen van toerenregeling of andere vermogensregeling op de ventilatietoevoer naar de droogkamer kan het ventileren worden beperkt. Hierdoor neemt het energiegebruik van de ventilatie af.
Huidige situatie	Er is een droogkamer aanwezig, waarbij een toerenregeling of andere vermogensregeling ontbreekt op de ventilatietoevoer naar de droogkamer.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 2.500 bedrijfsuren van de droogkamer per jaar.
Technische randvoorwaarden	De ventilatoren zijn geschikt voor toepassing van een vermogensregeling. De bestaande besturing beschikt over een analoge uitgang. In de bestaande regelkast is voldoende ruimte voor het plaatsen van een frequentieregelaar.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Drogen
Nummer maatregel	PB2
Toe te passen maatregel	**Pas een vochtsensor inclusief regeling toe in de uittredelucht van droogprocessen.** Door toepassing van een vochtsensor, inclusief regeling op basis van het vochtgehalte van de uittredelucht, kan het recirculatiedebiet van de drooglucht worden verhoogd. Dat zorgt voor energiebesparing door de vermindering van verse luchttoevoer op lage temperatuur. Door toepassing van de vochtsensor kan tot 95% van de uittredelucht worden gerecycled.
Huidige situatie	Er is een droogproces aanwezig zonder vochtsensor en bijbehorende regeling voor het recirculeren van drooglucht.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 2.000 gebruiksuren van het droogproces per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het thermisch vermogen van de luchtverhitter is ten minste 50 kWth.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie : Procesapparatuur

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD1
Toe te passen maatregel	**Optimaliseer de procesparameters van procesapparatuur.** Bepaal de optimale procesparameters zoals opwarmtijd, koeltijd, draaiuren, druk en temperatuur van de procesapparatuur en regel deze in, zodat er minimaal energiegebruik is met een gelijkblijvende productkwaliteit.
Huidige situatie	Er is procesapparatuur met een vermogen van ten minste 100 kW aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij meer dan 3.800 gebruiksuren van de procespparatuur per jaar.
Technische randvoorwaarden	De apparatuur is al voorzien van aansturingssoftware met energiemonitoringsfunctionaliteit, maar deze is nog niet ingeregeld.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD4
Toe te passen maatregel	**Pas een hoogfrequente HR-lader toe voor het opladen van tractiebatterijen.** Door de toepassing van een hoogfrequente HR-lader voor het opladen van tractiebatterijen neemt de efficiëntie van het oplaadproces fors toe. Tractiebatterijen worden gebruikt in voertuigen voor intern transport zoals vorkheftrucks.
Huidige situatie	Er is een lader voor tractiebatterijen aanwezig die niet als hoogfrequente HR-lader is uitgevoerd.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 400 laadcycli per jaar.
Technische randvoorwaarden	De huidige accu's zijn geschikt voor hoogfrequent laden.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Procesapparatuur
Nummer maatregel	PD9
Toe te passen maatregel	**Vervang aanwezige verlichting op of nabij procesapparatuur door LED-verlichting.** Door het vervangen van TL-buizen (TL8), spaar-, halogeen- of gasontladingslampen door LED-lampen wordt het energiegebruik van de verlichting beperkt.
Huidige situatie	Er is verlichting aanwezig op of nabij procesapparatuur die niet is voorzien van LED-lampen.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.300 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande lampen zijn eenvoudig bereikbaar en kunnen één-op-één worden vervangen door LED-lampen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja

Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Categorie : Proceswarmte

Onderwerp	Proceswarmte
Nummer maatregel	PE2
Toe te passen maatregel	**Isoleer warme productleidingen en appendages.** Door het aanbrengen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van minimaal 1,5 m^2K/W om leidingen en appendages waarin warme producten worden verplaatst wordt het warmteverlies beperkt.
Huidige situatie	Er zijn warme productleidingen en appendages zonder isolatie aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De leidingen en appendages zijn goed bereikbaar.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de staat van de isolatie en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Categorie : Glastuinbouw

Onderwerp	Glastuinbouw
Nummer maatregel	PT1
Toe te passen maatregel	**Pas meerdere schakelgroepen toe bij de groeibelichting in de kas.** Het kan voorkomen dat niet alle delen van de kas volgens hetzelfde regime belicht hoeven te worden. Door toepassing van schakelgroepen wordt voorkomen dat in sommige delen van de kas de verlichting onnodig brandt.
Huidige situatie	Er zijn te grote schakelgroepen aanwezig, waardoor delen van de kas onnodig worden belicht.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: Als meer dan 10% van de verlichting gedurende ten minste 700 uur per jaar kan worden uitgeschakeld.
Technische randvoorwaarden	De route van de bekabeling in de kas moet geschikt zijn om meerdere schakelgroepen toe te passen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de instellingen per schakelgroep.

Onderwerp	Glastuinbouw

Nummer maatregel	PT2
Toe te passen maatregel	**Pas een set van meerdere en specifieke sensoren toe in een kasafdeling voor een betere beheersing van het binnenklimaat.** Door de plaatsing van een mobiele set sensoren in een kasafdeling, kan met name de temperatuur, maar ook de lucht- en bodemvochtigheid of de bladtemperatuur gerichter gemeten worden. Hierdoor kunnen mankementen, die zich bijvoorbeeld uiten door plekken met mindere groei, eerder worden gesignaleerd en opgelost. De mobiele set wordt steeds op een andere plek in de kas geplaatst, waardoor één mobiele set volstaat.
Huidige situatie	Het klimaat in de kas wordt geregeld door slechts één of enkele temperatuurmetingen per klimaatafdeling.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: bij een gasgebruik van ten minste 12 m^3 per m^2 kasoppervlak per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het klimaat moet binnen de kasafdeling in meerdere groepen te regelen zijn.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak sensoren regelmatig schoon en controleer of ze goed aangesloten zijn.

Onderwerp	Glastuinbouw
Nummer maatregel	PT3
Toe te passen maatregel	**Pas een frequentieregeling toe op de circulatiepompen van de CV-installatie van de kas.** Door het toepassen van een frequentieregelaar op de circulatiepomp(en) van het verwarmingssysteem van de kas, kan het debiet van de pomp(en) worden aangepast aan de warmtevraag. De pomp werkt efficiënter, doordat die optimaal worden ingeregeld. Het werkpunt van de pomp wordt zodanig gekozen dat de pomp zijn functie steeds goed kan vervullen met een zo laag mogelijk opgenomen vermogen. Een pompregeling op basis van de warmtevraag zorgt ervoor dat niet meer warmte naar de kas wordt toegevoerd dan nodig is.
Huidige situatie	Er is een gesmoorde en ongeregelde circulatiepomp aanwezig van ten minste 3 kW, die wordt aangedreven door een elektromotor van efficiëntieklasse IE2 of hoger. De transportpompen van het verwarmingssysteem van de kas zijn niet voorzien van frequentieregeling.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.000 draaiuren van de pomp per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is voldoende ruimte in de regelkast om de frequentieregelaar te kunnen plaatsen of de frequentieregelaar kan nabij de pomp worden geplaatst.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de instellingen van de pompen en de werking van de temperatuursensoren in de kas.

Onderwerp	Glastuinbouw
Nummer maatregel	PT4
Toe te passen maatregel	**Breng een horizontaal transparant beweegbaar energiescherm in de kas aan als tweede scherm.** Door het aanbrengen van een transparant tweede energiescherm wordt het warmteverlies via het kasdek beperkt en is er minder energie nodig om de kas warm te houden. Het scherm moet minimaal 90% luchtdicht zijn. Het energiescherm wordt gesloten als de temperatuur buiten lager is dan binnen en er geen zoninstraling is. Als er wel zoninstraling is, is het sluiten van het energiescherm afhankelijk van de teelt en sterkte van de zonstraling. Het scherm wordt geplaatst ter hoogte van het bovenkokerprofiel van de tralie of ter hoogte van het onderkokerprofiel van de tralie.
Huidige situatie	Er is een eerste niet-transparant energiescherm aanwezig in de kas.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij een gasgebruik van ten minste 18 m^3 per m^2 kasoppervlak per jaar. Natuurlijk moment: bij een gasgebruik van ten minste 14 m^3 per m^2 kasoppervlak per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er moet voldoende ruimte zijn in de kas op de bovenligger of de onderligger van de tralie, om een extra scherm te kunnen plaatsen.

	De kopgevels van de kas moeten voldoende sterk zijn uitgevoerd, zodat deze de trekkracht van het extra scherm aankunnen. De kas wordt verwarmd door middel van een verwarmingsketel.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Bij bovenmatig slijtage moet het doek worden vervangen. Geef het scherm jaarlijks een onderhoudsbeurt.

Onderwerp	Glastuinbouw
Nummer maatregel	PT5
Toe te passen maatregel	**Isoleer de verwarmingsleidingen en appendages op plekken waar warmte niet nodig is.** Door het toepassen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van ten minste 0,5 m2K/W om de verwarmingsleidingen en appendages wordt het warmteverlies beperkt op plekken in de kas waar warmte niet nodig is. In de kas gaat het onder andere om waar de transportleiding de kas binnenkomt, boven het middenpad en op plekken waar warmte zich ophoopt. Het betreft alleen bovengrondse leidingen.
Huidige situatie	Er ontbreekt isolatie om de verwarmingsleidingen en appendages op plekken waar geen warmte nodig is.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De kas wordt vewarmd door middel van een verwarmingsketel.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig het isolatiemateriaal rond leidingen en appendages en zorg dat dit goed bevestigd is. Herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Glastuinbouw
Nummer maatregel	PT6
Toe te passen maatregel	**Vervang bij de groeibelichting SON-T armaturen door LED-armaturen.** LED-lampen hebben een hogere lichtopbrengst per Watt dan SON-T lampen. Het energiegebruik van LED-lampen is daardoor lager dan van SON-T lampen bij een gelijk aantal branduren. Bovendien hebben LED-lampen een langere leversduur dan SON-T lampen. Bij vervanging door LED moet het hele armatuur worden vervangen, het is niet mogelijk alleen de SON-T lamp te vervangen door een LED-lamp.
Huidige situatie	Er worden in de kas SON-T armaturen toegepast als groeibelichting.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij ten minste 2.000 belichtingsuren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De teelt moet qua lichtspectrum en warmtebalans in de kas geschikt zijn voor de toepassing van LED-groeibelichting.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Glastuinbouw
Nummer maatregel	PT7
Toe te passen maatregel	**Vervang circulatieventilatoren van klasse IE2 of lager door gelijkstroom circulatieventilatoren.** In de glastuinbouw wordt gebruik gemaakt van serieventilatoren om de temperatuur in de kas homogeen te krijgen. Dit zijn ventilatoren die zorgen voor een horizontale luchtstroom die luchtcirculatie door de gehele kas verzorgt. Door het gebruik van energiezuinige gelijkstroom circulatieventilatoren, neemt de efficiëntie van de ventilatie toe en wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Er zijn in de kas ventilatoren van klasse IE2 of lager aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing

Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak de ventilatoren regelmatig schoon. Laat regelmatig testen of de ventilatoren optimaal functioneren.

Bijlage VIIb. (vergunningvrije gevallen voor uitzetten van dieren of eieren van dieren)

A

1. ARTHROPODA (geleedpotigen)

1.1. Arachnida (spinnen, spinachtigen)

1.1.1. Mesostigmata (roofmijten)

Laelapidae

- Androlaelaps casalis (Berlese, 1887)
- Galeolaelaps aculeifer (Canestrini, 1884)
- Stratiolaelaps scimitus (Womersley, 1956)

Macrochelidae

- Macrocheles robustulus (Berlese, 1904)

Parasitidae

- Pergamasus quisquiliarum (G. & R. Canestrini, 1882)

Phytoseiidae

- Amblydromalus limonicus (Graman & McGregor, 1956)
- Amblyseius andersoni (Chant, 1957)
- Amblyseius largoensis (Muma, 1955)
- Euseius finlandicus (Oudemans, 1915)
- Euseius gallicus (Kreiter & Tixier, 2010)
- Euseius ovalis (Evans, 1953)
- Euseius scutalis (Athias-Henriot, 1958)
- Galendromus occidentalis (Nesbitt, 1951)
- Iphiseius degenerans (Berlese, 1889)
- Neoseiulus barkeri (Hughes, 1948)
- Neoseiulus californicus (McGregor, 1954)
- Neoseiulus cucumeris (Oudemans, 1930)
- Neoseiulus fallacis (Garman, 1948)
- Phytoseiulus longipes (Evans, 1958)
- Phytoseiulus persimilis (Athias-Henriot, 1957)
- Phytoseius finitimus (Ribaga, 1904)
- Proprioseiopsis athiasae (Hirschmann, 1962)
- Typhlodromips montdorensis (Schicha, 1979)
- Typhlodromips swirskii (Athias-Henriot, 1962)
- Typhlodromus doreenae (Schicha, 1987)
- Typhlodromus pyri (Scheuten, 1857)

1.1.2. Prostigmata (roofmijten)

Cheyletidae

- Cheyletus eruditus (Schrank, 1781)

Eupalopsellidae

- Saniosulus nudus (Summers, 1960)

1.2. Insecta (insecten)

1.2.1. Coleoptera (kevers)

Coccinellidae

- Adalia bipunctata (Linnaeus, 1758)
- Chilocorus bipustulatus (Linnaeus, 1758)
- Chilocorus circumdatus (Schoenherr, 1808)
- Chilocorus malasiae (Crotch, 1874)

- Chilocorus nigrita (Fabricius, 1798)
- Clitostethus arcuatus (Rossi, 1794)
- Coccinella septempunctata (Linnaeus, 1758)
- Cryptolaemus montrouzieri (Mulsant, 1853)
- Delphastus catalinae (Horn, 1895)
- Exochomus laeviusculus (Weise, 1909)
- Exochomus quadripustulatus (Linnaeus, 1758)
- Nephus includens (Kirsch, 1870)
- Nephus quadrimaculatus (Herbst, 1783)
- Rhyzobius forestieri (Mulsant, 1853)
- Rhyzobius lophanthae (Blaisdell, 1892)
- Rodolia cardinalis (Mulsant, 1850)
- Scymnus rubromaculatus (Goeze, 1777)
- Stethorus punctillum (Weise, 1891)

Curculionidae
- Stenopelmus rufinasus (Gyllenhal, 1835)

Staphylinidae
- Aleochara bilineata (Gyllenhal, 1810)
- Atheta coriaria (Kraatz, 1856)
- Holobus flavicornis (Lacordaire, 1835)

1.2.2. Diptera (tweevleugeligen)

Cecidomyiidae
- Aphidoletes aphidimyza (Rondani, 1847)
- Feltiella acarisuga (Vallot, 1827)

Muscidae
- Coenosia attenuata (Stein, 1903)

Syrphidae
- Episyrphus balteatus (De Geer, 1776)

1.2.3. Heteroptera (roofwantsen)

Anthocoridae
- Anthocoris nemoralis (Fabricius, 1794)
- Anthocoris nemorum (Linnaeus, 1761)
- Orius albidipennis (Reuter, 1884)
- Orius laevigatus (Fieber, 1860)
- Orius majusculus (Reuter, 1879)

Miridae
- Dicyphus errans (Wolff, 1804)
- Macrolophus pygmaeus (Rambur, 1839)

Pentatomidae
- Picromerus bidens (Linnaeus, 1758)
- Podisus maculiventris (Say, 1832)

1.2.4. Hymenoptera (sluipwespen)

Aphelinidae
- Aphelinus abdominalis (Dalman, 1820)
- Aphelinus mali (Haldeman, 1851)
- Aphelinus varipes (Förster, 1841)
- Aphytis diaspidis (Howard, 1881)
- Aphytis holoxanthus (DeBach, 1960)
- Aphytis lepidosaphes (Compere, 1955)
- Aphytis lignanensis (Compere, 1955)
- Aphytis melinus (DeBach, 1959)

- Coccophagus cowperi (Girault, 1917)
- Coccophagus gurneyi (Compere, 1929)
- Coccophagus lycimnia (Walker, 1839)
- Coccophagus pulvinariae (Compere, 1931)
- Coccophagus rusti (Compere, 1928)
- Coccophagus scutellaris (Dalman, 1825)
- Encarsia citrina (Craw, 1891)
- Encarsia formosa (Gahan, 1924)
- Encarsia guadeloupae (Viggiani, 1987)
- Encarsia hispida (DeSantis, 1948)
- Encarsia protransvena (Viggiani, 1985)
- Encyrtus aurantii (Geoffroy, 1785)
- Encyrtus infelix (Embleton, 1902)
- Eretmocerus eremicus (Rose & Zolnerowich, 1997)
- Eretmocerus mundus (Mercet, 1931)

Braconidae

- Aphidius colemani (Viereck, 1912)
- Aphidius ervi (Haliday, 1834)
- Aphidius gifuensis (Ashmead, 1906)
- Aphidius matricariae (Haliday, 1834)
- Bracon hebetor (Say, 1836)
- Cotesia glomerata (Linnaeus, 1758)
- Cotesia marginiventris (Cresson, 1865)
- Cotesia rubecula (Marshall, 1885)
- Dacnusa sibirica Telenga, 1934
- Diglyphus isaea (Walker, 1838)
- Ephedrus cerasicola (Starý, 1962)
- Ephedrus plagiator (Nees, 1811)
- Meteorus pendulus (Müller, 1776)
- Opius pallipes (Wesmael, 1835)
- Praon volucre (Haliday, 1833)

Diapriidae

- Synacra paupera (Macek, 1995)

Encyrtidae

- Acerophagus flavidulus (Brèthes, 1916)
- Acerophagus maculipennis (Mercet, 1923)
- Anagyrus dactylopii (Howard, 1898)
- Anagyrus fusciventris (Girault, 1915)
- Anagyrus pseudococci (Girault, 1915)
- Anagyrus sinope (Noyes & Menezes, 2000)
- Arrhenophagus albitibiae (Girault, 1915)
- Blastothrix brittanica (Girault, 1917)
- Coccidencyrtus ochraceipes (Gahan, 1927)
- Coccidoxenoides perminutus (Girault, 1915)
- Comperiella bifasciata (Howard, 1906)
- Gyranusoidea litura (Prinsloo, 1983)
- Leptomastidea abnormis (Girault, 1915)
- Leptomastix dactylopii (Howard, 1885)
- Leptomastix epona (Walker, 1844)
- Leptomastix histrio (Förster, 1856)
- Metaphycus flavus (Howard, 1881)
- Metaphycus helvolus (Compere, 1926)
- Metaphycus lounsburyi (Howard, 1898)
- Metaphycus stanleyi (Compere, 1940)
- Metaphycus swirskii (Annecke & Mynhardt, 1979)
- Microterys nietneri (Motschulsky, 1859)

- Tetracnemoidea brevicornis (Girault, 1915)
- Tetracnemoidea peregrina (Compere, 1939)

Eulophidae
- Aprostocetus hagenowii (Ratzeburg, 1852)
- Tetrastichus coeruleus (Nees, 1834)
- Thripoctenus javae (Girault, 1917)

Figitidae
- Leptopilina heterotoma (Thomson, 1862)

Mymaridae
- Anagrus atomus (Linnaeus, 1767)
- Anaphes iole (Girault, 1911)

Platygastridae
- Allotropa convexifrons (Muesebeck, 1943)
- Allotropa musae (Buhl, 2005)

Pteromalidae
- Muscidifurax raptorellus (Kogan & Legner, 1970)
- Nasonia vitripennis (Walker, 1836)
- Ophelosia crawfordi (Riley, 1890)
- Scutellista caerulea (Fonscolombe, 1832)
- Spalangia cameroni (Perkins, 1910)
- Trichogrammatidae
- Trichogramma brassicae (Bezdenko, 1968)
- Trichogramma cacaeciae (Marchal, 1927)
- Trichogramma dendrolimi (Matsumura, 1926)
- Trichogramma evanescens (Westwood, 1833)
- Trichogramma pintoi (Voegelé, 1982)

1.2.5. Neuroptera (gaasvliegen)

Chrysopidae
- Chrysoperla carnea (Stephens, 1836)

Coniopterygidae
- Coniopteryx tineiformis (Curtis, 1834)
- Conwentzia psociformis (Curtis, 1834)

Hemerobiidae
- Sympherobius fallax (Navàs, 1908)

1.2.6. Thysanoptera (rooftripsen)

Aeolothripidae
- Aeolothrips intermedius (Bagnall, 1934)
- Aleurodothrips fasciapennis (Franklin, 1908)
- Franklinothrips megalops (Trybom, 1912)
- Franklinothrips vespiformis (Crawford, 1909)

Phlaeothripidae
- Karnyothrips melaleucus (Bagnal, 1911)

2. NEMATODA (rondwormen)

2.1. Secernentea

2.1.1. Rhabditida (entomopathogene nematoden)

Rhabditidae
- Phasmarhabditis hermaphrodita (Schneider, 1859)

Steinernematidae
- Steinernema carpocapsae (Weiser, 1955)
- Steinernema feltiae (Filipjev, 1934) (Wouts et al., 1982)
- Steinernema glaseri (Steiner, 1929) (Wouts et al., 1982)
- Steinernema kraussei (Steiner, 1923) (Travassos, 1927)

2.1.2. Strongylida (entomopathogene nematoden)
Heterorhabditidae
- Heterorhabditis bacteriophora (Poinar, 1976)
- Heterorhabditis megidis (Poinar, Jackson & Klein, 1988)

B
1. ARTHROPODA (geleedpotigen)

1.1. Arachnida (spinnen, spinachtigen)

1.1.1. Astigmata (mosmijten)
Acaridae
- Acarus siro (Linnaeus, 1758)
- Thyreophagus entomophagus (Laboulbène & Robin, 1852)
- Tyrolichus casei (Oudemans, 1910)
- Tyrophagus putrescentiae (Schrank, 1781)

Carpoglyphidae
- Carpoglyphus lactis (Linnaeus, 1767)

Glycyphagidae
- Lepidoglyphus destructor (Schrank, 1781)

Suidasiidae
- Suidasia pontifica (Oudemans, 1905)

1.1.2. Prostigmata (roofmijten)
Tetranychidae
- Tetranychus urticae (Koch, 1836)

1.1.3. Chilopoda (duizendpoten)
Henicopidae

- Lamyctinus coeculus (Brölemann, 1889)

1.1.4. Entognatha
Collembola (springstaarten)
Isotomidae
- Folsomia candida (Willem, 1902)

1.2. Insecta (insecten)

1.2.1. Dictyoptera (kakkerlakken)
Blattidae
- Periplaneta australasiae (Fabricius, 1775)

1.2.2. Diptera (tweevleugeligen)
Agromyzidae
- Chromatomyia syngenesiae (Hardy, 1849)

Anthomyiidae
- Delia antiqua (Meigen, 1826)

Sciaridae
- Bradysia difformis (Frey, 1948)

1.2.3. Hemiptera (snavelinsecten)

Aphididae (bladluizen)
- Acyrthosiphon (Acyrthosiphon) pisum (Harris, 1776)
- Aphis (Aphis) gossypii (Glover, 1877)
- Macrosiphum (Macrosiphum) euphorbiae (Thomas, 1878)
- Rhopalosiphum padi (Linnaeus, 1758)
- Sitobion (Sitobion) avenae (Fabricius, 1775)

Coccidae (schildluizen)
- Pulvinaria floccifera (Westwood, 1870)
- Saissetia coffeae (Walker, 1852)
- Saissetia oleae oleae (Olivier, 1791)

Diaspididae (schildluizen)
- Abgrallaspis cyanophylli (Signoret, 1869)
- Aspidiotus nerii (Bouché, 1833)
- Coccus hesperidum (Linnaeus, 1758)
- Diaspis boisduvalii (Signoret, 1869)
- Pinnaspis aspidistrae (Signoret, 1869)

Margarodidae (schildluizen)
- Icerya purchasi (Maskell, 1878)

Pseudococcidae (wolluizen)
- Planococcus citri (Risso, 1813)
- Pseudococcus longispinus (Targioni Tozzetti, 1867)
- Pseudococcus viburni (Signoret, 1875)

Aleyrodidae (wittevliegen)
- Trialeurodes vaporariorum (Westwood, 1856)

1.2.4. Lepidoptera (vlinders)

Gelechiidae
- Sitotroga cerealella (Olivier, 1879)

Noctuidae
- Spodoptera exigua (Hübner, 1808)

Pieridae
- Pieris brassicae (Linnaeus, 1758)
- Pieris rapae (Linnaeus, 1758)

Pyralidae
- Ephestia kuehniella (Zeller, 1879)
- Galleria mellonella (Linnaeus, 1758)

1.2.5. Thysanoptera (tripsen)

Thripidae
- Heliothrips haemorrhoidalis (Bouché, 1833)
- Hercinothrips femoralis (O.M. Reuter, 1891)
- Parthenothrips dracaenae (Heeger, 1854)

1.3. Symphyla (wortelduizendpoten)

1.3.1. Scutigeromorpha

Scutigerellidae
- Scutigerella immaculata (Newport, 1845

Bijlage VIIc. (vergunningvrije gevallen bestendig beheer waarvan LNV bevoegd gezag is)

Zoogdieren	
Aardmuis	Microtus agrestis
Bosmuis	Apodemus sylvaticus
Bunzing	Mustela putorius
Dwergmuis	Micromys minutus
Dwergspitsmuis	Sorex minutus
Egel	Erinaceus europaeus
Gewone bosspitsmuis	Sorex araneus
Haas	Lepus europeus
Hermelijn	Mustela erminea
Huisspitsmuis	Crocidura russula
Konijn	Oryctolagus cuniculus
Ondergrondse woelmuis	Pitymys subterraneus
Ree	Capreolus capreolus
Rosse woelmuis	Clethrionomys glareolus
Tweekleurige bosspitsmuis	Sorex coronatus
Veldmuis	Microtus arvalis
Vos	Vulpes vulpes
Wezel	Mustela nivalis
Woelrat	Arvicola terrestris

Amfibieën	
Bruine kikker	Rana temporaria
Gewone pad	Bufo bufo
Kleine watersalamander	Triturus vulgaris
Meerkikker	Rana ridibunda
Middelste groene kikker	Rana esculenta

Bijlage VIId. (soorten en pootringen die daarbij horen)

Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam	mm
Accipiter brevipes	Balkansperwer	10,0
Accipiter gentilis (m)	Havik	12,0
Accipiter gentilis (vr)	Havik	14,0
Accipiter nisus (m)	Sperwer	7,0
Accipiter nisus (vr)	Sperwer	8,0
Acrocephalus arundinaceus	Grote karekiet	3,5
Acrocephalus dumetorum	Struikrietzanger	2,7
Acrocephalus melanopogon	Zwartkoprietzanger	2,7
Acrocephalus paludicola	Waterrietzanger	2,5
Acrocephalus palustris	Bosrietzanger	2,6
Acrocephalus schoenobaenus	Rietzanger	2,7
Acrocephalus scirpaceus	Kleine karekiet	2,6
Aegithalos caudatus	Staartmees	2,1
Aegolius funereus	Ruigpootuil	8,0
Aegypius monachus	Monniksgier	28,0
Alauda arvensis	Veldleeuwerik	3,5
Alca torda	Alk	9,0
Alcedo atthis	IJsvogel	3,5
Alectoris barbara	Barbarijse patrijs	9,0
Alectoris chukar	Aziatische steenpatrijs	9,0
Alectoris graeca	Steenpatrijs	9,0
Alectoris rufa	Rode patrijs	9,0
Amazona arausiaca	Roodkeelamazone	12,0
Amazona auropalliata	Geelnek amazone	11,0
Amazona auropalliata caribaea	Caribische amazone	11,0
Amazona auropalliata parvipes	Kleine geelnekamazona	10,0
Amazona barbadensis	Geelvleugelamazone	10,0
Amazona brasiliensis	Roodstaartamazone	10,0
Amazona finschi	Finsch (Blauwkop) amazone	11,0
Amazona guildingii	Koningsamazone	12,0
Amazona imperialis	Keizeramazone	14,0
Amazona leucocephala	Cubaanse amazone	11,0
Amazona oratrix	Dubbele geelkopamazone	11,0
Amazona oratrix belizensis	Belize amazone	11,0
Amazona oratrix tresmariae	Maria-amazone	10,0
Amazona pretrei	Roodbrilamazone	11,0
Amazona rhodocorytha	Roodkruinamazone	11,0
Amazona tucumana	Tucuman amazone	10,0
Amazona versicolor	Sint Lucia amazone	11,0

Amazona vinacea	Wijnkleurige amazone	11,0
Amazona viridigenalis	Groenwangamazone	11,0
Amazona vittata	Portoricaanse amazone	10,0
Anas acuta	Pijlstaart	10,0
Anas americana	Amerikaanse smient	9,0
Anas clypeata	Slobeend	9,0
Anas crecca	Wintertaling	7,0
Anas discors	Blauwvleugeltaling	8,0
Anas falcata	Bronskopeend/bronskoptaling	10,0
Anas formosa	Siberische taling/Baikaltaling	8,0
Anas penelope	Smient	9,0
Anas platyrhynchos	Wilde eend	12,0
Anas rubripes	Zwarte eend	12,0
Anas strepera	Krakeend	10,0
Anodorhynchus glaucus	Blauwgrijze Ara	12,0
Anodorhynchus hyacinthinus	Hyacinthara	14,0
Anodorhynchus leari	Lears hyacinthara	12,0
Anser albifrons	Kolgans	16,0
Anser anser	Grauwe gans	20,0
Anser brachyrhynchus	Kleine rietgans	16,0
Anser caerulescens	Sneeuwgans	16,0
Anser erythropus	Dwerggans	14,0
Anser fabalis	Rietgans	18,0
Anser rossii	Ross’ Gans	14,0
Anthus bertheloti	Berthelots pieper	2,7
Anthus campestris	Duinpieper	2,7
Anthus cervinus	Roodkeelpieper	2,7
Anthus petrosus	Oeverpieper	2,8
Anthus pratensis	Graspieper	2,7
Anthus richardi	Grote pieper	2,7
Anthus spinoletta	Waterpieper	2,8
Anthus trivialis	Boompieper	2,8
Apus affinis	Huisgierzwaluw	2,6
Apus apus	Gierzwaluw	4,0
Aquila adalberti	Spaanse keizerarend	24,0
Aquila chrysaetos	Steenarend	28,0
Aquila clanga	Bastaardarend	20,0
Aquila heliaca	Keizerarend	24,0
Aquila nipalensis	Aziatische steppearend	20,0
Aquila pomarina	Schreeuwarend	20,0
Ara ambigua	Buffons ara	14,0

Ara glaucogularis	Blauwkeelara	12,0
Ara macao	Geelvleugel ara	14,0
Ara militaris	Soldaten ara	14,0
Ara rubrogenys	Roodwangara	12,0
Ardea cinerea	Blauwe reiger	14,0
Ardea herodias	Grote blauwe reiger	20,0
Ardea purpurea	Purperreiger	14,0
Ardeola ralloides	Ralreiger	16,0
Arenaria interpres	Steenloper	4,5
Asio capensis	Afrikaanse velduil	12,0
Asio flammeus	Velduil	12,0
Asio otus	Ransuil	10,0
Athene noctua	Steenuil	8,0
Aythya affinis	Kleine toppereend	9,0
Aythya americana	Amerikaanse tafeleend	10,0
Aythya collaris	Ringsnaveleend	9,0
Aythya ferina	Tafeleend	10,0
Aythya fuligula	Kuifeend	9,0
Aythya innotata	Madagascar witoogeend	11,0
Aythya marila	Toppereend	10,0
Aythya valisineria	Grote tafeleend	11,0
Balearica pavonina	Zwarte kroonkraanvogel	18,0
Bombycilla cedrorum	Amerikaanse pestvogel	4,0
Bombycilla garrulus	Pestvogel	4,0
Bonasa bonasia	Hazelhoen	10,0
Botaurus stellaris	Roerdomp	14,0
Branta bernicla	Rotgans	12,0
Branta canadensis	Canadese gans	20,0
Branta canadensis leucopareia	Canadese gans van de Aleoeten	13,0
Branta leucopsis	Brandgans	14,0
Bubo bubo	Oehoe	24,0
Bubulcus ibis	Koereiger	11,0
Bucephala albeola	Buffelkopeend	8,0
Bucephala clangula	Brilduiker	10,0
Bucephala islandica	IJslandse brilduiker	11,0
Burhinus oedicnemus	Griel	8,0
Buteo buteo	Buizerd	13,0
Buteo lagopus	Ruigpootbuizerd	14,0
Buteo rufinus	Arendbuizerd	16,0
Cacatua goffini	Goffins kakatoe	10,0
Cacatua sulphurea	Kleine geelkuifkaketoe	10,0

Cacatua sulphurea citrinocristata	Oranjekuifkaketoe	12,0
Cacatua moluccensis	Molukken kakatoe	14,0
Cairina scutulata	Witvleugeleend	16+14
Calandrella brachydactyla	Kortteenleeuwerik	3,5
Calandrella rufescens	Kleine kortteenleeuwerik	3,5
Calcarius lapponicus	IJsgors	2,9
Calidris alba	Drieteenstrandloper	3,5
Calidris alpina	Bonte strandloper	4,0
Calidris canutus	Kanoetstrandloper	5,0
Calidris ferruginea	Krombekstrandloper	4,0
Calidris maritima	Paarse strandloper	4,0
Calidris minuta	Kleine strandloper	3,0
Calidris temminckii	Temmincks strandloper	3,0
Caloenas nicobarica	Manenduif	10,0
Calonectris diomedea	Kuhls pijlstormvogel	10,0
Caprimulgus europaeus	Nachtzwaluw	4,0
Carduelis cannabina	Kneu	2,5
Carduelis carduelis	Putter (Groot)	2,7
Carduelis carduelis	Putter (Klein)	2,5
Carduelis chloris	Groenling	3,0
Carduelis flammea	Barmsijs (Groot)	2,7
Carduelis flammea	Barmsijs (Klein)	2,5
Carduelis flavirostris	Frater	2,5
Carduelis hornemanni	Witstuitbarmsijs	2,5
Carduelis spinus	Sijs	2,5
Carpodacus erythrinus	Roodmus	2,9
Casmerodius albus	Grote zilverreiger	16,0
Catharacta skua	Grote jager	14,0
Cepphus grylle	Zwarte zeekoet	10,0
Cercotrichas galactotes	Rosse waaierstaart	2,9
Certhia brachydactyla	Boomkruiper	2,2
Certhia familiaris	Taiga boomkruiper	2,3
Cettia cetti	Cetti’s zanger	2,7
Charadrius alexandrinus	Strandplevier	3,5
Charadrius dubius	Kleine plevier	3,5
Charadrius hiaticula	Bontbekplevier	4,0
Charadrius leschenaultii	Woestijnplevier	6,0
Chersophilus duponti	Duponts leeuwerik	3,2
Chlamydotis undulata	Kraagtrap	14,0
Chlidonias hybridus	Witwangstern	4,0
Chlidonias leucopterus	Witvleugelstern	4,0

Chlidonias niger	Zwarte stern	4,0
Chondestes grammacus	Roodoorgors	2,7
Ciconia ciconia	Ooievaar	18,0
Ciconia nigra	Zwarte ooievaar	18,0
Cinclus cinclus	Waterspreeuw	4,5
Circaetus gallicus	Slangearend	18,0
Circus aeruginosus (M)	Bruine kiekedief	9,0
Circus aeruginosus (V)	Bruine kiekedief	11,0
Circus cyaneus	Blauwe kiekedief	12,0
Circus macrourus	Steppekiekedief	12,0
Circus pygargus	Grauwe kiekedief	12,0
Cisticola juncidis	Gewone graszanger	2,5
Clamator glandarius	Kuifkoekoek	6,5
Clangula hyemalis	IJseend	9,0
Coccothraustes coccothraustes	Appelvink	3,5
Columba bollii	Bolles laurierduif	9,0
Columba junoniae	Laurierduif	9,0
Columba oenas	Holenduif	7,0
Columba palumbus	Houtduif	8,0
Columba trocaz	Trocazduif	7,0
Coracias garrulus	Scharrelaar	6,5
Corvus corax	Raaf	14,0
Corvus corone	Kraai	9,0
Corvus frugilegus	Roek	9,0
Corvus monedula	Kauw	6,5
Coturnix coturnix	Kwartel	5,0
Crax alberti	Blauwknobbelhokko	20,0
Crex crex	Kwartelkoning	6,0
Cuculus canorus	Koekoek	5,0
Cyanopica cyana	Blauwe ekster	6,5
Cyanopsitta spixii	Spix’s ara	8,0
Cyanoramphus forbesi	Geelvoorhoofdkakariki	5,4
Cyclopsitta diophthalma	Coxens dubbeloogvijgpapegaai	5,0
Cygnus columbianus	Fluitzwaan/kleine zwaan	27,0
Cygnus cygnus	Wilde zwaan	27,0
Cygnus olor	Knobbelzwaan	26,0
Delichon urbica	Huiszwaluw	2,9
Dendrocopos leucotos	Witrugspecht	4,0
Dendrocopos major	Grote bonte specht	4,0
Dendrocopos medius	Middelste bonte specht	4,0
Dendrocopos minor	Kleine bonte specht	3,5

Dendrocopos syriacus	Syrische bonte specht	4,0
Dryocopus martius	Zwarte specht	6,5
Ducula mindorensis	Mindoro muskaatduif	10,0
Egretta garzetta	Kleine zilverreiger	12,0
Elanus caeruleus	Grijze wouw	12,0
Emberiza aureola	Wilgegors	2,9
Emberiza bruniceps	Bruinkopgors	2,7
Emberiza caesia	Bruinkeelortolaan	2,9
Emberiza cia	Grijze gors	2,9
Emberiza cirlus	Cirlgors	2,9
Emberiza citrinella	Geelgors	2,9
Emberiza hortulana	Ortolaan	2,9
Emberiza leucocephalos	Witkopgors	2,9
Emberiza melanocephala	Zwartkopgors	2,9
Emberiza pallasi	Pallas'rietgors	2,3
Emberiza pusilla	Dwerggors	2,7
Emberiza rustica	Bosgors	2,9
Emberiza schoenclus	Rietgors	2,7
Emberiza striolata	Huisgors	2,7
Eos histrio	Diadeemlori	7,0
Eremophila alpestris	Strandleeuwerik	3,4
Erithacus rubecula	Roodborst	2,7
Eudromias morinellus	Morinelplevier	5,0
Eunymphicus cornutus	Hoornparkiet	5,5
Eunymphicus uvaeensis	Ouvea-hoornparkiet	5,5
Falco biarmicus (m)	Lannervalk	12,0
Falco biarmicus (vr)	Lannervalk	14,0
Falco cherrug (m)	Sakervalk	14,0
Falco cherrug (vr)	Sakervalk	15,0
Falco columbarius	Smelleken	9,0
Falco eleonorae	Eleonora's valk	11,0
Falco naumanni	Kleine torenvalk	9,0
Falco pelegrinoides (m)	Barbarijse valk	11,0
Falco pelegrinoides (vr)	Barbarijse valk	13,0
Falco peregrinus (m)	Slechtvalk	12,0
Falco peregrinus (vr)	Slechtvalk	14,0
Falco rusticolus (m)	Giervalk	14,0
Falco rusticolus (vr)	Giervalk	15,0
Falco sparverius	Amerikaanse torenvalk	7,0
Falco subbuteo	Boomvalk	9,0
Falco tinnunculus	Torenvalk	9,0

Falco vespertinus	Roodpootvalk	9,0
Ficedula albicollis	Withalsvliegenvanger	2,5
Ficedula hypoleuca	Bonte vliegenvanger	2,5
Ficedula parva	Kleine vliegenvanger	2,5
Ficedula semitorquata	Balkanvliegenvanger	2,7
Francolinus francolinus	Halsband- of zwarte frankolijn	9,0
Fratercula arctica	Papegaaiduiker	8,0
Fringilla coelebs	Vink	2,7
Fringilla montifringilla	Keep	2,7
Fringilla teydea	Blauwe vink	3,2
Fulica atra	Meerkoet	11,0
Fulica cristata	Knobbelmeerkoet	12,0
Fulmarus glacialis	Noordse stormvogel	10,0
Galerida cristata	Kuifleeuwerik	3,4
Galerida theklae	Theklaleeuwerik	3,2
Gallinago gallinago	Watersnip	4,5
Gallinago media	Poelsnip	4,0
Gallinula chloropus	Waterhoen	8,0
Garrulus glandarius	Vlaamse gaai	6,0
Gavia arctica	Parelduiker	18,0
Gavia immer	IJsduiker	14,0
Gavia stellata	Roodkeelduiker	18,0
Geronticus eremita	Heremietibis	14,0
Glareola pratincola	Vorkstaartplevier	5,0
Glaucidium passerinum	Dwerguil	7,0
Grus canadensis	Canadese kraanvogel	16,0
Grus grus	Kraanvogel	20,0
Grus japonensis	Chinese kraanvogel	22,0
Grus monacha	Monnikskraanvogel	16,0
Grus nigricollis	Zwarthalskraanvogel	16,0
Grus vipio	Withalskraanvogel	18,0
Grus virgo	Jufferkraan	16,0
Guarouba guarouba	Goudparkiet	10,0
Guiraca caerulea	Blauwe bisschop	3,5
Gypaetus barbatus	Lammergier	28,0
Gyps fulvus	Vale gier	28,0
Haematopus ostralegus	Scholekster	8,0
Haliaeetus albicilla (m)	Zeearend	24,0
Haliaeetus albicilla (vr)	Zeearend	26,0
Haliaeetus leucocephalus (m)	Witkopzeearend	24,0
Haliaeetus leucocephalus (vr)	Witkopzeearend	28,0

Haliaeetus leucoryphus (m)	Witbandzeearend	24,0
Haliaeetus leucoryphus (vr)	Witbandzeearend	28,0
Hieraaetus fasciatus	Havikarend	18,0
Hieraaetus pennatus	Dwergarend	14,0
Himantopus himantopus	Steltkluut	7,0
Hippolais caligata	Kleine spotvogel	2,6
Hippolais icterina	Spotvogel	2,7
Hippolais olivetorum	Griekse spotvogel	2,7
Hippolais pallida	Vale spotvogel	2,7
Hippolais polyglotta	Orpheus spotvogel	2,7
Hirundo daurica	Roodstuizwaluw	2,7
Hirundo rupestris	Rotszwaluw	2,7
Hirundo rustica	Boerenzwaluw	2,5
Histrionicus histrionicus	Harlekijneend	9,0
Hydrobates pelagicus	Stormvogeltje	2,5
Icterus galbula	Baltimore troepiaal	4,0
Irania gutturalis	Perzische roodborst	2,7
Ixobrychus minutus	Wouwaapje	10,0
Jynx torquilla	Draaihals	3,5
Lagopus lagopus	Moerassneeuwhoen	10,0
Lagopus mutus	Alpensneeuwhoen	10,0
Lanius collurio	Grauwe klauwier	3,5
Lanius excubitor	Klapekster	4,4
Lanius minor	Kleine klapekster	4,0
Lanius nubicus	Maskerklauwier	3,2
Lanius senator	Roodkopklauwier	3,8
Larus argentatus	Zilvermeeuw	11,0
Larus audouinii	Audouins meeuw	10,0
Larus canus	Stormmeeuw	7,0
Larus fuscus	Kleine mantelmeeuw	9,0
Larus genei	Dunbekmeeuw	8,0
Larus hyperboreus	Grote burgemeester	14,0
Larus marinus	Grote mantelmeeuw	13,0
Larus minutus	Dwergmeeuw	4,2
Larus ridibundus	Kokmeeuw	7,0
Leptotila wellsi	Grenada loopduif	7,0
Leucopsar rothschildi	Balispreeuw	6,0
Limicola falcinellus	Breedbekstrandloper	4,0
Limosa haemastica	Rode grutto	5,5
Limosa lapponica	Rosse grutto	7,0
Limosa limosa	Grutto	7,0

Locustella fluviatilis	Krekelzanger	2,7
Locustella luscinioides	Snor	2,7
Locustella naevia	Sprinkhaanzanger	2,7
Lophodytes cucullatus	Kokardezaagbek	9,0
Lophophorus lhuysii (M)	Chinese glansfazant	15,0
Lophophorus lhuysii (Vr)	Chinese glansfazant	14,0
Lophura imperialis	Keizerfazant	12,0
Loxia curvirostra	Kuisbek	3,5
Loxia leucoptera	Witbandkruisbek	3,5
Loxia pytyopsittacus	Grote kruisbek	4,0
Loxia scotica	Schotse kruisbek	3,5
Lullula arborea	Boomleeuwerik	3,2
Luscinia calliope	Roodkeelnachtegaal	3,0
Luscinia luscinia	Noordse nachtegaal	2,9
Luscinia megarhynchos	Nachtegaal	2,9
Luscinia svecica	Blauwborst	2,7
Lymnocryptes minimus	Bokje	4,0
Macrocephalon maleo	Hamerhoen	20,0
Marmaronetta angustirostris	Marmereend	8,0
Melanitta fusca	Grote zeeëend	13,0
Melanitta nigra	Zwarte zeeëend	11,0
Melanitta perspicillata	Brilzeeëend	11,0
Melanocorypha calandra	Klanderleeuwerik	3,5
Mergellus albellus	Nonnetje	9,0
Mergus merganser	Grote zaagbek	13,0
Mergus serrator	Middelste zaagbek	11,0
Merops apiaster	Bijeneter	4,0
Merops persicus	Groene bijeneter	4,0
Miliaria calandra	Grauwe gors	3,2
Milvus migrans	Zwarte wouw	12,0
Milvus milvus	Rode wouw	13,0
Mimus polyglottos	Spotlijster	6,0
Mitu mitu	Mesbekpauwies	16,0
Monticola saxatilis	Rode rotslijster	4,0
Monticola solitarius	Blauwe rotslijster	4,0
Montifringilla nivalis	Sneeuwvink	3,2
Morus bassanus	Jan-van-Gent	20,0
Morus capensis	Kaapse Jan van Gent	16,0
Motacilla alba	Witte kwikstaart	2,8
Motacilla cinerea	Grote gele kwikstaart	2,6
Motacilla citreola	Citroenkwikstaart	2,7

Motacilla flava	Gele kwikstaart	2,6
Muscicapa striata	Grauwe vliegenvanger	2,5
Neophema chrysogaster	Oranjebuikparkiet	4,0
Neophron percnopterus	Aasgier	20,0
Netta rufina	Krooneend	11,0
Ninox novaeseelandiae undulata	Boeboek (uil)	11,0
Nucifraga caryocatactes	Notenkraker	6,5
Numenius arquata	Wulp	10,0
Numenius phaeopus	Regenwulp	8,0
Numenius tenuirostris	Dunbekwulp	8,0
Nyctea scandiaca	Sneeuwuil	24,0
Nycticorax nycticorax	Kwak	14,0
Oceanodroma leucorhoa	Vaal stormvogeltje	2,5
Odontophorus strophium	Himalaya patrijs	6,5
Oenanthe hispanica	Blonde tapuit	3,0
Oenanthe isabellina	Isabeltapuit	3,2
Oenanthe leucopyga	Witkruintapuit	3,4
Oenanthe leucura	Zwarte tapuit	3,2
Oenanthe oenanthe	Tapuit	3,0
Oenanthe pleschanka	Bonte tapuit	3,2
Ognorhynchus icterotis	Geeloorparkiet	7,0
Ophrysia superciliosa	Himalaya patrijs	6,5
Oreophasis derbianus	Gehoornde goean	20,0
Oriolus oriolus	Wielewaal	4,5
Otus scops	Dwergooruil	7,0
Pandion haliaetus	Visarend	19,0
Panurus biarmicus	Baardmannetje	2,8
Parus ater	Zwarte mees	2,6
Parus caeruleus	Pimpelmees	2,7
Parus cinctus	Bruinkopmees	2,7
Parus cristatus	Kuifmees	2,7
Parus cyanus	Azuurmees	2,8
Parus major	Koolmees	2,7
Parus montanus	Matkop	2,7
Parus palustris	Glanskopmees	2,7
Passer domesticus	Huismus	3,0
Passer hispaniolensis	Spaanse mus	3,0
Passer montanus	Ringmus	2,7
Passerina cyanea	Indigovink (gors)	2,7
Penelope albipennis	Witvleugel(sjakohoen)goean	14,0
Perdix perdix	Patrijs	7,0

Perisoreus infaustus	Taiga gaai	6,5
Pernis apivorus	Wespendief	12,5
Petronia petronia	Rotsmus	3,0
Pezoporus wallicus	Grondpapegaai	4,5
Phalacrocorax aristotelis	Kuifaalscholver	16,0
Phalacrocorax carbo	Aalscholver	18,0
Phalaropus fulicarius	Rosse franjepoot	3,5
Phalaropus lobatus	Grauwe franjepoot	3,5
Phasianus colchicus	Fazant	12,0
Philomachus pugnax (m)	Kemphaan	6,5
Philomachus pugnax (vr)	Kemphaan	5,0
Phoenicopterus ruber	Flamingo	16,0
Phoenicurus moussieri	Diadeemroodstaart	2,6
Phoenicurus ochruros	Zwarte roodstaart	2,5
Phoenicurus phoenicurus	Gekraagde roodstaart	2,5
Phylloscopus bonelli	Bergfluiter	2,3
Phylloscopus borealis	Noordse boszanger	2,4
Phylloscopus collybita	Tjiftjaf	2,3
Phylloscopus inornatus	Bladkoning	2,3
Phylloscopus proregulus	Pallas' boszanger	2,4
Phylloscopus schwarzi	Radde's boszanger	2,3
Phylloscopus sibilatrix	Fluiter	2,3
Phylloscopus trochiloides	Grauwe fitis	2,3
Phylloscopus trochilus	Fitis	2,3
Pica pica	Ekster	6,5
Picoides tridactylus	Drieteenspecht	4,3
Picus canus	Grijskopspecht	5,0
Picus viridis	Groene specht	5,0
Pinicola enucleator	Haakbek	3,5
Pionopsitta pileata	Roodkappapegaai	8,0
Pipile jacutinga	Spixfluitgoean	14,0
Pipile pipile	Trinidad blauwkeelgoean	14,0
Piranga olivacea	Zwartvleugeltangara	2,9
Platalea leucorodia	Lepelaar	18,0
Plectrophenax nivalis	Sneeuwgors	3,0
Plegadis falcinellus	Zwarte ibis	12,0
Pluvialis apricaria	Goudplevier	6,0
Pluvialis squatarola	Zilverplevier	6,0
Podiceps auritus	Kuifduiker	8,0
Podiceps cristatus	Fuut	10,0
Podiceps grisegena	Roodhalsfuut	9,0

Podiceps nigricollis	Geoorde fuut	8,0
Polysticta stelleri	Stellers eider	10,0
Porphyrio porphyrio	Purperkoet	12,0
Porzana parva	Klein waterhoen	4,0
Porzana porzana	Porseleinhoen	4,5
Porzana pusilla	Kleinst waterhoen	3,5
Primolius couloni	Blauwkopara	10,0
Primolius maracana	Illgers ara	10,0
Prunella collaris	Alpenheggemus	3,5
Prunella modularis	Heggemus	2,8
Prunella montanella	Bergheggemus	2,9
Psephotus chrysopterygius	Goudschouderparkiet	5,0
Psephotus pulcherrimus	Paradijsparkiet	4,5
Psittacula echo	Mauritius papegaai	7,5
Psittacus erithacus erithacus	Congole grijze roodstaartpapegaai	11,0
Psittacus erithacus timneh	Timneh grijze roodstaartpapegaai	10,0
Pterocles alchata	Witbuikzandhoen	7,0
Pterocles orientalis	Zwartbuikzandhoen	7,0
Pterocles senegallus	Woestijnzandhoen	7,0
Puffinus puffinus	Noordse pijlstormvogel	10,0
Puffinus yelkouan	Vale pijlstormvogel	10,0
Pyrrhocorax graculus	Alpenkauw	6,5
Pyrrhocorax pyrrhocorax	Alpenkraai	6,5
Pyrrhula pyrrhula	Goudvink (Groot)	3,0
Pyrrhula pyrrhula	Goudvink (Klein)	2,7
Pyrrhura cruentata	Blauwkeelconure	6,0
Rallus aquaticus	Waterral	7,0
Recurvirostra avosetta	Kluut	7,0
Regulus ignicapillus	Vuurgoudhaantje	2,1
Regulus regulus	Goudhaantje	2,1
Regulus teneriffae	Canarisch goudhaantje	2,5
Remiz pendulinus	Buidelmees	2,5
Rheinardia ocellata	Gekuifde argusfazant	15,0
Rhodopechys githaginea	Woestijnvink	2,7
Riparia riparia	Oeverzwaluw	2,5
Rissa tridactyla	Drieteenmeeuw	7,0
Saxicola dacotiae	Canarische roodborsttapuit	3,0
Saxicola rubetra	Paapje	2,8
Saxicola torquata	Roodborsttapuit	2,6
Scolopax rusticola	Houtsnip	7,0
Serinus canaria	Kanarie	2,7

Serinus citrinella	Citroenkanarie (Citroensijs)	2,5
Serinus pusillus	Roodvoorhoofdkanarie	2,5
Serinus serinus	Europese kanarie	2,3
Sitta europaea	Boomklever	3,3
Somateria mollissima	Eidereend	13,0
Somateria spectabilis	Koningseider	12,0
Stercorarius longicaudus	Kleinste jager	6,5
Stercorarius parasiticus	Kleine jager	6,5
Sterna albifrons	Dwergstern	3,2
Sterna caspia	Reuzenstern	9,0
Sterna dougallii	Dougalls stern	4,0
Sterna hirundo	Visdief	4,0
Sterna nilotica	Lachstern	5,0
Sterna paradisaea	Noordse stern	4,2
Sterna sandvicensis	Grote stern	5,5
Streptopelia decaocto	Turkse tortel	6,0
Streptopelia orientalis	Oosterse tortel	6,0
Streptopelia senegalensis	Palmtortel	5,5
Streptopelia turtur	Zomertortel	6,0
Strix aluco	Bosuil	12,0
Strix nebulosa	Laplanduil	16,0
Strix uralensis	Oeraluil	14,0
Sturnus roseus	Rose spreeuw	4,5
Sturnus unicolor	Zwarte spreeuw	4,5
Sturnus vulgaris	Spreeuw	4,5
Surnia ulula	Sperweruil	10,0
Sylvia atricapilla	Zwartkop	2,8
Sylvia borin	Tuinfluiter	2,9
Sylvia cantillans	Baardgrasmus	2,7
Sylvia communis	Grasmus	2,7
Sylvia conspicillata	Brilgrasmus	2,7
Sylvia curruca	Braamsluiper	2,7
Sylvia hortensis	Orpheus grasmus	2,7
Sylvia melanocephala	Kleine zwartkop	2,7
Sylvia nisoria	Sperwergrasmus	3,0
Sylvia rueppelli	Rüppells grasmus	2,7
Sylvia sarda	Sardijnse grasmus	2,7
Sylvia undata	Provencaalse grasmus	2,7
Syrrhaptes paradoxus	Steppehoen	7,0
Tachybaptus ruficollis	Dodaars	7,0
Tachymarptis melba	Alpengierzwaluw	4,0

Tadorna ferruginea	Casarca	13,0
Tadorna tadorna	Bergeend	12,0
Tarsiger cyanurus	Blauwstaart	2,8
Tetrao tetrix	Korhoen	12,0
Tetrao urogallus (M)	Auerhoen	20,0
Tetrao urogallus (Vr)	Auerhoen	16,0
Tetraogallus caspius	Kaspisch berghoen	14,0
Tetraogallus tibetanus	Tibetaans berghoen	14,0
Tetrax tetrax	Kleine trap	16,0
Threskiornis aethiopicus	Heilige ibis	14,0
Tragopan blythii	Blyths saterhoen	14,0
Tragopan caboti	Cabots saterhoen	14,0
Tringa cinerea	Terekruiter	3,2
Tringa erythropus	Zwarte ruiter	5,0
Tringa glareola	Bosruiter	4,5
Tringa hypoleucos	Oeverloper	4,5
Tringa nebularia	Groenpootruiter	6,5
Tringa ochropus	Witgatje	4,0
Tringa stagnatilis	Poelruiter	4,5
Tringa totanus	Tureluur	5,0
Troglodytes troglodytes	Winterkoning	2,5
Tryngites subruficollis	Blonde ruiter	3,5
Turdus iliacus	Koperwiek	4,0
Turdus merula	Merel	4,5
Turdus obscurus	Vale lijster	3,5
Turdus philomelos	Zanglijster	4,0
Turdus pilaris	Kramsvogel	4,5
Turdus torquatus	Beflijster	4,5
Turdus viscivorus	Grote lijster	5,0
Tympanuchus cupido attwateri	Attwaters prairiehoen	12,0
Tyto alba	Kerkuil	10,0
Upupa epops	Hop	4,5
Uria aalge	Zeekoet	10,0
Vanellus gregarius	Steppekievit	5,5
Vanellus spinosus	Sporenkievit	5,5
Vanellus vanellus	Kievit	5,5
Vini australis	Blauwkaplori	4,5
Vini kuhlii	Kuhls lori	4,5
Vini peruviana	Saffierlori	4,5
Vini stepheni	Stephens lori	4,5
Vini ultramarina	Hemelsblauwe lori	4,5

Xanthocephalus xanthocephalus	Geelkoptroepiaal	6,0
Xema sabini	Vorkstaartmeeuw	6,5
Zoothera dauma	Goudlijster	3,5

Bijlage VIII. bij artikel 5.2 van deze regeling (energieprestatie technisch bouwsysteem)

1. Verwarmingssysteem

De waarde voor de energieprestatie wordt voor ieder verwarmingssysteem bepaald volgens de volgende formule:

EHeatingSystem = (EH – EH;WKK) / QH;nd;

waarin:EHeatingSystem	de indicator voor de waarde voor energieprestatie van het systeem voor ruimteverwarming	[-]
EH	de hoeveelheid primaire energie die wordt gebruikt voor ruimteverwarming, voor alle betrokken toestellen en inclusief hulpenergie	[kWh]
EH;WKK	de naar vermeden primaire fossiele energie omgerekende geproduceerde elektriciteit door een installatie voor warmtekrachtkoppeling die het gevolg is van de productie van warmte ten behoeve van ruimteverwarming	[kWh]
QH;nd	de netto warmtebehoefte voor ruimteverwarming, met verrekening van interne warmtelast (QH;int) en zonnewarmtewinst (QH;sol), maar zonder verrekening van terugwinbare verliezen van het ruimteverwarmingssysteem (QH;ls)	[kWh]

1.1. Hoeveelheid primaire energie (EH)

Voor de bepaling van de hoeveelheid primaire energie wordt verwezen naar hoofdstuk 7 van de NTA8800, waarbij:QH;nd	energiebehoefte voor verwarming volgens paragraaf 7.2.1 van de NTA8800
QH;int	interne warmtewinst volgens paragraaf 7.5 van de NTA8800
QH;sol	warmtewinst door opvallende zonnestraling volgens paragraaf 7.6 van de NTA8800
QH;ls	bepaling van terugwinbare verliezen van alle subsystemen volgens paragraaf 9.2.5.1 van de NTA8800

1.2. De naar vermeden primaire fossiele energie omgerekende geproduceerde elektriciteit door WKK (EH;WKK)

Voor de bepaling van de bijdrage van (micro)warmtekracht wordt verwezen naar paragraaf 16.4 van de NTA8800.

1.3. Netto warmtebehoefte voor ruimteverwarming (QH:nd)

De netto warmtebehoefte voor ruimteverwarming is te bepalen op basis Q_H-getallen.

Als (γH <=0 en QH;gn >0) of γH > 2 dan $Q_{H;nd} = 0$

In andere gevallen:$Q_{H;nd} = Q_{;H;ht} - \eta_{;H;gn} * Q_{;H;gn}\gamma H$	warmtebalansverhouding volgens paragraaf 7.8.2 van de NTA8800
$Q_{;H;gn}$	totale warmtewinst voor verwarming volgens paragraaf 7.2.3 van de NTA8800
$Q_{;H;ht}$	totale warmteoverdracht voor verwarming volgens paragraaf 7.2.3 van de NTA8800
$\eta_{;H;gn}$	benuttingsfactor voor warmtewinst volgens paragraaf 7.8.2 van de NTA8800

2. Koelsysteem

De waarde voor de energieprestatie wordt voor ieder koelsysteem bepaald volgens de volgende formule:

ECoolingSystem = EC / QC;nd

Waarin:ECoolingSystem	de indicator voor de waarde voor energieprestatie van het systeem voor ruimtekoeling	[-]
EC	de hoeveelheid primaire energie die wordt gebruikt voor ruimtekoeling, voor alle betrokken toestellen en inclusief hulpenergie	[kWh]
QC;nd	de koudebehoefte voor ruimtekoeling, met verrekening van interne warmtelast (QC;int) en zonnewarmtewinst (QC;sol),maar zonder verrekening van terugwinbare verliezen van het ruimteverwarmingssysteem (QC;ls)	[kWh]

2.1. Hoeveelheid primaire energie (EC)

Voor bepaling van de primaire energie wordt verwezen naar hoofdstuk 10 van de NTA8800.

2.2. Koudebehoefte (QC:nd)

Voor bepaling van de koudebehoefte wordt verwezen naar paragraaf 7.2.2 van de NTA8800.

3. Warmtapwatersysteem

De waarde voor de energieprestatie wordt voor ieder warmtapwatersysteem bepaald volgens de volgende formule:

EDomesticHotWater = (EW – EW;WKK) / QW;nd

Waarin:EDomesticHotWater	de indicator voor de waarde voor energieprestatie van het systeem voor warm tapwater	[-]
EW	de hoeveelheid primaire energie die wordt gebruikt voor warm tapwater, voor alle betrokken toestellen en inclusief hulpenergie	[kWh]
EW;WKK	de naar vermeden primaire fossiele energie omgerekende geproduceerde elektriciteit door een WKK-installatie die het gevolg is van de productie van warmte ten behoeve van warm tapwater	[kWh]
QW;nd	de netto warmtebehoefte voor warm tapwater	[kWh]

3.1. Hoeveelheid primaire energie (EW)

Voor de bepaling van de hoeveelheid primaire energie wordt verwezen naar hoofdstuk 13 van de NTA8800.

3.2. De naar vermeden primaire fossiele energie omgerekende geproduceerde elektriciteit door WKK (EW;WKK)

Voor de bepaling van de bijdrage van (micro)warmtekracht wordt verwezen naar paragraaf 16.4 van de NTA8800.

3.3. Netto warmtebehoefte voor warmtapwater (QW:nd)

Voor de bepaling van de netto warmtebehoefte voor warmtapwater wordt verwezen naar paragraaf 13.2.2 van de NTA8800.

4. Ventilatiesysteem

De waarde van de energieprestatie wordt voor ieder ventilatiesysteem bepaald volgens de volgende formule:

EVentilationSystem = EV / qv;ODA;req

waarin:EVentilationSystem	de indicator voor de waarde voor energieprestatie van het ventilatiesysteem	[kWh/(m^3/s)]
EV	de hoeveelheid primaire energie die wordt gebruikt voor het ventilatiesysteem	[kWh]
qv;ODA;req	benodigde luchtvolumestroom van buitenlucht	[m^3/u]

4.1. Hoeveelheid primaire energie (EV)
Voor bepaling van de primaire energie wordt verwezen naar hoofdstuk 11 van de NTA8800.

4.2. Benodigde luchtvolumestroom van buitenlucht (qv;ODA;req)
Voor bepaling van de benodigde luchtvolumestroom van de buitenlucht wordt verwezen naar paragraaf 11.2.2 t/m 11.2.5 van de NTA8800.

5. Ingebouwde verlichting
De waarde van de energieprestatie wordt voor ieder systeem voor verlichting bepaald volgens de volgende formule:
ELighting = EL / Ag [kWh/m^2]

waarin:ELighting	de indicator voor de waarde voor energieprestatie van het systeem voor verlichting	[-]
EL	de hoeveelheid primaire energie die wordt gebruikt voor verlichting, inclusief parasitair energiegebruik	[kWh]
Ag	gebruiksoppervlakte	[m^2]

5.1. Hoeveelheid primaire energie (EL)
Voor de bepaling van de primaire energie wordt verwezen naar hoofdstuk 14 van de NTA8800.

5.2. Gebruiksoppervlakte (Ag)
Voor bepaling gebruiksoppervlakte wordt verwezen naar paragraaf 6.6 van de NTA8800.

Bijlage IX. (klassenindeling energielabel woningen)

Tabel 1: Klassenindeling energielabel woningen naar primair fossiel energiegebruik (in kWh/m^2.jr)

Letter of lettercombinatie	Primair fossiel energiegebruik (in kWh/m^2.jr)
A++++	Kleiner of gelijk aan 0,00
A+++	0,01 t/m 50,00
A++	50,01 t/m 75,00
A+	75,01 t/m 105,00
A	105,01 t/m 160,00
B	160,01 t/m 190,00
C	190,01 t/m 250,00
D	250,01 t/m 290,00
E	290,01 t/m 335,00
F	335,01 t/m 380,00
G	Groter dan 380,00

Bijlage X. (klassenindeling energielabel utiliteitsgebouwen

Tabel 1: Klassenindeling energielabel utiliteitsgebouwen voor de gebruiksfuncties 1 t/m 5 naar primair fossiel energiegebruik (in kWh/m^2.jr)

	1. kantoor	2. bijeenkomst zonder kinderdagverblijf	3. bijeenkomst met kinderdagverblijf	4. onderwijs	5. zorg zonder bed
Letter of lettercombinatie	Primair fossiel energiegebruik (in kWh/m^2.jr)				
A^{+++++}	Kleiner of gelijk aan 0,00	Kleiner of gelijk aan 0,00	Kleiner of gelijk aan 0,00	Kleiner of gelijk aan 0,00	Kleiner of gelijk aan 0,00
A^{++++}	0,01 t/m 40,00	0,01 t/m 50,00	0,01 t/m 55,00	0,01 t/m 50,00	0,01 t/m 45,00
A^{+++}	40,01 t/m 80,00	50,01 t/m 100,00	55,01 t/m 110,00	50,01 t/m 100,00	45,01 t/m 90,00
A^{++}	80,01 t/m 120,00	100,01 t/m 150,00	110,01 t/m 165,00	100,01 t/m 150,00	90,01 t/m 135,00
A^{+}	120,01 t/m 160,00	150,01 t/m 200,00	165,01 t/m 220,00	150,01 t/m 200,00	135,01 t/m 180,00
A	160,01 t/m 180,00	200,01 t/m 230,00	220,01 t/m 265,00	200,01 t/m 235,00	180,01 t/m 210,00
B	180,01 t/m 200,00	230,01 t/m 255,00	265,01 t/m 290,00	235,01 t/m 260,00	210,01 t/m 230,00
C	200,01 t/m 225,00	255,01 t/m 285,00	290,01 t/m 330,00	260,01 t/m 295,00	230,01 t/m 260,00
D	225,01 t/m 250,00	285,01 t/m 320,00	330,01 t/m 365,00	295,01 t/m 330,00	260,01 t/m 295,00
E	250,01 t/m 275,00	320,01 t/m 355,00	365,01 t/m 405,00	330,01 t/m 360,00	295,01 t/m 325,00
F	275,01 t/m 300,00	355,01 t/m 385,00	405,01 t/m 445,00	360,01 t/m 395,00	325,01 t/m 355,00
G	Groter dan 300,00	Groter dan 385,00	Groter dan 445,00	Groter dan 395,00	Groter dan 355,00

Tabel 2: Klassenindeling energielabel utiliteitsgebouwen voor de gebruiksfuncties 6 t/m 10 naar primair fossiel energiegebruik (in kWh/m^2.jr)

	6. zorg met bed	7. winkel	8. sport	9. logies	10. cel
Letter of lettercombinatie	Primair fossiel energiegebruik (in kWh/m^2.jr)				
A+++++	Kleiner of gelijk aan 0,00	Kleiner of gelijk aan 0,00	Kleiner of gelijk aan 0,00	Kleiner of gelijk aan 0,00	Kleiner of gelijk aan 0,00
A++++	0,01 t/m 90,00	0,01 t/m 60,00	0,01 t/m 35,00	0,01 t/m 50,00	0,01 t/m 60,00
A+++	90,01 t/m 180,00	60,01 t/m 120,00	35,01 t/m 70,00	50,01 t/m 100,00	60,01 t/m 120,00
A++	180,01 t/m 270,00	120,01 t/m 180,00	70,01 t/m 105,00	100,01 t/m 150,00	120,01 t/m 180,00
A+	270,01 t/m 360,00	180,01 t/m 240,00	105,01 t/m 140,00	150,01 t/m 200,00	180,01 t/m 240,00
A	360,01 t/m 430,00	240,01 t/m 285,00	140,01 t/m 155,00	200,01 t/m 230,00	240,01 t/m 300,00
B	430,01 t/m 470,00	285,01 t/m 315,00	155,01 t/m 170,00	230,01 t/m 255,00	300,01 t/m 330,00
C	470,01 t/m 530,00	315,01 t/m 355,00	170,01 t/m 195,00	255,01 t/m 285,00	330,01 t/m 370,00
D	530,01 t/m 595,00	355,01 t/m 395,00	195,01 t/m 215,00	285,01 t/m 320,00	370,01 t/m 415,00
E	595,01 t/m 655,00	395,01 t/m 435,00	215,01 t/m 240,00	320,01 t/m 355,00	415,01 t/m 455,00
F	655,01 t/m 715,00	435,01 t/m 475,00	240,01 t/m 260,00	355,01 t/m 385,00	455,01 t/m 500,00
G	Groter dan 715,00	Groter dan 475,00	Groter dan 260,00	Groter dan 385,00	Groter dan 500,00

Bijlage XI. (keuring airconditioningsystemen en gecombineerde airconditioning- en ventilatiesystemen)

Uitgangspunten keuring en inspectielijst

Deze bijlage legt de inspectiepunten vast die tijdens een keuring van airconditioningsystemen en gecombineerde airconditioning- en ventilatiesystemen moeten worden beoordeeld.
Bij de keuring mag gebruik worden gemaakt van het onderhoudsregister of -logboek van uitgevoerd regulier onderhoud. Inspectiepunten die recent (ten hoogste een jaar geleden) zijn beoordeeld tijdens regulier onderhoud hoeven niet opnieuw te worden beoordeeld tijdens een keuring; daarvoor mag worden uitgegaan van wat in het onderhoudsregister of -logboek is vastgelegd. Van regulier onderhoud is alleen sprake wanneer dit is verricht met de frequentie zoals voorgeschreven in andere regelgeving (bijvoorbeeld in de Regeling gefluoreerde broeikasgassen en ozonlaagafbrekende stoffen).

Inspectielijst

0. Algemene gegevens

Gegevens inspecteur

Bedrijfsnaam:	
Adres, met inbegrip van postcode:	
Naam inspecteur:	
Registratienummer diploma EPBD-A- airconditioningsystemen:	
Registratienummer diploma EPBD-B- airconditioningsystemen:	
Datum inspectie:	

Gegevens gebouw

Adres, met inbegrip van postcode:		
BAG object ID:		
Gebruiksfunctie:	▫	kantoor
	▫	gezondheidszorg
	▫	onderwijs
	▫	logies
	▫	winkel
	▫	bijeenkomst
	▫	sport
	▫	wonen
	▫	cel
	▫	overig

Keuring				Vereist diploma
A	B	C	D	

Gegevens systeem

Type keuring	▫	**Keuring A**: klimaatsysteem dat kan koelen maar niet kan verwarmen, niet gecombineerd met een ventilatiesysteem	EPBD-B
	▫	**Keuring B**: klimaatsysteem dat kan koelen maar niet kan verwarmen, gecombineerd met een ventilatiesysteem	
	▫	**Keuring C**: klimaatsysteem dat kan koelen en	

		verwarmen, niet gecombineerd met een ventilatiesysteem						
	▫	**Keuring D**: klimaatsysteem dat kan koelen en verwarmen, gecombineerd met een ventilatiesysteem						
Totaal opgesteld nominaal koelvermogen (systeemniveau):			……kWth	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
Totaal opgesteld nominaal verwarmingsvermogen (systeemniveau):			……kWth			▪	▪	EPBD-B
Type koudeopwekker of koude- en warmteopwekker	▫		VRV of VRF systemen	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
	▫		Koelinstallatie met directe expansie (DX)					
	▫		Gekoeld water installatie					
	▫		Warmtepompinstallatie					
	▫		WKO-installatie					
	▫		Absorptie koelmachine					
	▫		Adiabatische koeling					
	▫		Overig, namelijk:					

Keuring				Vereist diploma
A	B	C	D	

1. Pre-Inspectie

Informatie en documentatie

Controleer de beschikbaarheid van de informatie en documenten in de volgende tabel

1.1a	Is er een onderhoudslogboek van het koelsysteem of gecombineerd koel- en verwarmingssysteem beschikbaar?	▫	Ja			▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 1.1a					
b	Is er een onderhoudslogboek van het ventilatiesysteem beschikbaar?	▫	Ja			▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 1.1b					
c	Is er een klachtenregister beschikbaar?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 1.1c					
d	Is er een (ontwerp)beschrijving beschikbaar van de gewenste inregeling of instellingen (bedrijfstijden, temperaturen of ventilatiedebiet) van het klimaatsysteem over verwarming, koeling of ventilatie?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 1.1d					
e	Is er informatie beschikbaar over de huidige inregeling of instelling (bedrijfstijden, temperaturen of ventilatiedebiet) van het klimaatsysteem over verwarming, koeling of ventilatie?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 1.1e					
f	Is er een overzicht van het koelsysteem of gecombineerd koel- en verwarmingssysteem (met inbegrip van locatie hoofdcomponenten) beschikbaar?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 1.1f					
g	Is het principeschema (met bijbehorende revisies) van het koelsysteem of gecombineerd koel- en verwarmingssysteem beschikbaar?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 1.1g					
h	Bij een gekoeld watersysteem: is er een beschrijving van de regeling watertemperatuur beschikbaar?	▫	Niet van toepassing	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Ja					
		▫	Nee, selecteer advies 1.1.h					

i	Is er een beschrijving van de stooklijn voor de koel- en verwarmingszones beschikbaar?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 1.1.i						
j	Zijn de ontwerpspecificaties van de condensortemperatuur of verdampertemperatuur beschikbaar?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 1.1j						
k	Bij een energieopslag: zijn er monitoringsgegevens van de energieopslag beschikbaar?	▫	Niet van toepassing	▪	▪	▪	▪		EPBD-B
		▫	Ja						
		▫	Nee, selecteer advies 1k						
l	Is er een omschrijving van de zone-indeling voor koelen of voor koelen in combinatie met verwarmen beschikbaar?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 1.1l						
m	Is er een actuele koelbehoefteberekening van het gebouw beschikbaar?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-B
		▫	Nee						
n	Is er een actuele warmtebehoefte-berekening van het gebouw beschikbaar?	▫	Ja			▪	▪		EPBD-B
		▫	Nee						
o	Is er een omschrijving van de zone-indeling voor ventilatie beschikbaar?	▫	Ja		▪		▪		EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 1.1m						
p	Zijn de technische specificaties van de luchtstromen van het ventilatiesysteem beschikbaar?	▫	Ja		▪		▪		EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 1.1n						
q	Is er een meetrapport van het ventilatiesysteem beschikbaar?	▫	Ja		▪		▪		EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 1.1o						

Onderhoud en beheer

1.2	Wordt er regelmatig en voldoende onderhoud verricht aan het koelsysteem of gecombineerd koel- en verwarmingssysteem?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 1.2						
1.3	Wordt er regelmatig en voldoende onderhoud verricht aan het ventilatiesysteem?	▫	Ja		▪		▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 1.3						
1.4	Zijn er repeterende klachten die niet goed worden opgepakt of afgehandeld?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪		EPBD-B
		▫	Ja, selecteer advies 1.4						

	Keuring				Vereist
	A	B	C	D	diploma

2. Koude- en warmteopwekking

2.1	Is de directe omgeving van de koude- en warmteopwekker(s) ordelijk en schoon (niet vervuild en geen losse materialen en dergelijke)?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 2.1						
2.2	Zijn er belemmeringen voor een goede werking van de koude- of warmteopwekker(s)?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 2.2						
2.3	Is er een principeschema aanwezig en komt dat overeen met de werkelijke situatie?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 2.3						
2.4	Is de opstelling van de koude- en warmte-opwekker(s) juist?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 2.4						
2.5	Zijn de koudemiddelleidingen voorzien van isolatie en verkeren die in een goede staat?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 2.5						

2.6	Zijn er onderdelen met een hoog trillings- of geluidsniveau?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 2.6						
2.7	Bij meer dan een aanwezige koude- of warmteopwekker: is het systeem voorzien van een cascaderegeling (koude- en warmteopwekkers worden ingeschakeld en afgeschakeld afhankelijk van de behoefte)?	▫	Niet van toepassing	▪	▪	▪	▪		EPBD-B
		▫	Ja						
		▫	Nee, selecteer advies 2.7						
2.8	Bij een aanwezige cascaderegeling of cascadestrategie: is die optimaal ingesteld?	▫	Niet van toepassing	▪	▪	▪	▪		EPBD-B
		▫	Ja						
		▫	Nee, selecteer advies 2.8						
2.9	Energie-efficiency koudeopwekker			▪	▪	▪	▪		EPBD-B
	Bepaal het besparingspotentieel koudeopwekker	Besparingspotentieel (%):							
	Is het besparingspotentieel van de koude-opwekker > 20%?	▫	Nee						
		▫	Ja, selecteer advies 2.9						
2.10	Energie-efficiency warmteopwekker					▪	▪		EPBD-B
	Bepaal het besparingspotentieel van de warmteopwekker	Besparingspotentieel (%):							
	Is het besparingspotentieel van de warmte-opwekker > 20%?	▫	Nee						
		▫	Ja, selecteer advies 2.10						

Bij een aanwezige energieopslag

2.11	Temperatuurverschil bronnen energieopslag					▪	▪		EPBD-B
	Bepaal de gemiddelde delta-T energieopslag.	Verpompt waterdebiet (zomer) kubieke meter / h:							
		Geladen warmte (MWh):							
		Gemiddelde Delta-T (zomer) (°C)							
		Verpompt waterdebiet (winter) kubieke meter / h:							
		Geladen koude (MWh):							
		Gemiddelde Delta-T (winter) (°C):							
	Is de gemiddelde Delta-T energieopslag zomer of winter ≤ 4 °C?	▫	Nee						
		▫	Ja, selecteer advies 2.11						

Keuring				Vereist diploma
A	B	C	D	

3. Distributiesysteem

3.1	Zijn de leidingen en appendages voor gekoeld en warm water geïsoleerd en verkeren die in een goede staat?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 3.1						
3.2	Zijn er tekenen van mogelijke lekkage of is er lekkage?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 3.2						
3.3	Zijn alle pompen in het distributiesysteem energiezuinige pompen?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 3.3						
3.4	Is de nadraaitijd bij uitschakeling van de	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-B

	circulatiepompen juist?	▫	Nee, selecteer advies 3.4		
3.5	Zijn er frequentie geregelde pompen met variabele debiet geïnstalleerd voor de gebruiksgroepen, daar waar een wisselend debiet wordt verwacht?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 3.5		
3.6	Worden er vuilvangers, slibfilters en ontgassing toegepast voor een betere warmteoverdracht?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 3.6		
3.7	Inregeling			▪ ▪ ▪	EPBD-A
	Bepaal het verschil tussen de aanvoer- en retourtemperatuur	Aanvoertemperatuur (°C):			
		Retourtemperatuur (°C):			
		Verschil (°C):			
	Is het temperatuurverschil (Delta-T) < 4 °C?	▫	Nee		
		▫	Ja, selecteer advies 3.7		

4. Afgifte condensorwarmte

4.1	Zijn de condensorunits vervuild?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 4.1		
4.2	Zijn er tekenen van mogelijke koudemiddellekkage of is er koudemiddellekkage?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 4.2		
4.3	Zijn er belemmeringen bij de luchtaanzuiging?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 4.3		
4.4	Wordt de aangezogen lucht verwarmd door externe bronnen of de directe omgeving?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 4.4		
4.5	Zijn de ventilatoren van de condensor voorzien van toerenregeling?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 4.5		
4.6	Is de condensortemperatuur volgens de ontwerpspecificaties?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Geen ontwerpspecificaties aanwezig		
		▫	Nee, selecteer advies 4.6		
Bij een aanwezige koeltoren					
4.7	Afkoeling koeltoren			▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
	Bepaal het verschil tussen de aanvoer- en de retourtemperatuur van de koeltoren	Aanvoertemperatuur (°C):			
		Retourtemperatuur (°C):			
		Verschil (°C):			
	Is het temperatuurverschil (Delta-T) < 4 °C?	▫	Nee		
		▫	Niet te inspecteren vanwege legionella-risico		
		▫	Ja, selecteer advies 4.7		

Keuring				Vereist diploma
A	B	C	D	

5. Afgiftesysteem

5.1	Zijn de warmtewisselaars vervuild?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 5.2		

5.2	Wordt de aangezogen lucht verwarmd door externe bronnen of de directe omgeving?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 5.2		
5.3	Zijn de luchtfilters vervuild of beschadigd?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 5.3		
5.4	Zijn er tekenen van mogelijke (koudemiddel)lekkage?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 5.4		
5.5	Bij (comfort) klachten: zijn de geplaatste roosters correct?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 5.5		
5.6	Bij (comfort) klachten: lijkt de luchtverdeling in de ruimten in orde?	▫	Niet van toepassing	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja		
		▫	Nee, selecteer advies 5.6		
5.7	Is de verdampertemperatuur volgens de ontwerpspecificaties?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Geen ontwerpspecificaties aanwezig		
		▫	Nee, selecteer advies 5.7		

Bij aanwezige vloerkoeling en betonkernactivering: 5.10 t/m 5.14

5.10	Zijn de aanvoer- en retour temperatuurgroepen volgens de ontwerpspecificaties?	▫	Geen ontwerpspecificaties aanwezig	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja		
		▫	Nee, selecteer advies 5.10		
5.11	Functioneert de regeling van de geregelde groepen correct?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 5.11		
5.12	Worden alle groepen door de juiste ruimte-bedieneenheid aangestuurd?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 5.12		
5.13	Zijn er tekenen van mogelijke lekkage?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.13		
5.14	Is er sprake van een gelijkmatige temperatuurverdeling van de verschillende groepen (steekproefsgewijs controleren)?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 5.14		

Bij aanwezige inductie-unit: 5.20 t/m 5.26

5.20	Zijn er tekenen van mogelijke lekkage?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.20		
5.21	Bij een aanwezige na-regeling van de temperatuur: functioneert die correct?	▫	Niet van toepassing	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja		
		▫	Nee, selecteer advies 5.21		
5.22	Bij een aanwezige dauwpuntregeling: functioneert die correct?	▫	Niet van toepassing	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Ja		
		▫	Nee, selecteer advies 5.22		
5.23	Bij een aanwezige condenswaterafvoer: functioneert die correct?	▫	Niet van toepassing	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja		
		▫	Nee, selecteer advies 5.23		
5.24	Zijn de aanvoer en retourtemperaturen van het	▫	Geen ontwerpspecificaties	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B

	gekoeld of verwarmd water volgens de ontwerpspecificaties?		aanwezig					
		▫	Ja					
		▫	Nee, selecteer advies 5.24					
5.25	Is de warmtewisselaar vervuild of beschadigd?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 5.25					
5.26	Is de luchtuitstroom optimaal (volgens de ontwerpspecificaties)?	▫	Geen ontwerpspecificaties aanwezig	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
		▫	Ja					
		▫	Nee, selecteer advies 5.26					

		Keuring				Vereist diploma
		A	B	C	D	

Bij een aanwezig klimaatplafond: 5.30 t/m 5.34

5.30	Zijn er tekenen van mogelijke lekkage?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.30					
5.31	Worden de klimaatplafonds ten minste twee keer per jaar gecontroleerd door middel van infraroodopnamen met een warmtebeeldcamera?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.31					
5.32	Bij beschikbare recente infraroodopnamen van een warmtebeeldcamera (ten hoogste 1 jaar oud): is het koude- of warmtepatroon op die opnamen gelijkmatig?	▫	Niet van toepassing	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
		▫	Ja					
		▫	Nee, selecteer advies 5.32					
5.33	Functioneert de regeling en functioneren de regelkleppen correct?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.33					
5.34	Bij een aanwezige dauwpuntregeling (van de groep klimaatplafonds ter voorkoming van condens): functioneert die correct?	▫	Niet van toepassing	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
		▫	Niet te beoordelen					
		▫	Ja					
		▫	Nee, selecteer advies 5.34					
5.35	Worden alle groepen door de juiste ruimte-bedieneenheid aangestuurd?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 5.35					

Bij een aanwezige ventilatorconvector: 5.40 t/m 5.46

5.40	Zijn de (flexibele) aansluitingen op het verwarmings- of koelelement geïsoleerd en verkeren die in een goede staat?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.40					
5.41	Functioneren de ventilatorconvectoren correct?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.41					
5.42	Functioneert de thermostaat correct?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.42					
5.43	Functioneert de (thermische) regelapparatuur correct?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.43					
5.44	Is de warmtewisselaar vervuild of beschadigd?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 5.44					
5.45	Bij aanwezige luchtfilters: zijn de luchtfilters vervuild	▫	Niet van toepassing	▪	▪	▪	▪	EPBD-A

	of beschadigd?	▫	Nee							
		▫	Ja, selecteer advies 5.45							
5.46	Worden alle groepen door de juiste ruimte-bedieneenheid aangestuurd?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪			EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 5.46							

Bij aanwezig kanaal (na)koelelement: 5.50 t/m 5.55

5.50	Is het kanaal (na)koelelement geïsoleerd en verkeert dit in een goede staat?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.50							
5.51	Functioneert de regelapparatuur correct?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.51							
5.52	Bij een aanwezige afvoervoorziening voor condenswater of condenswaterpomp: functioneert die correct?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪			EPBD-A
		▫	Niet van toepassing							
		▫	Nee, selecteer advies 5.52							
5.53	Bij een aanwezige dauwpuntregeling: functioneert die correct?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪			EPBD-B
		▫	Niet van toepassing							
		▫	Nee, selecteer advies 5.53							
5.54	Is de warmtewisselaar vervuild of beschadigd?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪			EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 5.54a							
		▫	Niet te beoordelen, advies 5.54b							
5.55	Bij aanwezige luchtfilters: zijn de luchtfilters vervuild of beschadigd?	▫	Niet van toepassing	▪	▪	▪	▪			EPBD-A
		▫	Nee							
		▫	Ja, selecteer advies 5.55							

	Keuring				Vereist
	A	B	C	D	diploma

Bij aanwezige radiatoren of convectoren: 5.60 en 5.61

5.60	Zijn de radiatoren (voldoende) geschikt voor lage temperatuur verwarming (LTV)?	▫	Ja			▪	▪			EPBD-B
		▫	Niet bekend, selecteer advies 5.60a							
		▫	Nee, selecteer advies 5.60b							
5.61	Zijn er belemmeringen voor een goede werking van de radiatoren (gordijnen, dozen, kasten, tafels en dergelijke)?	▫	Ja			▪	▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.61							
5.62	Zijn de radiatoren en convectoren voorzien van thermostaatknoppen, thermostaatregeling of voetventielen?	▫	Ja			▪	▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 5.62							

6. Lucht toe- en afvoer (ventilatiesysteem)

6.1	Bij (comfort) klachten: is het juiste type inblaas- en afzuigroosters geplaatst en zijn ze op de juiste locatie geplaatst?	▫	Niet van toepassing			▪	▪			EPBD-B
		▫	Ja							
		▫	Nee, selecteer advies 6.1							
6.2	Kan de lucht bij de luchtinlaten en -uitlaten vrij in en uitstromen?	▫	Ja			▪	▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 6.2							
6.3	Zijn de luchtinlaten en -uitlaten vervuild?	▫	Ja			▪	▪			EPBD-A

		▫	Nee, selecteer advies 6.3						
6.4	Functioneren de luchtinlaten en -uitlaten correct?	▫	Ja	▪		▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 6.4						
6.5	Wordt de aangezogen buitenlucht opgewarmd door de directe omgeving of andere (externe) bronnen?	▫	Ja	▪		▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 6.5						

7. Luchtfiltering (ventilatiesysteem)

7.1	Worden de luchtfilters ten minste eenmaal per jaar vervangen of gereinigd (VRV systemen)?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 7.1						
7.2	Zijn de luchtfilters schoon en is het drukverschil (Pa) over de filters voldoende laag (duidelijk onder de eindweerstand zoals beschreven in de technische specificaties)?	▫	Ja	▪		▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 7.2						
7.3	Zijn luchtfiltersecties in goede en droge staat?	▫	Ja	▪		▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 7.3						
7.4	Is de afdichting van filters en behuizingen in orde?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 7.4						
7.5	Is er sprake is van ontbrekende, geblokkeerde of beschadigde luchtfilters?	▫	Nee	▪		▪			EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 7.5						
7.6	Zijn de luchtfilters op de juiste wijze (oriëntatie) geplaatst?	▫	Ja	▪		▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 7.6						
7.7	Zijn de juiste gecertificeerde filters met de juiste luchtfilterklasse geplaatst?	▫	Ja	▪		▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 7.7						
7.8	Is de conditie van de drukmeter van het filterdifferentieel in goede staat?	▫	Ja	▪		▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 7.8						

8. Warmtewisselaars en warmteterugwinning (ventilatiesysteem)

Bij aanwezige warmteterugwinning

8.1	Zijn de warmtewisselaars vervuild?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 8.1						
8.2	Is de toestand van de warmtewisselaars en overige onderdelen van de warmteterugwinning in orde (bijvoorbeeld onbeschadigd)?	▫	Ja	▪		▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 8.2						
8.3	Is het energierendement van de warmteterugwinning in overeenstemming met de technische specificaties?	▫	Ja	▪		▪			EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 8.3						
8.4	Zijn er tekenen van koelmiddellekkage?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪		EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 8.4						

Keuring				Vereist diploma
A	B	C	D	

9. Kanaalwerk ventilatie (ventilatiesysteem)

9.1	Zijn er tekenen van vocht, afzetting, verstopping en	▫	Nee	▪		▪			EPBD-A

	dergelijke?	▫	Ja, selecteer advies 9.1					
9.2	Verkeert de luchtafdichting van het leidingwerk in een goede staat?	▫	Ja	▪		▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 9.2					
9.3	Is er kanaalisolatie aanwezig (waar wenselijk) en zo ja, is deze in goede staat?	▫	Ja	▪		▪		EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 9.3					
9.4	Zijn de luchtkanalen (overmatig) vervuild?	▫	Nee	▪		▪		EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 9.4					
9.5	Staan alle brandklappen open?	▫	Ja					
		▫	Nee, selecteer advies 9.5					

10. Luchtbehandelingskast en ventilator (ventilatiesysteem)

10.1	Zijn de luchtstromen die door de luchtbehandelingseenheid worden geleverd in overeenstemming met de technische specificaties?	▫	De luchtstromen zijn niet te bepalen of technische specificaties zijn niet aanwezig	▪		▪		EPBD-B
		▫	Ja					
		▫	Nee, selecteer advies 10.1					
10.2	Is de luchtbehandelingskast van een energiezuinig type?	▫	Nee, selecteer advies 10.2	▪		▪		EPBD-B
		▫	Ja					

11. Regeling en instellingen

- Koeling

11.1	Sluit de zone-indeling voldoende aan bij de specifieke koudevraag van de sectoren?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 11.1					
11.2	Is de kloktijd van de klok die de koeling aanstuurt juist?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, adviseer advies 11.2					
11.3	Komt het klokprogramma voor de koeling overeen met de bedrijfstijden?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 11.3					
11.4	Zijn de locaties van de temperatuursensor(en) voor de koeling correct?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 11.4					
11.5	Is de aangegeven temperatuur van de temperatuursensoren voor koeling correct?	▫	Ja	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 11.5					
11.6	Bij een gekoeld watersysteem: is de regeling voor gekoeld water in orde en optimaal ingesteld?	▫	Niet van toepassing	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
		▫	Ja					
		▫	Nee, selecteer advies 11.6					
11.7	Zijn er zones die gelijktijdig worden verwarmd en gekoeld?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
		▫	Ja, selecteer advies 11.7					
11.8	Zijn er ruimten die gelijktijdig worden verwarmd en gekoeld?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪	EPBD-A
		▫	Ja, selecteer advies 11.8					
11.9	Zijn er ruimten met een (bijna) permanente koelvraag waar geen vrije koeling wordt toegepast?	▫	Nee	▪	▪	▪	▪	EPBD-B
		▫	Ja, selecteer advies 11.9					
11.10	Aantal starts en stops			▪	▪	▪	▪	EPBD-A

	Kan het aantal starts en stops worden uitgelezen?	□	Nee, selecteer advies 11.10a				
		□	Ja				
	Bepaal het aantal starts en stops en draaiuren	Aantal starts en stops:					
		Aantal draaiuren:					
	Bedraagt het aantal starts en stops meer dan 4 per uur?	□	Nee				
		□	Ja, selecteer advies 11.10b				

		Keuring				Vereist diploma			
		A	B	C	D				
- Ventilatie									
11.11	Sluit de zone-indeling van het ventilatiesysteem aan bij de ventilatievraag van sectoren?	□	Ja			▪	▪		EPBD-B
		□	Nee, selecteer advies 11.11						
11.12	Is de kloktijd van de klok die de regeling van het ventilatiesysteem aanstuurt juist?	□	Ja			▪	▪		EPBD-A
		□	Nee, adviseer advies 11.12						
11.13	Sluit het klokprogramma van de regeling van het ventilatiesysteem aan bij de bedrijfstijden?	□	Ja			▪	▪		EPBD-A
		□	Nee, selecteer advies 11.13						
11.14	Is er een luchtdebietregeling aanwezig?	□	Ja			▪	▪		EPBD-A
		□	Nee, selecteer advies 11.14						
11.15	Bij een aanwezige luchtdebietregeling: is die traploos of vraaggestuurd?	□	Niet van toepassing			▪	▪		EPBD-B
		□	Ja						
		□	Nee, selecteer advies 11.15						
11.16	Bij een aanwezig traploos of vraaggestuurd systeem: functioneert dit correct?	□	Niet van toepassing			▪	▪		EPBD-B
		□	Ja						
		□	Nee, selecteer advies 11.16						
11.17	Bij een aanwezige voorverwarming, is de regeling van de voorverwarming in orde en optimaal ingesteld?	□	Niet van toepassing			▪	▪		EPBD-B
		□	Ja						
		□	Nee, selecteer advies 11.17						
11.18	Bij een aanwezig bevochtigingssysteem, is de regeling van het bevochtigingssysteem in orde en optimaal ingesteld?	□	Niet van toepassing			▪	▪		EPBD-B
		□	Ja						
		□	Nee, selecteer advies 11.18						
- Verwarming									
11.21	Sluit de zone-indeling voldoende aan bij de specifieke warmtevraag van de sectoren?	□	Ja				▪	▪	EPBD-B
		□	Nee, selecteer advies 11.21						
11.22	Is de kloktijd van de klok die de verwarming aanstuurt juist?	□	Ja				▪	▪	EPBD-A
		□	Nee, adviseer advies 11.22						
11.23	Komt het klokprogramma voor de verwarming overeen met de bedrijfstijden?	□	Ja				▪	▪	EPBD-A
		□	Nee, selecteer advies 11.23						
11.24	Zijn de locaties van de temperatuursensoren voor de verwarming correct?	□	Ja				▪	▪	EPBD-A
		□	Nee, selecteer advies 11.24						
11.25	Is de aangegeven temperatuur van de	□	Ja				▪	▪	EPBD-A

	temperatuursensoren, voor verwarming, correct?	▫	Nee, selecteer advies 11.25		
11.26	Zijn er ruimten die niet hoeven te worden verwarmd maar toch worden verwarmd?	▫	Ja	▪ ▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 11.26		
11.27	Zijn er ruimten die naast het verwarmingssysteem (warmtepompen) ook nog door andere bronnen, heaters en dergelijke, worden verwarmd en waar geen thermostatische kleppen of thermostaten zijn geplaatst?	▫	Ja	▪ ▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 11.27		
11.28	Bij een aanwezig waterdistributiesysteem, is het afgiftesysteem van de verwarming waterzijdig goed ingeregeld?	▫	Niet van toepassing	▪ ▪	EPBD-A
		▫	Ja		
		▫	Nee, selecteer advies 11.28		
11.29	Aantal starts en stops			▪ ▪	EPBD-A
	Kan het aantal starts en stops worden uitgelezen?	□	Nee, selecteer advies 11.29a		
		□	Ja		
	Bepaal het aantal starts en stops en draaiuren	Aantal starts en stops:			
		Aantal draaiuren:			
	Bedraagt het aantal starts en stops meer dan 4 per uur	▫	Nee		
		▫	Ja, selecteer advies 11.29b		

Keuring				Vereist
A	B	C	D	diploma

12. Bemetering

- Koeling

12.1	Wordt het energiegebruik van het koelsysteem gemeten?	▫	Ja	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 12.1		
12.2	Als het energiegebruik van het koelsysteem wordt gemeten, worden de data ook regelmatig uitgelezen en beoordeeld?	▫	Niet van toepassing	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Ja		
		▫	Nee, selecteer advies 12.2		

- Verwarming

12.11	Wordt het energiegebruik van het verwarmingssysteem gemeten?	▫	Ja	▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 12.11		
12.12	Als het energiegebruik van het verwarmingssysteem wordt gemeten, worden de data ook regelmatig uitgelezen en beoordeeld?	▫	Niet van toepassing	▪ ▪	EPBD-B
		▫	Ja		
		▫	Nee, selecteer advies 12.12		

13. Alternatieven

13.1	Zijn alle ramen op zonbelaste gevels voorzien van buitenzonwering?	▫	Ja,	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-A
		▫	Nee, selecteer advies 13.1		
13.2	Is er restwarmte van ten minste 70 °C beschikbaar?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Ja, selecteer advies 13.2		

13.3	Bij behoefte aan gelijktijdige verwarming en koeling: wordt de condensorwarmte benut?	▫	Niet van toepassing	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Ja		
		▫	Nee, selecteer advies 13.3		
13.4	Is er sprake van een laag temperatuur warmteafgifte zonder toepassing van warmtepompen?	▫	Nee	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Ja, selecteer advies 13.4		

Keuring				Vereist
A	B	C	D	diploma

14. Systeemgrootte

- Koeling

14.1	Is er voor dit gebouw of gebouwdeel al een keer een EPBD aircokeuring uitgevoerd waarin het opgestelde koelvermogen is beoordeeld in relatie tot het benodigde vermogen?	▫	Ja, ga naar vraag 14.2	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Weet niet, ga naar vraag 14.3		
		▫	Nee, ga naar vraag 14.3		
14.2	Zijn er na de beoordeling van het opgestelde koelvermogen, in relatie tot het benodigde koelvermogen, nog aanpassingen gedaan aan het gebouw of het klimaatsysteem die van invloed zijn op de koelbehoefte van het gebouw of gebouwdeel?	▫	Ja, ga naar vraag 14.3	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Weet niet, ga naar vraag 14.3		
		▫	Nee, vraag 14.3 en 14.4 kunnen overgeslagen worden		
14.3	Is er een actuele koelbehoefteberekening volgens BRL6000 beschikbaar?	▫	Ja, ga naar vraag 14.4	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 14.3, vraag 14.4 kan overgeslagen worden		
14.4	Is het opgestelde koelvermogen meer dan 20% hoger dan het benodigde koelvermogen?	▫	Ja, selecteer advies 14.4	▪ ▪ ▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee		

- Verwarming

14.11	Is er voor dit gebouw of gebouwdeel al een keer een EPBD aircokeuring uitgevoerd waarin het opgestelde verwarmingsvermogen is beoordeeld in relatie tot het benodigde vermogen?	▫	Ja, ga naar vraag 14.12	▪ ▪	EPBD-B
		▫	Weet niet, ga naar vraag 14.13		
		▫	Nee, ga naar vraag 14.13		
14.12	Zijn er na de beoordeling van het opgestelde verwarmingsvermogen in relatie tot het benodigde verwarmingsvermogen nog aanpassingen gedaan aan het gebouw of het klimaatsysteem die van invloed zijn op de warmtebehoefte van het gebouw of gebouwdeel?	▫	Ja, ga naar vraag 14.13	▪ ▪	EPBD-B
		▫	Weet niet, ga naar vraag 14.13		
		▫	Nee, vraag 14.13 en 14.14 kunnen overgeslagen worden		
14.13	Is er een actuele warmtebehoefteberekening opgesteld volgens BRL6000 beschikbaar?	▫	Ja, ga naar vraag 14.14	▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee, selecteer advies 14.13, vraag 14.14 kan overgeslagen worden		
14.14	Is het opgestelde verwarmingsvermogen meer dan 20% hoger dan het benodigde verwarmingsvermogen?	▫	Ja, selecteer advies 14.14	▪ ▪	EPBD-B
		▫	Nee		

Advieslijst
1. Systeem

Aanwezige documentatie/informatie

1.1a	▫	Er is geen onderhoudslogboek van het koelsysteem of verwarmingssysteem aanwezig. Advies: stel dit op en houd daarin de gegevens over de installatie bij.
1.1.b	▫	Er is geen onderhoudslogboek van het ventilatiesysteem aanwezig. Advies: stel dit op en houd daarin de gegevens over de installatie bij.
1.1.c	▫	Er is geen klachtenregister aanwezig. Advies: stel dit op en houd daarin klachten over de installatie bij.
1.1d	▫	Er is geen (ontwerp)beschrijving beschikbaar van de gewenste inregeling of instellingen (bedrijfstijden, temperaturen of ventilatiedebiet) van het klimaatsysteem met betrekking tot verwarming, koeling of ventilatie. Advies: stel deze op.
1.1e	▫	Er is geen informatie beschikbaar over de huidige inregeling of instellingen (bedrijfstijden, temperaturen of ventilatiedebiet) van het klimaatsysteem met betrekking tot verwarming, koeling of ventilatie. Advies: verzamel deze informatie.
1.1f	▫	Er is geen overzicht van het koelsysteem of verwarmingssysteem (met inbegrip van locatie hoofdcomponenten) beschikbaar. Advies: stel dit op.
1.1g	▫	Er is geen principeschema (met bijbehorende revisies) van het klimaatsysteem beschikbaar. Advies: stel dit op.
1.1h	▫	Er is geen beschrijving van de regeling watertemperatuur van het gekoeld watersysteem beschikbaar. Advies: stel deze op.
1.1i	▫	Er is geen beschrijving van de stooklijn voor koel- en verwarmingszones beschikbaar. Advies: stel deze op.
1.1j	▫	Er zijn geen ontwerpspecificaties ten aanzien van de condensortemperatuur of verdampertemperatuur beschikbaar. Advies: stel deze op.
1.1k	▫	Er zijn geen monitoringsgegevens van de energieopslag beschikbaar. Advies: stel deze op volgens BRL6000-21.
1.1l	▫	Er is geen omschrijving van de zone-indeling voor koeling of verwarming beschikbaar. Advies: stel deze op.
1.1m	▫	Er is geen omschrijving van de zone-indeling voor ventilatie beschikbaar. Advies: stel deze op.
1.1p	▫	Er zijn geen technische specificaties over de luchtstromen van het ventilatiesysteem beschikbaar. Advies: stel deze op.
1.1q	▫	Er is geen meetrapport van het ventilatiesysteem beschikbaar. Advies: stel dit op.

Onderhoud en beheer

1.2	▫	Er wordt geen of onvoldoende onderhoud verricht aan de koelinstallatie. Advies: sluit alsnog een onderhoudscontract met een installateur of breidt het onderhoudscontract uit.
1.3	▫	Er wordt geen of onvoldoende onderhoud verricht aan de luchtbehandelingskast. Advies: sluit alsnog een onderhoudscontract met een installateur of breidt het onderhoudscontract uit.
1.4	▫	Er zijn repeterende klachten die niet goed worden opgepakt of afgehandeld. Advies: handel de klachten alsnog correct af.

2. Koude-/warmteopwekking

2.1	▫	De directe omgeving van de koude- of warmteopwekker(s) is niet ordelijk of schoon (vervuild of losse materialen en dergelijke). Advies: maak de directe omgeving ordelijk en schoon.
2.2	▫	Er zijn belemmeringen voor een goede werking van de koude-of warmteopwekker(s). Advies: verwijder de belemmeringen.
2.3	▫	Het principeschema is niet aanwezig of komt niet overeen met de werkelijkheid (er zijn afwijkingen tussen de werkelijke situatie en het principeschema). Advies: stel een correct principeschema op.
2.4	▫	De opstelling van de koude- of warmteopwekker(s) is niet juist. Advies: stel de installatie correct op volgens installatievoorschrift of eisen fabrikant.
2.5	▫	De isolatie van de koudemiddelleidingen is niet volledig of verkeert in slechte staat. Advies: breng de isolatie aan of herstel dit.
2.6	▫	Er zijn onderdelen met een hoog trillings- of geluidsniveau. Advies: onderzoek de oorzaak hiervan en verhelp zo mogelijk het probleem.
2.7	▫	Er is meer dan een koude- of warmteopwekker aanwezig, deze zijn niet voorzien van een cascaderegeling (koude-en warmteopwekkers worden ingeschakeld en afgeschakeld afhankelijk van de behoefte). Advies: voorzie de koude- en

		warmteopwekkers van een cascaderegeling.
2.8	▫	Er is een cascaderegeling of cascadestrategie aanwezig die niet optimaal is ingesteld. Advies: optimaliseer de cascaderegeling.
2.9	▫	Het besparingspotentieel van de aanwezige koude-opwekker is meer dan 20%: de Energie Efficiency Rate (EER) is te laag. Advies: verbeter de Energie Efficiency Rate (EER) van de koude-opwekker.
2.10	▫	Het besparingspotentieel van de aanwezige warmte-opwekker is meer dan 20%: de Coëfficiënt of Performance (COP) is te laag. Advies: verbeter de Coëfficiënt of Performance (COP) van de warmteopwekker.
2.11	▫	De gemiddelde verschillen tussen de onttrekkings- en infiltratietemperaturen zijn erg klein (delta-T ≤ 4 °C). Advies: controleer de installatie aan de hand van de ontwerpspecificaties en stel deze zo nodig bij.

3. Distributiesysteem

3.1	▫	De leidingen of appendages voor gekoeld en warm water zijn niet geïsoleerd of de isolatie ervan verkeert in een slechte staat. Advies: breng deze aan of herstel deze.
3.2	▫	Er is mogelijk sprake van lekkage. Advies: onderzoek de oorzaak hiervan, herstel dit gebrek zo nodig en verwijder vervolgens de lekkagesporen.
3.3	▫	Niet alle pompen in het distributiesysteem zijn energiezuinige pompen. Advies: plaats energiezuinige pompen.
3.4	▫	De nadraaitijd bij uitschakeling van de circulatiepompen van het distributiesysteem is niet juist. Advies: stel de juiste nadraaitijd van deze circulatiepompen in.
3.5	▫	Er zijn geen frequentiegeregelde pompen met variabel debiet geïnstalleerd, daar waar een wisselend debiet wordt verwacht. Advies: installeer frequentiegeregelde pompen met variabel debiet.
3.6	▫	Er zijn geen vuilvangers, slibfilters en ontgassing toegepast (ten behoeve van een betere warmteoverdracht). Advies: installeer deze.
3.7	▫	Het temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour is erg klein (< 4 °C). Advies: regel de installatie opnieuw in.

4. Afgifte condensorwarmte

4.1	▫	De condensorunit(s) zijn vervuild, dit belemmert een goede werking. Advies: reinig deze.
4.2	▫	Er zijn tekenen van (mogelijke) koudemiddellekkage. Advies: onderzoek de oorzaak hiervan, herstel dit gebrek zo nodig en verwijder vervolgens de lekkagesporen.
4.3	▫	Er zijn belemmeringen bij de luchtaanzuiging, dit belemmert een goede werking. Advies: verwijder de belemmering.
4.4	▫	De aanzuiglucht van de condensors wordt verwarmd door externe bronnen of de directe omgeving. Advies: verhelp dit.
4.5	▫	De ventilatoren zijn niet voorzien van toerenregeling. Advies: overweeg het gebruik van toerenregeling op de ventilatoren.
4.6	▫	De condensortemperatuur is niet volgens de ontwerpspecificaties. Advies: onderzoek de mogelijkheden voor verlaging van de condensortemperatuur.
4.7	▫	Het temperatuurverschil tussen de aanvoer en retour van en naar de koeltoren is erg klein. Advies: inspecteer de koeltoren op vervuiling.

5. Afgiftesystemen

5.1	▫	De warmtewisselaar(s) in de afgifte-units zijn vervuild, dit belemmert een goede werking. Advies: reinig deze.
5.2	▫	De aanzuiglucht van de luchtbehandelingskast wordt verwarmd door externe bronnen of de directe omgeving. Advies: verhelp dit.
5.3	▫	De filters zijn vervuild of beschadigd. Advies: vervang de filters en controleer de filters periodiek.
5.4	▫	Er zijn tekenen van mogelijke (koudemiddel)lekkage. Advies: onderzoek de oorzaak hiervan, herstel dit gebrek zo nodig en verwijder vervolgens de lekkagesporen.
5.5	▫	Er zijn (comfort) klachten mogelijk als gevolg van onjuist geplaatste roosters voor het inblazen of afzuiging van lucht. Advies: controleer de roosters en vervang deze zo nodig door juiste types.
5.6	▫	Er zijn (comfort) klachten mogelijk doordat de luchtverdeling in de ruimten niet in orde is. Advies: controleer de luchtverdeling in de ruimten en stel deze zo nodig opnieuw in.
5.7	▫	De verdampertemperatuur is niet volgens de ontwerpspecificaties. Advies: onderzoek de mogelijkheden voor verhoging van de verdampertemperatuur.

Vloerkoeling en betonkernactivering

5.10	▫	De aanvoer- en retourtemperatuurgroepen zijn niet volgens de ontwerpspecificaties. Advies: onderzoek dit nader en herstel dit zo nodig.
5.11	▫	De regeling van de geregelde groepen functioneert niet correct. Advies: herstel dit gebrek.
5.12	▫	Niet alle groepen worden door de juiste ruimte-bedieneenheid aangestuurd. Advies: herstel dit gebrek.
5.13	▫	Er zijn tekenen van mogelijke lekkage. Advies: onderzoek de oorzaak hiervan, herstel dit gebrek zo nodig en verwijder vervolgens de lekkagesporen.
5.14	▫	Er is sprake van een ongelijkmatige temperatuurverdeling van de verschillende groepen. Advies: onderzoek dit gebrek nader en regel dit zo nodig opnieuw in.

Inductie-unit

5.20	▫	Er zijn tekenen van mogelijke lekkage. Advies: onderzoek de oorzaak hiervan, herstel dit gebrek zo nodig en verwijder vervolgens de lekkagesporen.
5.21	▫	De na-regeling van de temperatuur werkt niet correct. Advies: controleer de regeling en pas deze zo nodig aan.
5.22	▫	De dauwpuntregeling werkt niet correct. Advies: controleer de regeling en pas deze zo nodig aan.
5.23	▫	De condenswaterafvoer werkt niet correct. Advies: herstel dit gebrek.
5.24	▫	De aanvoer- en retourtemperaturen van het gekoeld water zijn niet volgens de ontwerpspecificaties. Advies: onderzoek dit nader en regel dit opnieuw in.
5.25	▫	De warmtewisselaar is vervuild of beschadigd. Advies: reinig de warmtewisselaar of herstel deze.
5.26	▫	De luchtuitstroom is niet optimaal (volgens de ontwerpspecificaties). Advies: onderzoek de oorzaak en herstel dit gebrek.

Klimaatplafond

5.30	▫	Er zijn tekenen van mogelijke lekkage. Advies: onderzoek de oorzaak hiervan, herstel dit gebrek zo nodig en verwijder vervolgens de lekkagesporen.
5.31	▫	De klimaatplafonds worden niet twee keer per jaar gecontroleerd via infraroodopnamen met een warmtebeeldcamera. Advies: controleer deze twee keer per jaar met een warmtebeeldcamera.
5.32	▫	Het warmtepatroon op met een warmtebeeldcamera gemaakte infraroodopnamen is ongelijkmatig. Advies: onderzoek of de waterzijdige balans volgens de ontwerpspecificaties is en regel deze zo nodig opnieuw in.
5.33	▫	De regeling of de regelkleppen functioneren niet correct. Advies: onderzoek dit nader en pas een haalbare oplossing toe.
5.34	▫	De dauwpuntregeling van de groep klimaatplafonds (ter voorkoming van condens) functioneert niet correct. Advies: controleer dit en pas dit zo nodig aan.
5.35	▫	Niet alle groepen worden door de juiste ruimte-bedieneenheid aangestuurd. Advies: herstel dit gebrek.

Ventilatorconvector

5.40	▫	De (flexibele) aansluitingen op het verwarmings- en koelelement zijn niet geïsoleerd of verkeren in een slechte staat. Advies: herstel de isolatie of breng deze aan.
5.41	▫	De ventilatorconvectoren functioneren niet correct. Advies: onderzoek dit gebrek en pas een haalbare oplossing toe.
5.42	▫	De thermostaat functioneert niet correct. Advies: onderzoek dit gebrek en kalibreer of vervang zo nodig de thermostaat.
5.43	▫	De regelapparatuur functioneert niet correct. Advies: controleer de regeling en pas deze zo nodig aan.
5.44	▫	De warmtewisselaar is vervuild of beschadigd. Advies: reinig of herstel de warmtewisselaar.
5.45	▫	De luchtfilters zijn vervuild of beschadigd. Advies: vervang de luchtfilters en controleer deze periodiek.
5.46	▫	Niet alle groepen worden door de juiste ruimte-bedieneenheid aangestuurd. Advies: herstel dit gebrek.

Kanaal (na)koelelement

5.50	▫	Het kanaal (na)koelelement is niet geïsoleerd of verkeert in een slechte staat. Advies: herstel de isolatie of breng deze opnieuw aan.
5.51	▫	De regelapparatuur functioneert niet correct. Advies: controleer de regeling en pas deze zo nodig aan.

5.52	▫	De afvoervoorziening (condenswater of condenswaterpomp) functioneert niet correct. Advies: herstel dit gebrek.
5.53	▫	De dauwpuntbeveiliging van de groep klimaatplafonds (ter voorkoming van condens) functioneert niet correct. Advies: controleer deze en pas deze zo nodig aan.
5.54a	▫	De warmtewisselaar is vervuild of beschadigd. Advies: reinig of herstel de warmtewisselaar.
5.54b	▫	De vervuiling of beschadiging van de warmtewisselaar is niet te beoordelen. Advies: breng inspectieluiken aan zodat de wisselaar kan worden geïnspecteerd of gereinigd.
5.55	▫	De luchtfilters zijn vervuild of beschadigd. Advies: vervang de luchtfilters en controleer deze periodiek.

Radiatoren of convectoren

5.60a	▫	Het is niet bekend of de radiatoren voldoende geschikt zijn voor lage temperatuur verwarming (LTV). Advies: onderzoek dit zo nodig.
5.60b	▫	De radiatoren zijn onvoldoende geschikt voor lage temperatuur verwarming (LTV). Advies: maak de radiatoren voldoende geschikt voor lage temperatuur verwarming (LTV).
5.61	▫	Er zijn belemmeringen voor een goede werking van de radiatoren (gordijnen, dozen, kasten, tafels en dergelijke). Advies: verwijder deze belemmeringen.
5.62	▫	De radiatoren of convectoren zijn niet voorzien van thermostaatknoppen, thermostaatregeling of voetventielen. Advies: voorzie de radiatoren of convectoren van thermostaatknoppen, thermostaatregeling of voetventielen.

6. Lucht toe en afvoer

6.1	▫	Er zijn (comfort) klachten mogelijk als gevolg van een onjuiste type inblaas- en afzuigroosters of door een onjuiste locatie. Advies: controleer dit en selecteer zo nodig de juiste roosters met voldoende worp of kies de juiste locatie.
6.2	▫	Er kan onvoldoende lucht vrij instromen bij de luchtinlaten. Advies: verwijder of verhelp de belemmeringen.
6.3	▫	De luchtinlaten en -uitlaten zijn vervuild. Advies: reinig de luchtinlaten en -uitlaten.
6.4	▫	De luchtinlaten en -uitlaten functioneren niet naar behoren. Advies: onderzoek dit en neem de oorzaak weg.
6.5	▫	De aangezogen buitenlucht wordt opgewarmd door de directe omgeving of (externe) bronnen. Advies: verplaats de luchtinlaat of de (externe) warmtebron.

7. Luchtfilters

7.1	▫	De luchtfilters worden niet jaarlijks vervangen of gereinigd. Advies: vervang of reinig de luchtfilters jaarlijks.
7.2	▫	De luchtfilters zijn vervuild of het drukverschil (Pa) over de filters is te hoog. Advies: vervang de luchtfilters.
7.3	▫	De luchtfiltersecties zijn niet in goede en droge staat. Advies: vervang de luchtfiltersecties.
7.4	▫	De afdichting van filters en behuizingen is niet in orde. Advies: herstel de afdichting.
7.5	▫	Er is sprake van ontbrekende, geblokkeerde of beschadigde luchtfilters. Advies: vervang de luchtfilters.
7.6	▫	De luchtfilters zijn niet op de juiste wijze (oriëntatie) geplaatst. Advies: plaats de luchtfilters op de juiste locatie (oriëntatie).
7.7	▫	Er zijn onjuiste filters geplaatst (onjuiste luchtfilterklasse). Advies: plaats nieuwe filters met de juiste filterklasse.
7.8	▫	De luchtfilters zijn niet op de juiste wijze (oriëntatie) geplaatst. Advies: plaats de luchtfilters op de juiste locatie.

8. Warmtewisselaars en warmteterugwinning

8.1	▫	De warmtewisselaars in de luchtbehandelingskast zijn vervuild, dit belemmert een goede werking. Advies: reinig deze.
8.2	▫	De toestand van de warmterugwinning is niet in orde. Advies: laat de warmteterugwinning nader onderzoeken door de leverancier van de apparatuur.
8.3	▫	Het energierendement van de warmteterugwinning is niet volgens de technische specificaties. Advies: laat de warmteterugwinning nader onderzoeken door de leverancier van de apparatuur.
8.4	▫	Er is mogelijk sprake van koudemiddellekkage. Advies: onderzoek dit gebrek en verhelp zo nodig dit gebrek.

9. Kanaalwerk ventilatie

9.1	▫	Er zijn tekenen van vocht, afzetting of verstopping. Advies: controleer de luchtcondities binnen en buiten het kanaal en raadpleeg een deskundige.

9.2	▫	De staat van het leidingwerk is niet orde. Advies: herstel de afdichtingen.
9.3	▫	De kanaalisolatie is niet orde. Advies: breng kanaalisolatie aan of vervang de kanaalisolatie.
9.4	▫	De luchtkanalen zijn vervuild. Advies: reinig de luchtkanalen volgens NVRL-keur.
9.5	▫	Niet alle brandkleppen staan open. Advies: laat dit onderzoeken door een deskundige.

10. Luchtbehandelingskast en ventilator

10.1	▫	De luchtstromen die door de luchtbehandelingseenheid worden geleverd zijn niet in overeenstemming met de technische specificaties. Advies: stel de luchtstromen opnieuw in.
10.2	▫	De luchtbehandelingskast is niet van een energiezuinig type. Advies: onderzoek of vervanging van de luchtbehandelingskast door een energiezuinige luchtbehandelingskast rendabel is.

11. Regeling en instellingen

- Koeling

11.1	▫	De zonering sluit niet goed aan bij de specifieke koudevraag van de sectoren. Advies: pas de zonering voor de koude-vraag aan.
11.2	▫	De kloktijd van de klok die de koeling aanstuurt is onjuist. Advies: stel de klok bij.
11.3	▫	Het klokprogramma voor de koeling komt niet overeen met de bedrijfstijden. Advies: programmeer de kloktijden opnieuw of stel deze opnieuw in.
11.4	▫	De locatie van de temperatuursensor(en) voor de koeling is onjuist. Advies: pas de locatie(s) aan.
11.5	▫	De aangegeven temperatuur van de temperatuursensoren voor koeling is niet correct (te groot verschil tussen gemeten en aangegeven temperatuur). Advies: kalibreer deze temperatuursensoren.
11.6	▫	De regeling voor gekoeld water is niet in orde of niet optimaal ingesteld. Advies: herstel dit gebrek of stel de regeling opnieuw in.
11.7	▫	Er zijn zones die gelijktijdig verwarmd en gekoeld worden. Advies: pas de stooklijnen zodanig aan dat dit wordt voorkomen.
11.8	▫	Er zijn ruimten die gelijktijdig verwarmd en gekoeld worden. Advies: pas de regeling zodanig aan dat dit wordt voorkomen.
11.9	▫	Er zijn ruimten met een (bijna) permanente koudevraag waar (nog) geen gebruik wordt gemaakt van vrije koeling. Advies: onderzoek de mogelijkheden voor de toepassing van vrije koeling.
11.10a	▫	Het aantal starts of stops kan niet worden uitgelezen. Advies: installeer of repareer de start/stopteller.
11.10b	▫	Het aantal starts of stops is erg hoog. Advies: onderzoek de mogelijkheden om het aantal starts of stops terug te brengen.

- Ventilatie

11.11	▫	De zonering sluit niet goed aan bij de ventilatievraag van de sectoren. Advies: pas de zonering voor de ventilatievraag aan.
11.12	▫	De kloktijd van de klok van de regeling die het ventilatiesysteem aanstuurt is onjuist. Advies: stel de klok bij.
11.13	▫	Het klokprogramma van de regeling van het ventilatiesysteem sluit onvoldoende aan bij de bedrijfstijden. Advies: programmeer het klokprogramma opnieuw of stel deze opnieuw in.
11.14	▫	Er is geen luchtdebietregeling aanwezig: Advies: onderzoek de mogelijkheden voor een vraaggestuurde traploze regeling en breng deze zo mogelijk aan.
11.15	▫	De aanwezige luchtdebietregeling is niet traploos of vraaggestuurd. Advies: onderzoek de mogelijkheden voor een vraaggestuurde traploze regeling en breng deze zo mogelijk aan.
11.16	▫	Het vraaggestuurd systeem functioneert niet correct. Advies: onderzoek dit en verhelp de oorzaak.
11.17	▫	De regeling van de voorverwarming is niet in orde of niet optimaal ingesteld. Advies: onderzoek de regeling van de voorverwarming en herstel deze.
11.18	▫	De regeling van het bevochtigingssysteem is niet in orde of niet optimaal ingesteld. Advies: onderzoek de regeling van het bevochtigingssysteem en herstel deze.

- Verwarming

11.21	▫	De zonering sluit niet goed aan bij de specifieke warmtevraag van de sectoren. Advies: pas de zonering voor de warmtevraag aan.
11.22	▫	De kloktijd van de klok die de verwarming aanstuurt is onjuist. Advies: stel de klok bij.
11.23	▫	Het klokprogramma sluit onvoldoende aan bij de bedrijfstijden. Advies: programmeer de kloktijden of stel deze opnieuw in.
11.24	▫	De locatie van de temperatuursensor(en) voor de verwarming is onjuist. Advies: pas de locatie(s) aan.
11.25	▫	De aangegeven temperatuur van de temperatuursensoren voor verwarming is niet correct (te groot verschil tussen gemeten en aangegeven temperatuur). Advies: kalibreer deze temperatuursensoren.
11.26	▫	Er zijn ruimten die niet hoeven te worden verwarmd maar toch worden verwarmd. Advies: schakel de verwarming uit in ruimten die niet hoeven te worden verwarmd.
11.27	▫	Er zijn ruimten die naast het verwarmingssysteem ook door andere bronnen worden verwarmd waar geen thermostatische kleppen of thermostaten zijn geplaatst. Advies: installeer thermostatische kleppen of thermostaten in die ruimten.
11.28	▫	Het afgiftesysteem van de verwarming is waterzijdig niet goed ingeregeld. Advies: regel het afgiftesysteem van de verwarming waterzijdig (opnieuw) in.
11.29a	▫	Het aantal starts of stops kan niet worden uitgelezen. Advies: installeer een start/stopteller.
11.29b	▫	Het aantal starts of stops is erg hoog. Advies: onderzoek de mogelijkheden om het aantal starts of stops terug te brengen.

12. Bemetering

– Koeling

12.1	▫	Het energiegebruik van de koelsysteem wordt niet gemeten. Advies: plaats energiemeters die het energiegebruik van het koelsysteem meten.
12.2	▫	Het energiegebruik van het koelsysteem wordt gemeten maar de data worden niet periodiek uitgelezen of beoordeeld. Advies: lees het energiegebruik van het koelsysteem vanaf heden uit en beoordeel dit vanaf heden.

- Verwarming

12.11	▫	Het energiegebruik van het verwarmingssysteem wordt momenteel niet gemeten. Advies: plaats energiemeters die het energiegebruik van het verwarmingssysteem meten.
12.12	▫	Het energiegebruik van het verwarmingssysteem wordt gemeten maar de data worden niet periodiek uitgelezen of beoordeeld. Advies: lees het energiegebruik van het verwarmingssysteem vanaf heden uit en beoordeel dit vanaf heden.

13. Alternatieven

13.1	▫	Niet alle ramen op zonbelaste gevels zijn voorzien van buitenzonwering. Advies: onderzoek de mogelijkheden om alle ramen op zonbelaste gevels te voorzien van buitenzonwering.
13.2	▫	Er is restwarmte van ten minste 70 °C beschikbaar. Advies: onderzoek de mogelijkheden voor de toepassing van absorptiekoeling, let er hierbij nadrukkelijk op of de toepassing ervan leidt tot CO2-reductie.
13.3	▫	Er is behoefte aan gelijktijdige verwarming en koeling zonder dat de condensorwarmte wordt benut. Advies: ga de mogelijkheden na om de condensorwarmte van de koelinstallatie te gebruiken.
13.4	▫	Er is sprake van een laag temperatuur warmteafgifte zonder toepassing van warmtepompen. Advies: ga de mogelijkheden na voor het gebruik van warmtepompen en energieopslag.

14. Systeemgrootte

– Koeling

14.3	▫	Er is geen koelbehoefteberekening van het gebouw of gebouwdeel beschikbaar volgens BRL6000. Advies: stel een koelbehoefteberekening op volgens BRL6000 en beoordeel het rendement en de capaciteit van het huidige koelsysteem.
14.4	▫	Het opgesteld koelvermogen van de klimaatinstallatie is hoog in relatie tot het benodigde vermogen (> 20%). Advies: bepaal bij vervanging van de klimaatinstallatie het benodigde koelvermogen opnieuw en stem de installatie daarop af.

- Verwarming

14.13	□	Er is geen warmtebehoefteberekening van het gebouw of gebouwdeel volgens BRL 6000 beschikbaar. Advies: stel een warmtebehoefteberekening op volgens BRL6000 en beoordeel het rendement en de capaciteit van het huidige verwarmingssysteem.
14.14	□	Het opgesteld verwarmingsvermogen van de klimaatinstallatie is hoog in relatie tot het benodigde vermogen (>20%). Advies: bepaal bij vervanging van de klimaatinstallatie het benodigde verwarmingsvermogen opnieuw en stem de installatie daarop af.

15. Overig

15.1	□	Laat ten minste eenmaal per 10 jaar een EPA-U maatwerkadvies opstellen (door een gecertificeerd bedrijf) naar de mogelijke energiebesparende maatregelen.
15.2	□	Kies bij vervanging van installatiecomponenten voor componenten die geschikt zijn voor hoog temperatuur koeling (als het gebouw daarvoor geschikt is).
15.3	□	Kies bij vervanging van koude-of warmteopwekker(s), pompen, ventilatoren, luchtbehandelingskast(en) en dergelijke voor de meest energie-efficiënte variant.
	□	
	□	
	□	

Toelichting bij advies

Nummer	Toelichting

Overige opmerkingen inspecteur

Ondertekening

Plaats:
Datum:
Handtekening:

Bijlage XII. (exameneisen inspectie airconditioningsystemen)

Deze bijlage bevat de exameneisen waaraan moet worden voldaan voor het examen, het herexamen en het bijscholingsexamen EPBD-A en EPBD-B airconditioningssystemen.

			Diploma	
			EPB D-A	EPB D-B
0. Algemene gegevens				
0.1	De inspecteur kan het type keuring vaststellen (A/B/C/D).		PT + T	E1, E2
0.2	De inspecteur kan het opgestelde nominaal koelvermogen op systeemniveau vaststellen.		PT + T	E1, E2
0.3	De inspecteur kan het opgestelde nominaal verwarmingsvermogen op systeemniveau vaststellen.		PT + T	E1, E2
0.4	De inspecteur kan het aanwezige type koude- en warmteopwekker vaststellen.		PT	E1, E2
1. Pre-inspectie				
Alg	De inspecteur kan zorgdragen voor de juiste voorbereiding op de inspectie.	PT	PT	E1
Informatie en documentatie				
1.1	De inspecteur kan de beschikbaarheid en de volledigheid van de documentatie vaststellen.	PP + PT	PT	E1
Onderhoud en beheer				
1.2	De inspecteur kan vaststellen of er voldoende en met de juiste regelmaat onderhoud aan het koelsysteem en verwarmingssysteem wordt verricht.	PP + PT		E1
1.3	De inspecteur kan vaststellen of er voldoende en met de juiste regelmaat onderhoud aan het ventilatiesysteem wordt verricht.	PT		E1, E2
1.4	De inspecteur kan vaststellen of de (repeterende) klachten goed zijn opgepakt of afgehandeld.		PT	E1
2. Koude- en warmteopwekking				
Alg	De inspecteur kan de componenten van het klimaatsysteem lokaliseren.	PP + T		E1
2.1	De inspecteur kan vaststellen of de omgeving van de koude- en warmteopwekker(s) ordelijk en schoon is.	PT		E1, E2
2.2	De inspecteur kan belemmeringen voor een goede werking van de koude- en warmteopwekker(s) vaststellen.	PT + T		E1
2.3	De inspecteur kan de werkelijke situatie verifiëren met het principeschema.	PP + T		E1

2.4	De inspecteur kan vaststellen of de koude- en warmteopwekker(s) op een juiste wijze staan opgesteld.	PT		E1, E2
2.5	De inspecteur kan de aanwezigheid en conditie van de isolatie van de koudemiddelleidingen vaststellen.	PP + T		E1
2.6	De inspecteur kan vaststellen of er sprake is van een hoog trillingsniveau en kan vaststellen of er sprake is van een hoog geluidsniveau.	PP		E1, E2
2.7	De inspecteur kan vaststellen of het systeem is voorzien van een cascaderegeling.		PT	E1, E2
2.8	De inspecteur kan vaststellen of de cascaderegeling optimaal is ingesteld.		PT	E1, E2
2.9	De inspecteur kan het besparingspotentieel van de koudeopwekker vaststellen.		PT + T	E1
2.10	De inspecteur kan het besparingspotentieel van de warmteopwekker vaststellen.		PT + T	E1, E2
2.11	De inspecteur kan de gemiddelde Delta-T (zomer en winter) vaststellen en beoordelen.		PT + T	E1

		Diploma	
		EPBD-A	EPBD-B

3. Distributiesysteem

3.1	De inspecteur kan de aanwezigheid en conditie van de isolatie van de leidingen en appendages voor gekoeld en warm water vaststellen.	PP		E1
3.2	De inspecteur kan tekenen van (mogelijke) lekkage aan het watercirculatiesysteem vaststellen.	PT		E1, E2
3.3	De inspecteur kan vaststellen of de aanwezige pompen in het koud watercircuit energiezuinig zijn.	PT		E1, E2
3.4	De inspecteur kan vaststellen of de nadraaitijd bij uitschakeling van de circulatiepompen juist is.		PT	E1, E2
3.5	De inspecteur kan vaststellen of er frequentie geregelde pompen met variabele debiet zijn geïnstalleerd (daar waar een wisselend debiet wordt verwacht).		PT	E1, E2
3.6	De inspecteur kan vaststellen of er vuilvangers, slibfilters en ontgassing zijn toegepast.	PT		E1, E2
3.7	De inspecteur kan het verschil tussen de aanvoer- en de retourtemperatuur vaststellen.	PP		E1

4. Afgifte condensorwarmte

4.1	De inspecteur kan vaststellen of de condensorunits zijn vervuild.	PP		E1

4.2	De inspecteur kan tekenen van (mogelijke) koudemiddellekkage vaststellen.	PT		E1, E2
4.3	De inspecteur kan vaststellen of de unit zonder belemmeringen lucht kan aanzuigen.	PP		E1
4.4	De inspecteur heeft voldoende inzicht om na te gaan of de unit voldoende onverwarmde lucht kan aanzuigen.	PP + PT		E1
4.5	De inspecteur kan vaststellen of de ventilatoren van de condensor zijn voorzien van toerenregeling.	PT		E1, E2
4.6	De inspecteur kan vaststellen of de condensortemperatuur overeenkomt met de ontwerpspecificaties.	PP + PT		E1, E2
4.7	De inspecteur kan de afkoeling van het koelwater in de koeltoren vaststellen en beoordelen.		PT + T	E1

5. Afgiftesysteem

5.1	De inspecteur kan vaststellen of de warmtewisselaars zijn vervuild.	PP + PT		E1
5.2	De inspecteur kan vaststellen of de aangezogen lucht wordt verwarmd door externe bronnen.	PT		E1, E2
5.3	De inspecteur kan vaststellen of de luchtfilters zijn vervuild en kan vaststellen of de luchtfilters zijn beschadigd.	PP + PT		E1
5.4	De inspecteur kan vaststellen of er tekenen zijn van mogelijke (koudemiddel)lekkage.	PT		E1, E2
5.5	De inspecteur kan beoordelen of de geplaatste roosters correct zijn.		PT	E1
5.6	De inspecteur kan vaststellen of de luchtverdeling in de ruimte in orde is.	PT		E1, E2
5.7	De inspecteur kan vaststellen of de verdampertemperatuur volgens de ontwerpspecificaties is.	PP + PT		E1, E2
	Vloerkoeling en betonkernactivering			
5.10	De inspecteur kan vaststellen of de aanvoer- en retourtemperatuurgroepen volgens de ontwerpspecificaties zijn.	PP		E1, E2
5.11	De inspecteur kan beoordelen of de regeling van de geregelde groepen correct is.		PT	E1, E2
5.12	De inspecteur kan beoordelen of een groep door de juiste ruimte-bedieneenheid wordt aangestuurd.		PT	E1, E2
5.13	De inspecteur kan vaststellen of er tekenen zijn van mogelijke lekkage.	PT		E1, E2
5	De inspecteur kan vaststellen of sprake is van een gelijkmatige koudeverdeling	PT		E1

.14	van de verschillende groepen (bij koudeopwekking) en kan vaststellen of er sprake is van een gelijkmatige warmteverdeling van de verschillende groepen (bij warmteopwekking).			

			Diploma	
			EPB D-A	EPB D-B
	Inductie-unit			
5.20	De inspecteur kan vaststellen of er tekenen zijn van mogelijke lekkage.	PP + PT		E1, E2
5.21	De inspecteur kan vaststellen of de na-regeling van de temperatuur correct functioneert.	PT		E1, E2
5.22	De inspecteur kan beoordelen of de dauwpunt regeling correct functioneert.		PT + T	E1, E2
5.23	De inspecteur kan vaststellen of de condenswaterafvoer correct functioneert.	PP		E1, E2
5.24	De inspecteur kan beoordelen of de aanvoer- en retourtemperatuurgroepen van het gekoeld water volgens de ontwerpspecificaties zijn en kan beoordelen of de aanvoer- en retourtemperatuurgroepen van het verwarmd water volgens de ontwerpspecificaties zijn.		PT + T	E1, E2
5.25	De inspecteur kan vaststellen of de warmtewisselaar vervuild of beschadigd is.	PP		E1
5.26	De inspecteur kan beoordelen of de luchtuitstroom optimaal is (volgens de ontwerpspecificaties).		PT	E1, E2
	Klimaatplafond			
5.30	De inspecteur kan vaststellen of er tekenen zijn van mogelijke lekkage.	PP + PT		E1, E2
5.31	De inspecteur kan vaststellen of het klimaatplafond ten minste twee keer per jaar wordt gecontroleerd door middel van infraroodopnamen met een warmtebeeldcamera.	T		E1, E2
5.32	De inspecteur kan op basis van een infraroodopname (gemaakt met een warmtebeeldcamera) beoordelen of het koudepatroon gelijkmatig is en kan beoordelen of het warmtepatroon gelijkmatig is.		PT	E1, E2
5.33	De inspecteur kan vaststellen of de regeling en de regelkleppen correct functioneren.	PP + PT		E1, E2
5.34	De inspecteur kan beoordelen of de dauwpuntregeling van de groep klimaatplafonds ter voorkoming van condens correct functioneert.		PT + T	E1, E2
5	De inspecteur kan beoordelen of een groep door de juiste ruimte-bedieneenheid		PT	E1,

5.35	wordt aangestuurd.			E2
	Ventilatorconvector			
5.40	De inspecteur kan vaststellen of de (flexibele) aansluitingen op het verwarmings- en het koelelement zijn geïsoleerd en in goede staat verkeren.	PP		E1, E2
5.41	De inspecteur kan vaststellen of de ventilatorconvector correct functioneert.	PP		E1, E2
5.42	De inspecteur kan vaststellen of de thermostaat correct functioneert.	PP		E1, E2
5.43	De inspecteur kan vaststellen of de (thermische) regelapparatuur correct functioneert.	PP + PT		E1, E2
5.44	De inspecteur kan vaststellen of de warmtewisselaar is vervuild en kan vaststellen of de warmtewisselaar is beschadigd.	PP		E1
5.45	De inspecteur kan vaststellen of de luchtfilters zijn vervuild en kan vaststellen of de luchtfilters zijn beschadigd.	PP		E1
5.46	De inspecteur kan beoordelen of een groep door de juist ruimte-bedieneenheid wordt aangestuurd.		PT	E1, E2
	Kanaal (na)koelelement			
5.50	De inspecteur kan vaststellen of het kanaal (na)koelelement is geïsoleerd en of deze in goede staat verkeert.	PP		E1, E2
5.51	De inspecteur kan vaststellen of de regelapparatuur correct functioneert.	PP + PT		E1, E2
5.52	De inspecteur kan vaststellen of de afvoervoorziening voor condenswater correct functioneert en kan vaststellen of de condenswaterpomp correct functioneert.	PP		E1, E2
5.53	De inspecteur kan beoordelen of de dauwpuntregeling correct functioneert.		PP + PT	E1, E2
5.54	De inspecteur kan vaststellen of de warmtewisselaar is vervuild en kan vaststellen of de warmtewisselaar is beschadigd.	PP		E1
5.55	De inspecteur kan vaststellen of de luchtfilters zijn vervuild en kan vaststellen of de luchtfilters zijn beschadigd.	PP		E1
	Radiatoren of convectoren			
5.6	De inspecteur kan op basis van aanwezige informatie beoordelen of de radiatoren (voldoende) zijn geschikt voor lage temperatuurverwarming (LTV).		PT	E1, E2

0				
5.6.1	De inspecteur kan vaststellen of er belemmeringen zijn voor een goede werking van de radiatoren (gordijnen, dozen, kasten, tafels en dergelijke).	PP + PT		E1, E2
5.6.2	De inspecteur kan vaststellen of de radiatoren en convectoren zijn voorzien van thermostaatknoppen, thermostaatregeling of voetventielen.	PP + PT		E1, E2

			Diploma	
			EPB D-A	EPB D-B

6. Lucht toe- en afvoer (ventilatiesysteem)

6.1	De inspecteur kan beoordelen of de juiste type van inblaas- en afzuigroosters zijn geplaatst en of deze op de juiste locatie zijn geplaatst.		PT	E1
6.2	De inspecteur kan vaststellen of de lucht bij de luchtinlaten en -uitlaten vrij in en uit kan stromen.	PP + PT		E1
6.3	De inspecteur kan vaststellen of de luchtinlaten en -uitlaten zijn vervuild.	PP + PT		E1
6.4	De inspecteur kan vaststellen of de luchtinlaten van de luchtbehandelingskast correct functioneren.	PP + PT		E1
6.5	De inspecteur kan vaststellen of de aangezogen buitenlucht wordt opgewarmd door de directe omgeving of andere externe bronnen.	PT		E1, E2

7. Luchtfiltering (ventilatiesysteem)

7.1	De inspecteur kan vaststellen of de luchtfilters ten minste eenmaal per jaar worden vervangen of gereinigd.	PT		E1
7.2	De inspecteur kan vaststellen of de filters schoon zijn en of het drukverschil over de filters voldoende laag is.	PP + PT		E1
7.3	De inspecteur kan vaststellen of de luchtfiltersecties in goede en droge staat zijn.	PP		E1
7.4	De inspecteur kan vaststellen of de afdichting van filters en behuizingen in orde is.	PP		E1, E2
7.5	De inspecteur kan vaststellen of er sprake is van ontbrekende, geblokkeerde of beschadigde luchtfilters.	PP		E1, E2
7.6	De inspecteur kan vaststellen of de luchtfilters op de juiste wijze (oriëntatie) zijn geplaatst.	PP		E1, E2
7.7	De inspecteur kan vaststellen of de juiste gecertificeerde filters met de juiste luchtfilterklasse zijn geplaatst.	PT		E1, E2
7.8	De inspecteur kan vaststellen of de conditie van de drukmeter van het filterdifferentieel in goede staat is.	PP		E1, E2

8. Warmtewisselaars en warmteterugwinning (ventilatiesysteem)

8.1	De inspecteur kan vaststellen of de warmtewisselaars of warmteterugwinning zijn vervuild.	PP		E1
8.2	De inspecteur kan beoordelen of vaststellen of de toestand van de warmtewisselaars en warmteterugwinning correct is.	PT		E1
8.2	De inspecteur kan beoordelen of vaststellen of het energierendement in overeenstemming is met de technische specificaties.		PT	E1, E2
8.4	De inspecteur kan vaststellen of er tekenen zijn van koelmiddellekkage.	PT		E1, E2

9. Kanaalwerk ventilatie (ventilatiesysteem)

9.1	De inspecteur kan vaststellen of er tekenen van vocht, afzetting, verstopping en dergelijke zijn.	PT		E1, E2
9.2	De inspecteur kan vaststellen of de luchtafdichting van het leidingwerk in goede staat verkeert.	PT		E1, E2
9.3	De inspecteur kan vaststellen of de luchtkanalen zijn geïsoleerd waar wenselijk en of de isolatie in goede staat is.	PT		E1, E2
9.4	De inspecteur kan vaststellen of de luchtkanalen (overmatig) zijn vervuild.	PT		E1, E2
9.5	De inspecteur kan vaststellen of alle brandklappen open staan.	PT		E1, E2

10. Luchtbehandelingskast en ventilator (ventilatiesysteem)

10.1	De inspecteur kan vaststellen of de luchtstromen in overeenstemming zijn met de technische specificaties.		PT	E1, E2
10.2	De inspecteur kan vaststellen of de luchtbehandelingskast van een energiezuinig type is.		PT	E1, E2

		Diploma	
		EPB D-A	EPB D-B

11. Regeling en instellingen

- Koeling

11.1	De inspecteur kan bepalen of de zone-indeling voldoende aansluit bij de specifieke koude-vraag van de sectoren.		PT	E1
11.2	De inspecteur kan vaststellen of de kloktijd die de koeling aanstuurt correct is.	PP + PT		E1
11.3	De inspecteur kan vaststellen of het klokprogramma dat de koeling aanstuurt overeenkomt met de bedrijfstijden.	PP + PT		E1
11.4	De inspecteur kan beoordelen of de locaties van de temperatuursensoren voor de koeling correct zijn.		PT	E1
11.5	De inspecteur kan vaststellen of de aangegeven temperatuur van de temperatuursensoren voor koeling correct is.	PP + PT		E1
11.6	De inspecteur kan beoordelen of de regeling voor het gekoelde water in orde is en optimaal is ingesteld.		PT	E1
11.7	De inspecteur kan beoordelen of er zones zijn die gelijktijdig worden verwarmd en gekoeld.		PT	E1
11.8	De inspecteur kan vaststellen of er ruimten zijn die gelijktijdig worden verwarmd en gekoeld.	PP + PT		E1
11.9	De inspecteur kan beoordelen of er ruimten zijn met een permanente of bijna permanente koelvraag waar geen vrije koeling wordt toegepast.		PT	E1, E2
1	De inspecteur kan vaststellen of het aantal starts en stops (voor koeling) kan	PT		E1,

1. 1 0	worden uitgelezen, het aantal starts en stops (voor koeling) uitlezen en kan deze vastleggen.			E2

- Ventilatie

1 1. 1 1	De inspecteur kan beoordelen of de zone-indeling van het ventilatiesysteem aansluit bij de ventilatievraag van de sectoren.		PT	E1, E2
1 1. 1 2	De inspecteur kan vaststellen of de kloktijd van de klok die de regeling van het ventilatiesysteem aanstuurt correct is.	PT		E1, E2
1 1. 1 3	De inspecteur kan vaststellen of het klokprogramma van de regeling van het ventilatiesysteem aansluit bij de bedrijfstijden.	PT		E1, E2
1 1. 1 4	De inspecteur kan vaststellen of er luchtdebietregeling aanwezig is.	PT		E1, E2
1 1. 1 5	De inspecteur kan beoordelen of de aanwezige debietregeling traploos is en kan beoordelen of de aanwezige debietregeling vraaggestuurd is.		PT	E1
1 1. 1 6	De inspecteur kan beoordelen of een vraaggestuurd ventilatiesysteem correct functioneert.		PT	E1, E2
1 1. 1 7	De inspecteur kan beoordelen of de regeling van de voorverwarming in orde is en optimaal is ingesteld.		PT	E1, E2
1 1. 1 8	De inspecteur kan beoordelen de regeling van het bevochtigingssysteem in orde is en optimaal is ingesteld.		PT	E1, E2

- Verwarming

1 1. 2 1	De inspecteur kan bepalen of de zone-indeling voldoende aansluit bij de specifieke warmtevraag van de sectoren.		PT	E1, E2
1 1. 2 2	De inspecteur kan vaststellen of de kloktijd die de verwarming aanstuurt correct is.	PT		E1, E2
1 1. 2 3	De inspecteur kan vaststellen of het klokprogramma dat de verwarming aanstuurt overeen-komt met de bedrijfstijden.	PT		E1, E2
1 1. 2 4	De inspecteur kan vaststellen of de locaties van de temperatuursensoren voor de verwarming correct zijn.	PT		E1, E2
1 1. 2 5	De inspecteur kan vaststellen of de aangegeven temperatuur van de temperatuursensoren (voor verwarming) correct is.	PT		E1, E2
1 1. 2	De inspecteur kan vaststellen of er ruimten zijn die niet verwarmd hoeven te worden maar die toch worden verwarmd.	PT		E1, E2

6			
1 1. 2 7	De inspecteur kan vaststellen of er ruimten zijn die naast het verwarmingssysteem (warmtepompen) ook nog door andere bronnen worden verwarmd en waar geen thermostatische kleppen of thermostaten zijn geplaatst.	PT	E1, E2
1 1. 2 8	De inspecteur kan vaststellen of het afgiftesysteem van de verwarming waterzijdig goed is ingeregeld.	PT	E1, E2
1 1. 2 9	De inspecteur kan vaststellen of het aantal starts en stops (voor verwarming) kan worden uitgelezen, het aantal starts en stops (voor verwarming) uitlezen en deze vastleggen.	PT	E1, E2

		Diploma	
		EPB D-A	EPB D-B

12. Bemetering

- Koeling

1 2. 1	De inspecteur kan beoordelen of het energiegebruik van het koelsysteem wordt gemeten.	PT	E1
1 2. 2	De inspecteur kan beoordelen of de data van het energiegebruik van het koelsysteem regelmatig worden uitgelezen en beoordeeld.	PT	E1

- Verwarming

1 2. 1	De inspecteur kan beoordelen of het energiegebruik van het verwarmingssysteem wordt gemeten.	PT	E1, E2
1 2. 2	De inspecteur kan beoordelen of de data van het energiegebruik van het verwarmingssysteem regelmatig worden uitgelezen en beoordeeld.	PT	E1, E2

13. Alternatieven

1 3. 1	De inspecteur kan vaststellen of alle ramen op zonbelaste gevels zijn voorzien van buitenzonwering.	PT	E1, E2
1 3. 2	De inspecteur kan beoordelen of er restwarmte van ten minste 70 °C beschikbaar is.	PT	E1, E2
1 3. 3	De inspecteur kan beoordelen of de condensorwarmte wordt benut als behoefte is aan gelijktijdige verwarming en koeling.	PT	E1, E2
1 3. 4	De inspecteur kan beoordelen en vaststellen of er sprake is van een laag temperatuur warmteafgifte zonder toepassing van warmtepompen.	PT	E1, E2

14. Systeemgrootte

- Koeling

1 4. 1	De inspecteur kan beoordelen of er voor een gebouw of gebouwdeel al een keer een EPBD aircokeuring is verricht waarin het opgestelde koelvermogen is beoordeeld in relatie tot het benodigde vermogen.	PT	E1, E2
1	De inspecteur kan beoordelen of er na de beoordeling van het opgestelde	PT	E1,

4.2	koelvermogen, in relatie tot het benodigde koelvermogen, nog aanpassingen zijn gedaan aan het gebouw of het klimaatsysteem die van invloed zijn op de koelbehoefte van het gebouw of gebouwdeel.		E2
1.4.3	De inspecteur kan beoordelen of er een actuele koelbehoefteberekening volgens BRL6000 beschikbaar is.	PT	E1, E2
1.4.4	De inspecteur kan beoordelen of het opgestelde koelvermogen meer dan 20% hoger is dan het benodigde koelvermogen.	PT	E1, E2

- Verwarming

1.4.1	De inspecteur kan beoordelen of er voor een gebouw of gebouwdeel al een keer een EPBD aircokeuring is verricht waarin het opgestelde verwarmingsvermogen is beoordeeld in relatie tot het benodigde vermogen.	PT	E1, E2
1.4.2	De inspecteur kan beoordelen of er na de beoordeling van het opgestelde verwarmingsvermogen, in relatie tot het benodigde verwarmingsvermogen, nog aanpassingen zijn gedaan aan het gebouw of het klimaatsysteem die van invloed zijn op de verwarmingsbehoefte van het gebouw of gebouwdeel.	PT	E1, E2
1.4.3	De inspecteur kan beoordelen of er een actuele warmtebehoefteberekening volgens BRL6000 beschikbaar is.	PT	E1, E2
1.4.4	De inspecteur kan beoordelen of het opgestelde verwarmingsvermogen meer dan 20% hoger is dan het benodigde verwarmingsvermogen.	PT	E1, E2

Toelichting

PT	Toets waar praktische kennis, vaardigheden, inzichten en dergelijke op theoretische wijze worden getoetst (bijvoorbeeld via foto's, casebeschrijving en dergelijke).
PP	Toets waar praktische kennis, vaardigheden, inzichten en dergelijke op praktische wijze worden getoetst.
T	Toets waar theoretische kennis wordt getoetst.
PT + T	Er wordt praktische en theoretische kennis getoetst. De praktische en theoretische kennis wordt op theoretische wijze getoetst.
PP + T	Er wordt praktische en theoretische kennis getoetst. De praktische kennis wordt op praktische wijze getoetst, de theoretische kennis op theoretische wijze.
PP + PT	Er wordt praktische kennis getoetst. De praktische kennis wordt voor een deel getoetst op praktische wijze en voor een deel op theoretische wijze.
E1	Aan deze exameneis moet worden voldaan in het examen en het herexamen.
E2	Aan deze exameneis moet worden voldaan in het bijscholingsexamen.

Bijlage XIV. (maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik met betrekking tot gebouwen)

Inhoudsopgave

Onderdeel Code	Categorie Code	Categorie Omschrijving (onderwerp)
G	A	Energiebeheersysteem
G	B	Isolatie van de schil
G	C	Ruimteverwarming
G	D	Ruimteventilatie
G	E	Warm tapwater
G	F	Binnenverlichting
G	G	Buitenverlichting
G	H	Zonnepanelen

Onderdeel 3 Gebouwen:
Categorie: Energiebeheersysteem

Onderwerp	Energiebeheersysteem
Nummer maatregel	GA1
Toe te passen maatregel	**Pas een automatisch energieregistratie- en bewakingssysteem (EBS) met rapportagefunctie toe, waarbij gas- en warmte- (per uur) en elektragebruik (per kwartier) van het gebouw wordt geregistreerd.** Voor het beheren van het gas-, elektriciteits- en warmtegebruik is een automatisch energieregistratie- en bewakingssysteem (EBS) met rapportagefunctie (voor inzicht in het energiegebruik per uur, dag, maand en jaar) een belangrijk middel. Door de geregistreerde data minimaal halfjaarlijks te controleren en instellingen zo nodig aan te passen, kan hiermee een optimale energiezuinige in- en afstelling van klimaatinstallaties worden geborgd.
Huidige situatie	Er is geen energieregistratie- en bewakingssysteem (EBS) met rapportagefunctie aanwezig, waarmee het gebruik van gas, warmte en elektriciteit wordt gemonitord.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Analyseer de gemonitorde data eenmaal aan het begin van het stookseizoen en eenmaal direct na het stookseizoen en stel de energiegebruikers zo optimaal mogelijk in. Wijs iemand aan die verantwoordelijk is voor het optimaliseren van de instellingen van de energiegebruikers.

Categorie: Isolatie van de schil

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB1
Toe te passen maatregel	**Isoleer spouwmuren van gebouwen.Door het aanbrengen van isolatie in spouwmuren wordt het warmteverlies in het stookseizoen beperkt.** Voor het aanbrengen van spouwisolatie kunnen beperkingen van toepassing zijn door de aanwezigheid van bijvoorbeeld dampdichte lagen aan de buitenzijde, een waterdoorlatende buitenmuur of de aanwezigheid van niet verwijderbare vervuiling in de spouw. Win voor het aanbrengen van spouwisolatie eerst deskundig advies in over de mogelijkheden in uw situatie.

Huidige situatie	Er zijn ongeïsoleerde spouwmuren aanwezig met een spouwbreedte van ten minste 5 cm en het gebouw wordt verwarmd (tot ten minste 18 °C).
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: het aardgasgebruik is ten hoogste 170.000 m^3 per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er is geen steiger nodig voor het aanbrengen van de isolatie. Er is in het kader van de Besluit activiteiten leefomgeving geen nieuw onderzoek naar nestelplaatsen van beschermde diersoorten (zoals vleermuizen) nodig. De maatregel is niet van toepassing in winkels en in andere gebouwen die slechts beperkt bijverwarmd hoeven te worden (bijvoorbeeld omdat er veel warmte vrijkomt van aanwezige processen en/of apparatuur) Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verminder het warmteverlies via naden, kieren en andere openingen in muren en gevels.

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB2
Toe te passen maatregel	**Isoleer platte daken (bovenop de dakbedekking).** Door het aanbrengen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van ten minste 2,1 m^2K/W op ongeïsoleerde daken wordt het warmteverlies in het stookseizoen beperkt. Dit kan worden aangebracht bovenop de dakbedekking (omgekeerd dak).
Huidige situatie	Er zijn ongeïsoleerde daken aanwezig in verwarmde gebouwen (18 °C of hoger).
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: het aardgasgebruik is ten hoogste 170.000 m^3 per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het dak heeft voldoende draagkracht voor het isolatiemateriaal en de benodigde ballast. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de staat van de isolatie en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB3
Toe te passen maatregel	**Pas een automatisch sluitmechanisme toe bij overheaddeuren.** Door het toepassen van een automatisch sluitmechanisme bij een overheaddeur sluit deze zodra iemand de deur is gepasseerd . Dit voorkomt warmteverlies, doordat de deur een kortere tijd openstaat.
Huidige situatie	Er is een overheaddeur aanwezig zonder automatisch sluitmechanisme die gemiddeld ten minste 1 uur per dag open staat. De ruimte wordt matig verwarmd (ten minste 15 °C).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verminder het warmteverlies via naden, kieren en andere openingen in muren en gevels. Stel de sensor goed in en zorg er daarbij voor dat de deur niet te snel (automatisch) open gaat.

Onderwerp	Isolatie van de schil

Nummer maatregel	GB4
Toe te passen maatregel	**Isoleer platte daken (onder de dakbedekking).** Door het aanbrengen van isolatie met een Rd-waarde van ten minste 3,7 m^2K/W op ongeïsoleerde daken wordt het warmteverlies in het stookseizoen beperkt. Breng de isolatie aan onder de dakbedekking en boven de dakconstructie (warm dak) op het moment dat de dakbedekking aan vervanging toe is. Doe dit zo nodig in combinatie met een dampremmende laag.
Huidige situatie	Er zijn ongeïsoleerde daken aanwezig in verwarmde gebouwen (18 °C of hoger).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB5
Toe te passen maatregel	**Vervang in bestaande kozijnen en ramen het enkelglas door HR++ glas.** Door in bestaande kozijnen en ramen het enkelglas door HR++ glas te vervangen wordt warmteverlies in het stookseizoen beperkt.
Huidige situatie	Er zijn kozijnen of ramen met enkelglas aanwezig in verwarmde gebouwen (ten minste 15 °C).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	HR++ glas kan in het bestaande kozijn of raam worden geplaatst. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verminder het warmteverlies via naden, kieren en andere openingen in muren en gevels.

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB6
Toe te passen maatregel	**Vervang in bestaande kozijnen en ramen dubbelglas door HR++ glas.** Door in bestaande kozijnen en ramen het dubbel glas door HR++ glas te vervangen wordt warmteverlies in het stookseizoen beperkt.
Huidige situatie	Er zijn kozijnen of ramen met dubbelglas aanwezig in verwarmde gebouwen (ten minste 18 °C).
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: het aardgasgebruik is ten hoogste 170.000 m^3 per jaar.
Technische randvoorwaarden	HR++ glas kan in het bestaande kozijn of raam worden geplaatst. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verminder het warmteverlies via naden, kieren en andere openingen in muren en gevels.

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB7
Toe te passen maatregel	**Gebruik opblaasbare luchtkussens bij een vrachtwagendocking.** Door een afsluitvoorziening met opblaasbare luchtkussens te plaatsen bij een docking voor vrachtwagens wordt het warmteverlies beperkt.
Huidige situatie	Er zijn dockings voor vrachtwagens aanwezig met of zonder flappen en zonder opblaasbare luchtkussens.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: de docking wordt gemiddeld genomen ten minste 10 u/wk gebruikt voor het laden en of lossen.
Technische randvoorwaarden	De ruimte wordt matig verwarmd (ten minste 15 °C).
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verminder het warmteverlies via naden, kieren en andere openingen in muren en gevels.

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB8
Toe te passen maatregel	**Plaats een loopdeur in overheaddeuren.** Door het plaatsen van overheaddeuren met een loopdeur voor personen wordt warmteverlies voorkomen, omdat de gehele deur dan minder vaak open gaat.
Huidige situatie	Er is een overheaddeur in een matig verwarmde ruimte (ten minste 15 °C) aanwezig zonder aparte loopdeur of naastgelegen deur en deze wordt gebruikt voor personentoegang.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De ruimte wordt ten minste matig verwarmd (15°C of hoger).
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verminder het warmteverlies via naden, kieren en andere openingen in muren en gevels.

Categorie: Ruimteverwarming

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC1
Toe te passen maatregel	**Pas een klokregeling toe en regel deze in.** Pas voor het centrale verwarmingssysteem een klokregeling of klokthermostaat toe en regel deze zo in dat de werkelijke gebruikstijden zo nauw mogelijk worden gevolgd. Dit voorkomt energiegebruik buiten bedrijfstijd.
Huidige situatie	Er is een verwarmingssysteem aanwezig waarbij automatische regeling voor verlaging van de temperatuur in de nacht, het weekend en/of de vakanties ontbreekt.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks de klokinstellingen van het verwarmingssysteem en zorg dat deze nauw aansluiten bij de werkelijke gebruikstijden van het gebouw. Regel naast de gebruikelijke openingstijden van het pand ook de vakanties in. Voor deze controle kan gebruik worden gemaakt van de data uit het energiebeheersysteem.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC2
Toe te passen maatregel	**Pas naast de bestaande verwarmingsketel een elektrische warmtepomp toe.** Door naast de bestaande verwarmingsketel een elektrische lucht/water warmtepomp toe te passen kan een groot gedeelte van het jaar de warmte uit de buitenlucht en/of ventilatielucht worden onttrokken voor de warmteopwekking. De warmteopwekking is met gebruik van deze zogenoemde hybride warmtepomp efficiënter dan met een verwarmingsketel.
Huidige situatie	Er is een verwarmingsketel aanwezig met een vermogen van ten minste 70 kW en een afgiftesysteem via radiatoren, convectoren en/of vloerverwarming. Het gebouw wordt verwarmd tot ten minste 18 °C. Het gebouw voldoet aan de eisen uit het bouwbesluit van 1 oktober 1992. Vanaf dit moment hebben gebouwen dubbelglas en geldt voor de isolatie van vloer, gevel en dak een Rc-waarde van ten minste 2,5 m^2K/W.
Economische randvoorwaarden	Zowel natuurlijk als zelfstandig moment: het aardgasgebruik is ten hoogste 170.000 m^3 per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande elektriciteitsaansluiting heeft voldoende capaciteit en er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar op het elektriciteitsnet. Er is voldoende ruimte beschikbaar voor het plaatsen van de warmtepomp. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks de instelling van de stooklijn en het functioneren van de regeling. Controleer minimaal jaarlijks de effectieve en efficiënte werking van de warmtepomp.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC3
Toe te passen maatregel	**Pas een weersafhankelijke regeling toe.** Gebruik voor de aanvoertemperatuur van het verwarmingswater een automatische regeling op basis van de buitentemperatuur. Hierdoor kan de warmte uit het rookgas teruggewonnen worden en krijgt de verwarmingsketel een hogere efficiëntie. Ook zijn de verliezen in het distributiesysteem kleiner.
Huidige situatie	Er is een verwarmingsketel aanwezig in een verwamd gebouw (ten minste 18 °C) en de aanvoertemperatuur van het verwarmingswater wordt niet geregeld op basis van de buitentemperatuur.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Bij een gecombineerd opweksysteem voor verwarming en warm tapwater is het technisch mogelijk om het tapwater in een aparte groep tot ten minste 65 °C te verwarmen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks de instelling van de stooklijn.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC4
Toe te passen maatregel	**Isoleer de verwarmingsleidingen en appendages in onverwarmde ruimtes.** Door het toepassen van buisisolatie met een Rd-waarde van ten minste 0,5 m^2K/W om de verwarmingsleidingen en appendages wordt het warmteverlies in onverwarmde ruimtes beperkt.
Huidige situatie	Er ontbreekt isolatie om verwarmingsleidingen en appendages in niet of beperkt

	verwarmde ruimtes, waaronder stookruimtes en vorstvrij gehouden ruimtes.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks het isolatiemateriaal rond leidingen en appendages in onverwarmde ruimtes, zorg dat het goed bevestigd is en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC5
Toe te passen maatregel	**Isoleer ventilatiekanalen in onverwarmde ruimtes.** Door het toepassen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van ten minste 0,7 m^2K/W om de ventilatiekanalen wordt het warmteverlies in onverwarmde ruimtes beperkt.
Huidige situatie	Er zijn ongeïsoleerde ventilatiekanalen in onverwarmde ruimtes (ten hoogste 14 °C in het stookseizoen) aanwezig. De ventilatiekanalen zijn aangesloten op een luchtbehandelingskast.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks het isolatiemateriaal rond de ventilatiekanalen, zorg dat het goed bevestigd is en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC6
Toe te passen maatregel	**Pas een individuele regeling van de temperatuur per ruimte toe.** Door per ruimte een individuele (na)regeling van de temperatuur met een thermostatische radiatorkraan of andere temperatuurregeling toe te passen, hoeft deze niet onnodig te worden verwarmd.
Huidige situatie	Er zijn radiatoren of convectoren aanwezig in een verwarmde ruimte, maar de temperatuur van de ruimte is niet apart (na) te regelen met een lokale regeling of thermostatische radiatorkranen.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de instellingen van de individuele regeling en/of de stand van de themostatisch radiatorkranen.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC7
Toe te passen maatregel	**Pas frequentiegeregelde circulatiepompen toe.** Door toepassing van frequentiegeregelde circulatiepompen in het verwarmingssysteem kan het debiet worden aangepast aan de warmtevraag, waardoor de pomp efficienter werkt. Pas de frequentiegeregelde pompen toe op zowel

	bij de hoofdcirculatiepomp als bij de groepenpompen.
Huidige situatie	Er is een centraal verwarmingssysteem aanwezig waarbij de circulatiepompen niet zijn voorzien van een frequentieregeling.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het verwarmingssysteem laat een variabel debiet toe.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer de instellingen van pompen en controleer of het afgiftesysteem nog goed werkt.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC8
Toe te passen maatregel	**Vervang directgestookte gasheaters in bedrijfshallen door directgestookte HR-gasheaters.** Door in bedrijfshallen een directgestookte conventionele gasheater te vervangen door een directgestookt hoog rendement (HR) toestel wordt energie bespaard.
Huidige situatie	De bedrijfshal wordt met een of meer directgestookte gasheaters matig verwarmd (ten minste 15 °C).
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: het aardgasgebruik is ten hoogste 1.000.000 m^3 per jaar.
Technische randvoorwaarden	In de ruimte is een rioolaansluiting aanwezig voor het aansluiten van de condensafvoer(en).
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de temperatuurinstellingen van de regeling en onderhoud de gasheater volgens leveranciersvoorschriften.

Categorie: Ruimteventilatie

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD1
Toe te passen maatregel	**Pas een klokregeling toe op het ventilatiesysteem.** Door het ventilatiesysteem van een gebouw te voorzien van een klokregeling kan deze buiten bedrijfstijden uit of naar een veel lager debiet worden gezet. Er geldt hier een dubbel besparingseffect. De ventilatoren maken minder draaiuren en doordat er minder luchtverversing is, verdwijnt er ook minder verwarmde, gekoelde en/of bevochtigde lucht uit het gebouw. In de zomerperiode kan de klokregeling worden benut om juist in de nachturen met koele buitenlucht te ventileren, waardoor overdag minder koeling nodig is.
Huidige situatie	Er is een ventilatiesysteem aanwezig waarbij geen sturing op basis van ingestelde tijden wordt toegepast.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak filters, ventilatoren en luchtkanalen van het ventilatiesysteem regelmatig schoon. Controleer jaarlijks de klokinstellingen van het ventilatiesysteem en zorg dat deze nauw aansluiten bij de werkelijke gebruikstijden van het gebouw.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD2

Toe te passen maatregel	**Pas warmteterugwinning toe op een ventilatiesysteem met mechanische toevoer en afvoer.** Door in een ventilatiesysteem met mechanische toevoer en afvoer warmteterugwinning met een twincoilsysteem toe te passen worden warmteverliezen door ventilatie beperkt. Er zijn verschillende systemen op de markt zoals een kruisstroomwisselaar, een warmtewiel of een twincoilsysteem. Welk systeem het beste kan worden toegepast is afhankelijk het aanwezige ventilatiesysteem en de beschikbare ruimte.
Huidige situatie	Er is een ventilatiesysteem met mechanische toevoer en afvoer aanwezig zonder warmteterugwinning.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het twincoilsysteem is inpasbaar in de luchtbehandelingskast of de luchtkanalen. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak filters, ventilatoren en luchtkanalen van het ventilatiesysteem regelmatig schoon.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD3
Toe te passen maatregel	**Vervang ventilatoren van klasse IE1 door ventilatoren van klasse IE4 of hoger.** Door IE1-ventilatoren door ventilatoren van klasse IE4 of hoger te vervangen, neemt de efficiëntie van de ventilatie toe. IE staat voor International Efficiency en is een aanduiding van de energiezuinigheid van een elektromotor. Hoe hoger het getal, hoe zuiniger de motor. Het toepassen van energiezuinigere motoren van ventilatoren bespaart op het elektriciteitsgebruik.
Huidige situatie	Er is een ventilator met efficientieklasse IE1 of lager aanwezig. Deze motoren zijn herkenbaar doordat er geen IE-klasse of dat er klasse IE1 op het typeplaatje van de motor staat.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.700 draaiuren van de ventilator per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de ventilator is ten minste 5,5 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak ventilatoren regelmatig schoon.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD4
Toe te passen maatregel	**Vervang indirect gedreven IE1-slakkenhuisventilatoren door direct gedreven ventilatoren.** Door in de luchtbehandelingskast (LBK) de ventilatorsectie met indirect gedreven IE1-slakkenhuisventilatoren te vervangen door een ventilatorsectie met direct gedreven ventilatoren (plugfans) neemt de efficiëntie van de ventilatoren toe. IE staat voor International Efficiency en is een aanduiding van de energiezuinigheid van een elektromotor. Hoe hoger het getal, hoe zuiniger de motor. Het toepassen van energiezuinigere motoren van ventilatoren bespaart op het elektriciteitsgebruik.
Huidige situatie	Er zijn in de LBK één of meerdere indirect gedreven slakkenhuisventilatoren met IE1-motor aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 2.900 draaiuren van de ventilator per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de ventilator is ten minste 5,5 kW.

Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak ventilatoren regelmatig schoon.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD5
Toe te passen maatregel	**Vervang indirect gedreven IE2-slakkenhuisventilatoren door direct gedreven ventilatoren.** Door in de luchtbehandelingskast (LBK) de ventilatorsectie met indirect gedreven IE2-slakkenhuisventilatoren te vervangen door een ventilatorsectie met direct gedreven ventilatoren (plugfans) wordt de efficiëntie van de ventilatoren verbeterd. IE staat voor International Efficiency en is een aanduiding van de energiezuinigheid van een elektromotor. Hoe hoger het getal, hoe zuiniger de motor. Het toepassen van energiezuinigere motoren van ventilatoren bespaart op het elektriciteitsgebruik.
Huidige situatie	Er zijn in de LBK één of meerdere indirect gedreven slakkenhuisventilatoren met IE2-motor aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.300 draaiuren van de ventilator per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de ventilator is ten minste 5,5 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak ventilatoren regelmatig schoon.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD6
Toe te passen maatregel	**Vervang indirect gedreven IE3 slakkenhuisventilatoren door direct gedreven ventilatoren.** Door in de luchtbehandelingskast (LBK) de ventilatorsectie met indirect gedreven IE3-slakkenhuisventilatoren te vervangen door een ventilatorsectie met direct gedreven ventilatoren (plugfans) wordt de efficientie van de ventilatoren verbeterd. IE staat voor International Efficiency en is een aanduiding van de energiezuinigheid van een elektromotor. Hoe hoger het getal, hoe zuiniger de motor. Het toepassen van energiezuinigere motoren van ventilatoren bespaart op het elektriciteitsgebruik.
Huidige situatie	Er zijn in de LBK één of meerdere indirect gedreven slakkenhuisventilatoren met IE3-motor aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.600 draaiuren van de ventilator per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de ventilator is ten minste 5,5 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak ventilatoren regelmatig schoon.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD7
Toe te passen maatregel	**Vervang ventilatoren van klasse IE2 of IE3 door ventilatoren van klasse IE4 of hoger.** Door IE2 of IE3-ventilatoren door ventilatoren van klasse IE4 of hoger te vervangen, neemt de efficiëntie van de ventilatie toe. IE staat voor International Efficiency en is

	een aanduiding van de energiezuinigheid van een elektromotor. Hoe hoger het getal, hoe zuiniger de motor. Het toepassen van energiezuinigere motoren van ventilatoren bespaart op het elektriciteitsgebruik.
Huidige situatie	Er is een ventilator met efficientieklasse IE2 of IE3 aanwezig. Deze motoren zijn herkenbaar doordat er er klasse IE2 of IE3 op het typeplaatje van de motor staat.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 1.000 draaiuren van de ventilator per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak ventilatoren regelmatig schoon.

Categorie: Warm tapwater

Onderwerp	Warm tapwater
Nummer maatregel	GE1
Toe te passen maatregel	**Isoleer warmwaterleidingen en appendages.** Met het aanbrengen van isolatie met een Rd-waarde van ten minste 0,5 m^2K/W rondom de circulatieleidingen en appendages van het warme tapwater wordt warmteverlies tegengegaan. Isoleer alleen de circulatieleidingen. De uittapleidingen van het tapwater mogen vanwege de kans op legionella niet worden geïsoleerd.
Huidige situatie	Er zijn ongeïsoleerde circulatieleidingen en appendages voor transport van warm tapwater aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De leidingen zijn goed bereikbaar.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks het isolatiemateriaal rond leidingen en appendages en herstel deze bij eventuele schade.

Onderwerp	Warm tapwater
Nummer maatregel	GE2
Toe te passen maatregel	**Gebruik waterbesparende douchekoppen.** Door in douches waterbesparende douchekoppen toe te passen wordt er minder warm tapwater gebruikt.
Huidige situatie	De douches hebben geen waterbesparende douchekop.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij een gemiddeld gebruik van meer dan 6 douchebeurten per week.
Technische randvoorwaarden	Door toepassing van de waterbesparende douchekop komt het tapdebiet bij systemen zonder voorraadvat niet onder de tapdrempel van het tapwatertoestel.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de instellingen van het warmtapwatersysteem en voer regelmatig onderhoud uit aan kranen, kleppen en warmtapwaterinstallaties.

Onderwerp	Warm tapwater
Nummer maatregel	GE3
Toe te passen maatregel	**Vervang bij een indirect verwarmd voorraadvat de bestaande ketel door een HR-**

	ketel. Door in een warm tapwatersysteem met een indirect verwarmd voorraadvat een hoogrendementsketel (HR) toe te passen in plaats van een verbeterd rendementsketel of conventionele ketel wordt het warm tapwater energiezuiniger opgewekt.
Huidige situatie	Er is een hoge tapwatervraag voor onder meer douchen en dit warm tapwater wordt opgewekt met een verbeterd rendement (VR) of conventionele ketel en opgeslagen in een buffervat.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de instellingen van het warmtapwatersysteem en voer regelmatig onderhoud uit aan kranen, kleppen en warmtapwaterinstallaties.

Categorie: Binnenverlichting

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF1
Toe te passen maatregel	**Pas een regeling toe op de verlichting, zodat deze buiten gebruikstijden niet onnodig brandt.** Door gebruik van een regeling wordt het onnodig branden van verlichting buiten gebruikstijden voorkomen. Er zijn diverse regelingen die hiervoor kunnen worden toegepast, zoals aanwezigheidsdetectie per ruimte, een tijdgestuurde veegschakeling, een centrale regeling met overwerktimers of een regelbord bij de ingang van het gebouw.
Huidige situatie	De verlichting brandt onnodig buiten gebruikstijden.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer dagelijks bij het verlaten van het pand of alle verlichting die uit kan ook is uitgezet.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF2
Toe te passen maatregel	**Vervang TL8-buizen door LED-buizen.** Door het vervangen van TL-buizen (TL8) in de armaturen door LED-buizen wordt het energiegebruik beperkt. Het wisselen van de buizen door LED-buizen met een vergelijkbare lichtopbrengst en lichtkleur is voldoende. Soms moet ook de starter worden vervangen.
Huidige situatie	Armaturen met TL8-buizen, met of zonder starter zijn aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.600 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande armaturen zijn geschikt voor toepassing van LED-buizen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting

Nummer maatregel	GF3
Toe te passen maatregel	**Vervang TL5-fluorescentiebuizen door LED-buizen.** Door het vervangen van TL5-buizen in de armaturen door LED-buizen wordt het energiegebruik beperkt. Het wisselen van de buizen door LED-buizen met een vergelijkbare lichtopbrengst en lichtkleur is voldoende.
Huidige situatie	Er zijn armaturen met TL5-buizen aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 6.100 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande armaturen zijn geschikt voor de toepassing van LED-buizen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF4
Toe te passen maatregel	**Vervang gloei-, halogeen- en spaarlampen door LED-lampen.** Door gloei-, halogeen- en spaarlampen in de bestaande armaturen te vervangen door LED-lampen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Armaturen met gloei-, halogeen- of spaarlampen zijn aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 600 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande armaturen zijn geschikt voor LED-lampen, waardoor de lampen één-op-één vervangbaar zijn.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF5
Toe te passen maatregel	**Vervang gasontladingslampen door LED-lampen.** Vervang gasontladingslampen in de armaturen door LED-lampen. Dit beperkt het energiegebruik.
Huidige situatie	Er zijn armaturen met één van de volgende gasontladingslampen aanwezig: kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.000 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande armaturen zijn geschikt voor LED-lampen, waardoor de lampen één-op-één vervangbaar zijn.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF6
Toe te passen maatregel	**Vervang montagebalken en lichtlijnen met TL8-buizen door LED-armaturen.**

	Door bij montagebalken en lichtlijnen de armaturen met TL8-buizen te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn montagebalken of lichtlijnen met TL8-armaturen aanwezig. Dit kunnen zowel opbouwarmaturen als zwevende armaturen zijn.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.100 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF7
Toe te passen maatregel	**Vervang plafondspots met spaarlampen door LED-spots.** Door plafondspots met spaarlampen (CFL of PL) te vervangen door spots met LED-verlichting wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn plafondspots met spaarlampen (CFL of PL) aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.300 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF8
Toe te passen maatregel	**Vervang wandarmaturen met spaarlampen door LED-wandarmaturen.** Door wandarmaturen met spaarlampen te vervangen door LED-wandarmaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn wandarmaturen met spaarlampen aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.600 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF9
Toe te passen maatregel	**Vervang wandarmaturen met halogeenlampen door LED-wandarmaturen.** Door wandarmaturen met halogeenlampen te vervangen door LED-wandarmaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn wandarmaturen met halogeenlampen aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.100 branduren per jaar.

Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF10
Toe te passen maatregel	**Vervang spots met halogeenlampen door LED-spots.** Door spots met halogeenlampen te vervangen door spots met LED-verlichting wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn spots met halogeenlampen aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 2.400 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF11
Toe te passen maatregel	**Vervang railspots met halogeenlampen door LED-railspots.** Door railspotarmaturen met halogeenlampen te vervangen door LED-railspots wordt het energiegebruik beperkt. De bestaande spanningsrail/contactrail blijft bewaard.
Huidige situatie	Er zijn railspotarmaturen met halogeenlampen op een spannings/contactrail aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.200 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande spanningsrail/contactrail is geschikt voor toepassing van de LED-railspots.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF12
Toe te passen maatregel	**Vervang railspots met gasontladingslampen door LED-railspots.** Door railspots met gasontladingslampen te vervangen door LED-railspots wordt het energiegebruik beperkt. De bestaande spanningsrail/contactrail blijft bewaard.
Huidige situatie	Er zijn railspots met een van de volgende gasontladingslampen aanwezig: kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 5.200 branduren per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 2.000 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande spanningsrail/contactrail is geschikt voor toepassing van de LED-railspots.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja

Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF13
Toe te passen maatregel	**Vervang pendelarmaturen en opbouwarmaturen met gasontladingslampen door LED-armaturen.** Door pendelarmaturen en opbouwarmaturen ("high bay") met gasontladingslampen te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn pendelarmaturen en opbouwarmaturen met één van de volgende gasontladingslampen aanwezig: kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF14
Toe te passen maatregel	**Vervang ingebouwde plafondarmaturen met TL8-buizen door LED-armaturen.** Door de ingebouwde plafondarmaturen met TL8-buizen te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn ingebouwde plafondarmaturen met TL8-buizen, met of zonder starter aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF15
Toe te passen maatregel	**Vervang vluchtwegsignaleringsarmaturen met TL-buizen of spaarlampen door LED-armaturen.** Door vluchtwegsignaleringsarmaturen met TL-buizen of spaarlampen te vervangen door vluchtwegsignaleringsarmaturen met LED-verlichting wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn vluchtwegsignaleringsarmaturen met TL-buizen of spaarlampen aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie: Buitenverlichting

Onderwerp	Buitenverlichting
Nummer maatregel	GG1
Toe te passen maatregel	**Vervang armaturen met TL8-buizen door LED-armaturen.** Door ingebouwde en opgebouwde armaturen met TL8-buizen (die niet op een mast zitten) te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik verlaagd.
Huidige situatie	Er zijn armaturen met TL8-buizen voor buitenverlichting aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Buitenverlichting
Nummer maatregel	GG2
Toe te passen maatregel	**Vervang wandarmaturen met halogeenlampen door LED-armaturen.** Door wandarmaturen met halogeenlampen te vervangen door LED-armaturen, wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn wandarmaturen met halogeenlampen voor buitenverlichting aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Buitenverlichting
Nummer maatregel	GG3
Toe te passen maatregel	**Vervang wandarmaturen met spaarlampen door LED-armaturen.** Door wandarmaturen met spaarlampen te vervangen door LED-armaturen, wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn wandarmaturen met spaarlampen voor buitenverlichting aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Buitenverlichting
Nummer maatregel	GG4
Toe te passen maatregel	**Vervang armaturen met gasontladingslampen door LED-armaturen.**

	Door ingebouwde en opgebouwde armaturen (die niet op een mast zitten) met gasontladingslampen (Kwiklampenkwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI) door LED-armaturen te vervangen, wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn armaturen met gasontladingslampen (kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI) voor buitenverlichting aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Categorie: Zonnepanelen

Onderwerp	Zonnepanelen
Nummer maatregel	GH1
Toe te passen maatregel	**Plaats zonnepanelen op het dak.** Door de plaatsing van zonnepanelen wordt duurzame elektriciteit opgewekt. Daarmee wordt bespaard op de inkoop van elektriciteit via het elektriciteitsnet.
Huidige situatie	Er is ten minste 2.000 m^2 aan geschikt dakoppervlak beschikbaar voor het plaatsen van minimaal 300 kWp aan zonnepanelen. Er is sprake van een grootverbruikaansluiting voor elektriciteit (meer dan 3x80 A).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het dak heeft voldoende vrije draagkracht voor de plaatsing van zonnepanelen en bijbehorende ballast. De bestaande elektriciteitsaansluiting heeft voldoende capaciteit en er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar op het elektriciteitsnet. Het dak hoeft de komende 10 jaar niet te worden gerenoveerd. De verzekeraar gaat akkoord met plaatsen van de zonnepanelen zonder dat dit tot een significante prijsstijging van de verzekeringspremie leidt. Bij een installatie van 300 kWp kan alle opgewekte energie direct in het gebouw worden gebruikt. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en ondeoud	Maak de zonnepanelen jaarlijks schoon. Controleer regelmatig of de verwachte productie gehaald wordt of laat dit monitoren.

Bijlage XIVa. (maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik met betrekking tot gebouwen specifiek voor de glastuinbouwsector)

Inhoudsopgave

Onderdeel Code	Categorie Code	Categorie Omschrijving (onderwerp)
G	A	Energiebeheersysteem
G	B	Isolatie van de schil
G	C	Ruimteverwarming
G	D	Ruimteventilatie
G	E	Warm tapwater
G	F	Binnenverlichting
G	G	Buitenverlichting
G	H	Zonnepanelen
G	K	Tuinbouwkassen

Onderdeel 3 : Gebouwen

Categorie : Energiebeheersysteem

Onderwerp	Energiebeheersysteem
Nummer maatregel	GA1
Toe te passen maatregel	**Pas een automatisch energieregistratie- en bewakingssysteem (EBS) met rapportagefunctie toe, waarbij gas- en warmte- (per uur) en elektragebruik (per kwartier) van het gebouw wordt geregistreerd.** Voor het beheren van het gas-, elektriciteits- en warmtegebruik is een automatisch energieregistratie- en bewakingssysteem (EBS) met rapportagefunctie (voor inzicht in het energiegebruik per uur, dag, maand en jaar) een belangrijk middel. Door de geregistreerde data minimaal halfjaarlijks te controleren en instellingen zo nodig aan te passen, kan hiermee een optimale energiezuinige in- en afstelling van klimaatinstallaties worden geborgd.
Huidige situatie	Er is geen energieregistratie- en bewakingssysteem (EBS) met rapportagefunctie aanwezig, waarmee het gebruik van gas, warmte en elektriciteit wordt gemonitord.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Analyseer de gemonitorde data eenmaal aan het begin van het stookseizoen en eenmaal direct na het stookseizoen en stel de energiegebruikers zo optimaal mogelijk in. Wijs iemand aan die verantwoordelijk is voor het optimaliseren van de instellingen van de energiegebruikers.

Categorie : Isolatie van de schil

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB3
Toe te passen maatregel	**Pas een automatisch sluitmechanisme toe bij overheaddeuren.** Door het toepassen van een automatisch sluitmechanisme bij een overheaddeur sluit deze zodra iemand de deur is gepasseerd. Dit voorkomt warmteverlies, doordat de deur een kortere tijd openstaat.
Huidige situatie	Er is een overheaddeur aanwezig zonder automatisch sluitmechanisme die gemiddeld ten minste 1 uur per dag open staat. De ruimte wordt matig verwarmd (ten minste 15 °C).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing

Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verminder het warmteverlies via naden, kieren en andere openingen in muren en gevels. Stel de sensor goed in en zorg er daarbij voor dat de deur niet te snel (automatisch) open gaat.

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB4
Toe te passen maatregel	**Isoleer platte daken (onder de dakbedekking).** Door het aanbrengen van isolatie met een Rd-waarde van ten minste 3,7 m^2K/W op ongeïsoleerde daken wordt het warmteverlies in het stookseizoen beperkt. Breng de isolatie aan onder de dakbedekking en boven de dakconstructie (warm dak) op het moment dat de dakbedekking aan vervanging toe is. Doe dit zo nodig in combinatie met een dampremmende laag.
Huidige situatie	Er zijn ongeïsoleerde daken aanwezig in verwarmde gebouwen (18 °C of hoger).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB5
Toe te passen maatregel	**Vervang in bestaande kozijnen en ramen het enkelglas door HR++ glas.** Door in bestaande kozijnen en ramen het enkelglas door HR++-glas te vervangen wordt warmteverlies in het stookseizoen beperkt.
Huidige situatie	Er zijn kozijnen of ramen met enkelglas aanwezig in verwarmde gebouwen (ten minste 15 °C).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	HR++-glas kan in het bestaande kozijn of raam worden geplaatst. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verminder het warmteverlies via naden, kieren en andere openingen in muren en gevels.

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB7
Toe te passen maatregel	**Gebruik opblaasbare luchtkussens bij een vrachtwagendocking.** Door een afsluitvoorziening met opblaasbare luchtkussens te plaatsen bij een docking voor vrachtwagens wordt het warmteverlies beperkt.
Huidige situatie	Er zijn dockings voor vrachtwagens aanwezig met of zonder flappen en zonder opblaasbare luchtkussens.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: De docking wordt gemiddeld genomen ten minste 4 uur per dag gebruikt voor laden en of lossen.
Technische randvoorwaarden	De ruimte wordt matig verwarmd (ten minste 15 °C) door middel van een

	verwarmingsketel.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verminder het warmteverlies via naden, kieren en andere openingen in muren en gevels.

Onderwerp	Isolatie van de schil
Nummer maatregel	GB8
Toe te passen maatregel	**Plaats een loopdeur in overheaddeuren.** Door het plaatsen van overheaddeuren met een loopdeur voor personen wordt warmteverlies voorkomen, omdat de gehele deur dan minder vaak open gaat.
Huidige situatie	Er is een overheaddeur in een matig verwarmde ruimte (ten minste 15 °C) aanwezig zonder aparte loopdeur of naastgelegen deur en deze wordt gebruikt voor personentoegang.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De ruimte wordt ten minste matig verwarmd (15 °C of hoger).
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Verminder het warmteverlies via naden, kieren en andere openingen in muren en gevels.

Categorie : Ruimteverwarming

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC1
Toe te passen maatregel	**Pas een klokregeling toe en regel deze in.** Pas voor het centrale verwarmingssysteem een klokregeling of klokthermostaat toe en regel deze zo in dat de werkelijke gebruikstijden zo nauw mogelijk worden gevolgd. Dit voorkomt energiegebruik buiten bedrijfstijd.
Huidige situatie	Er is een verwarmingssysteem aanwezig waarbij automatische regeling voor verlaging van de temperatuur in de nacht, het weekend en/of de vakanties ontbreekt.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks de klokinstellingen van het verwarmingssysteem en zorg dat deze nauw aansluiten bij de werkelijke gebruikstijden van het gebouw. Regel naast de gebruikelijke openingstijden van het pand ook de vakanties in. Voor deze controle kan gebruik worden gemaakt van de data uit het energiebeheersysteem.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC3
Toe te passen maatregel	**Pas een weersafhankelijke regeling toe.** Gebruik voor de aanvoertemperatuur van het verwarmingswater een automatische regeling op basis van de buitentemperatuur. Hierdoor kan de warmte uit het rookgas teruggewonnen worden en krijgt de verwarmingsketel een hogere efficiëntie. Ook zijn de verliezen in het distributiesysteem kleiner.
Huidige situatie	Er is een verwarmingsketel aanwezig in een verwamd gebouw (ten minste 18 °C) en de aanvoertemperatuur van het verwarmingswater wordt niet geregeld op basis van de buitentemperatuur.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing

Technische randvoorwaarden	Bij een gecombineerd opweksysteem voor verwarming en warm tapwater is het technisch mogelijk om het tapwater in een aparte groep tot ten minste 65 °C te verwarmen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks de instelling van de stooklijn.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC4
Toe te passen maatregel	**Isoleer de verwarmingsleidingen en appendages in niet of beperkt verwarmde ruimtes.** Door het toepassen van buisisolatie met een Rd-waarde van ten minste 0,5 m^2K/W om de verwarmingsleidingen en appendages wordt het warmteverlies in niet of beperkt verwarmde ruimtes, waaronder stookruimtes en vorstvrij gehouden ruimtes, beperkt.
Huidige situatie	Er ontbreekt isolatie om verwarmingsleidingen en appendages in niet of beperkt verwarmde ruimtes, waaronder stookruimtes en vorstvrij gehouden ruimtes.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks het isolatiemateriaal rond leidingen en appendages in niet of beperkt verwarmde ruimtes, waaronder stookruimtes en vorstvrij gehouden ruimtes. Zorg dat het isolatiemateriaal goed bevestigd is en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC5
Toe te passen maatregel	**Isoleer ventilatiekanalen in onverwarmde ruimtes.** Door het toepassen van isolatiemateriaal met een Rd-waarde van ten minste 0,7 m^2K/W om de ventilatiekanalen wordt het warmteverlies in onverwarmde ruimtes beperkt.
Huidige situatie	Er zijn ongeïsoleerde ventilatiekanalen in onverwarmde ruimtes (ten hoogste 14 °C in het stookseizoen) aanwezig. De ventilatiekanalen zijn aangesloten op een luchtbehandelingskast.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks het isolatiemateriaal rond de ventilatiekanalen, zorg dat het goed bevestigd is en herstel het materiaal bij eventuele schade.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC6
Toe te passen maatregel	**Pas een individuele regeling van de temperatuur per ruimte toe.** Door per ruimte een individuele (na)regeling van de temperatuur met een thermostatische radiatorkraan of andere temperatuurregeling toe te passen, hoeft deze niet onnodig te worden verwarmd.
Huidige situatie	Er zijn radiatoren of convectoren aanwezig in een verwarmde ruimte, maar de temperatuur van de ruimte is niet apart (na) te regelen met een lokale regeling of thermostatische radiatorkranen.

Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de instellingen van de individuele regeling en/of de stand van de themostatisch radiatorkranen.

Onderwerp	Ruimteverwarming
Nummer maatregel	GC7
Toe te passen maatregel	**Pas frequentiegeregelde circulatiepompen toe.** Door toepassing van frequentiegeregelde circulatiepompen in het verwarmingssysteem kan het debiet worden aangepast aan de warmtevraag, waardoor de pomp efficienter werkt. Pas de frequentiegeregelde pompen toe op zowel bij de hoofdcirculatiepomp als bij de groepenpompen.
Huidige situatie	Er is een centraal verwarmingssysteem aanwezig waarbij de pompen niet zijn voorzien van een frequentieregeling.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het verwarmingssysteem laat een variabel debiet toe.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer de instellingen van pompen en controleer of het afgiftesysteem nog goed werkt.

Categorie : Ruimteventilatie

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD1
Toe te passen maatregel	**Pas een klokregeling toe op het ventilatiesysteem.** Door het ventilatiesysteem van een gebouw te voorzien van een klokregeling kan deze buiten bedrijfstijden uit of naar een veel lager debiet worden gezet. Er geldt hier een dubbel besparingseffect. De ventilatoren maken minder draaiuren en doordat er minder luchtverversing is, verdwijnt er ook minder verwarmde, gekoelde en/of bevochtigde lucht uit het gebouw. In de zomerperiode kan de klokregeling worden benut om juist in de nachturen met koele buitenlucht te ventileren, waardoor overdag minder koeling nodig is.
Huidige situatie	Er is een ventilatiesysteem aanwezig waarbij geen sturing op basis van ingestelde tijden wordt toegepast.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak filters, ventilatoren en luchtkanalen van het ventilatiesysteem regelmatig schoon. Controleer jaarlijks de klokinstellingen van het ventilatiesysteem en zorg dat deze nauw aansluiten bij de werkelijke gebruikstijden van het gebouw.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD2
Toe te passen maatregel	**Pas warmteterugwinning toe op een ventilatiesysteem met mechanische toevoer en afvoer.** Door in een ventilatiesysteem met mechanische toevoer en afvoer warmteterugwinning met een twincoilsysteem toe te passen worden warmteverliezen door ventilatie beperkt. Er zijn verschillende systemen op de markt zoals een kruisstroomwisselaar, een warmtewiel of een twincoilsysteem. Welk systeem het beste

	kan worden toegepast is afhankelijk het aanwezige ventilatiesysteem en de beschikbare ruimte.
Huidige situatie	Er is een ventilatiesysteem met mechanische toevoer en afvoer aanwezig zonder warmteterugwinning.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het twincoilsysteem is inpasbaar in de luchtbehandelingskast of de luchtkanalen. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast. Het gebouw wordt verwarmd door middel van een verwarmingsketel.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak filters, ventilatoren en luchtkanalen van het ventilatiesysteem regelmatig schoon.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD3
Toe te passen maatregel	**Vervang ventilatoren van klasse IE1 door ventilatoren van klasse IE4 of hoger.** Door IE1-ventilatoren door ventilatoren van klasse IE4 of hoger te vervangen, neemt de efficiëntie van de ventilatie toe. IE staat voor International Efficiency en is een aanduiding van de energiezuinigheid van een elektromotor. Hoe hoger het getal, hoe zuiniger de motor. Het toepassen van energiezuinigere motoren van ventilatoren bespaart op het elektriciteitsgebruik.
Huidige situatie	Er is een ventilator met efficientieklasse IE1 of lager aanwezig. Deze motoren zijn herkenbaar doordat er geen IE-klasse of dat er klasse IE1 op het typeplaatje van de motor staat.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.700 draaiuren van de ventilator per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de ventilator is ten minste 5,5 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak ventilatoren regelmatig schoon.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD4
Toe te passen maatregel	**Vervang indirect gedreven IE1-slakkenhuisventilatoren door direct gedreven ventilatoren.** Door in de luchtbehandelingskast (LBK) de ventilatorsectie met indirect gedreven IE1-slakkenhuisventilatoren te vervangen door een ventilatorsectie met direct gedreven ventilatoren (plugfans) neemt de efficiëntie van de ventilatoren toe. IE staat voor International Efficiency en is een aanduiding van de energiezuinigheid van een elektromotor. Hoe hoger het getal, hoe zuiniger de motor. Het toepassen van energiezuinigere motoren van ventilatoren bespaart op het elektriciteitsgebruik.
Huidige situatie	Er zijn in de LBK één of meerdere indirect gedreven slakkenhuisventilatoren met IE1-motor aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 2.900 draaiuren van de ventilator per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de ventilator is ten minste 5,5 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak ventilatoren regelmatig schoon.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD5

Toe te passen maatregel	**Vervang indirect gedreven IE2-slakkenhuisventilatoren door direct gedreven ventilatoren.** Door in de luchtbehandelingskast (LBK) de ventilatorsectie met indirect gedreven IE2-slakkenhuisventilatoren te vervangen door een ventilatorsectie met direct gedreven ventilatoren (plugfans) wordt de efficiëntie van de ventilatoren verbeterd. IE staat voor International Efficiency en is een aanduiding van de energiezuinigheid van een elektromotor. Hoe hoger het getal, hoe zuiniger de motor. Het toepassen van energiezuinigere motoren van ventilatoren bespaart op het elektriciteitsgebruik.
Huidige situatie	Er zijn in de LBK één of meerdere indirect gedreven slakkenhuisventilatoren met IE2-motor aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.300 draaiuren van de ventilator per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de ventilator is ten minste 5,5 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak ventilatoren regelmatig schoon.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD6
Toe te passen maatregel	**Vervang indirect gedreven IE3 slakkenhuisventilatoren door direct gedreven ventilatoren.** Door in de luchtbehandelingskast (LBK) de ventilatorsectie met indirect gedreven IE3-slakkenhuisventilatoren te vervangen door een ventilatorsectie met direct gedreven ventilatoren (plugfans) wordt de efficientie van de ventilatoren verbeterd. IE staat voor International Efficiency en is een aanduiding van de energiezuinigheid van een elektromotor. Hoe hoger het getal, hoe zuiniger de motor. Het toepassen van energiezuinigere motoren van ventilatoren bespaart op het elektriciteitsgebruik.
Huidige situatie	Er zijn in de LBK één of meerdere indirect gedreven slakkenhuisventilatoren met IE3-motor aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.600 draaiuren van de ventilator per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het vermogen van de ventilator is ten minste 5,5 kW.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak ventilatoren regelmatig schoon.

Onderwerp	Ruimteventilatie
Nummer maatregel	GD7
Toe te passen maatregel	**Vervang ventilatoren van klasse IE2 of IE3 door ventilatoren van klasse IE4 of hoger.** Door IE2 of IE3-ventilatoren door ventilatoren van klasse IE4 of hoger te vervangen, neemt de efficiëntie van de ventilatie toe. IE staat voor International Efficiency en is een aanduiding van de energiezuinigheid van een elektromotor. Hoe hoger het getal, hoe zuiniger de motor. Het toepassen van energiezuinigere motoren van ventilatoren bespaart op het elektriciteitsgebruik.
Huidige situatie	Er is een ventilator met efficientieklasse IE2 of IE3 aanwezig. Deze motoren zijn herkenbaar doordat er er klasse IE2 of IE3 op het typeplaatje van de motor staat.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij meer dan 1.000 draaiuren van de ventilator per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak ventilatoren regelmatig schoon.

Categorie : Warm tapwater

Onderwerp	Warm tapwater
Nummer maatregel	GE1
Toe te passen maatregel	**Isoleer warmwaterleidingen en appendages.** Met het aanbrengen van isolatie met een Rd-waarde van ten minste 0,5 m^2K/W rondom de circulatieleidingen en appendages van het warme tapwater wordt warmteverlies tegengegaan. Isoleer alleen de circulatieleidingen. De uittapleidingen van het tapwater mogen vanwege de kans op legionella niet worden geïsoleerd.
Huidige situatie	Er zijn ongeïsoleerde circulatieleidingen en appendages voor transport van warm tapwater aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	De leidingen zijn goed bereikbaar.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer jaarlijks het isolatiemateriaal rond leidingen en appendages en herstel deze bij eventuele schade.

Onderwerp	Warm tapwater
Nummer maatregel	GE2
Toe te passen maatregel	**Gebruik waterbesparende douchekoppen.** Door in douches waterbesparende douchekoppen toe te passen wordt er minder warm tapwater gebruikt.
Huidige situatie	De douches hebben geen waterbesparende douchekop.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij een gemiddeld gebruik van meer dan 9 douchebeurten per week.
Technische randvoorwaarden	Door toepassing van de waterbesparende douchekop komt het tapdebiet bij systemen zonder voorraadvat niet onder de tapdrempel van het tapwatertoestel.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de instellingen van het warmtapwatersysteem en voer regelmatig onderhoud uit aan kranen, kleppen en warmtapwaterinstallaties.

Onderwerp	Warm tapwater
Nummer maatregel	GE3
Toe te passen maatregel	**Vervang bij een indirect verwarmd voorraadvat de bestaande ketel door een HR-ketel.** Door in een warm tapwatersysteem met een indirect verwarmd voorraadvat een hoogrendementsketel (HR) toe te passen in plaats van een verbeterd rendementsketel of conventionele ketel wordt het warm tapwater energiezuiniger opgewekt.
Huidige situatie	Er is een hoge tapwatervraag voor onder meer douchen en dit warm tapwater wordt opgewekt met een verbeterd rendement (VR) of conventionele ketel en opgeslagen in een buffervat.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer regelmatig de instellingen van het warmtapwatersysteem en voer regelmatig onderhoud uit aan kranen, kleppen en warmtapwaterinstallaties.

Categorie : Binnenverlichting

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF1
Toe te passen maatregel	**Pas een regeling toe op de verlichting, zodat deze buiten gebruikstijden niet onnodig brandt.** Door gebruik van een regeling wordt het onnodig branden van verlichting buiten gebruikstijden voorkomen. Er zijn diverse regelingen die hiervoor kunnen worden toegepast, zoals aanwezigheidsdetectie per ruimte, een tijdgestuurde veegschakeling, een centrale regeling met overwerktimers of een regelbord bij de ingang van het gebouw.
Huidige situatie	De verlichting brandt onnodig buiten gebruikstijden.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Controleer dagelijks bij het verlaten van het pand of alle verlichting die uit kan ook is uitgezet.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF2
Toe te passen maatregel	**Vervang TL8-buizen door LED-buizen.** Door het vervangen van TL-buizen (TL8) in de armaturen door LED-buizen wordt het energiegebruik beperkt. Het wisselen van de buizen door LED-buizen met een vergelijkbare lichtopbrengst en lichtkleur is voldoende. Soms moet ook de starter worden vervangen.
Huidige situatie	Armaturen met TL8-buizen, met of zonder starter zijn aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.600 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande armaturen zijn geschikt voor toepassing van LED-buizen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF3
Toe te passen maatregel	**Vervang TL5-fluorescentiebuizen door LED-buizen.** Door het vervangen van TL5-buizen in de armaturen door LED-buizen wordt het energiegebruik beperkt. Het wisselen van de buizen door LED-buizen met een vergelijkbare lichtopbrengst en lichtkleur is voldoende.
Huidige situatie	Er zijn armaturen met TL5-buizen aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 6.100 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande armaturen zijn geschikt voor de toepassing van LED-buizen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF4

Toe te passen maatregel	**Vervang gloei-, halogeen- en spaarlampen door LED-lampen.** Door gloei-, halogeen- en spaarlampen in de bestaande armaturen te vervangen door LED-lampen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Armaturen met gloei-, halogeen- of spaarlampen zijn aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 600 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande armaturen zijn geschikt voor LED-lampen, waardoor de lampen één-op-één vervangbaar zijn.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF5
Toe te passen maatregel	**Vervang gasontladingslampen door LED-lampen.** Vervang gasontladingslampen in de armaturen door LED-lampen. Dit beperkt het energiegebruik.
Huidige situatie	Er zijn armaturen met één van de volgende gasontladingslampen aanwezig: kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.000 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande armaturen zijn geschikt voor LED-lampen, waardoor de lampen één-op-één vervangbaar zijn.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF6
Toe te passen maatregel	**Vervang montagebalken en lichtlijnen met TL8-buizen door LED-armaturen.** Door bij montagebalken en lichtlijnen de armaturen met TL8-buizen te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn montagebalken of lichtlijnen met TL8-armaturen aanwezig. Dit kunnen zowel opbouwarmaturen als zwevende armaturen zijn.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.100 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF7
Toe te passen maatregel	**Vervang plafondspots met spaarlampen door LED-spots.** Door plafondspots met spaarlampen (CFL of PL) te vervangen door spots met LED-verlichting wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn plafondspots met spaarlampen (CFL of PL) aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.300 branduren per jaar.

Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF8
Toe te passen maatregel	**Vervang wandarmaturen met spaarlampen door LED-wandarmaturen.** Door wandarmaturen met spaarlampen te vervangen door LED-wandarmaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn wandarmaturen met spaarlampen aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.600 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF9
Toe te passen maatregel	**Vervang wandarmaturen met halogeenlampen door LED-wandarmaturen.** Door wandarmaturen met halogeenlampen te vervangen door LED-wandarmaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn wandarmaturen met halogeenlampen aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 1.100 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF10
Toe te passen maatregel	**Vervang spots met halogeenlampen door LED-spots.** Door spots met halogeenlampen te vervangen door spots met LED-verlichting wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn spots met halogeenlampen aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 2.400 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF11

Toe te passen maatregel	**Vervang railspots met halogeenlampen door LED-railspots.** Door railspotarmaturen met halogeenlampen te vervangen door LED-railspots wordt het energiegebruik beperkt. De bestaande spanningsrail/contactrail blijft bewaard.
Huidige situatie	Er zijn railspotarmaturen met halogeenlampen op een spannings/contactrail aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 3.200 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande spanningsrail/contactrail is geschikt voor toepassing van de LED-railspots.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF12
Toe te passen maatregel	**Vervang railspots met gasontladingslampen door LED-railspots.** Door railspots met gasontladingslampen te vervangen door LED-railspots wordt het energiegebruik beperkt. De bestaande spanningsrail/contactrail blijft bewaard.
Huidige situatie	Er zijn railspots met een van de volgende gasontladingslampen aanwezig: kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij meer dan 5.200 branduren per jaar. Natuurlijk moment: bij meer dan 2.000 branduren per jaar.
Technische randvoorwaarden	De bestaande spanningsrail/contactrail is geschikt voor toepassing van de LED-railspots.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF13
Toe te passen maatregel	**Vervang pendelarmaturen en opbouwarmaturen met gasontladingslampen door LED-armaturen.** Door pendelarmaturen en opbouwarmaturen (‘high bay’) met gasontladingslampen te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn pendelarmaturen en opbouwarmaturen met één van de volgende gasontladingslampen aanwezig: kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF14
Toe te passen maatregel	**Vervang ingebouwde plafondarmaturen met TL8-buizen door LED-armaturen.** Door de ingebouwde plafondarmaturen met TL8-buizen te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn ingebouwde plafondarmaturen met TL8-buizen, met of zonder starter aanwezig.

Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Binnenverlichting
Nummer maatregel	GF15
Toe te passen maatregel	**Vervang vluchtwegsignaleringsarmaturen met TL-buizen of spaarlampen door LED-armaturen.** Door vluchtwegsignaleringsarmaturen met TL-buizen of spaarlampen te vervangen door vluchtwegsignaleringsarmaturen met LED-verlichting wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn vluchtwegsignaleringsarmaturen met TL-buizen of spaarlampen aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Categorie : Buitenverlichting

Onderwerp	Buitenverlichting
Nummer maatregel	GG1
Toe te passen maatregel	**Vervang armaturen met TL8-buizen door LED-armaturen.** Door ingebouwde en opgebouwde armaturen met TL8-buizen (die niet op een mast zitten) te vervangen door LED-armaturen wordt het energiegebruik verlaagd.
Huidige situatie	Er zijn armaturen met TL8-buizen voor buitenverlichting aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Buitenverlichting
Nummer maatregel	GG2
Toe te passen maatregel	**Vervang wandarmaturen met halogeenlampen door LED-armaturen.** Door wandarmaturen met halogeenlampen te vervangen door LED-armaturen, wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn wandarmaturen met halogeenlampen voor buitenverlichting aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Buitenverlichting
Nummer maatregel	GG3
Toe te passen maatregel	**Vervang wandarmaturen met spaarlampen door LED-armaturen.** Door wandarmaturen met spaarlampen te vervangen door LED-armaturen, wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn wandarmaturen met spaarlampen voor buitenverlichting aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Onderwerp	Buitenverlichting
Nummer maatregel	GG4
Toe te passen maatregel	**Vervang armaturen met gasontladingslampen door LED-armaturen.** Door ingebouwde en opgebouwde armaturen (die niet op een mast zitten) met gasontladingslampen (Kwiklampenkwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI) door LED-armaturen te vervangen, wordt het energiegebruik beperkt.
Huidige situatie	Er zijn armaturen met gasontladingslampen (kwiklampen, SON, HPL, HQL of HPI) voor buitenverlichting aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Reinig regelmatig de lampen, armaturen, reflectoren en sensoren van de regelingen die erbij horen.

Categorie : Zonnepanelen

Onderwerp	Zonnepanelen
Nummer maatregel	GH1
Toe te passen maatregel	**Plaats zonnepanelen op het dak.** Door de plaatsing van zonnepanelen wordt duurzame elektriciteit opgewekt. Daarmee wordt bespaard op de inkoop van elektriciteit via het elektriciteitsnet.
Huidige situatie	Er is ten minste 2.000 m^2 aan geschikt dakoppervlak beschikbaar voor het plaatsen van minimaal 300 kWp aan zonnepanelen. Er is sprake van een grootverbruikaansluiting voor elektriciteit (meer dan 3x80 A).
Economische randvoorwaarden	Niet van toepassing
Technische randvoorwaarden	Het dak heeft voldoende vrije draagkracht voor de plaatsing van zonnepanelen en bijbehorende ballast. De bestaande elektriciteitsaansluiting heeft voldoende capaciteit en er is voldoende transportcapaciteit beschikbaar op het elektriciteitsnet. Het dak hoeft de komende 10 jaar niet te worden gerenoveerd. De verzekeraar gaat akkoord met plaatsen van de zonnepanelen zonder dat dit tot een significante prijsstijging van de verzekeringspremie leidt. Bij een installatie van 300 kWp kan alle opgewekte energie direct in het gebouw worden gebruikt. Indien het gebouw een monument is, wordt de monumentale status niet door de maatregel aangetast.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja

Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak de zonnepanelen jaarlijks schoon. Controleer regelmatig of de verwachte productie gehaald wordt of laat dit monitoren.

Categorie : Tuinbouwkassen

Onderwerp	Tuinbouwkassen
Nummer maatregel	GK1
Toe te passen maatregel	**Breng beweegbare gevelschermen aan, aan de binnenzijde van de lichtdoorlatende tuinbouwkas.** Door het aanbrengen van gevelschermen kan het warmteverlies via de gevel worden beperkt. Dit betreft transparante (niet verduisterende) doeken in kassen ter plaatse van de buitengevels. Het gevelscherm kan aan de gording opgehangen worden of met een twinrol aan de onderkant van de tralie. Het gevelscherm wordt gesloten als de temperatuur buiten lager is dan binnen en er geen zonstraling is. Als er wel zonstraling is, is het sluiten van het gevelscherm afhankelijk van de teelt en sterkte van de zonstraling.
Huidige situatie	De gevel is voorzien van enkellaags glas en er is geen gevelscherm aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij een gasgebruik van ten minste 21 m^3 per m^2 kasoppervlak per jaar. Natuurlijk moment: bij een gasgebruik van ten minste 11 m^3 per m^2 kasoppervlak per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er moet voldoende ruimte zijn om het scherm te plaatsen en de kasconstructie moet over voldoende draagkracht beschikken. De kas wordt verwarmd door middel van een verwarmingsketel.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Geef het scherm jaarlijks een onderhoudsbeurt. Maak het scherm jaarlijks schoon.

Onderwerp	Tuinbouwkassen
Nummer maatregel	GK2
Toe te passen maatregel	**Vervang de kasgevel met enkel glas door een gevel met kanaalplaten.** Door enkel glas in de gevels te vervangen door kunststof kanaalplaten wordt warmteverlies via de kasgevels beperkt en is er minder energie nodig om de kas warm te houden. Indien er kunststof kanaalplaten worden geplaatst, zullen er mogelijk andere gevelprofielen nodig zijn.
Huidige situatie	De gevel is voorzien van enkellaags glas en er is geen gevelscherm aanwezig.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij een gasgebruik van ten minste 19 m^3 per m^2 kasoppervlak per jaar. Natuurlijk moment: bij een gasgebruik van ten minste 11 m^3 per m^2 kasoppervlak per jaar.
Technische randvoorwaarden	Het lichtspectrum dat door de beplating wordt doorgelaten moet geschikt zijn voor de betreffende teelt. De kasgevelconstructie moet voldoende draagkracht hebben voor de isolerende beplating. De kas wordt verwarmd door middel van een verwarmingsketel.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Maak de gevelbeplating jaarlijks schoon.

Onderwerp	Tuinbouwkassen
Nummer maatregel	GK3
Toe te passen maatregel	**Maak gebruik van een extern CO_2-netwerk voor CO_2-dosering in de kas.**

	Door aansluiting op een extern CO_2-netwerk is het niet meer nodig om de ketel aan te zetten om CO_2 te produceren. Het gaat hier om die momenten dat wél CO_2 nodig is, maar geen warmte en deze warmte ook niet gebufferd kan worden. Doordat de ketel in die situaties niet hoeft te worden aangezet, wordt energie bespaard.
Huidige situatie	Er wordt geen gebruik gemaakt van een externe CO_2-bron. De benodigde CO_2 wordt opgewekt door verbranding van aardgas in een gasketel.
Economische randvoorwaarden	Zelfstandig moment: bij een gebruik van ten minste 6.500 kg CO_2 uit de gasketel per jaar, op momenten dat de warmte niet nuttig kan worden ingezet. Natuurlijk moment: bij een gebruik van ten minste 5.400 kg CO_2 uit de gasketel per jaar, op momenten dat de warmte niet nuttig kan worden ingezet.
Technische randvoorwaarden	Er moet een CO_2-netwerk zodanig in de buurt van het bedrijf gelegen zijn, dat het bedrijf tegen standaardtarief hierop kan aansluiten.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Ja
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Niet van toepassing

Onderwerp	Tuinbouwkassen
Nummer maatregel	GK4
Toe te passen maatregel	**Installeer een tweede warmtewisselaar in het rookgaskanaal van de verwarmingsketel.** Door het installeren van een extra warmtewisselaar in het rookgaskanaal wordt er meer warmte benut uit dezelfde m^3 gas. De warmtewisselaar zorgt ervoor dat energie wordt teruggewonnen door het verlagen van de temperatuur van de rookgassen. De teruggewonnen warmte wordt ingezet om de kas te verwarmen.
Huidige situatie	Er is nog geen tweede warmtewisselaar in het rookgaskanaal aanwezig. De afgastemperatuur van de ketel is hoger dan 50 °C. De CV-installatie is geschikt voor het inpassen van lage temperatuurwarmte uit de tweede warmtewisselaar.
Economische randvoorwaarden	Natuurlijk moment: bij een gasgebruik van de betreffende gasketel van ten minste 120.000 m^3 per jaar.
Technische randvoorwaarden	Er moet voldoende ruimte in de technische ruimte aanwezig zijn om een tweede warmtewisselaar in het rookgaskanaal te plaatsen.
Direct uitvoerbaar (zelfstandig moment)	Nee
Aspecten van doelmatig beheer en onderhoud	Onderhoud de warmtewisselaar volgens de leveranciersvoorschriften. Laat periodiek de warmtewisselaar controleren.

Bijlage XV. (methoden voor de bepaling van de terugverdientijd en de berekening van de emissie van kooldioxide van maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik)

1. Algemeen

In deze bijlage zijn de methoden voor de bepaling van de terugverdientijd en de berekening van de emissie van kooldioxide[1)] bij maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik opgenomen. De methodiek voor het berekenen van de terugverdientijd van een maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik is evenals de methode voor de berekening van de emissie van kooldioxide van toepassing op de verschillende maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik, bedoeld in artikel 5.15, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving en artikel 3.84, eerste lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving. In de artikelen 4.14a, eerste lid en 5.30, eerste lid van de Omgevingsregeling is bepaald dat bij het bepalen van de terugverdientijd en de emissie van kooldioxide van maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik, gebruik wordt gemaakt van de methode in bijlage XV.

[1)] In deze bijlage zal afwisselend gebruik worden gemaakt van de term kooldioxide en CO_2. Tussen de beide termen is geen verschil in betekenis beoogd.

De terugverdientijd van een maatregel wordt berekend voor een logische eenheid, afhankelijk van het gebouw, het proces, de activiteit en de soort maatregel. Voorafgaand aan het berekenen van de terugverdientijd moet het kooldioxide-reducerend effect worden bepaald. De methode voor het bepalen van het kooldioxide-reducerend effect wordt beschreven in paragraaf 2, de methode voor het berekenen van de terugverdientijd in paragraaf 3. Bij milieubelastende activiteiten waarop in verband met de hoogte van het energiegebruik de verplichting van artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, kan bij het verrichten van het onderzoek ten aanzien van de onderdelen (meer)investering en de jaarlijkse kostenbesparing op verschillende onderdelen worden afgeweken van de standaardwaarden voor het bepalen van de terugverdientijd van de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik gericht op de activiteiten en processen.

2. Methode voor het bepalen van het CO_2-reducerend effect

In een tweetal gevallen wordt ervan uitgegaan dat een maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik altijd een CO_2-reducerend effect heeft (of in ieder geval geen toename in CO_2-emissie tot gevolg heeft) waardoor kan worden volstaan met het berekenen van de terugverdientijd. Het gaat hierbij in ieder geval om de volgende twee situaties:

- bij een energiebesparende maatregel als bedoeld in artikel 5.15, tweede lid, onder a, van het Besluit activiteiten leefomgeving en artikel 3.84, tweede lid, onder a, van het Besluit bouwwerken leefomgeving;
- bij het overstappen van aardgas naar een warmtenettoepassing; dit betreft een maatregel voor het vervangen van een energiedrager als bedoeld in artikel 5.15, tweede lid, onder c, van het Besluit activiteiten leefomgeving en artikel 3.84, tweede lid, onder c, van het Besluit bouwwerken leefomgeving.

In situaties waarin niet op voorhand duidelijk is of er sprake is van een CO_2-reducerend effect, wordt dit effect bepaald door de CO_2-emissie, na het treffen van de overwogen maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik, te vergelijken met de CO_2-emissie van de referentiesituatie. Als de CO_2-emissie na het treffen van de maatregel lager zou zijn dan de CO_2-emissie in de referentiesituatie, is er sprake van CO_2-reductie. Zie voor de uitleg van de referentiesituatie paragraaf 3, bij het onderdeel (meer)investering.

2.1. Het bepalen van het CO_2-reducerend effect in standaardsituaties

Het CO_2-reducerend effect wordt in standaardsituaties bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$R = \sum_i \mathrm{E_i} \times \mathrm{EF_i}$$

waarin:

R	De jaarlijkse CO_2-reductie van de maatregel in kg CO_2
E_i	De jaarlijkse energiebesparing op het gebruik van energiedrager i (in m^3 aardgas of kWh elektriciteit of in GJ van

	een andere energiedrager)
EF_i	De CO_2-emissiefactor van energiedrager i (in kg CO_2/m^3 aardgas of kg CO_2/kWh elektriciteit of kg CO_2/GJ van een andere energiedrager)

De som loopt over alle energiedragers (i) die de milieubelastende activiteit verbruikt, zoals aardgas, elektriciteit en warmte.[1)]

[1)] In artikel 3.84, vierde lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving is bepaald: “Het energiegebruik van de gebruiksfunctie, bedoeld in het derde lid, onder a, en het energiegebruik van de energiedrager van de gebruiksfunctie, bedoeld in het tweede lid, onder b, omvatten het totale energiegebruik van de milieubelastende activiteit waarop de regels over verduurzaming van het energiegebruik, bedoeld in paragraaf 5.4.1 van het Besluit activiteiten leefomgeving, van toepassing zijn.” Waar in deze bijlage het energiegebruik moet worden bepaald, wordt dus geen onderscheid gemaakt naar het energiegebruik van het gebouw, de gebruiksfunctie of de milieubelastende activiteit, maar dient te worden gekeken naar het totale energiegebruik van de milieubelastende activiteit.

De te gebruiken CO_2-emissiefactor is:

- voor elektriciteit: de CBS-cijfers voor de CO_2-emissiefactor zoals berekend volgens de integrale methode.[1)] Hierbij moet de emissiefactor worden gebruikt van het meest recente jaar waarover cijfers beschikbaar zijn.[2)]
- voor brandstoffen: de CO_2-emissiefactor zoals opgenomen op de meest recente ‘Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO_2-emissiefactoren’ die jaarlijks wordt gepubliceerd op de website van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (rvo.nl).[3)]

[1)] De integrale methode gaat uit van de totale (hernieuwbare plus niet hernieuwbare) elektriciteitsproductie in verhouding tot de aan elektriciteit toegerekende inzet van aardgas, kolen en kernenergie. Elektriciteit uit afvalverbrandingsinstallaties en restgassen wordt niet meegenomen.

[2)] De meest recente cijfers op moment van publicatie: CBS. (2022). Rendementen, CO_2-emissie elektriciteitsproductie, 2020. https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2022/05/rendementen-co2-emissie-elektriciteitsproductie-2020

1) Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO_2-emissiefactoren: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-05/Nederlandse%20energiedragerlijst%20versie%20januari_2022_definitief.pdf

[3)] Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO_2-emissiefactoren: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-05/Nederlandse%20energiedragerlijst%20versie%20januari_2022_definitief.pdf

Voor brandstoffen die niet op de hierboven genoemde lijst staan en in het geval van warmte- en koudelevering kan de emissiefactor door de gebouweigenaar of degene die de activiteit verricht, worden bepaald en onderbouwd. Er wordt gekeken naar de CO_2-emissiefactor van het jaar waarin de maatregel wordt getroffen en niet naar een toekomstige of gemiddelde CO_2-emissiefactor over de levensduur van de maatregel. Het bevoegd gezag beoordeelt of deze CO_2-emissiefactor voldoende onderbouwd en aannemelijk is.

Voor warmtelevering in de industrie kan wel rekening worden gehouden met de ontwikkeling van de CO_2-emissiefactor over de levensduur van de maatregel. Het bevoegd gezag beoordeelt of deze CO_2-emissiefactor voldoende onderbouwd en aannemelijk is.

2.2. Het bepalen van het CO_2-reducerend effect in niet-standaardsituaties

De standaardmethode voor het bepalen van het CO_2-reducerend effect is in de volgende gevallen niet toepasbaar:

a. Bij het bepalen van het CO_2-reducerend effect ten aanzien van procesemissies[1)] in de energie-intensieve industrie. Voor het bepalen van het CO_2-reducerend effect moet in dat geval worden aangesloten bij Uitvoeringsverordening (EU) nr. 2018/2066 van de Commissie van 19 december 2018 inzake de monitoring en rapportage van de emissies van broeikasgassen overeenkomstig Richtlijn 2003/87/EG van het Europees parlement en de Raad en tot wijziging van Verordening (EU) nr. 601/2012 van de Commissie (hierna: de Europese verordening monitoring en rapportage emissiehandel).[2)] Het bevoegd gezag beoordeelt of het CO_2-reducerend effect voldoende onderbouwd en aannemelijk is. Voor de effecten op de scope 2 emissies kan de standaardmethode worden gebruikt.[3)]
b. Wanneer de CO_2-emissiefactor voor elektriciteit niet representatief is voor de elektriciteit die wordt gebruikt of geproduceerd, zoals bij elektrische boilers die alleen worden gebruikt als er een overschot is aan hernieuwbare elektriciteit of in vergelijkbare situaties. In dergelijke gevallen kan het effect door de gebouweigenaar of degene die de activiteit verricht worden bepaald en onderbouwd. Het bevoegd gezag beoordeelt of het CO_2-reducerend effect voldoende onderbouwd en aannemelijk is.

[1)] Met procesemissies van broeikasgassen wordt gedoeld op broeikasgasemissies, niet zijnde verbrandingsemissies, die optreden ten gevolge van bedoelde of onbedoelde reacties tussen stoffen of de transformatie daarvan, waaronder de

chemische of elektrolytische reductie van metaalertsen, de thermische ontbinding van stoffen en de vorming van stoffen bedoeld om te worden gebruikt als product of als grondstof. Voorbeelden van dit soort processen zijn vervaardiging van glas en minerale wol en het roosteren en sinteren van metaalerts.

[2)] Uitvoeringsverordening (EU) nr. 2018/2066 van de Commissie van 19 december 2018 inzake de monitoring en rapportage van de emissies van broeikasgassen overeenkomstig Richtlijn 2003/87/EG van het Europees parlement en de Raad en tot wijziging van Verordening (EU) nr. 601/2012 van de Commissie (PbEU 2018, L 334).

[3)] De Europese verordening monitoring en rapportage emissiehandel bevat alleen regels over het bepalen van scope 1 emissies (directe emissies) en niet voor scope 2 emissies (indirecte emissies door gebruik van elektriciteit, warmte en koude geleverd door derden).

3. Formule terugverdientijd

Om de terugverdientijd van een maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik te bepalen, wordt gebruik gemaakt van de hierna beschreven methode, ook wel terugverdientijdmethodiek genoemd.

Uitzondering op standaardmethode

Wanneer artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, is het mogelijk om af te wijken van de onderdelen (meer)investering (I), de marginale energieprijs (P_i) en de marginale terugleververgoeding (Pt_i) zoals opgenomen in de standaardmethode voor het bepalen van de terugverdientijd van de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik gericht op de activiteiten en processen. Een uitwerking van deze uitzonderingen is opgenomen bij de verschillende onderdelen.

De standaardmethode voor het bepalen van de terugverdientijd van maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik

De terugverdientijd van een maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik wordt berekend met de volgende formule:

$$TVT = \frac{(I + F)}{B}$$

Waarin:

TVT	De terugverdientijd in jaren
I	De (meer)investering in de maatregel in euro's
F	De kosten voor de financiering van de (meer)investering in de maatregel in euro's
B	De jaarlijkse kostenbesparing (baten) van de maatregel in euro's

Bij het berekenen van de terugverdientijd wordt geen rekening gehouden met inflatie, verwachtingen over toekomstige prijsontwikkelingen of effecten op de te betalen vennootschapsbelasting.

De (meer)investering (I)

De (meer)investering (I) bestaat uit eenmalige kosten van het treffen van de maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik verminderd met eenmalige opbrengsten van de maatregel. Het gaat hierbij om kosten en opbrengsten ten opzichte van de referentiesituatie. De referentiesituatie is de situatie die ontstaat als de maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik niet wordt getroffen. Dat kan de huidige bestaande situatie zijn (met de installaties en gebouwmaatregelen zoals die in het gebouw of bij de milieubelastende activiteit aanwezig zijn) of een aannemelijk en beschikbaar alternatief als installaties moeten worden vervangen en de huidige versie niet meer beschikbaar is. Het bevoegd gezag beoordeelt of de uitgangspunten van de referentiesituatie voldoende onderbouwd en aannemelijk zijn.

Als er meerdere deelinvesteringen gespreid over de tijd plaatsvinden, kunnen deze worden opgeteld om de totale (meer)investering te bepalen.

De volgende kosten kunnen worden betrokken bij de (meer)investering voor zover deze direct te koppelen zijn aan de te treffen maatregel:

- eenmalige aansluitingskosten;
- aanschafkosten;
- bouw- en installatiekosten; en

- sloop- en verwijderingskosten.

Bovenstaande kostenposten zijn limitatief.

Reeds bestaande kosten mogen niet worden toegekend aan de maatregel. De inkomsten uit de verkoop van bestaande installaties of apparatuur worden als opbrengsten meegenomen. De (meer)investering wordt exclusief btw bepaald. De kosteninschatting moet zodanig zijn gekwantificeerd dat het bevoegd gezag kan controleren of deze reëel is. Subsidies of fiscale voordelen kunnen in mindering worden gebracht op de kostenposten zoals hierboven opgenomen.

Uitzondering op standaardmethode

Wanneer artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, mogen in aanvulling op de limitatieve opsomming ook de volgende voorbereidings- en advieskosten, voor zover deze zien op het treffen van maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik gericht op de activiteiten en processen, worden betrokken bij de (meer)investering:
- kosten voor het verrichten van haalbaarheidsstudies;
- kosten voor detailontwerp;
- materiaal- en montagekosten voor installatie;
- kosten voor het testen van een maatregel; en
- kosten voor het doen van een vergunningaanvraag als de vergunning noodzakelijk is om de maatregel te kunnen treffen.

Daarbij hoeft geen onderscheid te worden gemaakt tussen kosten die worden gemaakt voor inzet van eigen personeel of kosten voor inzet van externe adviseurs.

Deze kosten moeten zodanig zijn gekwantificeerd dat het bevoegd gezag kan controleren of deze reëel zijn. Deze kosten mogen ten hoogste 15% van de totale kosten direct verbonden aan het treffen van de maatregel exclusief voorbereidings- en advieskosten bedragen.

De jaarlijkse kostenbesparing (B)
De jaarlijkse kostenbesparing (B) wordt berekend met de volgende formule:

$$B = Ben + Bhe + Bov$$

waarin:

B	De jaarlijkse kostenbesparing in euro's
Ben	De jaarlijkse besparing op de energiekosten in euro's door energiebesparing, brandstofsubstitutie of elektrificatie
Bhe	De jaarlijkse besparing op energiekosten in euro's door hernieuwbare energieproductie
Bov	Het saldo van overige jaarlijks terugkerende baten en kosten in euro's

De methode gaat uit van één waarde voor de jaarlijkse kostenbesparing. Als er aanleiding is om te verwachten dat de kostenbesparing niet in elk jaar gelijk is, kan worden uitgegaan van realistische gemiddeldes voor een periode van vijf jaar na het treffen van de maatregel.

De jaarlijkse besparing op de energiekosten in euro's (Ben)
De jaarlijkse besparing op de energiekosten (Ben) wordt berekend met de volgende formule:

$$\mathbf{Ben} = \sum_{i} \mathrm{E_i} \times \mathrm{P_i}$$

waarin:

Ben:	De jaarlijkse besparing op de energiekosten in euro's
E_i:	De jaarlijkse energiebesparing op het gebruik van energiedrager i (in m^3 aardgas of kWh elektriciteit of in GJ van een andere energiedrager)

P_i:	De marginale energieprijs van energiedrager i (in euro/m^3 aardgas of euro/kWh elektriciteit of euro/GJ van een andere energiedrager)

De som loopt over alle energiedragers (i) die de milieubelastende activiteit verbruikt, zoals aardgas, elektriciteit en warmte.

Om de energiebesparing te bepalen wordt het energiegebruik na het treffen van de maatregel vergeleken met het energiegebruik in de referentiesituatie. Het bevoegd gezag beoordeelt of de uitgangspunten van de referentiesituatie voldoende onderbouwd en aannemelijk zijn.

De marginale energieprijs van een energiedrager (P_i) is de prijs van de laatste eenheid energie (bijvoorbeeld m^3 aardgas of kWh elektriciteit) die van het net wordt afgenomen. Bij het bepalen van de marginale energieprijs wordt alleen gekeken naar de gebruiksafhankelijke kosten. Het betreft de marginale energieprijs exclusief btw.Voor het vaststellen van de marginale energieprijs van aardgas of elektriciteit moet gebruik worden gemaakt van standaardwaarden, die afhankelijk zijn van de hoeveelheid energie die aan het net wordt onttrokken. Het gaat hierbij om het energiegebruik voordat de maatregel wordt getroffen. De standaardwaarden voor de marginale energieprijs bedragen voor:

a. aardgas, als de jaarlijks afgenomen hoeveelheid:
   - niet hoger is dan 170.000 m^3: € 1,16/m^3;
   - hoger is dan 170.000 m^3, maar niet hoger dan 1 miljoen m^3: € 0,83/m^3;
   - hoger is dan 1 miljoen m^3, maar niet hoger dan 10 miljoen m^3: € 0,72/m^3;
   - hoger is dan 10 miljoen m^3: € 0,62/m^3.
b. elektriciteit, als de jaarlijks afgenomen hoeveelheid:
   - niet hoger is dan 10.000 kWh: € 0,26/kWh;
   - hoger is dan 10.000 kWh, maar niet hoger dan 50.000 kWh: € 0,29/kWh;
   - hoger is dan 50.000 kWh, maar niet hoger dan 10 miljoen kWh: € 0,21/kWh;
   - hoger is dan 10 miljoen kWh: € 0,16/kWh.
c. warmte, als de jaarlijks afgenomen hoeveelheid:
   - niet hoger is dan 4.830 GJ: € 41/GJ;
   - hoger is dan 4.830 GJ, maar niet hoger dan 28.409 GJ: € 29/GJ;
   - hoger is dan 28.409 GJ, maar niet hoger dan 284.091 GJ: € 25/GJ;
   - hoger dan 284.091 GJ: € 22/GJ.

Als andere energiedragers worden gebruikt dan aardgas, elektriciteit of warmte, of bij energiedragers die in het productieproces beschikbaar komen, kan voor die andere energiedragers een specifieke marginale energieprijs worden bepaald. Deze is opgebouwd uit alle gebruiksafhankelijke kosten.

Uitzondering op standaardmethode (P_i)

Wanneer artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, kan bij het verrichten van onderzoek, van de hiervoor vastgestelde marginale energieprijs van aardgas, elektriciteit of een andere energiedrager worden afgeweken bij het bepalen van de terugverdientijd van de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik gericht op de activiteiten en processen. Afwijken van de in de standaardmethode vastgestelde prijs is alleen toegestaan als de reden voor het afwijken en de opgevoerde energieprijs afdoende is onderbouwd.

De gebruikte energieprijs wordt als volgt onderbouwd:

- met de marginale energieprijs uit het meest recente eigen energiecontract; of
- wanneer er (ook) wordt ingekocht op de spotmarkt, kan de gebruikte energieprijs onderbouwd worden op basis van een gewogen gemiddelde van:
  - de marginale energieprijs uit het meest recente eigen energiecontract; en
  - een onderbouwde gemiddelde futureprijs. Deze bestaat uit de gemiddelde futureprijzen voor levering voor de komende vijf jaar (voor zover bekend), gemeten vanaf het jaar waarin het onderzoek moet worden verstrekt. Hierbij wordt het gemiddelde genomen van de gemiddelde futureprijzen voor levering van elke dag van de eerste maand van het jaar waarin het onderzoek moet worden ingediend.

De onderbouwing is ter beoordeling van het bevoegd gezag.

De jaarlijkse besparing op de energiekosten in euro's door de productie van hernieuwbare energie (Bhe)

De jaarlijkse besparing op de energiekosten wordt bij een maatregel voor het produceren van hernieuwbare energie als volgt berekend:

$$\mathrm{Bhe} = \sum_i \mathrm{H_i} \times (Ae_i \times P_i + (1 - Ae_i) \times Pt_i)$$

Waarin:

Bhe	De jaarlijkse besparing op energiekosten in euro's door de productie van hernieuwbare energie
H_i	De jaarlijkse hernieuwbare energieproductie van energiedrager i in m^3 aardgas(equivalenten), kWh elektriciteit of GJ van een andere energiedrager
Aei	Het aandeel van de jaarlijkse hernieuwbare energieproductie dat voor eigen gebruik wordt ingezet
P_i	De marginale energieprijs van energiedrager i (in euro/m^3 aardgasequivalenten, euro/kWh elektriciteit of euro/GJ van een andere energiedrager)
Pt_i	De marginale terugleververgoeding/ verkoopprijs van energiedrager i die wordt teruggeleverd/ verkocht (in euro/m^3 aardgasequivalenten, euro/kWh elektriciteit of euro/GJ van een andere energiedrager)

De som loopt over alle energiedragers (i) die de milieubelastende activiteit verbruikt, zoals aardgas, elektriciteit en warmte.

Voor het vaststellen van de verwachte jaarlijkse energieproductie (H_i) voor elektriciteit afkomstig van zonne-energie wordt uitgegaan van 900 vollasturen per jaar, tenzij er een reden is om hiervan af te wijken.

Voor *Aei* geldt dat bij elektriciteit afkomstig van zonne-energie standaard afnameprofielen gelden om het aandeel van de jaarlijkse hernieuwbare energieproductie dat voor eigen gebruik wordt ingezet te bepalen.

Afnameprofiel	**Standaardaandeel elektriciteit afkomstig van zonne-energie dat voor eigen gebruik wordt ingezet (Ae)**
Milieubelastende activiteit die continu in bedrijf is	1,0
Milieubelastende activiteit die alleen tijdens kantooruren en op werkdagen in bedrijf is	0,7
Milieubelastende activiteit die is gesloten tijdens de zomerperiode	0,3

Als de milieubelastende activiteit een atypisch afnameprofiel heeft, kan A_e zelf worden vastgesteld, waarbij het aan het bevoegd gezag is om te beoordelen of dit voldoende onderbouwd en aannemelijk is. Onder een atypisch afnameprofiel wordt verstaan dat het aandeel eigen gebruik en het aandeel teruglevering niet overeenkomen met een van bovenstaande gebruiksprofielen. Zo kan het zijn dat een maatregel grotendeels leidt tot een toename van teruglevering omdat binnen de milieubelastende activiteit al een grote hoeveelheid hernieuwbare energie wordt geproduceerd.

Voor P_i gelden de standaardwaarden voor de marginale energieprijs, behoudens in de gevallen waarin daarop een uitzondering kan worden gemaakt. Voor het bepalen van de te gebruiken staffelprijs wordt gekeken naar de staffelprijs behorende bij de van het net afgenomen energie. Het gaat hierbij om het gebruik voordat de maatregel wordt getroffen.

Voor Pt_i geldt dat deze bestaat uit de verkoopprijs en/of de terugleververgoeding van energiedrager i. De prijs Pt_i die wordt ontvangen voor teruglevering van elektriciteit afkomstig van zonne-energie aan het net is gelijk aan de (vastgelegde) standaardwaarden voor de marginale energieprijs voor zover de teruglevering mag worden gesaldeerd. In het geval dat het wetsvoorstel houdende wijziging van de Elektriciteitswet 1998 en de Wet belastingen op milieugrondslag ter uitvoering van de afbouw van de salderingsregeling voor kleinverbruikers[1)] tot wet wordt verheven en in werking treedt, kan worden

uitgegaan van het gemiddelde toegestane salderingspercentage in een periode van vijf jaar na het jaar van investeren.

[1)] Wijziging van de Elektriciteitswet 1998 en de Wet belastingen op milieugrondslag ter uitvoering van de afbouw van de salderingsregeling voor kleinverbruikers. Kamerstukken I 2022/23, 35 594, A.

Voor het deel dat niet mag worden gesaldeerd, wordt een vergoeding ontvangen. Deze bedraagt 80% van de leveringsprijs exclusief energiebelasting, Opslag Duurzame Energie (ODE), btw en netwerktarieven, zoals vastgelegd in onderstaande lijst die door de gebouweigenaar of degene die de milieubelastende activiteit verricht bij teruglevering moet worden gebruikt.

De vergoeding voor de ingevoede elektriciteit afkomstig van zonne-energie bedraagt, als de jaarlijks afgenomen hoeveelheid:

- niet hoger is dan 10.000 kWh: € 0,134 /kWh;
- hoger is dan 10.000 kWh, maar niet hoger dan 50.000 kWh: € 0,132 /kWh;
- hoger is dan 50.000 kWh, maar niet hoger dan 10 miljoen kWh: € 0,127 /kWh;
- hoger is dan 10 miljoen kWh: € 0,127 /kWh.

Als de netbeheerder aangeeft dat niet kan worden teruggeleverd, bijvoorbeeld door middel van een transportindicatie, is de vergoeding € 0 /kWh.

Bij andere maatregelen voor de productie van hernieuwbare energie dan elektriciteit afkomstig van zonne-energie kunnen de jaarlijkse hernieuwbare energieproductie (H_i), het aandeel eigen gebruik (*Aei*) en de marginale terugleververgoeding/verkoopprijs (Pt_i) zelf worden vastgesteld, waarbij het aan het bevoegd gezag is om te beoordelen of dit voldoende onderbouwd en aannemelijk is.

Uitzondering op standaardmethode (Pt_i)

Wanneer artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, kan bij het bepalen van de terugverdientijd van de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik gericht op de activiteiten en processen van de hiervoor vastgestelde de standaardwaarde van de vergoeding voor ingevoede elektriciteit afkomstig van zonne-energie worden afgeweken. De onderbouwing is ter beoordeling van het bevoegd gezag.

Het saldo van overige jaarlijks terugkerende baten en kosten in euro's (Bov)

Het saldo van de overige jaarlijks terugkerende baten en kosten (Bov) bestaat uit de kosten en baten anders dan de jaarlijkse besparing op de energiekosten (Ben), maar die wel direct door de maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik worden veroorzaakt. Het gaat hierbij om kosten en baten ten opzichte van de referentiesituatie. In situaties waarin de kosten en baten tijdens de levensduur van de maatregel niet constant zijn, kan worden uitgegaan van het jaarlijkse gemiddelde gedurende vijf jaar na het treffen van de maatregel.

Kosten en baten worden alleen betrokken als ze goed te kwantificeren zijn. Het is aan het bevoegd gezag om te beoordelen of de opgevoerde kosten en baten voldoende onderbouwd en aannemelijk zijn. Het gaat om de volgende limitatieve opsomming van categorieën van kosten en baten:

- beheer- en onderhoudskosten (loon- en materiaalkosten voor het verrichten van onderhoud of het bedienen van technologie) die redelijkerwijs kunnen worden toegerekend aan de maatregel;
- afvalkosten;
- grond- en hulpstofkosten;
- kosten voor watergebruik;
- productopbrengsten;
- veranderingen in de periodieke netwerkkosten door wijziging van de aansluitcapaciteit als gevolg van de te treffen maatregel;
- overige jaarlijks terugkerende subsidies of fiscale voordelen als deze worden ontvangen als gevolg van de te treffen maatregel;
- vermeden CO_2-kosten; en
- extra of vermeden verzekeringskosten vanwege het treffen van de maatregel.

Vermeden CO_2-kosten

De meegenomen CO_2-gerelateerde kosten betreffen de kosten voor emissies binnen het Europese emissiehandelssysteem (hierna: EU ETS) en door de CO_2-heffing. Hierbij geldt dat de vermeden CO_2-

kosten worden bepaald voor elk van de vijf jaren nadat de maatregel is getroffen. Bij het bepalen van de jaarlijkse kostenbesparing wordt uitgegaan van de gemiddelde jaarlijkse vermeden CO_2-kosten gedurende deze vijf jaar. Zowel de CO_2-heffing als de prijs van EU ETS-emissierechten (hierna: EU ETS-prijs) moet, wanneer van toepassing, worden betrokken.

Bij het bepalen van de vermeden CO_2-kosten wordt uitgegaan van het aangekondigde tarief voor de CO_2-heffing in de periode van vijf jaar nadat de maatregel is getroffen. Dit is het tarief zoals bedoeld in artikel 71p, eerste lid, onder a, en tweede lid, van de Wet belastingen op milieugrondslag.
Voor het bepalen van de EU ETS-prijs wordt uitgegaan van de termijnkoers van het broeikasemissierecht, bedoeld in artikel 71p van de Wet belastingen op milieugrondslag. Er wordt gebruik gemaakt van de termijnkoers voor het actuele kalenderjaar.

De CO_2-heffing is vormgegeven als een minimumprijs. Als de EU ETS-prijs lager is dan de minimumprijs, geldt het niveau van de CO_2-heffing. Als de EU ETS-prijs hoger is dan de CO_2-heffing, dan wordt de (hogere) EU ETS-prijs betaald. In veel gevallen kan daarom voor het bepalen van de vermeden CO_2-kosten worden uitgegaan van de hoogste van de twee prijzen.

Eventuele baten verkregen door middel van een subsidie op grond van de subsidiemodule Indirecte emissiekosten ETS[1)] kunnen ook bij deze post (vermeden CO_2-kosten) worden meegenomen, mits voldoende onderbouwd. Dit is ter beoordeling aan het bevoegd gezag.

1) Regeling van de Minister van Economische Zaken en Klimaat van 30 augustus 2022, nr. WJZ/ 21185084, tot wijziging van de Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies in verband met de herinvoering van de subsidiemodule Indirecte emissiekosten ETS en tot wijziging van de Regeling openstelling EZK- en LNV-subsidies 2022 in verband met de openstelling van die subsidiemodule, Stcrt. 2022, 23127

De kosten voor de financiering van de (meer)investering in euro's (F)

De kosten voor de financiering zijn er gedurende de jaren dat een lening nog niet is afgelost. Verondersteld wordt dat de financiering niet langer loopt dan de periode waarin de maatregel zich terugverdient. Het moment waarop de (meer)investering is afgelost, kan worden bepaald door I te delen door B. De kosten voor de financiering van de (meer)investering (F) zijn:

$$\mathrm{F} = \mathrm{Kfin} \times \frac{I}{B}$$

Waarin:

F	De kosten voor de financiering van de (meer)investering in euro's
Kfin	De gemiddelde jaarlijkse kosten voor de financiering van de (meer)investering in euro's
I	De (meer)investering in euro's
B	De jaarlijkse kostenbesparing in euro's

Gemiddeld over de looptijd van de financiering is het nog niet afgeloste kapitaal gelijk aan de helft van de (meer)investering. Er wordt jaarlijks rente betaald over het nog niet afgeloste kapitaal. Er wordt geen rekening gehouden met rente op rente. De gemiddelde jaarlijkse kosten voor de financiering van de (meer)investering zijn:

$$\mathrm{Kfin} = 0{,}067 \times (0{,}5 \times I)$$

Waarin:

Kfin	De gemiddelde jaarlijkse kosten voor de financiering van de (meer)investering in euro's
I	De (meer)investering in euro's

Bijlage XVa. (methoden voor de bepaling van de terugverdientijd en de berekening van de emissie van kooldioxide van maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik voor de glastuinbouwsector)

1. Algemeen

In deze bijlage zijn de methoden voor de bepaling van de terugverdientijd en de berekening van de emissie van kooldioxide[1)] bij maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik specifiek gericht op de glastuinbouwsector opgenomen.

[1)] In deze bijlage zal afwisselend gebruik worden gemaakt van de term kooldioxide en CO_2. Tussen de beide termen is geen verschil in betekenis beoogd.

De methodiek voor het berekenen van de terugverdientijd van een maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik is evenals de methode voor de berekening van de emissie van kooldioxide van toepassing op de verschillende maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik, bedoeld in artikel 5.15, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving en artikel 3.84, eerste lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving. De methode voor de bepaling van de terugverdientijd, zoals opgenomen in deze bijlage, is specifiek van toepassing wanneer er sprake is van een activiteit zoals aangewezen in artikel 3.205 van het Besluit activiteiten leefomgeving of zoals aangewezen in artikel 3.211 van het Besluit activiteiten leefomgeving, waarbij gebruik wordt gemaakt van het tarief, bedoeld in artikel 60, eerste lid, van de Wet belastingen op milieugrondslag.[1)] Dit is verduidelijkt in de artikelen 4.14a, tweede lid, en 5.30, tweede lid, van de Omgevingsregeling.

[1)] In deze bijlage zal in het kader van de leesbaarheid voor aanduiding van deze situaties de term glastuinbouwsector als overkoepelende term worden gebruikt. Met de term glastuinbouwsector wordt gedoeld op een activiteit zoals aangewezen in artikel 3.205 van het Besluit activiteiten leefomgeving of zoals aangewezen in artikel 3.211 van het Besluit activiteiten leefomgeving waarbij gebruik wordt gemaakt van het tarief, bedoeld in artikel 60, eerste lid, van de Wet belastingen op milieugrondslag.

De terugverdientijd van een maatregel wordt berekend voor een logische eenheid, afhankelijk van het gebouw, het proces, de activiteit en de soort maatregel. Voorafgaand aan het berekenen van de terugverdientijd moet het kooldioxide-reducerend effect worden bepaald. De methode voor het bepalen van het kooldioxide-reducerend effect wordt beschreven in paragraaf 2, de methode voor het berekenen van de terugverdientijd in paragraaf 3. In het geval van milieubelastende activiteiten waarop in verband met de hoogte van het energiegebruik de verplichting van artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, kan bij het verrichten van het onderzoek ten aanzien van de onderdelen (meer)investering en de jaarlijkse kostenbesparing op verschillende onderdelen worden afgeweken van de standaardwaarden voor het bepalen van de terugverdientijd van de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik gericht op de activiteiten en processen.

2. Methode voor het bepalen van het CO_2-reducerend effect

In een tweetal gevallen wordt ervan uitgegaan dat een maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik altijd een CO_2-reducerend effect heeft (of in ieder geval geen toename in CO_2-emissie tot gevolg heeft) waardoor kan worden volstaan met het berekenen van de terugverdientijd. Het gaat hierbij in ieder geval om de volgende twee situaties:

- bij een energiebesparende maatregel als bedoeld in artikel 5.15, tweede lid, onder a, van het Besluit activiteiten leefomgeving en artikel 3.84, tweede lid, onder a, van het Besluit bouwwerken leefomgeving;
- bij het overstappen van aardgas naar een warmtenettoepassing; dit betreft een maatregel voor het vervangen van een energiedrager als bedoeld in artikel 5.15, tweede lid, onder c, van het Besluit activiteiten leefomgeving en artikel 3.84, tweede lid, onder c, van het Besluit bouwwerken leefomgeving.

In situaties waarin niet op voorhand duidelijk is of er sprake is van een CO_2-reducerend effect, wordt dit effect bepaald door de CO_2-emissie, na het treffen van de overwogen maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik, te vergelijken met de CO_2-emissie van de referentiesituatie. Als de CO_2-emissie na het treffen van de maatregel lager zou zijn dan de CO_2-emissie in de referentiesituatie, is er sprake van CO_2-reductie. Zie voor de uitleg van de referentiesituatie paragraaf 3, bij het onderdeel (meer)investering.

2.1. Het bepalen van het CO_2-reducerend effect in standaardsituaties

Het CO_2-reducerend effect wordt in standaardsituaties bepaald aan de hand van de volgende formule:

$$R = \sum_i E_i \times EF_i$$

waarin:

R	De jaarlijkse CO_2-reductie van de maatregel in kg CO_2
E_i	De jaarlijkse energiebesparing op het gebruik van energiedrager i (in m^3 aardgas of kWh elektriciteit of in GJ van een andere energiedrager)
EF_i	De CO_2-emissiefactor van energiedrager i (in kg CO_2/m^3 aardgas of kg CO_2/kWh elektriciteit of kg CO_2/GJ van een andere energiedrager)

De som loopt over alle energiedragers (i) die de milieubelastende activiteit verbruikt, zoals aardgas, elektriciteit en warmte.[1)]
De te gebruiken CO_2-emissiefactor is:

- voor elektriciteit: de CBS-cijfers voor de CO_2-emissiefactor zoals berekend volgens de integrale methode.[2)] Hierbij moet de emissiefactor worden gebruikt van het meest recente jaar waarover cijfers beschikbaar zijn.[3)]
- voor brandstoffen: de CO_2-emissiefactor zoals opgenomen op de meest recente 'Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO_2-emissiefactoren' die jaarlijks wordt gepubliceerd op de website van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (rvo.nl).[4)]

[1)] In artikel 3.84, vierde lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving is bepaald: "Het energiegebruik van de gebruiksfunctie, bedoeld in het derde lid, onder a, en het energiegebruik van de energiedrager van de gebruiksfunctie, bedoeld in het tweede lid, onder b, omvatten het totale energiegebruik van de milieubelastende activiteit waarop de regels over verduurzaming van het energiegebruik, bedoeld in paragraaf 5.4.1 van het Besluit activiteiten leefomgeving, van toepassing zijn." Waar in deze bijlage het energiegebruik moet worden bepaald, wordt dus geen onderscheid gemaakt naar het energiegebruik van het gebouw, de gebruiksfunctie of de milieubelastende activiteit, maar dient te worden gekeken naar het totale energiegebruik van de milieubelastende activiteit

[2)] De integrale methode gaat uit van de totale (hernieuwbare plus niet hernieuwbare) elektriciteitsproductie in verhouding tot de aan elektriciteit toegerekende inzet van aardgas, kolen en kernenergie. Elektriciteit uit afvalverbrandingsinstallaties en restgassen wordt niet meegenomen.

[3)] De meest recente cijfers op moment van publicatie: CBS. (2022). Rendementen, CO_2-emissie elektriciteitsproductie, 2020. https://www.cbs.nl/nl-nl/maatwerk/2022/05/rendementen-co2-emissie-elektriciteitsproductie-2020

[4)] Nederlandse lijst van energiedragers en standaard CO_2-emissiefactoren: https://www.rvo.nl/sites/default/files/2022-05/Nederlandse%20energiedragerlijst%20versie%20januari_2022_definitief.pdf

Voor brandstoffen die niet op de hierboven genoemde lijst staan en in het geval van warmte- en koudelevering kan de emissiefactor door de gebouweigenaar of degene die de activiteit verricht, worden bepaald en onderbouwd. Er wordt gekeken naar de CO_2-emissiefactor van het jaar waarin de maatregel wordt getroffen en niet naar een toekomstige of gemiddelde CO_2-emissiefactor over de levensduur van de maatregel. Het bevoegd gezag beoordeelt of deze CO_2-emissiefactor voldoende onderbouwd en aannemelijk is.

Voor warmtelevering in de industrie kan wel rekening worden gehouden met de ontwikkeling van de CO_2-emissiefactor over de levensduur van de maatregel. Het bevoegd gezag beoordeelt of deze CO_2-emissiefactor voldoende onderbouwd en aannemelijk is.

2.2. Het bepalen van het CO_2-reducerend effect in niet-standaardsituaties

De standaardmethode voor het bepalen van het CO_2-reducerend effect is in de volgende gevallen niet toepasbaar:

a. Bij het bepalen van het CO_2-reducerend effect ten aanzien van procesemissies[1)] in de energie-intensieve industrie. Voor het bepalen van het CO_2-reducerend effect moet in dat geval worden aangesloten bij de Uitvoeringsverordening (EU) nr. 2018/2066 van de Commissie van 19 december 2018 inzake de monitoring en rapportage van de emissies van broeikasgassen overeenkomstig Richtlijn 2003/87/EG van het Europees parlement en de Raad en tot wijziging van Verordening (EU) nr. 601/2012 van de Commissie (hierna: de Europese verordening monitoring en rapportage emissiehandel)[2)]. Het bevoegd gezag beoordeelt of het CO_2-reducerend effect voldoende onderbouwd en aannemelijk is. Voor de effecten op de scope 2 emissies kan de standaardmethode worden gebruikt.[3)]
b. Wanneer de CO_2-emissiefactor voor elektriciteit niet representatief is voor de elektriciteit die wordt

gebruikt of geproduceerd, zoals bij elektrische boilers die alleen worden gebruikt als er een overschot is aan hernieuwbare elektriciteit of in vergelijkbare situaties. In dergelijke gevallen kan het effect door de gebouweigenaar of degene die de activiteit verricht worden bepaald en onderbouwd. Het bevoegd gezag beoordeelt of het CO_2-reducerend effect voldoende onderbouwd en aannemelijk is.

[1)] Met procesemissies van broeikasgassen wordt gedoeld op broeikasgasemissies, niet zijnde verbrandingsemissies, die optreden ten gevolge van bedoelde of onbedoelde reacties tussen stoffen of de transformatie daarvan, waaronder de chemische of elektrolytische reductie van metaalertsen, de thermische ontbinding van stoffen en de vorming van stoffen bedoeld om te worden gebruikt als product of als grondstof. Voorbeelden van dit soort processen zijn vervaardiging van glas en minerale wol en het roosteren en sinteren van metaalerts.

[2)] Uitvoeringsverordening (EU) nr. 2018/2066 van de Commissie van 19 december 2018 inzake de monitoring en rapportage van de emissies van broeikasgassen overeenkomstig Richtlijn 2003/87/EG van het Europees parlement en de Raad en tot wijziging van Verordening (EU) nr. 601/2012 van de Commissie (PbEU 2018, L 334).

[3)] De Europese verordening monitoring en rapportage emissiehandel bevat alleen regels over het bepalen van scope 1 emissies (directe emissies) en niet voor scope 2 emissies (indirecte emissies door gebruik van elektriciteit, warmte en koude geleverd door derden).

3. Formule terugverdientijd

Om de terugverdientijd van een maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik te bepalen, wordt gebruik gemaakt van de hierna beschreven methode, ook wel terugverdientijdmethodiek genoemd.

Uitzondering op standaardmethode

Wanneer artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, is het mogelijk om af te wijken van de onderdelen (meer)investering (I), de marginale energieprijs (P_i) en de marginale terugleververgoeding (Pt_i) zoals opgenomen in de standaardmethode voor het bepalen van de terugverdientijd van de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik gericht op de activiteiten en processen. Een uitwerking van deze uitzonderingen is opgenomen bij de verschillende onderdelen.

Uitzondering op standaardmethode in geval van een warmtekrachtkoppeling-installatie

In aanvulling op de hierboven genoemde mogelijke uitzonderingen op de standaardmethode kan, wanneer gebruik wordt gemaakt van een warmtekrachtkoppeling-installatie (hierna: WKK-installatie), rekening gehouden worden met deze WKK-installatie bij het bepalen van de jaarlijkse besparing op de energiekosten in euro's (Ben). Wanneer in de gebruiksfunctie of de milieubelastende activiteit een WKK-installatie aanwezig is, kan de jaarlijkse besparing op de energiekosten als gevolg van het treffen van een maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik gedeeltelijk worden veroorzaakt door een besparing op de kosten voor warmte en elektriciteit uit de eigen WKK-installatie. De effecten van de WKK-installatie kunnen in dat geval worden betrokken bij het bepalen van de terugverdientijd zoals opgenomen in deze bijlage. Wanneer artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, is het mogelijk om onderbouwd af te wijken van de marginale energieprijs (P_i) van warmte en elektriciteit uit de WKK-installatie conform de 'Uitzondering op standaardmethode' hierboven. In de overige gevallen moet voor de marginale energieprijs van warmte en elektriciteit uit de WKK-installatie gebruik worden gemaakt van de methode en standaardwaarden zoals opgenomen in deze bijlage (onder 'Uitzondering op de standaardmethode (P_i) voor de glastuinbouwsector waarbij gebruik wordt gemaakt van een WKK-installatie.').

De standaardmethode voor het bepalen van de terugverdientijd van maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik

De terugverdientijd van een maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik wordt berekend met de volgende formule:

$$TVT = \frac{(I + F)}{B}$$

Waarin:

TVT	De terugverdientijd in jaren
I	De (meer)investering in de maatregel in euro's

F	De kosten voor de financiering van de (meer)investering in de maatregel in euro's
B	De jaarlijkse kostenbesparing (baten) van de maatregel in euro's

Bij het berekenen van de terugverdientijd wordt geen rekening gehouden met inflatie, verwachtingen over toekomstige prijsontwikkelingen of effecten op de te betalen vennootschapsbelasting.

De (meer)investering (I)
De (meer)investering (I) bestaat uit eenmalige kosten van het treffen van de maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik verminderd met eenmalige opbrengsten van de maatregel. Het gaat hierbij om kosten en opbrengsten ten opzichte van de referentiesituatie. De referentiesituatie is de situatie die ontstaat als de maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik niet wordt getroffen. Dat kan de huidige bestaande situatie zijn (met de installaties en gebouwmaatregelen zoals die in het gebouw of bij de milieubelastende activiteit aanwezig zijn) of een aannemelijk en beschikbaar alternatief als installaties moeten worden vervangen en de huidige versie niet meer beschikbaar is. Het bevoegd gezag beoordeelt of de uitgangspunten van de referentiesituatie voldoende onderbouwd en aannemelijk zijn.

Als er meerdere deelinvesteringen gespreid over de tijd plaatsvinden, kunnen deze worden opgeteld om de totale (meer)investering te bepalen.

De volgende kosten kunnen worden betrokken bij de (meer)investering voor zover deze direct te koppelen zijn aan de te treffen maatregel:
- eenmalige aansluitingskosten;
- aanschafkosten;
- bouw- en installatiekosten; en
- sloop- en verwijderingskosten.

Bovenstaande kostenposten zijn limitatief.

Reeds bestaande kosten mogen niet worden toegekend aan de maatregel. De inkomsten uit de verkoop van bestaande installaties of apparatuur worden als opbrengsten meegenomen. De (meer)investering wordt exclusief btw bepaald. De kosteninschatting moet zodanig zijn gekwantificeerd dat het bevoegd gezag kan controleren of deze reëel is. Subsidies of fiscale voordelen kunnen in mindering worden gebracht op de kostenposten zoals hierboven opgenomen.

Uitzondering op standaardmethode
Wanneer artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, mogen in aanvulling op de limitatieve opsomming ook de volgende voorbereidings- en advieskosten, voor zover deze zien op het treffen van maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik gericht op de activiteiten en processen, worden betrokken bij de (meer)investering:
- kosten voor het verrichten van haalbaarheidsstudies;
- kosten voor detailontwerp;
- materiaal- en montagekosten voor installatie;
- kosten voor het testen van een maatregel; en
- kosten voor het doen van een vergunningaanvraag als de vergunning noodzakelijk is om de maatregel te kunnen treffen.

Daarbij hoeft geen onderscheid te worden gemaakt tussen kosten die worden gemaakt voor inzet van eigen personeel of kosten voor inzet van externe adviseurs.

Deze kosten moeten zodanig zijn gekwantificeerd dat het bevoegd gezag kan controleren of deze reëel zijn. Deze kosten mogen ten hoogste 15% van de totale kosten direct verbonden aan het treffen van de maatregel exclusief voorbereidings- en advieskosten bedragen.

De jaarlijkse kostenbesparing (B)
De jaarlijkse kostenbesparing (B) wordt berekend met de volgende formule:

$$B = Ben + Bhe + Bov$$

waarin:

B	De jaarlijkse kostenbesparing in euro's
Ben	De jaarlijkse besparing op de energiekosten in euro's door energiebesparing, brandstofsubstitutie of elektrificatie
Bhe	De jaarlijkse besparing op energiekosten in euro's door hernieuwbare energieproductie
Bov	Het saldo van overige jaarlijks terugkerende baten en kosten in euro's

De methode gaat uit van één waarde voor de jaarlijkse kostenbesparing. Als er aanleiding is om te verwachten dat de kostenbesparing niet in elk jaar gelijk is, kan worden uitgegaan van realistische gemiddeldes voor een periode van vijf jaar na het treffen van de maatregel.

De jaarlijkse besparing op de energiekosten in euro's (Ben)
De jaarlijkse besparing op de energiekosten (Ben) wordt berekend met de volgende formule:

$$\text{Ben} = \sum_{i} \mathrm{E_i} \times \mathrm{P_i}$$

waarin:

Ben	De jaarlijkse besparing op de energiekosten in euro's
E_i	De jaarlijkse energiebesparing op het gebruik van energiedrager i (in m^3 aardgas of kWh elektriciteit of in GJ van een andere energiedrager)
P_i	De marginale energieprijs van energiedrager i (in euro/m^3 aardgas of euro/kWh elektriciteit of euro/GJ van een andere energiedrager)

De som loopt over alle energiedragers (i) die de milieubelastende activiteit verbruikt, zoals aardgas, elektriciteit en warmte.

Om de energiebesparing te bepalen wordt het energiegebruik na het treffen van de maatregel vergeleken met het energiegebruik in de referentiesituatie. Het bevoegd gezag beoordeelt of de uitgangspunten van de referentiesituatie voldoende onderbouwd en aannemelijk zijn.

De marginale energieprijs van een energiedrager (P_i) is de prijs van de laatste eenheid energie (bijvoorbeeld m^3 aardgas of kWh elektriciteit) die van het net wordt afgenomen. Bij het bepalen van de marginale energieprijs wordt alleen gekeken naar de gebruiksafhankelijke kosten. Het betreft de marginale energieprijs exclusief btw. Voor het vaststellen van de marginale energieprijs van aardgas of elektriciteit moet gebruik worden gemaakt van standaardwaarden, die afhankelijk zijn van de hoeveelheid energie die aan het net wordt onttrokken. Het gaat hierbij om het energiegebruik voordat de maatregel wordt getroffen. De standaardwaarden voor de marginale energieprijs bedragen:

a. aardgas gebruikt in een ketel, als de jaarlijks afgenomen hoeveelheid:
   - niet hoger is dan 170.000 m^3: € 0,72/m^3:
   - hoger is dan 170.000 m^3, maar niet hoger dan 1 miljoen m^3: € 0,68/m^3;
   - hoger is dan 1 miljoen m^3, maar niet hoger dan 10 miljoen m^3: € 0,72/m^3;
   - hoger is dan 10 miljoen m^3: € 0,62/m^3.
b. aardgas, gebruikt in een WKK-installatie als de jaarlijks afgenomen hoeveelheid:
   - niet hoger is dan 170.000 m^3: € 0,63/m^3;
   - hoger is dan 170.000 m^3, maar niet hoger dan 1 miljoen m^3: € 0,59/m^3;
   - hoger is dan 1 miljoen m^3, maar niet hoger dan 10 miljoen m^3: € 0,57/m^3;
   - hoger is dan 10 miljoen m^3: € 0,57/m^3.
c. elektriciteit uit het elektriciteitsnet, als de jaarlijks afgenomen hoeveelheid:
   - niet hoger is dan 10.000 kWh: € 0,26/kWh;
   - hoger is dan 10.000 kWh, maar niet hoger dan 50.000 kWh: € 0,29/kWh;
   - hoger is dan 50.000 kWh, maar niet hoger dan 10 miljoen kWh: € 0,21/kWh;
   - hoger is dan 10 miljoen kWh: € 0,16/kWh.
d. warmte geleverd via een warmtenet, als de jaarlijks afgenomen hoeveelheid:
   - niet hoger is dan 4.830 GJ: € 12,61/GJ;
   - hoger is dan 4.830 GJ, maar niet hoger dan 28.409 GJ: € 12,61/GJ;

- hoger is dan 28.409 GJ, maar niet hoger dan 284.091 GJ: € 12,61/GJ.
- hoger is dan 284.091 GJ: € 12,61/GJ.

Als andere energiedragers worden gebruikt dan aardgas, elektriciteit of warmte, of bij energiedragers die in het productieproces beschikbaar komen, kan voor die andere energiedragers een specifieke marginale energieprijs worden bepaald. Deze is opgebouwd uit alle gebruiksafhankelijke kosten.

Uitzondering op standaardmethode (P_i)

Wanneer artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, kan bij het verrichten van onderzoek, van de hiervoor vastgestelde marginale energieprijs van aardgas, elektriciteit of een andere energiedrager worden afgeweken bij het bepalen van de terugverdientijd van de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik gericht op de activiteiten en processen. Afwijken van de in de standaardmethode vastgestelde prijs is alleen toegestaan als de reden voor het afwijken en de opgevoerde energieprijs afdoende zijn onderbouwd.

De gebruikte energieprijs wordt als volgt onderbouwd:
- met de marginale energieprijs uit het meest recente eigen energiecontract; of
- wanneer er (ook) wordt ingekocht op de spotmarkt, kan de gebruikte energieprijs worden onderbouwd op basis van een gewogen gemiddelde van:
  - de marginale energieprijs uit het meest recente eigen energiecontract; en
  - een onderbouwde gemiddelde futureprijs. Deze bestaat uit de gemiddelde futureprijzen voor levering voor de komende vijf jaar (voor zover bekend), gemeten vanaf het jaar waarin het onderzoek moet worden verstrekt. Hierbij wordt het gemiddelde genomen van de gemiddelde futureprijzen voor levering van elke dag van de eerste maand van het jaar waarin het onderzoek moet worden ingediend.

De onderbouwing is ter beoordeling van het bevoegd gezag.

Uitzondering op standaardmethode (P_i) voor de glastuinbouwsector waarbij gebruik wordt gemaakt van een WKK-installatie

Wanneer bij een gebruiksfunctie of een milieubelastende activiteit binnen de glastuinbouwsector gebruik wordt gemaakt van een WKK-installatie, kan de jaarlijkse besparing op de energiekosten als gevolg van het treffen van een maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik gedeeltelijk worden veroorzaakt door een besparing op de kosten voor warmte en elektriciteit uit de eigen WKK-installatie. In dat geval kunnen de marginale energieprijzen van warmte en elektriciteit van de WKK-installatie worden betrokken bij het bepalen van de terugverdientijd van de te treffen maatregelen.

De marginale energieprijs (P_i) uit de formule voor de jaarlijkse besparing op de energiekosten (Ben) wordt, als ervoor wordt gekozen om geen rekening te houden met een WKK-installatie, als volgt bepaald:
- de standaardwaarde voor aardgas ‘aardgas gebruikt in een ketel’, onder a hierboven en voor elektriciteit ‘elektriciteit uit het elektriciteitsnet’, onder c hierboven; of
- wanneer er sprake is van een milieubelastende activiteit waarop artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, wordt de marginale energieprijs bepaald zoals opgenomen onder ‘Uitzondering op standaardmethode (P_i)’ hierboven.

Als ervoor wordt gekozen om rekening te houden wordt met een WKK-installatie, wordt de marginale energieprijs (P_i) uit de formule voor de jaarlijkse besparing op de energiekosten (Ben) bepaald met de onderstaande formules voor warmte en elektriciteit.

Warmte
De marginale energieprijs (P_i) uit de formule voor de jaarlijkse besparing op de energiekosten (Ben) van het onderdeel warmte wordt dan als volgt berekend:

$$P_{warmte} = (AWW \times KWW) + (AWK \times KWK)$$

Waarin:

P_{warmte}	Marginale energieprijs voor warmte in euro/GJ wanneer sprake is van een WKK-installatie.

AWW	Aandeel warmte uit WKK-installatie (in %). Het specifieke deel van de warmtevraag dat wordt geproduceerd met een WKK-installatie. Hierbij wordt uitgegaan van het meest recente representatieve kalenderjaar.
KWW	Marginale energieprijs warmte uit WKK- installatie in euro/GJ. De marginale energieprijs van het deel van de warmte dat jaarlijks wordt geproduceerd met een WKK-installatie berekend met de formule voor de kosten per eenheid warmte: $\frac{Aw + Ow - Ew}{Ww}$ Waarbij: Aw= kosten voor aardgasinzet van de WKK-installatie in euro per jaar. Deze waarde wordt bepaald door de marginale prijs van aardgas voor gebruik in de WKK-installatie en is gelijk aan de standaardwaarde 'aardgas gebruikt in een WKK-installatie' onder b hierboven. Van deze standaardwaarde kan onderbouwd worden afgeweken wanneer wordt voldaan aan de voorwaarden zoals opgenomen onder 'Uitzondering op standaardmethode (Pi)' hierboven. Ow = operationele onderhoudskosten van de WKK-installatie in euro's per jaar. Deze is gelijk aan € 10 /MWh elektriciteitsproductie. Ew = waarde van productie van elektriciteit van de WKK in euro per jaar. Deze is gelijk aan de standaardwaarde € 0,162 /kWh vermenigvuldigd met de elektriciteitsproductie in kWh per jaar van de WKK-installatie. Daarbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen elektriciteit uit de WKK-installatie die zelf wordt gebruikt en elektriciteit die wordt teruggeleverd aan het net. Er wordt verondersteld dat de waarde van elektriciteit uit de WKK-installatie die zelf wordt gebruikt gelijk is aan de waarde van de aan het net teruggeleverde elektriciteit. Van deze standaardwaarde kan onderbouwd worden afgeweken waarbij de onderbouwing hiervan ter beoordeling is aan het bevoegd gezag. Hierbij wordt uitgegaan van het meest recente representatieve kalenderjaar. Ww = warmteproductie WKK-installaties in GJ per jaar. Deze waarde wordt bepaald door het thermisch rendement van de WKK-installatie en is gelijk aan 0,48 maal de aardgasinzet.
AWK	Aandeel warmte uit ketel (in%). Het specifieke deel van de warmtevraag dat wordt geproduceerd met een ketel. Hierbij wordt uitgegaan van het meest recente representatieve kalenderjaar.
KWK	Marginale energieprijs warmte uit ketel in euro/GJ. De marginale energieprijs van warmte uit een ketel is gelijk aan de marginale kosten van aardgas voor gebruik in een ketel gedeeld door een rendement van 90%. De marginale kosten van aardgas voor gebruik in een ketel: • zijn gelijk aan de standaardwaarde 'aardgas gebruikt in een ketel' onder a hierboven; of • kunnen zelf worden bepaald en onderbouwd zoals bedoeld onder 'Uitzondering op standaardmethode (Pi)', wanneer wordt voldaan aan de daar genoemde voorwaarden.

Waarbij geldt:
Het aandeel warmte uit een WKK-installatie (AWW) en het aandeel warmte uit een ketel (AWK) moeten samen tot 100% optellen.

Voor het vaststellen van de marginale energieprijs warmte uit WKK-installatie (KWW) en de marginale energieprijs warmte uit ketel (KWK), kan gebruik worden gemaakt van standaardwaarden, die afhankelijk zijn van de hoogte van het gebruik. De standaardwaarden bedragen voor:

a. KWW; de marginale energieprijs van warmte uit WKK-installatie als het jaarlijks aardgasgebruik van de WKK-installatie:
   - niet hoger is dan 170.000 m^3: € 5,40/GJ;
   - hoger is dan 170.000 m^3, maar niet hoger dan 1.000.000 m^3: € 2,77/GJ;
   - hoger is dan 1 miljoen m^3, maar niet hoger dan 10 miljoen m^3: € 1,45/GJ;
   - hoger is dan 10 miljoen m^3: € 1,45/GJ.
b. KWK; de marginale energieprijs van warmte uit een ketel, als het jaarlijks aardgasgebruik van de ketel:
   - niet hoger is dan 170.000 m^3: € 25,13/GJ;
   - hoger is dan 170.000 m^3, maar niet hoger dan 1.000.000 m^3: € 23,86/GJ;
   - hoger is dan 1 miljoen m^3, maar niet hoger dan 10 miljoen m^3: € 25,23/GJ;
   - hoger is dan 10 miljoen m^3: € 21,59/GJ.

Elektriciteit
De marginale energieprijs (P_i) uit de formule voor de jaarlijkse besparing op de energiekosten (Ben) van het onderdeel elektriciteit wordt als volgt berekend:

$P_{elektriciteit}$ = (AEW x KEW) + (AEN x KEN)

Waarin:

$P_{elektriciteit}$	Marginale energieprijs elektriciteit in euro/kWh wanneer sprake is van een WKK-installatie
AEW	Aandeel elektriciteit uit WKK-installatie (in %). Het specifieke deel van het elektriciteitsgebruik dat met een WKK-installatie wordt geproduceerd. Hierbij wordt uitgegaan van het meest recente representatieve kalenderjaar.
KEW	Marginale energieprijs elektriciteit uit WKK-installatie in euro/kWh. De marginale energieprijs van elektriciteit uit een WKK-installatie is gelijk aan de gederfde inkomsten van levering aan het net en is niet afhankelijk van de hoogte van het elektriciteitsgebruik. De marginale energieprijs van elektriciteit uit een WKK-installatie is gelijk aan € 0,162 /kWh. Van deze standaardwaarde mag worden afgeweken. Hierbij wordt uitgegaan van het meest recente representatieve kalenderjaar. De onderbouwing is ter beoordeling van het bevoegd gezag.
AEN	Aandeel elektriciteit uit het net (in %). Het voor specifieke deel van het elektriciteitsgebruik dat wordt afgenomen van het elektriciteitsnet. Hierbij wordt uitgegaan van het meest recente representatieve kalenderjaar.
KEN	Marginale energieprijs elektriciteit uit het net in euro/kWh. De marginale energieprijs elektriciteit uit het net is gelijk aan de groothandelsprijs plus alle gebruiksafhankelijke kosten (marge van de energieleverancier, netwerkkosten, energiebelasting). Deze is gelijk aan de standaardwaarde 'elektriciteit uit het elektriciteitsnet' onder c hierboven. Van deze standaardwaarde kan onderbouwd worden afgeweken wanneer wordt voldaan aan de voorwaarden zoals opgenomen onder 'Uitzondering op standaardmethode (Pi)' hierboven.

Waarbij geldt:

Het aandeel elektriciteit uit een WKK-installatie (AEW) en het aandeel elektriciteit uit het net (AEN) moeten samen tot 100% optellen.

Uitzondering bij andere eigen elektriciteitsopwekking

Als er ook op andere wijze elektriciteit achter de meter wordt geproduceerd, bijvoorbeeld met zonnepanelen, moet een derde term aan de bovenstaande formule worden toegevoegd voor het aandeel elektriciteit uit zonne-energie voor eigen gebruik. Het aandeel elektriciteit uit zonne-energie voor eigen gebruik moet worden vermenigvuldigd met de marginale prijs die gelijk wordt verondersteld aan de vergoeding voor de ingevoede elektriciteit afkomstig van zonne-energie, zoals opgenomen in het onderdeel '*De jaarlijkse besparing op de energiekosten in euro's door de productie van hernieuwbare energie (Bhe)'.*

De jaarlijkse besparing op de energiekosten in euro's door de productie van hernieuwbare energie (Bhe)

De jaarlijkse besparing op de energiekosten wordt bij een maatregel voor het produceren van hernieuwbare energie als volgt berekend:

$$\mathrm{Bhe} = \sum_{i} \mathrm{H_i} \times (\mathrm{Ae_i} \times \mathrm{P_i} + (1 - \mathrm{Ae_i}) \times \mathrm{Pt_i})$$

Waarin:

Bhe	De jaarlijkse besparing op energiekosten in euro's door de productie van hernieuwbare energie
H_i	De jaarlijkse hernieuwbare energieproductie van energiedrager i in m^3 aardgas(equivalenten), kWh elektriciteit of GJ van een andere energiedrager
Ae_i	Het aandeel van de jaarlijkse hernieuwbare energieproductie dat voor eigen gebruik wordt ingezet
P_i	De marginale energieprijs van energiedrager i (in euro/m^3 aardgasequivalenten, euro/kWh elektriciteit of euro/GJ van een andere energiedrager)
Pt_i	De marginale terugleververgoeding/ verkoopprijs van energiedrager i die wordt teruggeleverd/ verkocht (in euro/m^3 aardgasequivalenten, euro/kWh elektriciteit of euro/GJ van een andere energiedrager)

De som loopt over alle energiedragers (i) die de milieubelastende activiteit verbruikt, zoals aardgas, elektriciteit en warmte.

Voor het vaststellen van de verwachte jaarlijkse energieproductie (H_i) voor elektriciteit afkomstig van zonne-energie wordt uitgegaan van 900 vollasturen per jaar, tenzij er een reden is om hiervan af te wijken.

Voor *Aei* geldt dat bij elektriciteit afkomstig van zonne-energie standaard afnameprofielen gelden om het aandeel van de jaarlijkse hernieuwbare energieproductie dat voor eigen gebruik wordt ingezet te bepalen.

Afnameprofiel	**Standaard aandeel elektriciteit afkomstig van zonne-energie dat voor eigen gebruik wordt ingezet (Ae)**
Milieubelastende activiteit die continu in bedrijf is	1,0
Milieubelastende activiteit die alleen tijdens kantooruren en op werkdagen in bedrijf is	0,7
Milieubelastende activiteit die is gesloten tijdens de zomerperiode	0,3

Als de milieubelastende activiteit een atypisch afnameprofiel heeft, kan A_e zelf worden vastgesteld, waarbij het aan het bevoegd gezag is om te beoordelen of dit voldoende onderbouwd en aannemelijk is. Onder een atypisch afnameprofiel wordt verstaan dat het aandeel eigen gebruik en het aandeel teruglevering niet overeenkomen met een van bovenstaande gebruiksprofielen. Zo kan het zijn dat een maatregel grotendeels leidt tot een toename van teruglevering omdat binnen de milieubelastende activiteit al een grote hoeveelheid hernieuwbare energie wordt geproduceerd.

Voor P_i gelden de standaardwaarden voor de marginale energieprijs, behoudens in de gevallen waarin daarop een uitzondering kan worden gemaakt. Voor het bepalen van de te gebruiken staffelprijs wordt gekeken naar de staffelprijs behorende bij de van het net afgenomen energie. Het gaat hierbij om het gebruik voordat de maatregel wordt getroffen.

Voor Pt_i geldt dat deze bestaat uit de verkoopprijs en/of de terugleververgoeding van energiedrager i. De prijs Pt_i die wordt ontvangen voor teruglevering van elektriciteit afkomstig van zonne-energie aan het net is gelijk aan de (vastgelegde) standaardwaarden voor de marginale energieprijs voor zover de teruglevering mag worden gesaldeerd. In het geval dat het wetsvoorstel houdende wijziging van de Elektriciteitswet 1998 en de Wet belastingen op milieugrondslag ter uitvoering van de afbouw van de salderingsregeling voor kleinverbruikers[1)] tot wet wordt verheven en in werking treedt, kan worden uitgegaan van het gemiddelde toegestane salderingspercentage in een periode van vijf jaar na het jaar van investeren.

[1)] Wijziging van de Elektriciteitswet 1998 en de Wet belastingen op milieugrondslag ter uitvoering van de afbouw van de salderingsregeling voor kleinverbruikers. Kamerstukken I, 2022/23, 35 594, A.

Voor het deel dat niet mag worden gesaldeerd, wordt een vergoeding ontvangen. Deze bedraagt 80% van de leveringsprijs exclusief energiebelasting, Opslag Duurzame Energie (ODE), btw en netwerktarieven, zoals vastgelegd in onderstaande lijst die door de gebouweigenaar of degene die de milieubelastende activiteit verricht bij teruglevering moet worden gebruikt.

De vergoeding voor de ingevoede elektriciteit afkomstig van zonne-energie bedraagt, als de jaarlijks afgenomen hoeveelheid:

- niet hoger is dan 10.000 kWh: € 0,134/kWh;
- hoger is dan 10.000 kWh, maar niet hoger dan 50.000 kWh: € 0,132/kWh;
- hoger is dan 50.000 kWh, maar niet hoger dan 10 miljoen kWh: € 0,127/kWh;
- hoger is dan 10 miljoen kWh: € 0,127/kWh.

Als de netbeheerder aangeeft dat niet kan worden teruggeleverd, bijvoorbeeld door middel van een transportindicatie, is de vergoeding € 0 /kWh.

Bij andere maatregelen voor de productie van hernieuwbare energie dan elektriciteit afkomstig van zonne-energie kunnen de jaarlijkse hernieuwbare energieproductie (H_i), het aandeel eigen gebruik (Ae_i) en de marginale terugleververgoeding/verkoopprijs (Pt_i) zelf worden vastgesteld, waarbij het aan het bevoegd gezag is om te beoordelen of dit voldoende onderbouwd en aannemelijk is.

Uitzondering op standaardmethode (Pt_i)

Wanneer artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving van toepassing is, kan bij het bij het bepalen van de terugverdientijd van de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik gericht op de activiteiten en processen van de hiervoor vastgestelde de standaardwaarde van de vergoeding voor ingevoede elektriciteit afkomstig van zonne-energie worden afgeweken. De onderbouwing is ter beoordeling van het bevoegd gezag.

Het saldo van overige jaarlijks terugkerende baten en kosten in euro's (Bov)
Het saldo van de overige jaarlijks terugkerende baten en kosten (Bov) bestaat uit de kosten en baten anders dan de jaarlijkse besparing op de energiekosten (Ben), maar die wel direct door de maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik worden veroorzaakt. Het gaat hierbij om kosten en baten ten opzichte van de referentiesituatie. In situaties waarin de kosten en baten tijdens de levensduur van de maatregel niet constant zijn, kan worden uitgegaan van het jaarlijkse gemiddelde gedurende vijf jaar na het treffen van de maatregel.

Kosten en baten worden alleen betrokken als ze goed te kwantificeren zijn. Het is aan het bevoegd gezag om te beoordelen of de opgevoerde kosten en baten voldoende onderbouwd en aannemelijk zijn. Het gaat om de volgende limitatieve opsomming van categorieën van kosten en baten:
- beheer- en onderhoudskosten (loon- en materiaalkosten voor het verrichten van onderhoud of het bedienen van technologie) die redelijkerwijs kunnen worden toegerekend aan de maatregel;
- afvalkosten;
- grond- en hulpstofkosten;
- kosten voor watergebruik;
- productopbrengsten;
- veranderingen in de periodieke netwerkkosten door wijziging van de aansluitcapaciteit als gevolg van de te treffen maatregel;
- overige jaarlijks terugkerende subsidies of fiscale voordelen als deze worden ontvangen als gevolg van de te treffen maatregel;
- vermeden CO_2-kosten; en
- extra of vermeden verzekeringskosten vanwege het treffen van de maatregel.

Vermeden CO_2-kosten

De meegenomen CO_2-gerelateerde kosten betreffen de kosten voor emissies binnen het Europese emissiehandelssysteem (hierna: EU ETS) en door de CO_2-heffing. Hierbij geldt dat de vermeden CO_2-kosten worden bepaald voor elk van de vijf jaren nadat de maatregel is getroffen. Bij het bepalen van de jaarlijkse kostenbesparing wordt uitgegaan van de gemiddelde jaarlijkse vermeden CO_2-kosten gedurende deze vijf jaar. Zowel de CO_2-heffing als de prijs van EU ETS-emissierechten (hierna: EU ETS-prijs) moet, wanneer van toepassing, worden betrokken.

Bij het bepalen van de vermeden CO_2-kosten wordt uitgegaan van het aangekondigde tarief voor de CO_2-heffing in de periode van vijf jaar nadat de maatregel is getroffen. Dit is het tarief zoals bedoeld in artikel 71p, eerste lid, onder a, en tweede lid, van de Wet belastingen op milieugrondslag.
Voor het bepalen van de EU ETS-prijs wordt uitgegaan van de termijnkoers van het broeikasemissierecht, bedoeld in artikel 71p van de Wet belastingen op milieugrondslag. Er wordt gebruik gemaakt van de termijnkoers voor het actuele kalenderjaar.

De CO_2-heffing is vormgegeven als een minimumprijs. Als de EU ETS-prijs lager is dan de minimumprijs, geldt het niveau van de CO_2-heffing. Als de EU ETS-prijs hoger is dan de CO_2-heffing, dan wordt de (hogere) EU ETS-prijs betaald. In veel gevallen kan daarom voor het bepalen van de vermeden CO_2-kosten worden uitgegaan van de hoogste van de twee prijzen.

Eventuele baten verkregen door middel van een subsidie op grond van de subsidiemodule Indirecte emissiekosten ETS[1)] kunnen ook bij deze post (vermeden CO_2-kosten) worden meegenomen, mits voldoende onderbouwd. Dit is ter beoordeling aan het bevoegd gezag.

[1)] Regeling van de Minister van Economische Zaken en Klimaat van 30 augustus 2022, nr. WJZ/ 21185084, tot wijziging van de Regeling nationale EZK- en LNV-subsidies in verband met de herinvoering van de subsidiemodule Indirecte emissiekosten ETS en tot wijziging van de Regeling openstelling EZK- en LNV-subsidies 2022 in verband met de openstelling van die

subsidiemodule, Stcrt. 2022, 23127.

De kosten voor de financiering van de (meer)investering in euro's (F)

De kosten voor de financiering zijn er gedurende de jaren dat een lening nog niet is afgelost. Verondersteld wordt dat de financiering niet langer loopt dan de periode waarin de maatregel zich terugverdient. Het moment waarop de (meer)investering is afgelost, kan worden bepaald door (I) te delen door (B). De kosten voor de financiering van de (meer)investering (F) zijn:

$$F = Kfin \times \frac{I}{B}$$

Waarin:

F	De kosten voor de financiering van de (meer)investering in euro's
Kfin	De gemiddelde jaarlijkse kosten voor de financiering van de (meer)investering in euro's
I	De (meer)investering in euro's
B	De jaarlijkse kostenbesparing in euro's

Gemiddeld over de looptijd van de financiering is het nog niet afgeloste kapitaal gelijk aan de helft van de (meer)investering. Er wordt jaarlijks rente betaald over het nog niet afgeloste kapitaal. Er wordt geen rekening gehouden met rente op rente. De gemiddelde jaarlijkse kosten voor de financiering van de (meer)investering zijn:

$$Kfin = 0{,}067 \times (0{,}5 \times I)$$

Waarin:

Kfin	De gemiddelde jaarlijkse kosten voor de financiering van de (meer)investering in euro's
I	De (meer)investering in euro's

Bijlage XVb. (onderzoek naar maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik)

1. Inleiding

Op grond van artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving en artikel 4.14aa, eerste lid, van de Omgevingsregeling moeten door degene die de milieubelastende activiteit verricht verschillende gegevens en bescheiden te worden verstrekt en moet het aanleveren overeenkomstig deze bijlage geschieden. In deze bijlage worden de gegevens en bescheiden zoals opgenomen in artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving en de benodigde onderbouwing hiervan verder uitgewerkt.

Er wordt daarbij specifiek ingegaan op de volgende onderdelen:

- een beschrijving van de locatie en activiteit;
- het energiegebruik van de milieubelastende activiteit;
- een overzicht van de getroffen maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik;
- een onderbouwing van het onderzoek naar de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik bestaande uit:
    - een analyse van het energiegebruik, waaronder een energiebalans en een opgave van de onbenutte warmtestromen;
    - een analyse van de productieapparatuur en installaties, waaronder een scan van de technische isolatie, een analyse van de aandrijfsystemen en een analyse van de op de basislijst opgenomen maatregelen (paragraaf 6.5 van deze bijlage);
    - een inventarisatie van kosteneffectieve maatregelen; en
    - een beschrijving van de structurele energiezorg.

Dit leidt tot een uitvoeringsplan met daarin een overzicht van maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik die nog niet zijn getroffen, maar wel zullen worden getroffen en het moment waarop die maatregelen zullen worden getroffen.

Het onderzoek, bedoeld in artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving moet zijn gericht op activiteit- en procesgebonden maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik en dus nadrukkelijk niet op maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik die zien op een gebouw of een deel van een gebouw (hierna: gebouwgebonden maatregelen) als bedoeld in artikel 3.84 van het Besluit bouwwerken leefomgeving. Wanneer de maatregelen gekoppeld aan de activiteiten en processen effect hebben op gebouwgebonden maatregelen, moeten deze wel worden betrokken in het onderzoek.

Energiebeheersysteem, milieubeheersysteem, keurmerk of recent energieonderzoek

Op grond van artikel 4.14aa, tweede en derde lid, van de Omgevingsregeling kan aan verschillende van de in deze bijlage opgenomen onderdelen invulling worden gegeven door het toepassen van een energie- of milieubeheersysteem of een keurmerk. De eisen waaraan een energiebeheersysteem of milieubeheersysteem moet voldoen, zijn opgenomen in artikel 4.14aa, tweede lid, van de Omgevingsregeling.

De keurmerken, bedoeld in artikel 4.14aa, derde lid, van de Omgevingsregeling zijn:

Tabel 1

Keurmerk	Naam	Bijzonderheden
1.	CO_2 & Energie RI&E Creatieve Industrie niveau 3	
2.	CO_2 & Energie RI&E Creatieve Industrie niveau 4	
3.	CO_2-Prestatieladder niveau 3	
4.	CO_2-Prestatieladder niveau 4	
5.	CO_2-Prestatieladder niveau 5	
6.	CO_2-Reductiemanagement met ISO 14001	Alle niveaus
7.	Erkend Duurzaam Plus	
8.	Erkend Duurzaam Premium	

Bij de onderdelen van deze bijlage waaraan door middel van een energiebeheersysteem of milieubeheersysteem, of een keurmerk invulling kan worden gegeven, is dit aangegeven.

Met een energiebeheersysteem of milieubeheersysteem als bedoeld in artikel 4.14aa, tweede lid, van de Omgevingsregeling of een van de keurmerken, bedoeld in artikel 4.14aa, derde lid, van de Omgevingsregeling en zoals opgenomen in tabel 1 van bijlage XVb, kan invulling worden geven aan de volgende onderdelen:

- 2. Beschrijving locatie en activiteiten;
- 5.1 (beschrijving van energie- en procesmonitoring);
- 5.2 (weergave energiegebruik inclusief energiebalans);
- 5.4 (analyse en conclusie energie- en warmtegebruik); en
- 6.1 (beschrijving en analyse van het proces, productieapparatuur en -installaties).

Met een energiebeheersysteem of milieubeheersysteem als bedoeld in artikel 4.14aa, tweede lid, van de Omgevingsregeling kan daarnaast ook invulling worden gegeven aan onderdeel 8 (basischeck structurele energiezorg).
et bevoegd gezag kan instemmen met het verstrekken van een recent energieonderzoek of specifieke onderdelen van een recent energieonderzoek om te voldoen aan artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving, wanneer dit onderzoek of de onderdelen ervan voldoen aan de eisen die aan het onderzoek worden gesteld op grond van artikel 5.15b van het Besluit activiteiten leefomgeving en het aanleveren van de gegevens en bescheiden op grond van artikel 4.14aa, eerste lid, van de Omgevingsregeling overeenkomstig deze bijlage is uitgevoerd.

Beleidsverklaring en TIPCheck

Voor twee specifieke onderdelen van het onderzoek, te weten de scan van de technische isolatie en de analyse van de aandrijfsystemen, kan invulling worden gegeven door het overleggen van een Beleidsverklaring. Daarnaast kan aan de scan van de technische isolatie ook invulling worden gegeven door het overleggen van een TIPCheck-onderzoek als dit onderzoek ten hoogste twee jaar voorafgaand aan het moment van indiening is uitgevoerd. Beide instrumenten worden verder toegelicht bij de onderdelen waarvoor de Beleidsverklaring en de TIPCheck van toepassing zijn.

2. Algemene gegevens bij het verstrekken van gegevens en bescheiden (artikel 2.18 van het Besluit activiteiten leefomgeving) en een onderbouwing van het onderzoek (artikel 5.15b, tweede lid, onder e, van het Besluit activiteiten leefomgeving)

Op grond van artikel 2.18 van het Besluit activiteiten leefomgeving worden de gegevens, wanneer er sprake is van het verstrekken van gegevens en bescheiden, ondertekend en voorzien van onder andere een aanduiding van de activiteit, de naam en het adres van degene die de activiteit verricht en het adres, de kadastrale aanduiding of coördinaten van de locatie waarop de activiteit wordt verricht.

Op grond van artikel 5.15b, tweede lid, onder e, van het Besluit activiteiten leefomgeving wordt een onderbouwing van het onderzoek naar de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik verstrekt. Onder de onderbouwing van het onderzoek wordt ook een beschrijving van de locatie en de activiteit verstaan, waarbij wordt ingegaan op de soort processen, activiteiten en faciliteiten die worden verricht op de locatie van de milieubelastende activiteit en ter ondersteuning van de milieubelastende activiteit. Onderdeel hiervan is dat inzichtelijk wordt gemaakt welke processen, installaties en gebouwen en welke vormen van intern transport binnen de begrenzing van de locatie waarop de milieubelastende activiteit wordt verricht aanwezig zijn.

Met een energiebeheersysteem of milieubeheersysteem als bedoeld in artikel 4.14aa, tweede lid, van de Omgevingsregeling of een van de keurmerken zoals opgenomen in tabel 1 van deze bijlage kan invulling worden geven aan dit onderdeel.

3. Energiegebruik milieubelastende activiteit (artikel 5.15b, tweede lid, onder d, van het Besluit activiteiten leefomgeving)

Het energiegebruik van de milieubelastende activiteit wordt uitgedrukt in kilowattuur elektriciteit en kubieke meters aardgasequivalent gemeten over enig kalenderjaar (artikel 5.15b, tweede lid, onder d,

van het Besluit activiteiten leefomgeving). Bij het omrekenen van brandstoffen naar aardgasequivalenten als bedoeld in artikel 4.14a, derde en vierde lid, van de Omgevingsregeling wordt ook de onderste verbrandingswaarde van die brandstof opgegeven. Het energiegebruik wordt bepaald met inbegrip van de energie die op de locatie wordt geproduceerd en gebruikt. Daarbij wordt gekeken naar de inkoop van energie en de (eventuele) productie van hernieuwbare energie en doorlevering.

4. Overzicht getroffen maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik (artikel 5.15b, tweede lid, onder b, van het Besluit activiteiten leefomgeving)

Onderdeel van de rapportage is een overzicht van de in de afgelopen periode getroffen maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik. Het gaat hierbij voor de rapportages die uiterlijk op 1 december 2023 moesten worden ingediend om de maatregelen die zijn getroffen vanaf 1 januari 2021 tot en met het moment van indiening. Voor een volgend rapportagemoment moet worden gerapporteerd over de maatregelen die in de periode van vier jaar voorafgaand aan het moment van indienen van de rapportage zijn getroffen.

Per getroffen maatregel ter verduurzaming van het energiegebruik worden de volgende gegevens opgenomen:

- het onderdeel van de milieubelastende activiteit waar de maatregel is getroffen;
- een omschrijving van de getroffen maatregel en de toegepaste techniek;
- het jaar waarin de maatregel is getroffen;
- de benodigde kosteninvestering als gevolg van het treffen van de maatregel; en
- de gerealiseerde jaarlijkse energiebesparing (in kWh elektriciteit, m^3 aardgas, GJ warmte of in andere termen wanneer sprake is van andere energiedragers) en CO_2-reductie (in tonnen vermeden CO_2-emissie) ten opzichte van het referentiegebruik inclusief een onderbouwing hiervan.

De gerealiseerde jaarlijkse energiebesparing ten opzichte van het referentiegebruik is het verschil tussen het gemiddelde jaarlijkse gebruik na het treffen van de maatregel en het gemiddelde jaarlijkse referentiegebruik. Het te hanteren referentiegebruik hangt af van de situatie, waarbij de volgende situaties kunnen worden onderscheiden:

- Een bestaand proces is geoptimaliseerd (bijvoorbeeld het toepassen van bewegingssensoren): de referentie is het historisch gemiddelde energiegebruik van het proces per jaar (in GJ).
- Een bestaande installatie of een bestaand apparaat is voor het einde van de levensduur vervangen: de referentie is het historisch gemiddelde energiegebruik van de vervangen installatie of het vervangen apparaat per jaar (in GJ).
- Een bestaande installatie of een bestaand apparaat is aan het einde van de levensduur vervangen: de referentie is het gemiddelde energiegebruik per jaar (in GJ) van installaties of apparaten die op het moment van vervanging gangbaar waren op de markt of aan de minimale energieprestatie-eisen voldeden (bijvoorbeeld volgens richtlijn 2009/125/EG van het Europees parlement en de Raad van 21 oktober 2009 betreffende de totstandbrenging van een kader voor het vaststellen van eisen inzake ecologisch ontwerp voor energiegerelateerde producten (hierna: ecodesign-richtlijn[1)].
- Nieuwbouw of uitbreiding van een bestaand proces: de referentie is het gemiddelde energiegebruik per jaar (in GJ) van installaties of apparaten die op het moment van nieuwbouw of uitbreiding van een bestaand proces gangbaar waren op de markt of aan de minimale energieprestatie-eisen voldeden (bijvoorbeeld volgens de ecodesign-richtlijn).

[1)] Richtlijn 2009/125/EG van het Europees parlement en de Raad van 21 oktober 2009 betreffende de totstandbrenging van een kader voor het vaststellen van eisen inzake ecologisch ontwerp voor energiegerelateerde producten (PbEU 2009, L 285).

5. Analyse van het energiegebruik (inclusief eigen energieproductie) (artikel 5.15b, tweede lid, onder e, onder 1, van het Besluit activiteiten leefomgeving)

De analyse van het energiegebruik bestaat uit:

- een beschrijving van de van toepassing zijnde energie- en procesmonitoring (ten behoeve van energie-efficiëntieverbetering);
- een weergave van het energiegebruik inclusief energiebalans;
- een opgave van onbenutte warmtestromen; en
- een analyse en bijbehorende conclusie over het energie- en warmtegebruik.

De verschillende onderdelen die samen de analyse van het energiegebruik vormen, worden hieronder beschreven.

5.1. Beschrijving van energie- en procesmonitoring

Er wordt beschreven welk energie- en procesmonitoringsysteem wordt toegepast. Daarbij wordt aangegeven waar zich eventuele tussenmeters bevinden.

Met een energiebeheersysteem of milieubeheersysteem als bedoeld in artikel 4.14aa, tweede lid, van de Omgevingsregeling of een van de keurmerken, bedoeld in artikel 4.14aa, derde lid, van de Omgevingsregeling en zoals opgenomen in tabel 1 van deze bijlage, kan invulling worden gegeven aan dit onderdeel.

5.2. Weergave energiegebruik inclusief energiebalans

De weergave van het energiegebruik moet bestaan uit een tweetal onderdelen, te weten een nadere onderbouwing van het energiegebruik en een energiebalans. Beide onderdelen worden hierna kort besproken.

Met een energiebeheersysteem of milieubeheersysteem als bedoeld in artikel 4.14aa, tweede lid, van de Omgevingsregeling of een van de keurmerken, bedoeld in artikel 4.14aa, derde lid, van de Omgevingsregeling en zoals opgenomen in tabel 1 van deze bijlage, kan invulling worden gegeven aan dit onderdeel.

5.2.1. Nadere onderbouwing van het energiegebruik

Het energiegebruik moet nader worden onderbouwd aan de hand van energiegebruiksprofielen en prestatiematen. Energiegebruiksprofielen zijn een weergave van het energiegebruik, in de vorm van een grafiek of tabel, van alle energiedragers (bijvoorbeeld elektriciteit, aardgas en motorbrandstoffen) inclusief eventuele omzettingen (bijvoorbeeld warmte) binnen de milieubelastende activiteit. Bij een constant gebruik van een energiedrager gedurende het jaar kan worden volstaan met een totaal gebruik per jaar.

De prestatiemaat is het energiegebruik per eenheid geproduceerd product of geleverde dienst. Bij beschikbare productbenchmarks kan hiermee een vergelijking worden gemaakt.

5.2.2. Energiebalans

In een energiebalans wordt voor de volgende onderdelen een uitsplitsing van het jaarlijks energiegebruik opgenomen: de activiteiten, de processen, ondersteunende faciliteiten (installaties) en het transport binnen de begrenzing van de locatie waarop de milieubelastende activiteit wordt verricht. Voor de energiebalans gelden de volgende uitgangspunten:

- de energiebalans geeft op schematische wijze een overzicht (in matrixvorm) van alle energiestromen (en de grootte ervan) die de milieubelastende activiteit in- en uitgaan en die zij zelf produceert of transformeert;
- de verdeling van de belangrijkste energiestromen is voldoende representatief naar functie of cluster van functies en alle omzettingen in eventuele andere energiedragers is zichtbaar. Het energiegebruik wordt hierbij uitgesplitst naar alle unieke en onderscheidende processtappen;
    - links in het schema staan de ingaande energiestromen (inkoop, eventuele eigen productie) in het kalenderjaar, bedoeld in onderdeel 2 van deze bijlage, als totaalwaarden in kWh, m^3, GJ of in andere termen wanneer sprake is van andere energiedragers;
    - rechts in het schema staan alle uitgaande stromen van energiedragers;
    - in het midden staat de verdeling van de energiestromen naar functies (proces en utiliteit) en de omzetting naar andere energiedragers (bijvoorbeeld warmte) uitgedrukt in de bijbehorende eenheden;
- een restpost van ten hoogste 10% onder de noemer ‘overig energiegebruik’ is acceptabel. Met de term overig energiegebruik wordt aangegeven dat het energiegebruik niet aan een bepaalde functie is toe te schrijven;
- energiestromen kleiner dan 5% hoeven niet in de energiebalans te worden weergegeven;
- voor warmtestromen worden de temperatuur, jaarlijkse hoeveelheid, medium (bijvoorbeeld rookgassen, water of condenserende stoom) en aanwezigheid (bijvoorbeeld continue of seizoensgebonden stromen) benoemd;
- wanneer van toepassing, worden in dit schema ook eigen energieproductie (dit kan hernieuwbare energie betreffen), eventuele doorlevering aan derden en emissies opgenomen.

5.3. Opgave van onbenutte warmtestromen

Op basis van de balans wordt een verder gespecificeerde opgave van onbenutte warmtestromen aangeleverd. Een opgave van onbenutte warmtestromen bestaat uit de volgende onderdelen:

- een opgave van onbenutte warmtestromen met het temperatuurniveau die de warmte heeft als die vrijkomt (dus niet de temperatuur waarop de warmte wordt geloosd). Hierbij wordt uitgegaan van de gemiddelde temperatuur tijdens productie-uren (op het moment dat de warmte vrijkomt) met een opgave van de gebruikte onnauwkeurigheidsmarges;
- de jaarlijks vrijkomende hoeveelheid warmte;
- het warmtedragend medium (bijvoorbeeld rookgassen, water, of condenserende stoom);
- een beschrijving van de plek binnen de milieubelastende activiteit waar de warmte vrijkomt; en
- een beschrijving van de beschikbaarheid van de warmtestroom (continu, seizoensgebonden, fluctuerend), uitgaande van een representatief productiejaar.

Ook wordt opgegeven wat de laagste temperatuur is waarop binnen de milieubelastende activiteit nog netto warmte kan worden ingezet.

5.4. Analyse en conclusie energie- en warmtegebruik

Naar aanleiding van de bovenstaande onderdelen van het onderzoek moet een analyse worden gemaakt ten aanzien van de verdere verduurzaming van het energie- en warmtegebruik van de milieubelastende activiteit. De analyse en de daaraan verbonden conclusies dienen als onderbouwing voor de eventueel te treffen (kosteneffectieve) maatregelen.

Met een energiebeheersysteem of milieubeheersysteem als bedoeld in artikel 4.14aa, tweede lid, van de Omgevingsregeling of een van de keurmerken, bedoeld in artikel 4.14aa, derde lid, van de Omgevingsregeling en zoals opgenomen in tabel 1 van deze bijlage kan invulling worden gegeven aan dit onderdeel.

6. Analyse productieapparatuur en -installaties (artikel 5.15b, tweede lid, onder e, onder 2, van het Besluit activiteiten leefomgeving)

Tot de onderbouwing van het onderzoek naar de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik, zoals opgenomen in artikel 5.15b, tweede lid, onder e, onder 2, van het Besluit activiteiten leefomgeving, behoort ook een analyse van de productieapparatuur en -installaties en het transport binnen de begrenzing van de locatie waarop de milieubelastende activiteit wordt verricht.

Hieruit volgt een lijst van mogelijke kosteneffectieve maatregelen (onderdeel 7 van deze bijlage). De analyse bestaat uit de volgende onderdelen:

- een beschrijving en analyse van het proces, de productieapparatuur en -installaties, het transport binnen de begrenzing van de locatie waarop de milieubelastende activiteit wordt verricht en overige aan het proces gerelateerde faciliteiten;
- een verduidelijking van de van toepassing zijnde best beschikbare techniek (BBT)-conclusies uit de BREF's[1)] Energie Efficiëntie en de verticale BREF's;
- een scan van de technische isolatie;
- een analyse naar de elektrische aandrijfsystemen; en
- een analyse naar de maatregelen uit de basislijst.

[1)] BAT reference documents

De analyse moet zijn gericht op de mogelijke verduurzaming van het energiegebruik van de productieapparatuur en installaties en leidt tot een conclusie hierover. De onderdelen worden hieronder verder uitgewerkt.

6.1. Beschrijving en analyse van het proces en productieapparatuur en -installaties

Er wordt een beschrijving gegeven en analyse gedaan van het proces, de productieapparatuur en -installaties, intern transport en overige aan het proces gerelateerde faciliteiten. Hierbij moet aandacht worden besteed aan:

- leeftijd en efficiëntie van apparatuur en installaties;
- nullast-verliezen;
- regeltechniek; en
- aanwezige energie- en procesmonitoringsystemen.

Het gaat hierbij om een analyse naar mogelijke locatiespecifieke maatregelen die niet naar voren komen bij de analyse naar isolatie, aandrijfsystemen en basislijst in de onderdelen 6.3, 6.4 en 6.5 van deze bijlage.

Met een energiebeheersysteem of milieubeheersysteem als bedoeld in artikel 4.14aa, tweede lid, van de Omgevingsregeling of een van de keurmerken, bedoeld in artikel 4.14aa, derde lid, van de Omgevingsregeling en zoals opgenomen in tabel 1 van deze bijlage kan invulling worden gegeven aan dit onderdeel.

6.2. BREF's

Voor IPPC-installaties wordt een verduidelijking van de van toepassing zijnde best beschikbare techniek (BBT)-conclusies uit de BREF's Energie Efficiëntie en de verticale BREF's gegeven en een beschrijving van de wijze waarop invulling wordt gegeven aan de BBT-conclusies wanneer er een relatie is met de maatregelen die in beeld worden gebracht met dit onderzoek (voor IPPC-installaties).[1)]

[1)] 1) https://www.infomil.nl/onderwerpen/duurzaamheid-energie/ippc-installaties/brefs-bbt-conclusies/ en https://www.infomil.nl/onderwerpen/duurzaamheid-energie/ippc-installaties/brefs-bbt-conclusies/energie-efficientie/.

6.3. Scan van de technische isolatie

Alle maatregelen die technisch en economisch haalbaar zijn op het gebied van technische isolatie – in ieder geval voor zover die zich binnen vijf jaar terugverdienen – worden in beeld gebracht aan de hand van de in deze paragraaf omschreven scan. Daarnaast wordt in beeld gebracht of degene die de milieubelastende activiteit verricht, heeft geborgd dat het ontwerp, het toepassen en het onderhouden van technische isolatie aandacht krijgt en of er via een plan-do-check-act cyclus wordt gewerkt aan het continu verbeteren en behouden van een goede kwaliteit van de technische isolatie. De in aanmerking komende installaties en het leidingwerk moeten afdoende worden geïsoleerd, voor zover de terugverdientijd van de isolatiemaatregelen ten hoogste vijf jaar bedraagt en rekening houdend met specifieke beperkingen.
Onder technische isolatie wordt verstaan de isolatie van:

- warmte-installaties en het bijbehorende leidingwerk;
- koude-installaties en het bijbehorende leidingwerk; en
- opslagtanks en het bijbehorende leidingwerk.

De isolatie die is gerelateerd aan gebouwen maakt in principe geen deel uit van deze scan. In de scan moeten wel gebouwgebonden isolatiemaatregelen worden betrokken wanneer deze samenhangen met de activiteit- en procesgebonden maatregelen.
Deze scan bestaat uit:

- een inventarisatie van installaties en leidingen die voor isolatie in aanmerking komen; en
- een specificatie van besparingsmaatregelen.

Aan de scan van de technische isolatie kan ook invulling worden gegeven door het overleggen van een Beleidsverklaring of de resultaten van een TIPCheck-onderzoek[1)]. Het TIPCheck-onderzoek kan worden gebruikt als dit onderzoek ten hoogste twee jaar voorafgaand aan het moment van het indienen van de rapportageverplichting is uitgevoerd (de verplichting, bedoeld in artikel 5.15b, van het Besluit activiteiten leefomgeving). Hierna wordt eerst ingegaan op de inventarisatie en specificatie en vervolgens op de Beleidsverklaring.

[1)] https://www.eiif.org/tipcheck

a. Inventarisatie van installaties en leidingen die voor isolatie in aanmerking komen

Alle installaties en leidingwerk die voor isolatie in aanmerking komen, worden in kaart gebracht aan de hand van de volgende uitgangspunten:

- bij warmte-isolatie op basis van het ten hoogste toegestane warmteverlies per vierkante meter oppervlakte, per meter leidingwerk en/of per appendage;
- bij koude-isolatie op basis van de minimale besparing op het energiegebruik van koel- of vriesinstallaties per vierkante meter oppervlakte, per meter leidingwerk en/of per appendage.

Daarbij wordt aangegeven welke andere, aanvullende aspecten van belang zijn voor het kunnen toepassen van isolatie, zodat rekening kan worden gehouden met specifieke beperkingen.
Bij alle isolatiewerken legt degene die de milieubelastende activiteit verricht, vast volgens welke norm de isolatiewerken worden uitgevoerd. Dit moet conform actuele normen en applicatierichtlijnen zijn.

b. Specificatie van isolatiemaatregelen

Met betrekking tot isolatiemaatregelen wordt het volgende in kaart gebracht:

- ongeïsoleerde apparaten, opslagtanks, appendages en leidingwerk;
- beschadigde of verwijderde isolatie en bekleding die moet worden hersteld;
- isolatie die gebreken vertoont (bijvoorbeeld verminderde isolatiewaarde, ijsvorming, condensvorming);
- oude isolatie die is gebaseerd op berekeningen die niet meer actueel zijn; en
- nieuwe installaties en nieuw leidingwerk.

Er wordt vastgesteld waar isolatie moet worden verbeterd of aangebracht en daarbij wordt in kaart gebracht in hoeverre dat op een zelfstandig of op een natuurlijk moment kan gebeuren. Sommige maatregelen kunnen direct worden getroffen. Voor andere maatregelen kan het nodig zijn om te wachten tot een moment waarop een te isoleren procesdeel of leiding buiten bedrijf is. Denk bijvoorbeeld aan hete leidingen waarvan de isolatie moet worden hersteld.

Wanneer niet meer bekend is wat de isolatiewaarde is, moet er voor de uitgangssituatie bij de terugverdientijdberekening van uit worden gegaan dat de isolatie niet aanwezig is.

Als bekend is wat de isolatiewaarde is, maar wanneer die kan worden verbeterd, worden de investeringen en besparingen berekend ten opzichte van de bestaande isolatie. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat de bestaande isolatie nog functioneert zoals oorspronkelijk was bedoeld. Hierbij moet worden gelet op eventuele schade aan de bekleding en de mogelijkheid van indringen van water.

Bij ruimtegebrek kan worden gekozen voor een (meestal duurder) isolatiemateriaal met dezelfde dikte maar met een hogere isolatiewaarde. Eventuele extra kosten worden, net als de kosten voor verwijdering van de oude isolatie, meegerekend bij het bepalen van de terugverdientijd.

Een soortgelijke berekening kan worden uitgevoerd voor na-isolatie van bijvoorbeeld stoomketels die matig geïsoleerd zijn of van bijvoorbeeld glycolvaten met glycol-water oplossingen voor koeldoeleinden.

Op basis van door degene die de milieubelastende activiteit verricht opgestelde toetsingscriteria maken installaties, leidingwerk en appendages, waarbij afwijkingen worden geconstateerd, deel uit van de in onderdeel 7 van deze bijlage geïdentificeerde kosteneffectieve maatregelen.

c. Beleidsverklaring technische isolatie

Aan de scan van de technische isolatie kan ook invulling worden gegeven door het overleggen van een Beleidsverklaring over het bedrijfsbeleid met betrekking tot technische isolatie. Deze verklaring bevat een beschrijving van het huidig beleid voor het ontwerp, het gebruik, het onderhoud en de vervanging van de technische isolatie met het oog op efficiëntieverbetering en energiebesparing. Het beleid en dus de Beleidsverklaring worden door de eindverantwoordelijke voor het verrichten van de milieubelastende activiteit vastgesteld. Dit is in veel gevallen de directie. De Beleidsverklaring is niet alleen toekomstgericht, maar is een weergave van bestaand beleid. De op basis van dit bedrijfsbeleid geïdentificeerde maatregelen maken deel uit van de in onderdeel 7 van deze bijlage geïdentificeerde kosteneffectieve maatregelen.

In de verklaring worden in ieder geval opgenomen:

- dat alle installaties en leidingwerk waarvoor isolatie relevant is, in kaart zijn gebracht (zie onderdeel 6.3, onder a, van deze bijlage);
- welke eisen worden gesteld aan het ontwerp van isolatiesystemen;
- welke eisen worden gesteld aan het in goede staat brengen en houden van isolatie. Onderdeel hiervan is de frequentie waarmee de isolatiesystemen worden geïnspecteerd;
- dat de inspecties worden verricht door personen (medewerkers, adviseurs) die daartoe een opleiding hebben gekregen en waarvan is geborgd dat zij hun kennis onderhouden;
- hoe wordt omgegaan met geconstateerde afwijkingen bij de aangebrachte isolatie;
    - hoe afwijkingen worden vastgelegd en binnen welke termijn afwijkingen worden beoordeeld op tekortkomingen, hoe maatregelen worden ingepland en hoe de geconstateerde tekortkomingen worden verholpen;
    - dat wordt gecontroleerd of de geconstateerde tekortkomingen zijn verholpen en of ze het

gewenste effect hebben gehad;
- dat maatregelen die zich op een zelfstandig moment binnen vijf jaar of minder terugverdienen, worden getroffen; en
- hoe het beleid wordt geëvalueerd en hoe het beleid is gericht op continue verbetering van de isolatie.

6.4. Analyse van aandrijfsystemen

Met een systematische analyse van de elektrische aandrijfsystemen binnen een milieubelastende activiteit worden de mogelijkheden voor het verlagen van het elektriciteits- en energiegebruik van de aandrijfsystemen zelf en van gerelateerde energiegebruikende systemen geïdentificeerd.

Elektrische aandrijfsystemen zijn systemen voor bijvoorbeeld materiaaltransport, pomp-, ventilator-, koel- en persluchtsystemen en andere industriële elektrisch aangedreven machines. Een elektrisch aandrijfsysteem bestaat uit een elektromotor en een aangedreven apparaat, zoals een pomp, ventilator, compressor of machine. Het systeem heeft verder een motorregeling, soms een overbrenging en bijvoorbeeld bij een pomp een leidingsysteem met kleppen.

Deze analyse betreft alle aandrijfsystemen met een elektromotor met een nominaal vermogen van 15 kW en hoger.

De analyse betreft:
- een inventarisatie van de aandrijfsystemen; en
- een specificatie van besparingsmaatregelen voor aandrijvingen en aandrijfsystemen.

Aan de scan van aandrijfsystemen kan ook invulling worden gegeven door het overleggen van een Beleidsverklaring.

a. Inventarisatie van aandrijfsystemen

Er wordt een detaillering opgesteld voor alle volgende aandrijvingen: elektromotor en applicatie (apparaat, machine) met een nominaal vermogen van 15 kW en hoger.
Detailleer voor elektromotor en applicatie[1)] naar:
- nominaal vermogen van de elektromotor (in kW);
- nominale spanning (Volt) (wissel- of gelijkstroom);
- leeftijd/bouwjaar;
- IE-klasse;
- aantal bedrijfsuren per jaar;
- aangedreven apparaat: pomp, ventilator, machine (menger, pers, maler, etc.), persluchtcompressor, procescompressor, koelcompressor;
- type regeling: aan/uit (direct online), softstarter, toerentalregeling, anders;
- aanwezigheid van klepregeling(en) (smoring) en type gebruik/regelstand: vaste instelling of variabel (%-smoring); en
- type belasting:
  - constante belasting (met 0 – 100%); of
  - variabel: belastingvariatie in de tijd, bijvoorbeeld <50%, 75% of 100% gedurende bedrijfstijd.

[1)] Bij productie-eenheden/machines die meerdere aandrijvingen (elektromotoren met eventuele applicaties) bevatten en niet afzonderlijk schakelbaar zijn, kan een aantal gegevens uit de op te stellen detaillering per machine worden geïnventariseerd.

b. Specificatie van besparingsmaatregelen aandrijfsystemen

De installaties uit de inventarisatie die beantwoorden aan de kenmerken uit onderstaande tabel worden doorgelicht op mogelijke verbeteringsmaatregelen.
Een verbetering aan het systeem als geheel verdient daarbij de voorkeur boven een verbetering aan alleen de motor.

Per maatregel worden de gespecificeerde gegevens opgenomen.

Elektrisch aandrijfsysteem	Relevante kenmerken bij periodiek onderzoek	Mogelijke maatregelen, nader uit te werken bij onderdeel 7
• Motor • Machine	I) Die ouder zijn dan 15 jaar of met een lage efficiëntie (<IE3) (efficiëntie volgens Verordening (EU) 2019/1781[1)]).	Vervanging van motor en/of applicatie na einde economische levensduur voor hoog-efficiënte exemplaren met juiste dimensionering.

Pomp (inclusief motor)	II) Die ouder zijn dan 15 jaar of met een lage efficiëntie (lager dan de minimum efficiëntie volgens Verordening (EU) 547/2012[2]).	
Ventilator (inclusief motor)	III) Die ouder zijn dan 10 jaar of met een lage efficiëntie (lager dan de minimum efficiëntie volgens Verordening (EU) 327/2011[3]).	
Compressor (inclusief motor)	IV) Waar de compressor(en) package ouder is/zijn dan 10 jaar.	
• Motor • Pomp • Ventilator • Compressor • Machine	V) Die niet worden geschakeld (uit of laag) bij lagere (proces)belasting of nullast, die onafhankelijk van de procesvraag (blijven) draaien.	Een correcte regeling van de systemen zodat onnodig in gebruik zijnde motoren, pompen, ventilatoren, compressoren en machines worden uitgeschakeld en onnodige bypasses worden verwijderd.
• Motor • Machine	VI) Die niet zijn aangepast op veranderde functionele eisen (ten opzichte van het ontwerp), waardoor deze onderbelast draaien (lage belasting, <60%).	Pas het werktuig aan of vervang het werktuig door een hoog-efficiënte exemplaar en stel vermogen, frequentie, debiet en regeling adequaat af op de vraag; controleer dit periodiek.
• Pomp • Ventilator • Compressor	VII) Die niet zijn aangepast op veranderde functionele eisen (ten opzichte van het ontwerp), waardoor deze niet voldoende uren maken rond het optimale werkgebied/BEP (best efficiency point).	
• Motor • Pomp • Ventilator • Compressor • Machine	VIII) Die inefficiënte componenten of instellingen hebben, zoals regelkleppen met smoring, vanes, inefficiënte transmissies, bypasses, of (delen van) leidingwerk met een hoge stromingsweerstand.	Vervangen of aanpassen van een of meer componenten van de aandrijfsystemen, bijvoorbeeld door het verwijderen van smoringen en het toepassen van een toerenregeling, een hoog-efficiënte transmissie, een direct drive met toerenregeling of het aanpassen van leidingwerk.

[1)] Verordening (EU) 2019/1781 van de Commissie van 1 oktober 2019 tot vaststelling van eisen inzake ecologisch ontwerp voor elektromotoren en snelheidsvariatoren overeenkomstig Richtlijn 2009/125/EG van het Europees parlement en de Raad, tot wijziging van Verordening (EG) nr. 641/2009 betreffende eisen inzake ecologisch ontwerp voor stand-alone natloper-circulatiepompen en in producten ingebouwde natloper-circulatiepompen en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 640/2009 van de Commissie (PbEU 2019, L272) (Verordening (EU) 2019/1781). Verordening (EU) 2019/1781 stelt minimum efficiëntie-eisen voor elektromotoren en toerenregeling van 0,12 tot 1.000 kW.

[2)] Verordening (EU) nr. 547/2012 van de Commissie van 25 juni 2012 tot uitvoering van Richtlijn 2009/125/EG van het Europees parlement en de Raad betreffende eisen inzake ecologisch ontwerp voor waterpompen (PbEU 2012, L 165) (Verordening (EU) 547/2012). Deze verordening stelt minimumeisen voor het ecologisch ontwerp van waterpompen.

[3)] Verordening (EU) nr. 327/2011 van de Commissie van 30 maart 2011 tot uitvoering van Richtlijn 2009/125/EG van het Europees parlement en de Raad met betrekking tot de eisen inzake ecologisch ontwerp voor door motoren aangedreven ventilatoren met een elektrisch ingangsvermogen tussen 125 W en 500 kW (PbEU 2011, L 90) (Verordening (EU) 327/2011). Deze verordening stelt minimumeisen voor industriële ventilatoren (0,125 – 500 kW).

c. Beleidsverklaring aandrijfsystemen

Aan de scan van aandrijfsystemen kan ook invulling worden gegeven door het overleggen van een Beleidsverklaring over huidig bedrijfsbeleid met betrekking tot aandrijfsystemen. Deze verklaring bevat een beschrijving van het beleid voor het ontwerp, gebruik en onderhoud en de vervanging van de elektrische aandrijfsystemen met het oog op efficiëntieverbetering en energiebesparing. Deze verklaring wordt vastgesteld door degene die de milieubelastende activiteit verricht. In veel gevallen zal een dergelijke beleidsverklaring door de directie van een bedrijf worden vastgesteld. De verklaring is niet alleen toekomstgericht, maar een weergave van bestaand beleid. De op basis van dit bedrijfsbeleid geïdentificeerde maatregelen maken deel uit van de in onderdeel 7 van deze bijlage bedoelde geïdentificeerde kosteneffectieve maatregelen.

In de verklaring moet in ieder geval worden opgenomen dat:

- periodiek de gegevens van de belangrijkste energiegebruikende elektrische aandrijfsystemen worden geactualiseerd (zie onderdeel 6.4, onder a, van deze bijlage);
- periodiek de mogelijkheden om de efficiëntie en het energiegebruik van de aandrijfsystemen te verbeteren worden onderzocht en gerapporteerd, waarbij in ieder geval worden beschouwd (zie

onderdeel 6.4, onder b, van deze bijlage):
    - vervanging van motor en/of applicatie na het einde van de economische levensduur voor hoog-efficiënte exemplaren;
    - een correcte regeling van de systemen zodat onnodig in gebruik zijnde motoren, pompen, ventilatoren, compressoren en machines worden uitgeschakeld en onnodige bypasses worden verwijderd;
    - vermogen, frequentie, debiet en regeling adequaat worden afgesteld op de vraag; en
    - aanpassingen aan systemen met meervoudige pompen, ventilatoren en compressoren door een betere regeling en/of systeemaanpassingen voor een optimaal energiegebruik;
- er een onderhouds- en vervangingsstrategie is, waarin is opgenomen:
    - wat het vervangingsbeleid is op een natuurlijk moment (dat wil zeggen een gepland of ongepland investeringsmoment);
    - hoe het natuurlijk moment is gedefinieerd met betrekking tot het einde van de economische levensduur/afschrijving;
    - hoe het aspect systeemoptimalisatie wordt geborgd; en
    - dat maatregelen die zich op een zelfstandig moment binnen vijf jaar of minder terugverdienen, worden getroffen.

6.5. Basislijst

De basislijst is een lijst bestaande uit diverse breed toepasbare maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik. Deze basislijst wordt in het kader van het onderzoek naar maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik vergeleken met de specifieke situatie van de milieubelastende activiteit. Daarbij wordt voor de van toepassing zijnde maatregelen van de basislijst aangegeven of deze kosteneffectief zijn voor de specifieke situatie van de milieubelastende activiteit.

De basislijst voor de onderzoeksplicht bestaat uit:
- een beschrijving van het doelmatig beheer en een onderhoudsprogramma met betrekking tot:
    - condenspotten;
    - luchtkoelers;
    - persluchtsystemen; en
    - leidingsystemen en luchtkanalen (warmtewisselaars, regelkleppen, leidingen); en
- een lijst met specifieke maatregelen zoals hieronder opgenomen.

Lijst specifieke maatregelen

Categorie stoom
- Gebruik een economiser om warmte uit rookgassen van de stoomketel nuttig in te zetten.
- Zuig warme lucht aan uit het bovendeel van het ketelhuis voor de brander van de stoomketel.
- Gebruik een rookgascondensor om warmte uit rookgassen van de stoomketel nuttig in te zetten.
- Pas een reverse osmose (RO)-installatie toe om de ketelwaterkwaliteit te verbeteren.
- Pas mechanische dampcompressie toe om stoom te produceren uit lagedruk stoom.

Categorie procesbaden
- Pas een warmtepomp toe voor de verwarming van een procesbad.
- Dek warme procesbaden af om het warmteverlies te beperken.

Categorie procesapparatuur
- Pas modulerende branders toe bij doorloop gloeiovens.
- Pas vermogensregeling toe op de ventilatietoevoer van de moffeloven.

Categorie proceswarmte
- Gebruik een warmtepomp om restwarmte uit een koeltoren terug te winnen.

Categorie proceskoeling
- Pas een drycooler toe voor de koeling van procesapparatuur.

Categorie productkoeling
- Gebruik restwarmte van de condensors van de koelinstallatie.
- Pas een condensordrukregeling op buitenluchttemperatuur toe op de koelinstallatie.

Categorie drogen

- Gebruik een twincoil warmtewisselaar om warmte in drooglucht te benutten.
- Gebruik een kruisstroom warmtewisselaar om warmte in drooglucht te benutten.

In afwijking van de hierboven opgenomen basislijst moet wanneer er sprake is van een activiteit zoals aangewezen in artikel 3.205 van het Besluit activiteiten leefomgeving (glastuinbouwbedrijf), onderstaande lijst worden gebruikt.

Lijst specifieke maatregelen voor glastuinbouwbedrijven

Categorie glastuinbouwbedrijf

- Vervang bij de groeibelichting SON-T armaturen door LED-armaturen.
- Breng in de kas een transparant horizontaal scherm aan als tweede scherm.
- Pas actieve ontvochtiging toe, bijvoorbeeld door middel van een warmtepomp.
- Vervang circulatieventilatoren van klasse IE2 of lager door gelijkstroom circulatieventilatoren.
- Pas meerdere schakelgroepen toe bij de groeibelichting in de kas.
- Pas een set van meerdere en specifieke sensoren toe in een kasafdeling voor een betere beheersing van het binnenklimaat.
- Pas een frequentieregeling toe op elektrische aandrijfsystemen in de kas, zoals bij pompen, ventilatoren en transportbanden.

6.6. Conclusie analyse productieapparatuur en -installaties

Naar aanleiding van de uitwerking van de hiervoor in deze bijlage opgenomen onderdelen van het onderzoek wordt een analyse gemaakt ten aanzien van de verdere verduurzaming van productieapparatuur en -installaties binnen de milieubelastende activiteit. De analyse en conclusie dienen als onderbouwing voor de mogelijk nog te treffen (kosteneffectieve) maatregelen.

7. Inventarisatie kosteneffectieve maatregelen (artikel 5.15b, tweede lid, onder e, van het Besluit activiteiten leefomgeving)

Op basis van de uitwerking van de hiervoor in deze bijlage opgenomen onderdelen van het onderzoek worden de kosteneffectieve maatregelen geïnventariseerd. Deze inventarisatie is onderdeel van de gevraagde onderbouwing van het onderzoek, bedoeld in artikel 5.15b, tweede lid, onder e, van het Besluit activiteiten leefomgeving. Bij kosteneffectieve maatregelen gaat het om maatregelen die binnen de levensduur van de maatregel zijn terug te verdienen. Van deze geïdentificeerde maatregelen wordt vervolgens de terugverdientijd berekend, waarna een overzicht van maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik met een terugverdientijd van vijf jaar of minder overblijft.

Per kosteneffectieve maatregel worden de volgende gegevens in het overzicht van kosteneffectieve maatregelen opgenomen:

- het onderdeel waar de maatregel wordt of zou moeten worden getroffen;
- een onderbouwing van de geraamde kosten;
- de verwachte energiebesparing (in kWh elektriciteit, m^3 aardgas, GJ warmte of andere termen wanneer sprake is van andere energiedragers) en CO_2-reductie (ton CO_2) inclusief een onderbouwing;
- de (geraamde) terugverdientijd, waarbij wordt aangegeven met welke energieprijzen is gerekend; en
- eventuele belemmeringen voor het treffen van de kosteneffectieve maatregel (wanneer van toepassing).

8. Basischeck structurele energiezorg (artikel 5.15b, tweede lid, onder e, onder 3, van het Besluit activiteiten leefomgeving)

Er wordt een beschrijving van de structurele energiezorg gegeven aan de hand van de BasisCheck Energiezorg. Als alle vragen bevestigend zijn beantwoord, kan ervan worden uitgegaan dat er sprake is van een goed werkend energiezorgsysteem.

Met een energiebeheersysteem of milieubeheersysteem als bedoeld in artikel 4.14aa, tweede lid, van de Omgevingsregeling kan invulling worden gegeven aan dit onderdeel.

Basischeck energiezorg

B Beleid

1. Is een medewerker aangesteld om energiezorg te implementeren, een energieteam samen te stellen, te rapporteren aan de eindverantwoordelijke voor het verrichten van de milieubelastende activiteit en het bewustzijn van het energiebeleid te bevorderen?
2. Is de Beleidsverklaring, waarin wordt gestreefd naar continue verbetering, vastgesteld en geïmplementeerd door het hoogste leidinggevende (operationele) niveau?
3. Is vastgelegd (schriftelijk of elektronisch) voor welke gebouwen en/of processen energiezorg van toepassing is?

P Plan

4. Zijn de energiegebruiken bekend en beschikbaar?
5. Heeft degene die de milieubelastende activiteit verricht op basis van de energiegebruiken de belangrijke energieaspecten bepaald en wordt dit actueel gehouden?
6. Is er een uitvoeringsplan om de energieprestatie te verbeteren en is dit in overeenstemming met het beleid?

D Do

7. Zijn taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden vastgesteld voor medewerkers betrokken bij energiezorg (bijvoorbeeld energieaspecten, energiegebruik, doelstellingen en corrigerende maatregelen)?
8. Is de noodzakelijke kennis en informatie op het gebied van efficiënt energiegebruik bekend en zijn de medewerkers die het energiegebruik kunnen beïnvloeden geïnstrueerd en/of opgeleid voor de taken onder 7?
9. Wordt intern regelmatig over de energieprestatie en energiezorg gesproken op uitvoerend en directieniveau en is afgesproken hoe en aan wie de energieprestaties worden bekendgemaakt?
10. Worden afdoende financiële middelen ter beschikking gesteld voor het beheersen en verbeteren van de energieprestatie (gebruik en efficiëntie)?
11. Is afgesproken dat het energiegebruik van de activiteiten wordt beheerst? Wordt dit gedaan door monitoringinformatie te gebruiken en bij de inkoop en het ontwerp van goederen en diensten te kijken naar de consequentie voor het energiegebruik, waarbij ontwerpresultaten worden geregistreerd?

C Check

12. Wordt bij afwijking van het energiegebruik de oorzaak onderzocht en worden maatregelen getroffen om herhaling te voorkomen?
13. Wordt ten minste eenmaal per jaar een interne beoordeling van het energiezorgsysteem uitgevoerd en wordt over de werking gerapporteerd aan eindverantwoordelijke voor het verrichten van de milieubelastende activiteit als input voor een managementreview?

A Act

14. Wordt de werking van het energiezorgsysteem ten minste eenmaal per jaar door de eindverantwoordelijke voor het verrichten van de milieubelastende activiteit beoordeeld (Beleidsverklaring) en worden de resultaten hiervan gedocumenteerd?

9. Overzicht van de maatregelen die nog niet zijn getroffen en het moment waarop die maatregelen alsnog worden getroffen (artikel 5.15b, tweede lid, onder c, van het Besluit activiteiten leefomgeving)

Op basis van een analyse aan de hand van de terugverdientijd en de technische randvoorwaarden behorend bij de kosteneffectieve maatregelen wordt een lijst opgesteld met daarop opgenomen de maatregelen ter verduurzaming van het energiegebruik die moeten worden getroffen. Er wordt een uitvoeringsplan gemaakt met de van toepassing zijnde maatregelen die nog niet zijn getroffen, met daarin een onderbouwing waarom de maatregelen nog niet zijn getroffen en een onderbouwing van de keuze voor het moment waarop de maatregelen alsnog worden getroffen.

Per maatregel worden de volgende gegevens opgenomen:

- het jaar waarin de maatregelen zullen worden getroffen;
- een beschrijving van een mogelijke belemmering en de actie die wordt verricht om deze belemmering weg te nemen; en

- een beschrijving van het natuurlijk moment, als een maatregel zich pas dan binnen vijf jaar terugverdient (wanneer van toepassing).

Bijlage XVc. (kosteneffectiviteit)
Methodiek en afwegingsgebied

Om te bepalen of bij een maatregel om emissies naar de lucht te verlagen sprake is van buitensporig hogere kosten wordt een berekening uitgevoerd volgens de methodiek in deze bijlage. Bij een maatregel om emissies van stikstofoxiden (NO_x), zwaveldioxide (SO_2), vluchtige organische stoffen (VOS) of totaal stof te verlagen is sprake van buitensporig hogere kosten als de totale jaarlijkse kosten hoger zijn dan de hoogste waarde van het afwegingsgebied weergegeven in tabel 1. Is de kosteneffectiviteit lager dan de hoogste waarde van het afwegingsgebied, dan is de maatregel in beginsel kosteneffectief. Voor stoffen waarvoor geen afwegingsgebied is vastgesteld dient de kosteneffectiviteitsmethodiek ook te worden toegepast. Het bevoegd gezag beoordeelt in die gevallen aan de hand van de uitkomsten van de kosteneffectiviteitsberekening uit deze bijlage of sprake is van buitensporig hoge kosten. Met uitzondering van het afwegingsgebied zoals opgenomen in tabel 1, wordt de methodiek in deze bijlage tevens gebruik bij het beoordelen van de kosten en het rendement van technieken bij het opstellen van vermijdings- en reductieprogramma's om te voldoen aan de minimalisatieverplichting voor zeer zorgwekkende stoffen. Het bevoegd gezag beoordeelt op basis van de kostenberekening of de maatregel ten behoeve van de minimalisatieverplichting kosteneffectief is voor zeer zorgwekkende stoffen.

A. Berekening kosteneffectiviteit
Kosteneffectiviteit = totale netto jaarlijkse kosten/ totale jaarlijkse emissiereductie

B. Berekening totale netto jaarlijkse kosten
De totale netto jaarlijkse kosten is een optelsom van de kapitaalskosten, de bouwkundige kapitaalskosten, de vaste operationele kosten en de variabele operationele kosten verminderd met de opbrengsten en besparingen.

De kapitaalskosten worden berekend door:

$K_k = (A_{prijs} + I_{bijk} + I_{eenm} + K_{des}) \times AN_{elek}$

Waarin: A_{prijs} Aanschaffingsprijs

I_{bijk} Bijkomende investeringen

I_{eenm} Eenmalige investeringen

K_{des} Kapitaalvernietiging door desinvesteringen

AN_{elek} Annuïteit elektromechanisch

De bouwkundige kapitaalskosten worden berekend door:

$K_b = B_i \times AN_{bouw}$

Waarin: B_i Bouwkundige investeringen

AN_{bouw} Annuïteit bouwkundig

De vaste operationele kosten worden berekend door:

de kosten voor onderhoud, bediening en de overige operationele kosten bij elkaar op te tellen.

De variabele operationele kosten worden berekend door:

de voorzieningen voor gas, elektriciteit, water, stroom, etc., op te tellen bij de kosten voor reststoffenverwerking en lozingsheffingen en de overige variabele operationele kosten.

C. Berekening totale jaarlijkse emissiereductie
De totale jaarlijkse emissiereductie wordt berekend door de jaarlijkse ongereinigde vracht te verminderen met de jaarlijkse restemissie, jaarlijkse emissies tijdens storingen en de jaarlijkse emissies tijdens onderhoud.

Standaardwaarden
Som bijkomende en eenmalige investeringen*: 30–250% van aanschaffingsprijs

Eenmalige investeringen*: 25% van aanschaffingsprijs

Vaste operationele kosten*: 3–5% van de aanschaffingsprijs en bijkomende investeringen

Voorzieningen-prijzen: uit DACE-prijzenboekje (24)

Tijdsduur storingen en onderhoud: 2% van de bedrijfstijd

* De bijkomende en eenmalige investeringskosten en vaste operationele kosten moeten worden afgeleid uit het verkennend ontwerp. Als het verkennend ontwerp niet genoeg houvast biedt, kan met de standaardwaarden worden gewerkt.

Berekening annuïteit
De annuïteit is de factor die uitdrukt wat de jaarlijkse kosten zijn van een eenmalige investering.

De annuïteit wordt uit rente plus afschrijving berekend volgens:

Waarin: *i* Rentevoet (dimensieloos)

n Afschrijvingstermijn (in jaar)

Voor een rentevoet van 5% (i = 0,05) is de annuïteit bij een afschrijvingstermijn van 10 jaar gelijk aan 0,130 en bij een afschrijvingstermijn van 25 jaar gelijk aan 0,071.

De afschrijvingstermijn vangt aan op het moment dat de installatie in bedrijf wordt genomen. Kapitaalskosten die worden gemaakt voor dit tijdstip vallen onder het begrip “bouwrente” en maken onderdeel uit van de eenmalige investeringen.

Rentevoet (i)

De vaste rentevoet is gesteld op 5%. Bij een rentevoet van 5% (i=0,05) geldt de weergegeven annuïteit.

Tabel 1. Afwegingsgebied

	Afschrijvingstermijn (jaar)	Annuïteit
Elektromechanisch	10	0,130
Bouwkundig	25	0,071

Afschrijvingstermijn (n)

In de methodiek worden de volgende afschrijvingstermijnen gehanteerd:

•. 10 jaar voor het elektromechanische deel van de milieu-investering;

•. 25 jaar voor het bouwkundig deel van de milieu-investering.

Onder het elektromechanische deel wordt alle apparatuur verstaan, compleet met instrumentatie en dergelijke. Onder het bouwkundige deel worden vaak de hallen, loodsen, funderingen, leidingbruggen en dergelijke verstaan. De reden dat deze bouwkundige investeringen over een langere termijn worden afgeschreven is dat de levensduur veelal langer is dan 10 jaar en dat deze voorzieningen ook bruikbaar blijven als de huidige apparatuur wordt vervangen. Echter, in praktijk zijn (delen van) de bouwkundige investeringen toch installatiespecifiek en moeten deze worden verwijderd als de apparatuur is afgeschreven, wordt ontmanteld en niet meer wordt vervangen. Als dit wordt voorzien, dan moeten deze installatiespecifieke bouwkundige voorzieningen worden gerekend tot het elektromechanische gedeelte en dus worden afgeschreven over 10 jaar.

Tabel 1. Afwegingsgebied

	Afwegingsgebied (€/kg)
NO_x	5 – 20
SO_2	5 – 10
VOS	8 – 15
Stof	8 – 15

Bijlage XVd (openbaarmaking gegevens energie-efficiëntie datacentra)

In deze bijlage behorend bij artikel 4.14c, tweede lid, van de Omgevingsregeling zijn de uitvoeringstechnische regels opgenomen die in acht moeten worden genomen bij het verzamelen en openbaar maken van informatie over de categorieën van gegevens, bedoeld in artikel 5.16b, tweede lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving. De kernprestatie-indicatoren en de wijze waarop deze worden bepaald, gemeten en openbaar gemaakt zijn hieronder opgenomen.

1. Geïnstalleerde vermogen in kilowatt

Het geïnstalleerde vermogen in kilowatt, bedoeld in artikel 5.16b, tweede lid, onder d, van het Besluit activiteiten leefomgeving wordt gemonitord, gemeten en openbaargemaakt aan de hand van de volgende kernprestatie-indicator:

De vermogensvraag van de geïnstalleerde informatietechnologieapparatuur in kW.

Deze kernprestatie-indicator meet de vermogensvraag van de geïnstalleerde informatietechnologieapparatuur in de computerruimte van het rekencentrum of datacentrum in kilowatt. Het gaat hierbij om de som van het nominaal vermogen, in kW, van het netwerk of de netwerken, de servers en de opslagapparatuur die geïnstalleerd zijn in de computerruimte van het rekencentrum of datacentrum.

Wanneer de vermogensvraag van de geïnstalleerde informatietechnologieapparatuur is veranderd tijdens het voorafgaande kalenderjaar, wordt een gewogen gemiddelde gebruikt.

Wanneer de vermogensvraag van de geïnstalleerde informatietechnologieapparatuur niet bepaald kan worden, moet de nominale vermogensvraag van de geïnstalleerde informatietechnologieapparatuur gebruikt worden. Wanneer de nominale vermogensvraag van de geïnstalleerde informatietechnologieapparatuur is veranderd tijdens het voorafgaande kalenderjaar, wordt een gewogen gemiddelde gebruikt.

In de rapportage wordt aangegeven of deze kernprestatie-indicator gemonitord en openbaar gemaakt wordt op basis van de vermogensvraag van de geïnstalleerde informatietechnologieapparatuur of de nominale vermogensvraag van de geïnstalleerde informatietechnologieapparatuur.

2. Vloeroppervlakte in vierkante meters

De vloeroppervlakte in vierkante meters, bedoeld in artikel 5.16b, tweede lid, onder e, van het Besluit activiteiten leefomgeving wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt aan de hand van de volgende kernprestatie-indicatoren:

2.1 Totale vloeroppervlakte in m2

De totale vloeroppervlakte van het rekencentrum of datacentrum, bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, wordt gemeten en openbaar gemaakt in m2. Het gaat hierbij om de som van de vloeroppervlakte die wordt ingenomen door de computerruimte(n) van het rekencentrum of datacentrum en de vloeroppervlakte die wordt ingenomen door de apparatuur die nodig is voor de goede werking van het rekencentrum of datacentrum.

Als op de locatie van de milieubelastende activiteit gebruik gemaakt wordt van apparatuur, die ook gebruikt wordt voor andere functies binnen hetzelfde gebouw (bijvoorbeeld een gezamenlijk koelingssysteem voor een gebouw), wordt de totale vloeroppervlakte van de milieubelastende activiteit, bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, berekend door een percentage van de vloeroppervlakte die door deze apparatuur wordt ingenomen op te tellen bij de vloeroppervlakte van het rekencentrum of datacentrum. Het percentage van de vloeroppervlakte die door deze apparatuur wordt ingenomen reflecteert de nominale vermogensbehoefte van de computerruimte(n) binnen de milieubelastende activiteit.

2.2 Vloeroppervlak van de computerruimte in m2
De vloeroppervlakte van de computerruimte wordt gemeten en openbaar gemaakt in m2. Als het rekencentrum of datacentrum, bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, uit meerdere structuren bestaat, wordt de waarde van de totale vloeroppervlakte van de computerruimtes opgegeven.

3. Gegevens over het rekencentrum of datacentrum
Tot de gegevens over het rekencentrum of datacentrum die moeten worden verzameld en openbaar gemaakt op grond van artikel 5.16b, tweede lid, onder f, van het Besluit activiteiten leefomgeving behoort informatie over de exploitatie van het rekencentrum of datacentrum, bestaande uit:

3.1 Informatie over het type datacentrum
Er wordt een keuze gemaakt uit:

- •Enterprise datacentrum;
- •Colocatiedatacentrum; of
- •Co-hostingdatacentrum.

Indien een colocatiedatacentrum ook co-hosting diensten aanbiedt of indien een co-hostingdatacentrum ook colocatiediensten aanbiedt, wordt dit in de rapportage aangegeven. In de rapportage wordt de structuur van het datacentrum indien nodig verduidelijkt.

3.2 Informatie over redundantie:
Het gaat hierbij om de volgende informatie:

1. Het redundantieniveau van elektrische infrastructuur op:
    a. hoogspanningsniveau;
    b. laagspanningsniveau (inregeling); en
    c. rackniveau.
2. Het redundantieniveau van koelinfrastructuur op:
    a. ruimteniveau;
    b. rackniveau.

4. Energiegebruik
Het energiegebruik, bedoeld in artikel 5.16b, tweede lid, onder f, onder 1°, van het Besluit activiteiten leefomgeving wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt aan de hand van de volgende kernprestatie-indicatoren:

4.1 Totaal energiegebruik in kWh
Het totaal energiegebruik wordt in kilowattuur gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt.

Gebruikte energie die geproduceerd wordt door noodaggregaten wordt apart gemeten.

Het totale energieverbruik wordt gemeten bij de ingang van het rekencentrum of datacentrumsysteem vóór de schakelinrichting voor stroomoverbrenging. De meetpunten worden ingesteld bij de primaire en secundaire energievoorziening en bij elke aanvullende voorziening, bijvoorbeeld bij noodaggregaten. In geval van een warmtekrachtkoppeling of absorptiekoeler binnen het systeem, moet het meetpunt zich aan de ingang daarvan bevinden. In het geval van een warmtekrachtkoppeling buiten het systeem, moeten de meetpunten zich bij de elektriciteits- en warmte-afgifte bevinden, en in het geval van een absorptiekoelmachine buiten het systeem, moet het meetpunt bij de koelafgifte liggen.

4.2 Totaal energiegebruik van informatietechnologieapparatuur in kWh
Het totaal energiegebruik van informatietechnologieapparatuur wordt in kWh gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt.

Deze kernprestatie-indicator wordt gemeten bij elk systeem voor niet-onderbreekbare stroomvoorziening dat is aangesloten op informatietechnologieapparatuur.

Als er geen sprake is van een systeem voor niet-onderbreekbare stroomvoorziening, bijvoorbeeld wanneer er gebruik gemaakt wordt van gelijkstroom, wordt de kernprestatie-indicator op een van de volgende manieren gemeten:

- bij de stroomverdelingseenheid (PDU) die is aangesloten op de informatietechnologieapparatuur;
- overeenkomstig een gangbare standaardisatiemethode; of
- bij een meetpunt dat door de exploitant van een rekencentrum of datacentrum zelf wordt gespecificeerd.

4.3 Functies in het elektriciteitsnet
Bij deze kernprestatie-indicator wordt openbaar gemaakt welke functies het rekencentrum of datacentrum vervult die de stabiliteit, betrouwbaarheid en veerkracht van het elektriciteitsnet ondersteunen.

4.4 Gemiddelde batterijcapaciteit in kW
Bij deze kernprestatie-indicator wordt de gemiddelde capaciteit in kW van de rekencentrum- of datacentrumbatterijen die via een relevante markt of contracten voor functies van het elektriciteitsnet beschikbaar wordt gesteld, openbaar gemaakt.

5. Waterverbruik in kubieke meters
Het waterverbruik, bedoeld in artikel 5.16b, tweede lid, onder f, onder 2°, van het Besluit activiteiten leefomgeving wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt aan de hand van de volgende kernprestatie-indicatoren:

- het totale waterverbruik in kubieke meters; en
- het totale drinkwaterverbruik in kubieke meters.

6. Restwarmtegebruik
Het restwarmtegebruik, bedoeld in artikel 5.16b, tweede lid, onder f, onder 3°, van het Besluit activiteiten leefomgeving wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt aan de hand van de volgende kernprestatie-indicatoren:

6.1 (Her)gebruikte restwarmte in kWh
De (her)gebruikte restwarmte wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt in kWh. Het gaat hierbij om de (her)gebruikte restwarmte buiten de locatie van de milieubelastende activiteit, bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving.

6.2 Gemiddelde restwarmtetemperatuur in graden Celsius
De gemiddelde restwarmtetemperatuur van de milieubelastende activiteit wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt in graden Celsius. Deze kernprestatie-indicator wordt gemeten als de temperatuur van de vloeistof waarmee de informatie- en communicatietechnologieapparatuur in de computerruimte wordt gekoeld, die wordt berekend als jaargemiddelde op elk meetpunt.

De restwarmtetemperatuur wordt gemeten op het punt waar de verwarmde vloeistof de warmtewisselaar binnengaat op de grens van de computerruimte van het rekencentrum of datacentrum. Voor een rekencentrum of datacentrum met warmteterugwinning is dat bij de warmte-terugwinningswisselaar. Als er geen sprake is van warmteterugwinning, dan wordt de meting uitgevoerd bij elke warmtewisselaar bij de grens van de computerruimte die de warmte van de informatietechnologieapparatuur geleidt.

6.3 Soorten koelmiddelen
Het gaat hier om de soorten koelmiddelen die worden gebruikt in de koel- en klimaatregelingsapparatuur van de computerruimte van het rekencentrum of datacentrum. Bij deze kernprestatie-indicator wordt de gangbare naam of industriële benaming van elk soort koelmiddel, dat wordt gebruikt in overeenstemming met de bijlagen bij Verordening (EU) nr. 517/2014 van het Europees Parlement en de Raad van 16 april 2014 betreffende gefluoreerde broeikasgassen en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 842/2006 (PbEU 2014, L 150), openbaar gemaakt.

6.4 Koeldagen in graaddagen
De koeldagen in graaddagen worden gemeten als het aantal koeldagen in graaddagen voor de locatie van de milieubelastende activiteit over het voorafgaande kalenderjaar. Voor het bepalen van de graaddagen wordt uitgegaan van een basistemperatuur van 21 graden Celsius.

7. Temperatuurinstelpunten
De temperatuurinstelpunten, bedoeld in artikel 5.16b, tweede lid, onder f, onder 4°, van het Besluit activiteiten leefomgeving worden gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt aan de hand van de gemiddelde insteltemperatuur van de inlaatlucht van de informatietechnologieapparatuur in graden Celsius. Deze kernprestatie-indicator wordt gemeten als de gemiddelde insteltemperatuur in alle computerruimten van het rekencentrum of datacentrum, die wordt berekend als jaargemiddelde en overeenkomt met de instelwaarde van het koelsysteem dat wordt gebruikt voor de informatie- en communicatietechnologieapparatuur in deze computerruimten.

8. Gebruik van hernieuwbare energie in kilowattuur
Het gebruik van hernieuwbare energie, bedoeld in artikel 5.16b, tweede lid, onder f, onder 5°, van het Besluit activiteiten leefomgeving wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt aan de hand van kernprestatie-indicatoren in kWh. Deze kernprestatie-indicator bestaat uit de som van de volgende drie kernprestatie-indicatoren die ook gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt worden:

a. totale hernieuwbare energieconsumptie met een garantie van oorsprong1 in kWh;
b. totale hernieuwbare energieconsumptie uit stroomafnameovereenkomsten in kWh; en
c. totale consumptie van hernieuwbare energie die is geproduceerd binnen de locatie van de milieubelastende activiteit in kWh.

9. De hoeveelheid in het rekencentrum of datacentrum opgeslagen en verwerkte data
De hoeveelheid in het rekencentrum of datacentrum opgeslagen en verwerkte data, bedoeld in artikel 5.16b, tweede lid, onder g, van het Besluit activiteiten leefomgeving wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt aan de hand van de volgende kernprestatie-indicatoren:

9.1 ICT-capaciteit voor servers
De kernprestatie-indicator is de som van de prestaties in actieve modus voor alle servers. De ICT-capaciteit van een server wordt beoordeeld aan de hand van de prestaties in actieve modus zoals aangegeven in de informatie van de fabrikant overeenkomstig Verordening (EU) 2019/424 van de Commissie van 15 maart 2019 tot vaststelling van eisen inzake ecologisch ontwerp voor servers en gegevensopslagproducten overeenkomstig Richtlijn 2009/125/EG van het Europees Parlement en de Raad en tot wijziging van Verordening (EU) nr. 617/2013 van de Commissie (PbEU 2019, L 74).

De waarde van de prestaties in actieve modus voor de geconfigureerde server of groep servers in een computerruimte van een rekencentrum of datacentrum wordt ofwel geïnterpoleerd uit de opgegeven prestatie in actieve modus voor een configuratie die is opgegeven op grond van Verordening (EU) 2019/424 van de Commissie van 15 maart 2019 tot vaststelling van eisen inzake ecologisch ontwerp voor servers en gegevensopslagproducten overeenkomstig Richtlijn 2009/125/EG van het Europees Parlement en de Raad en tot wijziging van Verordening (EU) nr. 617/2013 van de Commissie (PbEU 2019, L 74). De waarde zoals verstrekt door een serverfabrikant, of afgeleid uit een tabel met waarden voor CPU-onderdeelnummers die is opgesteld aan de hand van een grote dataset, of, als er een erkende berekeningsmethode bestaat, geschat op basis van een grote dataset van gemeten waarden. Als er geen erkende berekeningsmethode bestaat, wordt gebruikgemaakt van de prestaties van de opgegeven configuratie die het best overeenstemt met de geconfigureerde server.

Er wordt gerapporteerd over de apparatuur die aanwezig is op 31 december van het voorafgaande kalenderjaar.

Als de ICT-capaciteit voor servers niet volledig bekend is, wordt ten minste gerapporteerd over deze kernprestatie-indicator voor alle nieuwe servers die binnen de milieubelastende activiteit, bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, geïnstalleerd worden na 15 juni 2024. Degene die de milieubelastende activiteit verricht, maakt een schatting van het percentage van de vloeroppervlakte van de computerruimte van het rekencentrum of datacentrum waar de kernprestatie-indicator betrekking op heeft.

Wanneer er sprake is van een colocatiedatacentrum, als bedoeld in onderdeel 3 van deze bijlage, en degene die de activiteit verricht onvoldoende zicht heeft op de capaciteit van de servers binnen de milieubelastende activiteit, bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, wordt deze kernprestatie-indicator als volgt berekend. De indicator is de extrapolatie van de waarde die overeenkomt met ten minste 90% van het stroomverbruik van de geïnstalleerde informatietechnologie van alle servers die binnen de milieubelastende activiteit bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, geïnstalleerd zijn na de datum van inwerkingtreding van deze bijlage.

9.2 ICT-capaciteit voor opslagapparatuur in petabytes
De kernprestatie-indicator ICT-capaciteit voor opslagapparatuur wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt in petabytes. Deze kernprestatie-indicator is de som van de ruwe (adresseerbare) capaciteit van alle SSD- en HDD-opslagapparaten die in alle opslagapparatuur zijn geïnstalleerd, zoals opgegeven door de fabrikant van de opslagapparatuur.

Er wordt gerapporteerd over de apparatuur die aanwezig is op 31 december van het voorafgaande kalenderjaar.

Indien de ICT-capaciteit voor opslagapparatuur niet volledig bekend is, wordt ten minste gerapporteerd over deze kernprestatie-indicator voor alle apparaten die binnen de milieubelastende activiteit bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, geïnstalleerd zijn na 15 juni 2024. Degene die de milieubelastende activiteit verricht, maakt een schatting van het percentage van de vloeroppervlakte van de computerruimte van het rekencentrum of datacentrum waar de kernprestatie-indicator betrekking op heeft.

Wanneer er sprake is van een colocatiedatacentrum, als bedoeld in onderdeel 3 van deze bijlage, en degene die de activiteit verricht onvoldoende zicht heeft op de capaciteit van de opslagapparatuur binnen de milieubelastende activiteit, bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, wordt deze kernprestatie-indicator als volgt berekend. De indicator is de extrapolatie van de waarde die overeenkomt met ten minste 90% van het stroomverbruik van de geïnstalleerde informatietechnologie van alle opslagapparatuur die binnen de milieubelastende activiteit bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving, geïnstalleerd is na 15 juni 2024.

10. Jaarlijks inkomende en uitgaande dataverkeer
Het jaarlijks inkomende en uitgaande dataverkeer, bedoeld in artikel 5.16b, tweede lid, onder h, van het Besluit activiteiten leefomgeving wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt aan de hand van de volgende kernprestatie-indicatoren:

10.1 Bandbreedte voor het inkomende dataverkeer in gigabytes per seconde
De kernprestatie-indicator bandbreedte voor inkomend verkeer wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt in gigabytes per seconde. Deze kernprestatie-indicator wordt gemeten als de totale voorziene bandbreedte voor het inkomende verkeer in de computerruimte van het rekencentrum of datacentrum, gemiddeld over het jaar voor de totale connectiviteitscapaciteit.

10.2 Bandbreedte voor het uitgaande dataverkeer in gigabytes per seconde
De kernprestatie-indicator bandbreedte voor het uitgaande verkeer wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt in gigabytes per seconde. Deze kernprestatie-indicator wordt gemeten als de totale voorziene bandbreedte voor het uitgaande verkeer vanuit de computerruimte van het rekencentrum of datacentrum, gemiddeld over het jaar voor de totale connectiviteitscapaciteit.

10.3 Inkomende dataverkeer in exabytes
De kernprestatie-indicator voor het inkomende dataverkeer wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt in exabytes. Deze kernprestatie-indicator wordt gemeten als de totale inkomende gegevens in de computerruimte van het rekencentrum of datacentrum, geaggregeerd over de loop van het verslagjaar, ongeacht het aantal aansluitingen van de milieubelastende activiteit bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving.

10.4 Uitgaande dataverkeer in exabytes

De kernprestatie-indicator voor het uitgaande dataverkeer wordt gemonitord, gemeten en openbaar gemaakt in exabytes. Deze kernprestatie-indicator wordt gemeten als de totale uitgaande gegevens vanuit de computerruimte van het rekencentrum of datacentrum, geaggregeerd in de loop van het verslagjaar, ongeacht het aantal aansluitingen van de milieubelastende activiteit, bedoeld in artikel 3.235, eerste lid, van het Besluit activiteiten leefomgeving.

Degene die de activiteit verricht mag de monitoring en meting van de kernprestatie-indicatoren zoals opgenomen in onderdeel 10 van deze bijlage baseren op elke beschikbare afdoende betrouwbare gegevensbron of een combinatie van gegevensbronnen, waaronder:

- gegevens die rechtstreeks door de exploitant gemeten zijn;
- gegevens die door klanten van het rekencentrum of datacentrum gerapporteerd worden; of
- gegevens verstrekt door telecombedrijven of serviceproviders.

BIJLAGE XVI (beperking oververhitting)

Uitgangspunten dynamische rekenmethodiek oververhitting in de zomerperiode
Er wordt gebruikgemaakt van een dynamisch rekenmodel dat is getest conform BESTEST of ASHRAE 140.
PMV is Predicted Mean Vote, dit is een index die de mate van thermisch comfort aangeeft.
GTO is het aantal gewogen overschrijdingsuren.

Parameters PMV
De PMV is afhankelijk van een aantal parameters en wordt per uur bepaald. De belangrijkste parameters daarbij zijn:

- het metabolisme of activiteitenniveau van de personen. Hierbij wordt uitgegaan van (afhankelijk van het toegepaste rekenmodel c.q. de eenheid waarop de invoer wordt gevraagd) een metabolisme van 64 W/m^2 of 1,1 met, waarbij 'met' staat voor een eenheid voor de warmteproductie van het menselijk lichaam;
- de kledingweerstand, een factor die afhankelijk is van de zwaarte van de kleding, uitgedrukt in clo. Hierbij wordt uitgegaan van 0,5 clo;
- de luchtsnelheid. Hierbij wordt uitgegaan van 0,15 m/s;
- verder wordt rekening gehouden met de parameters luchttemperatuur, stralingstemperatuur en relatieve luchtvochtigheid; deze parameters worden in het dynamische model zelf berekend.

De PMV wordt bepaald in het midden van de ruimte. De stralingstemperatuur mag bepaald worden op basis van de gemiddelde oppervlaktegewogen, oppervlaktetemperatuur van alle omwandingen.

De vochtproductie wordt op nul gesteld.

Weegfactor uren
De uren worden geteld wanneer de PMV groter wordt dan 0,5.
Als het dynamisch rekenmodel niet zelf de GTO berekent, dan moeten de uren met 0,5 ≤ PMV <2,5 worden gewogen volgens de formule: 0,47+0,22*PMV+1,3*PMV2+0,97*PMV3-0,39*PMV4, waarbij uren met een PMV van 2,5 of hoger een factor van 10 krijgen.

Buitenklimaat
Voor het buitenklimaat wordt uitgegaan van het referentiejaar voor temperatuuroverschrijdingen uit NEN 5060:2018 met 5% overschrijdingskans.

Rekenperiode voor het bepalen van de overschrijdingsuren
Het aantal GTO-uren wordt bepaald voor alle verblijfsruimten in de woonfunctie over de rekenperiode van 30 april t/m 28 september, gedurende 24 uren per dag.

Indeling van de woonfunctie
Voor de indeling van de woonfunctie in verschillende ruimten in het rekenmodel is de indeling zoals bij de vergunningaanvraag is ingediend de basis. Voor de modellering ten behoeve van de temperatuuroverschrijdingsberekening gelden de volgende criteria:

Daarbij moeten ten minste de volgende zones apart worden gemodelleerd:

- elke verdieping;
- verblijfsruimten met een gevel op van elkaar verschillende oriëntaties;
- verblijfsruimten aan dezelfde buitengevel gelegen, waarvan de percentages glasoppervlak ten opzichte van het vloeroppervlak in die verblijfsruimten onderling meer dan 20% verschillen;
- verblijfsruimten met een verschillend gebruik (woonkamer/keuken/overige verblijfsruimten). Nota bene: als de tekening(en) geen aanduiding geven waar de keuken respectievelijk

woonkamer zijn gesitueerd, moet de ruimte met een opstelplaats voor een kooktoestel als gecombineerde woonkamer/keuken worden aangehouden, tenzij het gebruiksoppervlakte van deze ruimte kleiner is dan die van de grootste verblijfsruimte in de woonfunctie. In dat geval moet de ruimte met een opstelplaats voor een kooktoestel als keuken worden aangehouden, en de verblijfsruimte met de grootste vloeroppervlakte in de woonfunctie als woonkamer.

Inpandige ruimten die geen verblijfsruimte zijn mogen worden gecombineerd met een verblijfsruimte als de vloeroppervlakte van de inpandige ruimten niet meer dan 20% bedraagt van de vloeroppervlakte van de verblijfsruimte waar ze mee worden gecombineerd. Aan een gevel gelegen ruimten die geen verblijfsruimte zijn mogen worden gecombineerd met een verblijfsruimte die aan dezelfde gevel is gelegen, mits het percentage glasoppervlak ten opzichte van het vloeroppervlak in de verblijfsruimte kleiner is dan of gelijk is aan die van de niet-verblijfsruimte.

Bij een woongebouw moet de woonfunctie in dat woongebouw met de hoogst berekende TO_{juli} worden doorgerekend op temperatuuroverschrijdingen.

Onder vloeroppervlakte wordt verstaan de gebruiksoppervlakte van de betreffende ruimte. Bij een verblijfsruimte betreft het de gebruiksoppervlakte van de besloten ruimte waarvan de verblijfsruimte geheel of gedeeltelijk deel uitmaakt.

Nota bene: voor alle zones waarin zich verblijfsruimten bevinden moet het aantal GTO-uren bepaald worden.

Bouwkundige eigenschappen
De in het rekenmodel ingevoerde bouwkundige eigenschappen (samenstelling bouwconstructies: R_c, U_w, dikte, soortelijke massa, warmtecapaciteit, afmetingen, en dergelijke) zijn volgens de tekeningen/bestekken etc. die ten behoeve van de vergunningaanvraag zijn ingediend en ook conform de invoergegevens bij de NTA 8800-berekening.

Hierbij geldt voor lineaire en puntvormige thermische bruggen het volgende: Thermische bruggen moeten bepaald conform NTA 8800, par. 8.2.3 en 8.2.4 in het rekenmodel worden opgenomen. De thermische bruggen mogen dus niet met een forfaitaire berekening als bedoeld in par. 8.2.1 en 8.3.3 van de NTA in het rekenmodel worden opgenomen. Thermische bruggen worden toebedeeld aan de uitwendige scheidingsconstructies waarvan zij deel uitmaken. Wanneer een thermische brug een combinatie van verschillende vloer-, gevel- of dakdelen betreft moet de thermische brug evenredig aan de verschillende bouwdelen worden toebedeeld. Thermische bruggen van vloeren met funderingsaansluitingen worden niet aan andere uitwendige scheidingsconstructies toebedeeld.

Het totale warmteverlies van de thermische bruggen (in W/K) van vloeren met funderingsaansluitingen respectievelijk van de overige uitwendige scheidingsconstructies is niet meer dan het totale warmteverlies van de thermische bruggen die in de energieprestatie-berekening voor de energetische nieuwbouweisen voor de vergunningsaanvraag zijn ingevoerd. Voor de kozijnfracties gelden de werkelijke waarden: A_{glas}/A_{raam} (conform methode A uit paragraaf 7.6.6.2 in NTA 8800).

Wanneer een berekening wordt opgesteld in het kader van de omgevingsvergunning mag worden uitgegaan van methode B.

Infiltratie en ventilatie
Het infiltratievoud bedraagt 0,21 x $q_{v10;\ lea;ref}$ $dm^3/s.m^2$ (zoals ook ingevoerd in de NTA 8800 berekening).

De ventilatiecapaciteit wordt uitgedrukt in dm^3/s en voldoet ten minste aan de minimumeisen in de bouwregelgeving (zoals ook ingevoerd in de NTA 8800 berekening).

De ventilatiecapaciteit moet worden gecorrigeerd voor het regelsysteem met de factor: f_{ctrl} uit de tabellen 11.5 en 11.6 van NTA 8800. Van het bovenstaande kan op basis van een door het College van gelijkwaardigheid energieprestatie (Bureau CRG) gecontroleerde en goedgekeurde verklaring worden afgeweken, met inachtneming van de relevante eisen uit de bouwregelgeving.

Warmte van de (toevoer)ventilatoren
Voor de ophoging van de ventilatielucht door warmteafgifte van de ventilatoren (dissipatie) wordt 0,7 K aangehouden.

Spuiventilatie
De spuiventilatiecapaciteit waarmee moet worden gerekend bedraagt 3 dm^3/s per m^2 van de verblijfsruimte. Er mag worden gerekend met de werkelijk aanwezige spuiventilatiecapaciteit, mits bepaald volgens NEN 1087:2019, met een maximum van 6 dm^3/s per m^2 van de verblijfsruimte. Hierbij geldt de randvoorwaarde dat een spuivoorziening maar een keer in rekening mag worden gebracht, dit in afwijking van NEN1087. Een spuivoorziening mag dus niet voor meer dan een verblijfsruimte in rekening worden gebracht. Dit betekent dat alleen een luchtsnelheid van 0,4 m/s voor een spuivoorziening in de gevel of dak van een verblijfsruimten mag worden aangehouden als hier een nog niet voor een andere verblijfsruimte gebruikt oppervlak aan spuivoorziening (die voor deze situatie voldoet aan de voorwaarde uit NEN1087 voor het aanhouden van een luchtsnelheid van 0,4 m/s) tegenover staat.

De maximale spuitijd bedraagt 4 uur per dag. Spuien mag tussen 7:00 uur en 8:00 uur en tussen 20:00 uur en 23:00 uur. Spuien vindt plaats als de binnenluchttemperatuur hoger is dan 24 °C en de buitenluchttemperatuur hoger is dan 13 °C, maar lager is dan de binnentemperatuur.

Zomernachtventilatie
Er mag worden gerekend met zomernachtventilatie als de voorzieningen voldoen aan voorwaarden in NTA 8800. De capaciteit van de zomernachtventilatie is conform de berekende capaciteit in NTA 8800. De locatie van de zomernachtventilatievoorzieningen is conform vergunningaanvraag/-tekeningen; de spuicapaciteit mag alleen worden toegekend aan de ruimten met een toevoercomponent g voor zomernachtventilatie; de totale capaciteit van zomernacht-ventilatie wordt oppervlaktegewogen verdeeld over de ruimten met een toevoervoorziening. De spuitijd voor zomernachtventilatie is of tussen 22:00 uur en 6:00 uur of 24 uur per dag en vindt plaats als de binnentemperatuur hoger is dan 24 °C en de buitentemperatuur hoger is dan 13 °C. Als in NTA 8800 is gerekend met een automatische regeling op temperatuur, gaat de zomernacht-ventilatie uit wanneer de buitenluchttemperatuur hoger is dan de binnenluchttemperatuur.

Zonwering
De F_c-waarde van de zonwering is conform de opgegeven waarde in de NTA 8800-berekening. Er wordt aangetoond dat met de ingevoerde eigenschappen van de glas-zonweringscombinatie in het gebouwsimulatieprogramma $g_{gl;sh;wi}$ / g_{gl} gelijk is aan de F_c-waarde. De zonwering treedt in werking bij een zonbelasting van 150 W/m^2 en hoger.

Interne warmtelast
De totale interne warmtelast wordt bepaald conform paragraaf 7.5.2.1 van NTA 8800, in formule: 180 x $N_{P;woon}W$.

Vervolgens wordt de rekenwaarde van de interne warmtelast bepaald met de volgende formule: rekenwaarde = totale interne warmtelast / (2 x vloeroppervlakte woonkamer en keuken + som van de vloeroppervlakte van de overige verblijfsruimten).

Vervolgens wordt de interne warmtelast als volgt verdeeld:

- woonkamer en keuken krijgen 2 maal de rekenwaarde x de vloeroppervlakte als interne warmtelast (W);
- Overige verblijfsruimten krijgen 1 maal de rekenwaarde x de vloeroppervlakte als interne warmtelast (W).

De hierboven berekende warmtelast wordt 24 uur per dag aangehouden.

Nota bene: als de tekening(en) geen aanduiding geven waar de keuken respectievelijk woonkamer zijn gesitueerd, wordt de ruimte met een opstelplaats voor kooktoestel als gecombineerde woonkamer/keuken aangehouden, tenzij het gebruiksoppervlakte van deze ruimte kleiner is dan die van de grootste verblijfsruimte in de woonfunctie. In dat geval wordt de ruimte met opstelplaats voor kooktoestel als keuken aangehouden, en de verblijfsruimte met de grootste vloeroppervlakte in de woonfunctie als woonkamer.

Onder vloeroppervlakte wordt verstaan de gebruiksoppervlakte van de betreffende ruimte. Bij een verblijfsruimte betreft het de gebruiksoppervlakte van de besloten ruimte waarvan de verblijfsruimte geheel of gedeeltelijk deel uitmaakt.

Minimale temperatuur
In geen van de zones van de woonfunctie mag de operatieve temperatuur lager worden dan 20 °C.

Aangrenzende woonfuncties
Er wordt vanuit gegaan dat via woningscheidende constructies geen warmte-uitwisseling plaatsvindt met een aangrenzende woonfunctie of ander gebouw.

Grondtemperatuur
Er wordt uitgegaan van een temperatuur van de grond onder of naast een woonfunctie van 12 °C. Voor de grond wordt aan de grondzijde van de vloerconstructie en van een wandconstructie die aan de grond of de kruipruimte grenzen een warmteweerstand in rekening gebracht van 1,5 m^2K/W. Grond wordt niet apart in de berekening gemodelleerd.

Woonfunctie met rekenzones die gekoeld en rekenzones die niet gekoeld worden
Als een woonfunctie naast rekenzones die niet gekoeld worden ook een of meer rekenzones heeft die voorzien zijn van een actief koelsysteem conform de toelichting in nta8800 dan mogen de gekoelde zones ook als zodanig in het dynamisch rekenmodel worden opgenomen. De koeling in de gekoelde zones wordt in het rekenmodel opgenomen als voelbare koeling van een bepaalde capaciteit in de ruimten die gekoeld worden. 100% van de koelcapaciteit wordt aan de lucht in de ruimte afgegeven. De koelcapaciteit wordt geregeld op basis van de ruimteluchttemperatuur. Het setpoint van de ruimteluchttemperatuur bedraagt 25 oc. De aan te houden maximale koelcapaciteit bedraagt 25 W/m^2 vloeroppervlakte (gemeten als gebruiksoppervlakte).

Bijlage XVIa (weegfactoren en milieuprestatie)

Milieueffect	Eenheid	CO_2-hoog
Klimaatverandering	€/kg CO_2 equivalent	n.v.t.
Klimaatverandering: fossiel	€/kg CO_2 equivalent	0,116
Klimaatverandering: biogeen	€/kg CO_2 equivalent	0,116
Klimaatverandering: landgebruik en lansgebruiksveranderingen	€/kg CO_2 equivalent	0,116
Ozonlaagaantasting	€/kg CFK11-equivalent[1)]	32
Verzuring	€/Mol H+equivalent	0,39
Vermesting: zoetwater	€/kg PO4- equivalent	1,96
Vermesting: zoutwater	€/kg N- equivalent	3,28
Vermesting: land	€/Mol N- equivalent	0,36
Somgvorming	€/kg NMVOC-equivalent[2)]	1,22
Grondstofuitputting: metalen en mineralen	€/kg Sb- equivalent	0,3
Grondstofuitputting: energiedragers	€/MJ	0,00033
Waterschaarste	€/m^3 water equivalent	0,00506
Fijnstofvorming	€/ziektegevallen	575.838
Straling	€/kg kBq U235-equivalent	0,049
Ecotoxiciteit: aquatisch zoetwater	€/CTUe[3)]	0,00013
Humane toxiciteit: kankerverwekkend effect	€/CTUh[4)]	1.096.368
Humane toxiciteit: niet-kankerverwekkend effect	€/CTUh[4)]	147.588
Landgebruik	€/Pt[5)]	0,000178

1) Chloorfluorkoolstofverbindingen (CFK's) zijn synthetische koudemiddelen die worden gebruikt in koelinstallaties of warmtepompen. Deze CFK's vallen onder de verzamelnaam F-gassen. Dit zijn stoffen die van nature niet voorkomen die de aarde doen opwarmen en de ozonlaag afbreken. CFC-11, ook bekend als trichloorfluormethaan maakt deel uit van deze groep chloorfluorkoolstofverbindingen.

2) Non-methane volatile organic compounds (NMVOC), ook wel vluchtige organische stoffen met uitzondering van methaan genoemd worden uitgestoten door activiteiten zoals verbranding. Ze dragen bij aan de vorming van ozon op grondniveau (grondniveau is het belangrijkste bestanddeel van smog) wat schadelijk kan zijn voor de menselijke gezondheid.

3) Sommige stoffen hebben de neiging om te accumuleren in levende organismen. De eenheid van meting voor deze stoffen is (afgeleid van het Engels: Potential Comparative Toxic unit) voor ecosystemen de: potentiële vergelijkende toxische eenheid voor ecosystemen (CTUe)

4) Potentiële vergelijkende toxische eenheid voor mensen (afgeleid van het Engels staat de h in CTUh voor humans).

5) Pt staat voor punten (van het Engelse Points) en is een dimensie loos getal dat het totaal is van de uitkomst van vijf karakteriseringsfactoren (in dit geval bodemfuncties) om de (negatieve) impact van landgebruik te beoordelen. Deze karakteriseringsfactoren worden volgens de Potential Soil quality index (SQP) berekend waarbij rekening wordt gehouden met zowel landgebruik als landtransformatie-interventies. Deze karakteriseringsfactoren (ook wel CF's genoemd) zijn 1) biotische productie (BP), 2) grondwateraanvulling (GR), 3) erosiebestendigheid (ER), 4) mechanische filtratie (MF) en 5) fysiochemische filtratie (PF).

Bijlage XVII. BIJ ARTIKEL 5.59 VAN DEZE REGELING (BEPALING GELUID INSTALLATIES WARMTE- EN KOUDEOPWEKKING)

1. Meetgrootheid en meetduur

Het geluidsniveau wordt bepaald volgens bijlage IVh. In afwijking van paragraaf 2.2.6.4 van die bijlage wordt het equivalente A gewogen immissieniveau L_i gemeten voor een bedrijfstoestand i, zoals genoemd in artikel 2, over een meetperiode van ten minste 1 minuut.

2. Bedrijfstoestand waarbij wordt gemeten

Het geluidsniveau van de installatie voor warmte- of koudeopwekking wordt gemeten bij het maximale toerental behorende bij de gekozen instelling van de installatie. Er wordt onderscheid gemaakt tussen een bedrijfstoestand in de dagperiode (7:00 – 19:00 uur) en de avond- en nachtperiode (19:00 – 7:00 uur) als de installatie voor deze perioden afzonderlijke instellingen heeft.

Als het instellen van het maximale toerental bij een installatie niet mogelijk is, dan wordt de meting uitgevoerd bij in de tabel 1 beschreven omstandigheden.

Tabel 1

Bedrijfstoestand	**Actie**	**Instelling aanvoer temperatuur**	**Buitentemperatuur**
Tapwaterproductie	Warmtapwater-voorraad ten minste 50% leeg tappen met volledig open douche- of badkraan.	50 °C tapwater	Ten hoogste 18 °C
Ruimteverwarming	15 minuten voor de meting de systeemregelaar voor alle zones 5 °C hoger instellen dan de aanwezige ruimtetemperatuur.	Ontwerptemperatuur afgiftesysteem	Ten hoogste 10 °C
Ruimtekoeling	15 minuten voor de meting de systeemregelaar voor alle zones 5°C lager instellen dan de aanwezige ruimtetemperatuur.	Ontwerptemperatuur afgiftesysteem	Ten minste 23 °C
Hybride (elektrisch of gas-bijstook)	15 minuten voor de meting de systeemregelaar voor alle zones 5 °C hoger instellen dan de aanwezige ruimtetemperatuur en bijstooksysteem blokkeren.	Ontwerptemperatuur afgiftesysteem bij T-bivalent	Ten minste 5°C en ten hoogste 10°C

Naast de genoemde omstandigheden in tabel 1 moet bij installaties voor tapwaterproductie en ruimteverwarming die bij het ontdooien geen gebruik maken van de aanwezige warmte in de woning of van een speciaal warmtebuffer, de meting ook worden uitgevoerd bij het ontdooien.

3. Correctie dagperiode

Als een installatie een afzonderlijke instelling heeft voor de avond- en nachtperiode (19:00 – 7:00 uur), dan wordt het gemeten geluidsniveau in de dagperiode (7:00 – 19:00 uur) gecorrigeerd met -5 dB.

4. Correctie tonaal geluid

In afwijking van paragraaf 4.3.1 van bijlage IVh wordt het gemeten geluidsniveau als volgt gecorrigeerd als sprake is van tonaal geluid:

de tonaliteit wordt bepaald volgens NEN-ISO 1996-2:2017, Annex J, table J.1, waarbij een tonaliteitscorrectie wordt bepaald van 0 dB naar 6 dB met stappen van 1 dB.

Tot 1 januari 2024 mag in afwijking van de bovengenoemde bepalingsmethode de tonaliteit worden bepaald volgens DIS47315/150257, April 2004 (BfE Basel). Hierbij wordt de tonaliteit bepaald als een waarde L_{Bi} en de aan te houden tonaliteitscorrectie is dan als volgt:

- $L_{Bi\ (4x)}$< 17,5 een tonaliteitscorrectie van 0 dB;
- 17,5 ≤ L_{Bi} < 25 een tonaliteitscorrectie van 3 dB;
- L_{Bi} >= 25 een tonaliteitscorrectie van 6 dB.

Als beide bepalingsmethoden worden toegepast, dan geldt de laagst bepaalde tonaliteitscorrectie.

5. Plaats waar wordt gemeten op de perceelgrens met een perceel voor een andere woonfunctie (artikel 4.107, tweede lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving)

a. De installatie staat op het maaiveld
De plaats waar wordt gemeten op de perceelgrens heeft een verticale en een horizontale positie die als volgt worden bepaald:
• de verticale positie (hoogte) is 1,5 m boven het maaiveld; en
• de horizontale positie is waar het hoogste invallende geluidsniveau optreedt.

In afwijking van de bovengenoemde verticale positie (hoogte) wordt bij een gemeenschappelijke, geheel gesloten erfafscheiding met een massa van ten minste 10 kg/m2 en een hoogte van ten minste 1,8 meter, gemeten op 0,5 m boven deze erfafscheiding. Het gemeten geluidsniveau wordt daarbij gecorrigeerd met –5 dB in de volgende gevallen:

- als op het naastgelegen perceel voor een andere woonfunctie nergens een geluidsniveau optreedt groter dan 40 dB ter plaatse van het midden van te openen ramen of deuren van verblijfsgebieden van de andere woonfunctie; of
- als op het naastgelegen perceel voor een andere woonfunctie nergens een geluidsniveau optreedt groter dan 40 dB ter plaatse van de mogelijke gevels of daken van de andere woonfunctie.

b. De installatie staat op een vloer van een buitenruimte of op een dak of hangt aan een gevel
De plaats waar wordt gemeten op de perceelgrens heeft een verticale en een horizontale positie die als volgt worden bepaald:
• de verticale positie (hoogte) is 1,5 meter boven de onderkant van de installatie; en
• de horizontale positie is waar het hoogste invallende geluidsniveau optreedt.

In afwijking van de bovengenoemde verticale positie (hoogte) kan worden uitgegaan van een verticale positie van 1,5 meter boven het maaiveld in de volgende gevallen:

- als op het naastgelegen perceel voor een andere woonfunctie nergens een invallend geluidsni veau optreedt groter dan 40 dB ter plaatse van:
  • 1,5 meter boven het maaiveld; en
  • het midden van te openen ramen of deuren van verblijfsgebieden van de andere woonfunc tie; of
- als op het naastgelegen perceel voor een andere woonfunctie nergens een invallend geluidsni veau optreedt groter dan 40 dB ter plaatse van:
  • 1,5 meter boven het maaiveld; en
  • de mogelijke gevels of daken van de andere woonfunctie.

6. Plaats waar wordt gemeten bij een te openen raam of deur (artikel 4.108, derde lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving)
Er wordt gemeten bij het te openen raam of de deur van een aangrenzende woning op hetzelfde perceel waar het hoogste geluidsniveau optreedt. Bij het raam of de deur wordt daarbij op twee

plaatsen gemeten op de verticale middellijn van het raam of de deur: één op een hoogte van een kwart en één op een hoogte van driekwart van het raam of de deur. Er wordt gemeten op een afstand van ten hoogste 2 cm van het raam of de deur. De beide meetwaarden worden energetisch gemiddeld. De gemeten waarde wordt gecorrigeerd met -5 dB vanwege de reflectie tegen de achterliggende constructie. De correctie geldt niet bij een raam dat of een deur die grenst aan een buitenruimte.

Bijlage XVIII. (beeldmerk certificering werkzaamheden aan gasverbrandingsinstallaties)



Bijlage XVIIIa. (risicomatrix)

1. Algemene informatie

Omschrijving project:
Kenmerk:
Locatie project:
Verantwoordelijke:
Veiligheidscoördinator:
Datum invullen matrix:
Datum overleg met bevoegd gezag:

2. Voorvragen risicomatrix

	Indieningsvereiste bij meldingen sloop en bouw en vergunningen voor de bouwactiviteit op grond van de Omgevingswet[1]	
	Onderwerp	ja/nee
1	**Veiligheid omgeving en omringende bebouwing**	
	Is het gebied dat wordt gebruikt om veilig te kunnen bouwen of slopen (de bouwveiligheidszone[2]) groter dan het eigen bouwterrein, wordt er hoger gebouwd of gesloopt dan direct aanpalende bouwwerken of wordt er gebouwd of gesloopt waardoor bouwwerken of bedrijven zoals chemie, datacentrum, spoor, tram of scholen risico lopen om te worden beïnvloed door de werkzaamheden?	
2	**Veiligheid verbouw in gebruik blijvend pand**	
	Heeft de bouw, verbouw of sloop inclusief tijdelijke hulpconstructies en bouwplaatsinrichting invloed op de brandveiligheid, de vluchtroutes en de opstelplaatsen voor hulpdiensten in en om het in gebruik blijvende pand?	
3	**Veiligheid buiten de bouwveiligheidszone**	
	Heeft de bouw- of sloopsystematiek, het opstellen van hulpmiddelen in de bouwveiligheidszone of het gebruik van hijsmiddelen aan de rand van het bouwterrein invloed op de veiligheid buiten de bouwveiligheidszone?	
4	**Invloed op bereikbaarheid omgeving tijdens de realisatiefase**	
	Heeft het project invloed op loopstromen, doorstroming van het openbaar vervoer, hoofdverkeersroutes of parkeervoorzieningen, is er sprake van complexe aan- of afvoer van bouwmaterialen of is er gelijktijdigheid met andere projecten of evenementen waardoor de bereikbaarheid in het geding is?	
5	**Schade aan belendingen of natuur**	
	Bestaat er kans op schade aan belendingen of natuur in de nabijheid van het project door bijvoorbeeld trillingen, het onttrekken van grondwater of zettingen?	

[1] Deze matrix is niet van toepassing bij een sloopmelding waarbij er minder dan 10 m^3sloopafval is (zie artikel 7.11, eerste lid, onder f, van het Besluit bouwwerken leefomgeving).
[2] De bouwveiligheidszone is het gedeelte van de aan het bouw- of sloopwerk grenzende gebied (zowel boven als onder de grond) waarin geen publiek aanwezig mag zijn, bepaald volgens paragraaf 6.2 van de Landelijke richtlijn bouw- en sloopveiligheid (zie artikel 7.15, tweede lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving).

Als een of meer vragen met ja worden beantwoord, wordt de uitgebreide risicomatrix ingevuld.

3. Uitgebreide risicomatrix

Punten per aspect:
1= laag risico
2= matig risco
3= hoog risico
4= zeer hoog risico

Voor toelichting per aspect, zie Beoordelingstoelichting.

Onderwerp	Beoordelingsaspecten	Punten

1 Omgevingsfactoren	**Veiligheid bouwterrein, directe omgeving en omringende bebouwing**
1.1	Bouwveiligheidszone groter dan bouw- of sloopterrein (voetpad(en), fietspad(en), straat binnen invloedssfeer).
1.2	Te bouwen of slopen bouwwerk hoger dan aanpalende panden.
1.3	Het verrichten van werkzaamheden in de nabijheid van activiteiten of locaties die naar redelijke inschatting een risico kunnen opleveren voor de veiligheid van deze locaties, bijvoorbeeld bij chemische industrie, datacentrum, spoorwegen, tramhaltes, nutsvoorzieningen en ambassades.
1.4	Bouwen of slopen boven in gebruik zijnde bouwdelen (bijvoorbeeld parkeergarage, winkelcentrum, openbaar-vervoervoorziening, spoorbaan of bovenleiding).
	Gemiddeld risico
2 Gebruiksfactoren	**Veiligheid verbouw in gebruik blijvend pand gedurende het gehele bouw of sloopproces**
2.1	Brandveilig gebruik waarborgen.
2.2	Vluchtroutes waarborgen.
2.3	Opstelplaatsen hulpdiensten in relatie tot het bouw- of sloopterrein.
2.4	Constructieve verantwoording (stabiliteit object, hulpconstructies die van invloed zijn op derden).
	Gemiddeld risico
3 Relatie Arbo-veiligheid/ veiligheid directe omgeving	**Veiligheid op en rondom de bouw- of sloopplaats**
3.1	Ruwbouw of sloop (systematiek).
3.2	Hulpmiddelen in de bouwveiligheidszone. Zijn er in de bouwveiligheidszone andere hoge objecten waardoor er mogelijk een wegkaatsrisico ontstaat (bijvoorbeeld Een bouwlift, (hef-)steiger of containers naast een bouwhek); zie paragraaf 6.2.8 van de Landelijke richtlijn bouw- en sloopveiligheid.
3.3	Gebruik hijsmiddelen in randzones die mogelijk van invloed zijn buiten de bouwveiligheidszone.
3.4	Kan de hijslast binnen zijn draaibereik boven openbaar gebied komen?
	Gemiddeld risico
4 Bereikbaarheid, verkeersveiligheid	**Invloed op bereikbaarheid**
4.1	Loopstromen (economisch en stedelijk belangrijke of cruciale verbindingen).
4.2	Doorstroming openbaar vervoer, aanpassing dienstregeling.
4.3	Permanente toegankelijkheid van bouwplaats en omgevingsobjecten voor hulpdiensten.
4.4	Hoofdroutes, ster- en fietshoofdroutes, parkeerroutes en routes van openbaar vervoer.
4.5	Economisch belangrijke voorzieningen.
4.6	Aan- en afvoer bouwverkeer, opstelplaatsen en afroepplaatsen.
	Gemiddeld risico
5 Schade en bescherming waarden	**Kans op schade aan belendingen of natuur aannemelijk?**
5.1	Bouwkundige en constructieve stabiliteit van het eigen pand en de panden in de invloedssfeer in de omgeving.
5.2	Monumentale waarde, beschermd stadsgezicht, beschermde flora en fauna, bomen.
5.3	Inschatting van trillingen.
5.4	Bemaling grondwateronttrekking.

5.5	Zettingen (opstallen en voor kabels en leidingen ondergrond en bovengronds risico op elektrocutie, explosie of brand).
	Gemiddeld risico
6 Hinder/samenloop	**Kans op hinder/ samenhang andere projecten**
6.1	Geluid (maximale blootstellingsduur en dagwaarden).
6.2	Trillingshinder.
6.3	Stofhinder.
6.4	Werktijden.
6.5	Samenhang met andere projecten of evenementen.
	Gemiddeld risico
	Uitslag risico-inschatting totaal 1 t/m 6

Beoordelingstoelichting

1 Veiligheid bouwterrein omgeving en omringende bebouwing	
1.1	Denk hierbij aan de relatie tussen de bouwplaats en het gebruik van de openbare ruimte. Als de bouwveiligheidszone ruimte in de openbare zone nodig heeft, is er sprake van een risico. Schat in of die extra ruimte beschikbaar kan worden gemaakt. Vaak zal de intensiteit van het gebruik van die benodigde ruimte de kans van slagen sterk beïnvloeden. Let op de detaillering van de bouwkuip met bijvoorbeeld een talud waardoor de belastbaarheid van de omliggende weg afneemt. De bouwveiligheidszone moet worden bepaald op basis van paragraaf 6.2 van de Landelijke richtlijn bouw- en sloopveiligheid.
1.2	Zijn de omringende bouwwerken lager dan het nieuw te bouwen bouwwerk, dan worden de risico's en de impact ten gevolge van vallende delen op die belendingen groter naarmate het hoogteverschil toeneemt.
1.3	Zijn er in de omgeving gebruiksfuncties of voor omgevingsinvloeden gevoelige gebouwen of bedrijven (bijvoorbeeld een theater, ziekenhuis, kindercentrum of datacentrum) die door de werkzaamheden meer dan gemiddelde last of hinder kunnen ondervinden in het functioneren?
1.4	Omdat er zich geen publiek in of onder de bouwveiligheidszone mag bevinden, moeten alle bouwdelen in de bouwveiligheidszone worden vrijgemaakt van publiek tijdens de werkzaamheden (zoals blijkt uit paragraaf 6.2 van de Landelijke richtlijn bouw- en sloopveiligheid, waarnaar wordt verwezen in artikel 7.15, tweede lid, van het Besluit bouwwerken leefomgeving). Schat in welke effect dit heeft en of het verantwoord of uitvoerbaar is.
2 Veiligheid verbouw in gebruik blijvend pand gedurende het gehele bouw- of sloopproces	
2.1	Beoordeel of bestaande brandscheidingen, brandmeldinstallaties, sprinklerinstallaties of droge blusleidingen moeten worden aangepast terwijl deze nog in gebruik zijn.
2.2	Worden door bouwwerkzaamheden de vluchtroutes geblokkeerd? Denk hierbij aan scholen waarbij een nooduitgang tijdelijk wordt dichtgezet in verband met bouwactiviteiten.
2.3.	Worden door bouwwerkzaamheden bluswatervoorzieningen geblokkeerd door bijvoorbeeld stalen rijplaten? Zijn er opbrekingen of obstakels op het bouwterrein waardoor de bereikbaarheid van de bluswatervoorziening wordt beperkt?
2.4	Waaraan ontleent het pand zijn stabiliteit tijdens de aanpassingen? Zijn hiervoor hulpconstructies nodig? En zo ja, welke gevolgen hebben die hulpconstructies? Heeft de hulpconstructie extra ruimte nodig in de bouwveiligheidszone? Bij sloop: houdt de sloopvolgorde rekening met de stabiliteit (rest-stabiliteit)?
3 Veiligheid op de bouwplaats	
3.1	Wat voor bouwsystematiek wordt er toegepast (wanden, breedplaat, prefab (grote elementen), tunnelbekisting of kanaalplaat)? Voor de risico-inschatting geldt in het algemeen dat hoe minder hijsbewegingen er plaatsvinden, hoe minder risico's er zijn. Denk hierbij ook aan hulpconstructies zoals tunnels, wandkisten en (klim)steigers die ook moeten worden verplaatst. Traditionele bouw met grote elementen geeft hierbij een hoger risico ten opzichte van prefab-sandwich-systemen.
3.2.	Beoordeel of zich in de bouwveiligheidszone andere hoge objecten bevinden waardoor er mogelijk een wegkaatsrisico ontstaat voor kleinere en grotere valobjecten (bijvoorbeeld een bouwlift, een (hef)steiger of containers naast een bouwhek)?
3.3	Benoem de hijsgebieden en leg deze vast in het veiligheidsplan. Alleen vanaf deze plaats mag een hijslast worden gehesen. Bevindt het hijsgebied zich dicht bij de rand van de veiligheidszone, dan nemen de risico's buiten dat

	gebied mogelijk toe. Zie er op toe dat er ook alleen op die plaatsen wordt gehesen (uiteraard mag dat alleen met gecertificeerde hijsmiddelen en medewerkers). Als er wordt gewerkt met mobiele verrijdbare hijsmiddelen, moeten er maatwerkafspraken worden gemaakt over het gebruik van deze middelen.
3.4	Is er een mogelijkheid dat een hijslast zich boven de openbare straat kan bevinden, dan is er sprake van een hoog risico. Dit hoge risico kan worden weggenomen door softwarematige hijslastbegrenzing toe te passen.
4 Invloed op bereikbaarheid tijdens de realisatiefase	
4.1	Zijn er loopstromen die niet kunnen worden omgelegd waardoor deze (deels) binnen het bebouwingsgebied vallen, en moeten er hiervoor specifieke oplossingen worden gerealiseerd, zoals een overkluizing of een overdekt wandel- of fietspad?
4.2	Worden er routes van bus of tram gehinderd of belemmerd? Bij werkzaamheden in de directe nabijheid van spoor geldt aanvullend een vergunningplicht voor een beperkingengebiedactiviteit met betrekking tot de spoorweg (hoofdstuk 9 van het Besluit activiteiten leefomgeving).
4.3	Schat in of hulpdiensten in de verschillende bouwfases altijd kunnen beschikken over voldoende rijloper.
4.4	Hebben de bouwwerkzaamheden gevolgen voor het hoofdverkeersnetwerk van de stad, dan moet tijdige afstemming met de wegbeheerder plaatsvinden.
4.5	Heeft het bouwplan invloed op ambassades, musea, rioolpompstations, trafostations, hogedrukdrukgasleidingen en dergelijke?
4.6	Is er logistieke opslagruimte op locatie beschikbaar? Of is de locatie dermate beperkt dat er "Just in time" moet worden aangeleverd met buffer- of opstelplaatsen elders?
5 Kans op schade aan belendingen of natuur aannemelijk?	
5.1	Beoordeel de risico's van trillingen op de constructieve samenhang en opbouw van de panden in de invloedssfeer. Is er al sprake van scheuren of zettingen? Welk type fundering is toegepast? Zijn er kelders of gewelven?
5.2	Beoordeel het risico van aantasting van de beschermde situatie tijdens de realisatie, bijvoorbeeld is sprake van een beschermd gebied, beschermde dieren, een waterwingebied, broedseizoen of bomen? Denk bijvoorbeeld aan verlichting die overlast kan geven.
5.3	Welke technieken worden toegepast bij realisatie? Welke trillingsniveaus zijn te verwachten en welke risico's geeft dit voor de omgeving (trillingpredictierapport)? Denk hierbij aan de afstand van de bron tot de belending.
5.4	Beoordeel hoe ver de invloed reikt van de bemaling en of deze op basis van de grondopbouw een risico oplevert. Is er sprake van een open of gesloten bemaling en moet er retourbemaling worden toegepast? Welke mate van risico heeft verlaging van de grondwaterstand voor de omgeving? Denk hierbij ook aan mogelijk vervuilde grond binnen de beïnvloedingssfeer. Is er duidelijkheid over het debiet? Mogelijk is er een watermelding of een omgevingsvergunning voor een wateractiviteit nodig?
5.5.	Beoordeel de grondopbouw en de daarbij behorende risico's op zetting zoals veenlagen. Denk hierbij aan objecten in de ondergrond zoals riool, duikers en gewelven. Is er een Klic-melding gedaan en zijn aan de aanwezigheid van kabels en leidingen risico's verbonden? Inventariseer hierbij ook of er sprake is van kabels en leidingen boven de grond in de invloedssfeer.
6 Kans op hinder, samenhang met andere projecten	
6.1.	Kijk naar het gebruik van materieel, toegepaste technieken en predictiewaarden op het gebied van geluid en tijdsduur van werkzaamheden. Worden de beste beschikbare technieken toegepast in het kader van geluidsreductie? Is er een nulmeting gedaan van het standaard aanwezige omgevingsgeluid? Kan er bij overschrijdingen een maatwerkvoorschrift worden gesteld voor de tijdsduur (zie hoofdstuk 7 van het Besluit bouwwerken leefomgeving en de Landelijke richtlijn bouw- en sloopveiligheid).
6.2.	Met dit punt wordt alleen de hinderbeleving van omwonenden of belanghebbenden bedoeld. Inventariseer welke technieken bij (hulp)constructies worden toegepast en schat in of laat predictierapporten maken met betrekking tot de toegestane hinder van trillingen.
6.3.	Is er stof te verwachten? Wordt de beste techniek toegepast en of worden er preventieve maatregelen getroffen om stofhinder te voorkomen? Denk hierbij aan vernevelen of nat houden, dichte schuttingen, het lang gesloten houden van de gevel, zagen in plaats van hakken en dergelijke.
6.4.	Wil men buiten reguliere werktijden (7:00 -19:00 maandag t/m zaterdag) werken omdat het echt niet anders kan? Voor het werken buiten de (reguliere) tijden kan een maatwerkvoorschrift worden gesteld door het bevoegd gezag.
6.5	Zijn er in de directe omgeving andere projecten/werkzaamheden nu, dan wel gelijktijdig, in uitvoering met dit project, en zo ja, hebben de private partijen dan hun volgordelijkheid onderling vastgelegd? Zij dienen dit onderling met elkaar af te stemmen en vast te leggen.

Uitslag risicoinschatting

Puntenaantal = 6 tot en met 11	Geen bouw- of sloopveiligheidsplan nodig.
Puntenaantal = 12 of meer	Veiligheidsplan opstellen, gegevens veiligheidscoördinator aanleveren bij het indienen van de vergunningaanvraag of doen van een melding.

Bijlage XVIIIb. (meet- en rekenmethode geluid binnenschietbanen)

Beoordelingsmaten voor schietgeluid van binnenschietbanen

Voor de beoordeling van het geluid van binnenschietbanen wordt van twee beoordelingsgrootheden uitgegaan: het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ en het maximale geluidniveau L_{Amax} voor drie beoordelingsperioden: de dag-, avond- en nachtperiode.

Voor het meten en berekenen van het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ wordt gebruik gemaakt van het geluidexpositieniveau L_{AE} van een enkel schot. L_{AE} wordt bepaald volgens zie ISO 17201. Het equivalente geluidniveau L_{Aeq} van een wapentype is gerelateerd aan het geluidexpositieniveau L_{AE} volgens de formule:

$$L_{Aeq} = L_{AE} - 10\lg(T) + 10\lg(N) \quad (1)$$

waarbij wordt verstaan onder:
L_{AE}: het geluidexpositieniveau van een wapentype;
T: de tijdsduur in seconden van een beoordelingsperiode;
N: het aantal schoten binnen de beoordelingsperiode.
Het maximale geluidniveau L_{Amax} is het maximale A-gewogen geluidniveau van een enkel schot gemeten in de meterstand 'Fast'. Vier verschillende categorieën worden onderscheiden voor de wapentypen die op binnenschietbanen worden gebruikt:
1) KKP: klein kaliber pistool (tot en met .22 / 5.6mm);
2) KKG: klein kaliber geweer (tot en met .22 / 5.6mm);
3) GKP: groot kaliber pistool (groter dan .22 / 5.6mm);
4) GKG: groot kaliber geweer (groter dan .22 / 5.6mm).

Afhankelijk van de bedrijfssituatie, wordt voor de verschillende relevante beoordelingsperioden voor elke categorie één representatief wapen vastgesteld. Dit wordt beschreven in het volgende hoofdstuk.

Het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ voor de verschillende relevante beoordelingsperioden wordt bepaald volgens de onderstaande formule. De toeslag K_2 van 5 dB wordt toegepast voor het impulsachtige schietgeluid:

$$L_{Ar,LT} = 10\,lg\left(\sum_{cat} N_{cat}\ 10^{0,1*L_{AE,cat}}\right) - 10\,lg(T) + 5 \quad (2)$$

waarbij wordt verstaan onder:
N_{cat}: Het totaal aantal schoten per jaar per categorie gedurende de relevante beoordelingsperiode (dag, avond, nacht), dus niet alleen de schoten voor het representatieve wapen in de betreffende categorie;
$L_{AE,cat}$: Het gemiddeld gemeten geluidexpositieniveau voor het representatieve wapen;
T: Het aantal seconden binnen de relevante beoordelingsperiode (voor de periode van 07.00 tot 19.00 uur is dit 365 x 3.600 × 12 = 15.768.000 seconden).

$$L_{Ar,LT} = 10\lg\left(10^{0,1*\ Lschiet} + 10^{0,1*Loverig}\right) \quad (3)$$

waarbij wordt verstaan onder:
L_{schiet}: het $L_{Ar,LT}$ van het schietgeluid;
L_{overig}: het $L_{Ar,LT}$ van het overig geluid van de schietbaan.

Akoestisch representatieve bedrijfssituatie

De representatieve beoordelingsperiode kenmerkend voor de geluidsituatie van de schietbaan is een kalenderjaar.

Het representatieve gebruik in aantallen schoten wordt verdeeld over de genoemde vier wapencategorieën. Per categorie wordt ook een representatief wapen vastgesteld.

Een representatief wapen wordt bepaald door het wapen dat binnen een categorie de hoogste geluidniveaus geeft. Daartoe wordt het wapen gekozen dat binnen een categorie het hoogste kaliber heeft; het hoogste gewicht van de voortdrijvende lading; de hoogste uittredesnelheid van de kogel heeft en de kortste loop heeft. Het wapen dat op basis hiervan naar verwachting de hoogste geluidemissie geeft en dat binnen de representatieve bedrijfssituatie in de betreffende categorie verantwoordelijk is voor meer dan 5 procent van het aantal schoten, wordt als representatief wapen aangemerkt.

Bepaling van beoordelingsgrootheden
Het geluid van een wapencategorie, uitgedrukt in het A-gewogen geluidexpositieniveau $L_{AE,cat}$, wordt bepaald uit metingen aan het wapentype dat representatief is voor de wapencategorie. De langtijdgemiddelde beoordelingsniveaus $L_{Ar,LT}$ voor de verschillende beoordelingsperioden worden vervolgens bepaald met behulp van formule (2).

Het maximale geluidniveau L_{AMax} wordt bepaald door het hoogste gemeten maximale geluidniveau L_{AMax} van één van de vier representatieve wapens.

Als de binnenschietbaan verschillende banen kent, moet deze procedure voor iedere baan apart worden doorlopen. Het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$ is dan het energetisch gesommeerde beoordelingsniveau van de verschillende banen. Het maximale geluidniveau L_{AMax} wordt bepaald door het niveau van de baan met het hoogste niveau.

Als de schietbaan behalve schietgeluid ook ander geluid produceert wordt dit toegevoegd middels formule (3). Ook voor dit geluid is de beoordelingsperiode 1 jaar.

Meten van de geluidimmissie

Indicatieve metingen
Ter hoogte van de gevel van gevoelige gebouwen of in in- en aanpandige gevoelige gebouwen kunnen eerst indicatieve metingen worden uitgevoerd. Deze hebben als doel om te bepalen of de uiteindelijke metingen op de gevoelige bestemming betrouwbaar kunnen worden uitgevoerd en welke schietposities hiervoor relevant zijn.

De indicatieve meting wordt uitgevoerd door de variatie van het maximale geluidniveau L_{AMax} voor, tijdens en na een serie van 3 schoten af te lezen van de geluidniveaumeter. Als het niveau van de metingen met schietgeluid ten minste 5 dB of meer bedraagt dan zonder schietgeluid, dan kunnen de L_{AE} en L_{AMax} metingen betrouwbaar worden uitgevoerd. Directe communicatie met de schutter is van belang om de tijdstippen van de meting af te stemmen. Het is van belang om deze indicatieve metingen uit te voeren met zo min mogelijk stoorgeluid.

Als het bovengenoemde verschil minder dan 5 dB is kunnen de metingen alsnog worden uitgevoerd, maar deze zijn dan niet betrouwbaar en geven alleen een bovengrens van de optredende geluidniveaus. Het is echter niet de verwachting dat voor dit soort situaties hinder zal optreden.

Metingen
Ter hoogte van de gevel van gevoelige gebouwen of in in- en aanpandige gevoelige gebouwen worden de L_{AE} en L_{AMax} niveaus gemeten van de vier representatieve wapens.

Vanwege het kortdurende karakter van het schietgeluid en mogelijke variaties in de niveaus van achtereenvolgende schoten, moeten per positie ten minste 5 schoten van elk representatief wapentype worden gemeten. Als voor de L_{AE} waarden de standaarddeviatie van het energetisch gemiddelde (standaarddeviatie van de gemeten geluidniveaus gedeeld door $\sqrt{(N-1)}$) meer dan 1 dB bedraagt, dan moet het aantal schoten worden vergroot totdat de standaarddeviatie minder dan 1 dB bedraagt.

Voor de beoordeling is het invallende geluidniveau relevant. Als het meetpunt direct vóór een gevel is gesitueerd moet, om het invallende geluidniveau te bepalen, de gevelcorrectieterm C_g worden toegepast zoals deze is gedefinieerd in bijlage IVh.

Metingen moeten worden uitgevoerd voor schietposities op het midden van baan en voor alle

schietposities die ten opzichte van de kogelvanger relevant zijn. Het is mogelijk dat als gevolg van een akoestisch lek door de ventilatievoorziening de gemeten geluidniveaus hoger zijn als de schutter zich dichterbij de kogelvanger bevindt.

Voor het vaststellen van langtijdgemiddelde beoordelingsniveaus $L_{Ar,LT}$ worden de gemeten geluidexpositieniveaus per meetlocatie en per schietlocatie energetisch gemiddeld. Als voor een bepaalde beoordelingslocatie voor verschillende schietposities metingen zijn uitgevoerd, dan worden, voor de bepaling van het langtijdgemiddelde beoordelingsniveau $L_{Ar,LT}$, alleen die meetresultaten gebruikt van de schietpositie waar het hoogste gemiddelde geluidexpositieniveau is gemeten.

Ook moet per meetlocatie in een zo rustig mogelijke periode gedurende ten minste een minuut het L_{Aeq} niveau van het achtergrondgeluid worden bepaald.

Het meten van schietgeluid vraagt een aparte deskundigheid waarbij bijzondere aandacht moet worden geschonken aan het dynamisch bereik van het meetsysteem, invloeden van het achtergrondgeluidniveau en de meteorologie op het overdrachtpad van de schietbaan naar een geluidgevoelige bestemming. Voor de windrichting zijn de voorschriften uit de paragraaf 2.2.2 van bijlage IVh van toepassing. Als de afstand vanaf de schietbaan tot een meetlocatie minder dan 50 m is, dan hoeft er niet onder meteo-raamcondities te worden gemeten. De windsnelheid op 10 m hoogte moet in alle gevallen beneden de 5 m/s zijn.

Apparatuur

De metingen moeten worden uitgevoerd met een ‘type 1’- geluidniveaumeter zoals dit gedefinieerd is in NEN-EN-IEC 61672-1. Daarnaast is het aan te bevelen dat de geluidmeter voldoet aan de aanvullende voorwaarden voor het meten van impulsgeluid. Deze aanvullende voorwaarden zijn ook in deze norm gedefinieerd. In sommige oudere geluidmeters wordt het geluidexpositieniveau vastgesteld door een integratie van een beperkt aantal samples van het breedbandige instantane geluidniveau. Voor dit type geluidniveaumeters moet het sampling interval kleiner of gelijk zijn aan 100 µs.

Bijlage XVIIIc. (rekenmethode geluid civiele buitenschietbanen, militaire buitenschietbanen en militaire springterreinen)

1. Inleiding

Deze rekenmethode is van toepassing op de berekening van het geluid van civiele buitenschietbanen, militaire buitenschietbanen en militaire springterreinen. De rekenmethode bestaat uit deze bijlage in combinatie met vijf gegevensbestanden die voor de rekenmethode worden toegepast. Deze gegevensbestanden zijn niet vrij beschikbaar.

Daarnaast zijn twee programma's nodig: *ShowdB* en *ShowKog*. Met het programma *ShowdB* kunnen de gegevensbestanden worden bekeken en kan de afhankelijkheid van de verschillende parameters die hierbij een rol spelen zichtbaar worden gemaakt. Met het programma *ShowKog* wordt de uitbreiding van kogel- en mondingsgeluid gevisualiseerd. Deze programma's zijn ook niet algemeen beschikbaar. Verdere achtergrondinformatie en wetenschappelijke onderbouwing is te vinden in handboeken en in onderzoeksrapporten van TNO die bij het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat opvraagbaar zijn.
In bepaalde gevallen kan het geluid van een civiele buitenschietbaan ook worden berekend volgens de eenvoudigere methode beschreven in bijlage XXVIIId. Het gaat om eenvoudige situaties bij kleiduivenbanen en schermenbanen die voldoen aan de in het toepassingsbereik van die bijlage genoemde specificaties.

2. Definities en begrippen

2.1. Schietgeluid

Voorbeelden van schietgeluid zijn schoten met vuurwapens en detonaties van handgranaten, projectielen en bommen. Ook het geluid dat ontstaat bij gebruik van wapen- of knalsimulatoren valt hieronder. Een voorbehoud moet worden gemaakt voor zware vliegtuigbommen, aangezien het frequentiegebied hierbij zo laag is, dat het model vooralsnog niet kan worden toegepast (zie ook paragraaf 4.2).

2.2. Akoestische grootheden

In deze rekenmethode wordt een groot aantal akoestische begrippen gebruikt. In paragraaf 2.10 is een overzicht gegeven van de symbolen, die hiervoor worden gebruikt. Hieronder worden van de belangrijkste begrippen de definities gegeven, die specifiek voor schietgeluid worden gebruikt. Voor de overige akoestische begrippen wordt verwezen naar akoestische handboeken; frequentiewegingen zijn gedefinieerd in IEC 60651.

Momentane geluiddruk: p [Pa]
De (momentane) geluiddruk in een geluidveld is gedefinieerd als de totale druk verminderd met de statische druk. De geluiddruk varieert met de tijd en met de positie.

Geluidexpositie: E [Pa²s]
De geluidexpositie *E* van een geluidpuls is gedefinieerd als de tijdsintegraal van het kwadraat van de momentane geluiddruk *p(t)* over de tijdsduur *T* van de geluidpuls:

$$E = \int_0^T p^2 \, dt \qquad (2.1)$$

Hierbij wordt in het algemeen een frequentieweging toegepast op het geluiddruksignaal *p(t)*. In deze rekenmethode worden de A-weging en de C-weging toegepast.

Het geluidexpositieniveau L_E is gedefinieerd als tien keer de logaritme met grondtal 10 van de verhouding van de geluidexpositie *E* en een referentiewaarde $E_0 = (20\mu Pa)^2 s$:

Geluidexpositieniveau: L_E[dB(A) of dB(C)]

$L_E = 10\lg(E/E_0)$ (2.2)

De frequentieweging wordt aangegeven door een extra subscript, dus L_{AE} of L_{CE} voor de A-weging resp. de C-weging.

Bronniveau: L_{Eb}
Het bronniveau L_{Eb} van een puntbron is in deze gedefinieerd als:

$L_{Eb} = L_E + 10\lg 4\pi r^2$ (2.3)

waarin L_E het geluidexpositieniveau is op een afstand r van de bron in een homogeen verliesvrij medium. In deze rekenmethode wordt gerekend in octaafbanden, en de bronniveaus worden dus per octaafband opgegeven. Deze definitie is alleen van toepassing op mondingsgeluid en detonatiegeluid, die door puntbronnen worden gerepresenteerd. Voor kogelgeluid wordt een andere definitie van het bronniveau gehanteerd (zie paragraaf 4.6.1).

2.3. Meteorologische grootheden

Bij de rekenmethode wordt de (hinder-relevante) geluidbelasting bepaald als een gemiddelde over verschillende meteorologische klassen. Hierbij wordt dus rekening gehouden met het feit dat de geluidoverdracht sterk afhankelijk is van de plaatselijke weersomstandigheden. De verschillende meteorologische klassen worden getypeerd door het effectieve geluidsnelheidsprofiel. In deze paragraaf worden de definities gegeven van de grootheden die hierbij een rol spelen.

Windsnelheid: u [m/s]
De windsnelheid is aan sterke fluctuaties in de tijd onderhevig. Voor een beschrijving van de toestand van de atmosfeer wordt van de gemiddelde windsnelheid uitgegaan, waarbij gemiddeld is over een periode van typerend 5 minuten. De windsnelheid neemt over het algemeen met de hoogte toe. In de rekenmethode wordt ervan uitgegaan dat de gemiddelde windsnelheid in het geluidpad niet met de horizontale positie varieert. Met name bij land-waterovergangen kan dit echter wel het geval zijn. De methode is dan niet zonder meer toepasbaar. In deze rekenmethode wordt alleen de horizontale component van de windsnelheid gebruikt, aangeduid met het symbool u.

Temperatuur: t [°C] en T [K]
De temperatuur is aan fluctuaties in de tijd onderhevig. Voor een beschrijving van de toestand van de atmosfeer wordt van het gemiddelde uitgegaan, waarbij gemiddeld is over een periode van typerend 5 minuten. In de rekenmethode is ervan uitgegaan dat de gemiddelde temperatuur in het geluidpad alleen met de hoogte varieert. Met name bij land-waterovergangen treden ook horizontale temperatuurverschillen op. De methode is dan niet zonder meer toepasbaar. Zowel de temperatuur in graden Celsius als de absolute temperatuur in Kelvin worden gebruikt.

Windrichting: φ [°]
De windrichting is de richting van waaruit de wind komt. De windrichting wordt uitgedrukt in graden ten opzichte van het noorden (kloksgewijs). Westenwind komt dus overeen met 270°
.
Effectieve geluidsnelheid: c_{eff}[m/s]
De effectieve geluidsnelheid, dat is de snelheid waarmee een geluidgolf zich in de atmosfeer voortplant, wordt bepaald door de absolute temperatuur T, de horizontale windcomponent u, en het hoekverschil tussen de windrichting φ en de richting θ waarin het geluid zich voortplant (φ en θ zijn hoeken ten opzichte van het geografische noorden; dus bv. φ = 90° voor oostenwind, en θ = 90° voor geluidvoortplanting van west naar oost).

$$c = 20.064\sqrt{T} + u\cos(\varphi - \theta - 180°)$$ (2.4)

De geluidsnelheid is dus gelijk aan de som van de ‘thermische geluidsnelheid’ en de vectorwind, de component van de wind in de geluidvoortplantingsrichting. In deze rekenmethode wordt de aanduiding ‘effectief’ meestal weggelaten, en wordt de ‘effectieve geluidsnelheid’ als de ‘geluidsnelheid’

aangeduid. In overeenstemming hiermee wordt het symbool *c* gebruikt in plaats van c_{eff}.

Geluidsnelheidsprofiel: c(h) [m/s]
Het verloop van de effectieve geluidsnelheid met de hoogte (*h*) wordt aangeduid als het geluidsnelheidsprofiel *c(h)*. Dit verloop is een gevolg van de variaties van de temperatuur *T* en de windsnelheid *u* met de hoogte. In deze rekenmethode wordt de (hinder-relevante) geluidbelasting berekend als een gewogen gemiddelde over 27 meteorologische klassen. Deze klassen worden getypeerd door het geluidsnelheidsprofiel waarbij drie groepen worden onderscheiden (zie § 4.4.2).

Relatieve vochtigheid: r_v [%]
De relatieve vochtigheid van de atmosfeer is gedefinieerd als de partiële druk van waterdamp in de atmosfeer gedeeld door de verzadigings-dampdruk, uitgedrukt als een percentage.

Ruwheidslengte: z_0 [m]
Vlakbij de bodem is de windsnelheid vrijwel gelijk aan nul. De ruwheidslengte van de bodem is gedefinieerd als de hoogte waar beneden de windsnelheid gelijk is aan nul. Voor de bepaling van de ruwheidslengte kan gebruik worden gemaakt van de Davenport-classificatie. Volgens deze classificatie bedraagt de ruwheidslengte 0,0002 m voor een wateroppervlak, 0,03 m voor open grasland en 0,25 m voor heide.

Meteorologische dag
Periode tussen één uur na zonsopgang en één uur voor zonsondergang.

Meteorologische nacht
Periode tussen één uur voor zonsondergang en één uur na zonsopgang.

Juridische dag, avond en nacht
Er worden drie beoordelingsperioden onderscheiden:
- dagperiode 07.00 – 19.00 uur;
- avondperiode 19.00 – 23.00 uur;
- nachtperiode 23.00 – 07.00 uur.

Windroossector: [χ,ζ] [°,°]
Gedeelte van de windroos, dat voor het gebruik van de schietbaan relevant is. Van de windroossector wordt de sectorhoek χ gegeven en het midden van de windroossector ζ. Bij een windroossector van bijvoorbeeld [90°, 270°] is het gebruik van de schietbaan alleen relevant bij windrichtingen van (270° ± 45°) wat overeenkomt met windrichtingen tussen noordwest en zuidwest (zie ook figuur 4.4).

2.4. Beoordelingsgrootheden

Geluidbelasting van schietgeluid: B_s[dB(A)]
De hinderrelevante geluidbelasting van schietgeluid wordt aangegeven door het symbool B_s en uitgedrukt in dB(A). De dosis-effect relatie voor hinder van wegverkeersgeluid is hierbij als referentie gekozen. Dit houdt in dat bij gelijke hinderbeleving de getalwaarden van de geluidbelasting van schietgeluid en wegverkeersgeluid aan elkaar gelijk zijn.

In de geluidbelasting is de gemiddelde invloed van het weer op de geluidoverdracht verwerkt.

De geluidbelasting kan worden onderverdeeld in deelgeluidbelastingen van diverse schietactiviteiten. De totale geluidbelasting is de energetische som van deze deelgeluidbelastingen.

In analogie met de beoordelingsprocedures voor wegverkeers- en industriegeluid wordt bij zonering van schietgeluid de geluidbelasting uitgedrukt in een dag-avond-nachtwaarde ($B_{s,dan}$), die bepaald wordt als een gewogen gemiddelde van de B_s waarden voor de drie juridische beoordelingsperioden:
- $B_{s,dag}$ dag: 07.00 – 19.00 uur;
- $B_{s,avond}$ avond: 19.00 – 23.00 uur;
- $B_{s,nacht}$ nacht: 23.00 – 07.00 uur.

2.5. Bodemparameters
De bodem wordt akoestisch gekarakteriseerd door twee parameters: de akoestische bodemhardheid

en de bodemruwheid.

De akoestische bodemhardheid is bepalend voor reflectie en absorptie van geluid door de bodem. Als maat voor de bodemhardheid wordt de *stromingsweerstand σ* gehanteerd. De stromingsweerstand wordt gedefinieerd aan de hand van een situatie waarin een luchtstroom door een laag van het materiaal een drukval over de laag veroorzaakt. De stromingsweerstand is dan gelijk aan verhouding van de drukval Δ*p* en de stroomsnelheid *v*, gedeeld door de laagdikte *L*. In formule:

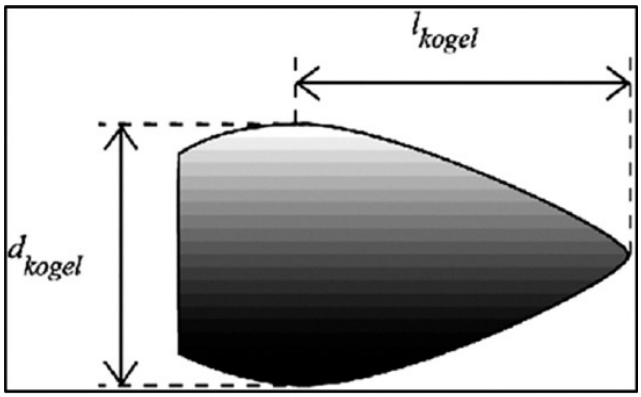
$$\sigma = \frac{\Delta p}{v \cdot L} \qquad (2.5)$$

In deze rekenmethode voor schietgeluid wordt van drie waarden voor de akoestische bodemhardheid uitgegaan: reflecterend, absorberend en zeer absorberend. Voor de stromingsweerstand wordt voor een zeer absorberende bodem en een absorberende bodem respectievelijk $1 \cdot 10^5$ Nsm^{-4} en $3 \cdot 10^5$ Nsm^{-4}gehanteerd. Voor een akoestisch reflecterende bodem wordt een oneindig grote stromingsweerstand aangenomen (zie ook § 4.5.2).

De bodemruwheid beïnvloedt het windsnelheidsprofiel in de atmosfeer boven de bodem, en daardoor indirect de geluidoverdracht. Een maat voor de bodemruwheid is de *ruwheidslengte* z_0 (zie § 2.4).

2.6. Kogelparameters

Voor de berekening van het niveau van het kogelgeluid zijn in eerste instantie twee parameters van belang: de *kogeldiameter* d_{kogel} gedefinieerd als de maximale diameter van de kogel en de *effectieve lengte* l_{kogel} gedefinieerd als de axiale afstand van de punt van de kogel tot aan de plaats waar de diameter maximaal is.



Figuur 2.1: Effectieve lengte l_{kogel} en diameter d_{kogel} van een kogel

Het gebied waar het kogelgeluid kan worden waargenomen hangt af van de snelheid van de kogel. Deze snelheid wordt benaderd door een lineaire relatie:

$$v_k = v_0 + v_1 x \qquad (2.6)$$

met
v_0 de snelheid van de kogel bij het verlaten van de vuurmond;
v_1 de verandering van de snelheid per eenheid van lengte;
x de afstand langs de kogelbaan tot de vuurmond.

Een afgeleide parameter die een rol speelt bij de berekening van kogelgeluid is het Mach-getal. Dit is gedefinieerd als de verhouding van de snelheid v_k van de kogel en de geluidsnelheid c_{10} (hiervoor wordt in deze rekenmethode de waarde bij 10°C en 1 atmosfeer gehanteerd: c_{10} = 337,6 m/s).

$$M = \frac{v_k}{c_{10}} \qquad (2.7)$$

2.7. Buitenschietbanen

Op verschillende soorten banen wordt geschoten of andersoortig knalgeluid gemaakt. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven met voorbeelden van baantypen die in Nederland voorkomen en die in het kader van deze rekenmethode relevant zijn. Voor het vaststellen van de geluidbelasting vragen de verschillende baantypen om een andere aanpak.

Vrije schietbanen
Dit zijn schietbanen, meestal voorzien van een kogelvanger, en mogelijk een overkapping boven de standplaats van de schutters, maar zonder voorzieningen ter beperking van de omvang van de onveilige zone zoals poorten, kokers, schermen, en dergelijke.

De vrije schietbanen zijn onder te verdelen in:
- vrije geweerbanen;
- vrije mitrailleurbanen en vrije pistoolbanen.

De lengte van een vrije geweerbaan is doorgaans 300 m; het aantal schietpunten varieert.
In principe bestaat tussen de uitvoering van een vrije mitrailleurbaan en die van een vrije pistoolbaan geen verschil. Een vrije pistoolbaan heeft een lengte van 25m; het aantal schietpunten bedraagt doorgaans vijf tot tien.

Schietkampen
Een schietkamp bestaat uit een of meer schietbanen of schietpunten. De doelafstanden zijn hierbij groter dan bij vrije schietbanen. Deze terreinen beslaan meerdere vierkante kilometers. Afhankelijk van de baan wordt met diverse wapentypen geschoten variërend van lichte handvuurwapens tot 155 mm Houwitsers.

Poortbanen
Dit zijn schietbanen waarbij met poorten en kogelvangers wordt voorkomen dat – bij normaal gebruik – een direct schot de baan kan verlaten, waardoor een zekere mate van veiligheid wordt verkregen en met een beperkte onveilige zone kan worden volstaan. De poortbanen zijn onder te verdelen in geweerpoortbanen en pistoolpoortbanen.

Een geweerpoortbaan heeft bijvoorbeeld een lengte van 100 m, 200 m of 300 m. Een pistoolpoortbaan is 20 m of 25 m lang. Het aantal schietpunten op de banen is meestal zes. Bij pistoolpoortbanen maakt de eerste poort deel uit van een schiethuisje waarin de schutters zich bevinden.

Het geluiduitstralingspatroon van een poortbaan is, door de vele reflecties die mogelijk zijn, zeer complex. Voor de berekening van de geluidbelasting wordt in de rekenmethode deze baan door een puntbron gemodelleerd. Deze beschrijving is pas geldig op enige afstand van deze baan. In paragraaf 4.5.1 wordt hier nader op ingegaan.

Schermenbanen
Dit zijn schietbanen waarbij met schermen, zijwallen of zijwanden en een overkapping boven de kogelvanger wordt voorkomen dat – bij normaal gebruik van de baan – een direct schot of een ricochet de baan kan verlaten, waardoor geen onveilige zone in acht genomen hoeft te worden. De schermenbanen zijn onder te verdelen in schermenbanen voor geweer en schermenbanen voor pistool.

Een schermenbaan voor geweer heeft een lengte van bijvoorbeeld 100 m, 200 m of 300 m. Een schermenbaan voor pistool is 25 m lang. Er zijn op schermenbanen meestal zes schietpunten. Het schuttersgedeelte van de baan is meestal overkapt. Ook zijn er voorbeelden waarbij de schutter, gelegen op een brits, vanuit een omsloten ruimte door een klein venster schiet. Een 100 m baan kan ook voor het schieten met vuistvuurwapens worden gebruikt. De schutter gaat hiertoe naar voren op een afstand van 25 m of minder van de kogelvanger. Deze schietpositie is meestal niet overkapt.

De schermen zijn van beton en bekleed met hout. Akoestisch kunnen deze schermen de geluiduitstraling naar de omgeving sterk beïnvloeden. Naast een geluidreducerende invloed kunnen

ze in bepaalde richtingen ook een geluidversterkende invloed hebben door reflectie van het geluid tegen deze schermen. Op schermenbanen waar voldoende aanvullende akoestische maatregelen zijn getroffen, zal buiten de baan alleen kogelgeluid een rol van betekenis spelen.

Het geluiduitstralingspatroon van een schermenbaan is, door de vele reflecties die mogelijk zijn, zeer complex. Voor de berekening van de geluidbelasting wordt in de rekenmethode de schermenbaan gemodelleerd door één of meer puntbronnen. Deze beschrijving is pas geldig op enige afstand van de schermenbaan. In paragraaf 4.5.1 wordt hierop nader op ingegaan.

Poortkokerbanen
Dit zijn schietbanen waarbij met een poort en een koker wordt voorkomen dat – bij normaal gebruik van de baan – een direct schot of een ricochet de baan kan verlaten, waardoor geen onveilige zone in acht genomen hoeft te worden.

Een poortkokerbaan heeft meestal een lengte van 25 m. Het aantal schietpunten bedraagt doorgaans vijf of zes. De schietposities bevinden zich net buiten het gebouw (aan de open zijde) of voor kortere doelafstanden in het gebouw (de kokers zijn groot genoeg om in te staan). De bodem van de schietposities net buiten het gebouw is verlaagd uitgevoerd. Het gebouw is voorzien van een sheddak dat aan dezelfde kant als waar de opening van het gebouw ligt kleine ramen heeft.

Ook een poortkokerbaan wordt in de rekenmethode gemodelleerd door een puntbron. De geluiduitstraling is sterk richtingsafhankelijk. Met name naar achteren toe straalt een poortkokerbaan het meeste geluid uit. Door de afschermende werking van wanden en plafond is de geluiduitstraling lager naarmate het schietpunt dieper in het gebouw ligt.

Kokerbanen
Dit zijn schietbanen waarbij met een koker wordt voorkomen dat – bij normaal gebruik van de baan – een direct schot of een ricochet de baan kan verlaten, waardoor geen onveilige zone in acht genomen hoeft te worden.

Een kokerbaan heeft alleen één open zijde achter de standplaats van de schutters. Een kokerbaan heeft doorgaans een lengte van 25 m. De schietposities bevinden zich bij de open zijde of (voor kortere doelafstanden) in het gebouw. Op een afstand van circa 2 m van de kogelbaan is meestal aan beide kanten een verbreding van circa 0,55 m in de koker aangebracht waarin zich een (niet aanschietbare) deur bevindt. De bodem van de schietposities net buiten het gebouw is meestal verlaagd uitgevoerd. Het gebouw is voorzien van een sheddak dat aan dezelfde kant als waar de opening van het gebouw ligt kleine ramen heeft.

Ook een kokerbaan wordt in de rekenmethode gemodelleerd door een puntbron. De geluiduitstraling is sterk richtingsafhankelijk. Met name naar achteren toe straalt een kokerbaan het meeste geluid uit. Door de afschermende werking van wanden en plafond neemt het bronniveau af als het schietpunt zich meer in het gebouw bevindt.

Handgranatenbanen
Dit zijn banen waar met scherpe handgranaten kan worden geworpen. Een handgranatenbaan bestaat uit een schuilplaats voor de oefenende eenheid, een munitie opslag- en verstrekkingspunt, een werppunt, een waarnemingspunt voor de officier belast met de leiding en een dekkingswal. Voorts behoort tot de baan een geëgaliseerde terreinstrook, breed ten minste 50 m en diep ten minste 75 m, waar de geworpen granaat terecht moet komen.

Miniatuurschietbanen
Dit zijn schietbanen waarbij geschoten wordt met geweren, kaliber .22 inch, bevestigd in of aan boordkanonnen van voertuigen. Een miniatuurschietbaan bestaat meestal uit een verhard opstelplateau voor de voertuigen, een doelengebied van relatief grote omvang, doorgaans aangeduid als ‘zandbak’, en een kogelvanger, al dan niet voorzien van een overkapping.
Banen met schietbomen
Op deze banen wordt er vanaf een vaste standplaats op een schietboom geschoten waarop een doel is aangebracht. Er wordt geschoten met geweren, lucht- of CO_2-wapens of kruis- of handbogen. Behalve bij de kruis- en handbogen wordt gebruik gemaakt van een oplegsteun voor het wapen. In enkele gevallen is er ook een kogelvanger aanwezig.

Afhankelijk van het type doel wordt het aangeduid als Oud Limburgs schieten, Brabants schieten of Gelders schieten. Bij Oud Limburgs schieten wordt de hark of de vogel als doel gebruikt. De hark is een houten raamwerk waarop een groot aantal blokjes hout is bevestigd. De vogel is een blok hout in de vorm van een vogel. Bij Brabants schieten wordt op de wip (een stalen schijfje) of op de gaai (vogel) geschoten. Bij Gelders schieten wordt geschoten op de vogel, de schijf of de lepel. Bij het schieten op de schijf wordt een papieren roos gebruikt. Bij het lepelschieten bestaat het doel uit een aantal lepels die kunnen scharnieren en die na een treffer weer overeind gehaald kunnen worden.

Miniatuur kanonbanen
Dit zijn schietbanen waar met miniatuur kanonnen wordt geschoten onder een zeer kleine elevatie (5 graden) op doelen op een afstand van 25 tot 50 m.

Kleiduivenschietbanen
Op kleiduivenschietbanen wordt geschoten met hageljachtgeweren. Het doel is een kleiduif (schijf gebakken klei) die met een hand- of mechanisch gedreven kleiduiven-werpmachine wordt weggeworpen over een afstand van maximaal 80 m.

Kleiduivenschietbanen kunnen in verschillende variaties voorkomen:
- Op een skeetbaan werpen twee tegenover elkaar staande machines, die zijn opgesteld in een hoge en een lage toren, de kleiduiven elk in een bepaalde richting. De schutter moet voortdurend langs een halve cirkel, met de twee werpmachines op de hoekpunten, van standplaats wisselen. Er zijn acht verschillende standplaatsen;
- Bij een trapbaan staat de werpmachine op een vaste plaats opgesteld en zijn er meestal tien standplaatsen voor de schutter. De afstand van de schietpunten tot de werpmachine is 10 tot 15 m;
- Bij een enkelvoudige oefenbaan is er alleen één vaste standplaats voor de schutter. De werpmachine is verplaatsbaar;
- Bij een hazenbaan wordt meestal geschoten op een metalen schijf in de vorm van een haas waarop een kleiduif is aangebracht. De haas wordt voortbewogen langs draden of op rails met een snelheid van ongeveer 5 m/s. De schutter staat op 15, 20 of 25 m afstand van het doel.

2.8. Militaire oefenterreinen
Op militaire oefenterreinen wordt niet met een scherpe patroon (‘Ball’) geschoten, maar wordt een losse patroon (‘blank’) toegepast, die over het algemeen minder geluid voortbrengt. Verder wordt soms ook gebruik gemaakt van knalsimulatie-middelen.

Gevechtssituaties worden nagebootst waarbij er sprake is van een aanvallende en een verdedigende partij. Plaats en richting van schieten bij deze oefeningen zijn alleen bij benadering bekend. Het verdient daarom aanbeveling van een referentieoefening uit te gaan. In paragraaf 4.5.1 wordt hier nader op ingegaan.

2.9. Achtergronden bij de fysische modellering van schietgeluid
Bij het geluid dat ontstaat door het gebruik van een vuurwapen kunnen drie verschillende bijdragen worden onderscheiden:
- Mondingsgeluid
- Detonatiegeluid
- Kogelgeluid

In deze paragraaf zullen we de specifieke fysische eigenschappen van schietgeluid nader toelichten om inzicht te geven in de modellering van schietgeluid.

Mondingsgeluid en detonatiegeluid
Door de explosie van de voortdrijvende lading in een projectiel ontstaat er een grote drukpuls. Het hierdoor opgewekte geluidveld laat zich goed beschrijven door een akoestische puntbron met een richtingsafhankelijke geluiduitstraling. Voor lichte vuurwapens is de richtingsafhankelijkheid over het algemeen groter dan bij de zwaardere wapentypen. Het verschil tussen het niveau vóór en achter het wapen kan bij lichte handvuurwapens in de orde van 15 dB zijn.

Het bronpunt voor lichte handvuurwapens ligt aan het einde van de loop. Voor zwaardere wapens ligt het broncentrum iets verder voor de loop (zie hiervoor ook paragraaf 4.5.1). Als op korte afstand van

een wapen afschermende objecten staan opgesteld moet hier terdege rekening mee gehouden worden.

Terugstootloze vuurwapens hebben in principe twee bronpunten, één aan de voorkant (in Engels: muzzle blast) en één aan de achterzijde van het wapen (in Engels: breech blast). Het niveau van het bronpunt aan de achterzijde van het wapen is vele malen sterker dan het bronpunt aan de voorzijde van het wapen, zodat in goede benadering van één bronpunt aan de achterzijde van het wapen kan worden uitgegaan.

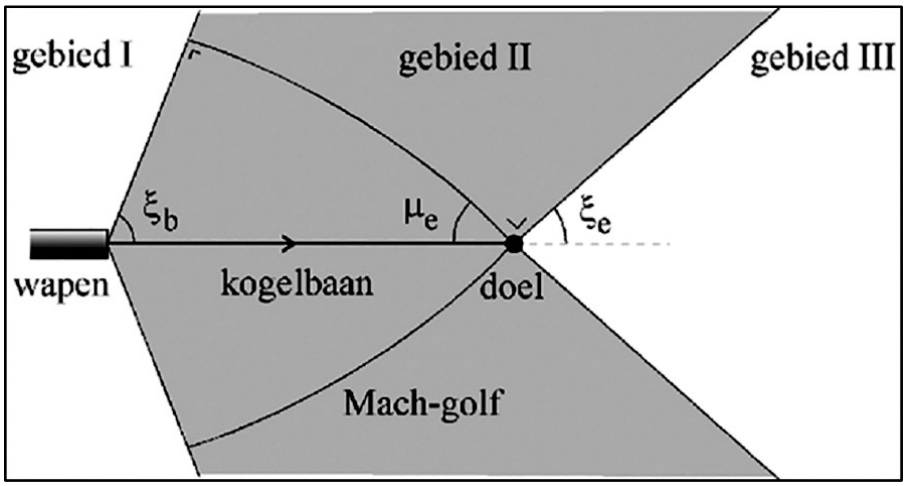
Het akoestisch model dat in deze rekenmethode wordt beschreven is een lineair model. Op korte afstand van het wapen zijn de geluiddrukniveaus echter dermate hoog dat de geluidoverdracht niet door een lineair model kan worden beschreven. Op enige afstand van de bron zijn de drukniveaus echter zover afgenomen dat een beschrijving door een lineair model wel kan worden toegepast. Dit betekent dat het model niet op korte afstanden van de bron kan worden toegepast (zie ook paragraaf 4.2).

Kogelgeluid
Kogelgeluid heeft een principieel ander gedrag dan mondings- en detonatiegeluid. Het ontstaat door verstoring van de lucht door een supersone kogel. De luchtverstoring is geconcentreerd op een kegelvormig oppervlak, dat zich met de geluidsnelheid vanaf de kogelbaan uitbreidt. Dit oppervlak wordt de Mach-golf genoemd. Op het moment dat de Mach-golf een waarnemer passeert, wordt het als een knal waargenomen. De kogelknal wordt altijd eerder waargenomen dan de mondingsknal. De halve tophoek μ van de kegelvormige Mach-golf wordt de Mach-hoek genoemd. De Mach-hoek wordt bepaald door de geluidsnelheid c_{10} en de kogelsnelheid v_k, volgens de relatie:

$$\sin \mu = \frac{c_{10}}{v_k} \tag{2.8}$$

De kogelsnelheid neemt in het algemeen af langs de kogelbaan, waardoor de Mach-hoek toeneemt (het complement van de Mach-hoek, $\xi = 90° - \mu$ neemt dus juist af langs de kogelbaan). Hierdoor is de Mach-golf geen perfect kegeloppervlak, maar een gekromd kegeloppervlak. Dit is geïllustreerd in figuur 2.2.

Bij de modellering van kogelgeluid worden drie gebieden onderscheiden, die aangegeven zijn in figuur 2.2. Het niveau van kogelgeluid is het hoogst in gebied II, het Mach-gebied. Het niveau is aanzienlijk lager in gebied III, maar niet verwaarloosbaar. Het niveau in gebied I is nog lager, en wordt verwaarloosd. In figuur 2.2 is aangenomen dat de kogel nog supersoon is bij het doel. Dat wil zeggen dat de kogelsnelheid bij het doel groter is dan de geluidsnelheid. Het kan ook voorkomen dat de kogel subsoon wordt vóór het bereiken van het doel. De hoek ξ is dan, op het punt waar de kogel subsoon wordt, gelijk aan nul. Gebied II bestrijkt dan het volledige gebied achter het doel; er is dan geen gebied III.



Figuur 2.2: Illustratie van de gebieden I, II en III die worden gebruikt bij de modellering van

kogelgeluid. Gebied II wordt het Mach-gebied genoemd. De gekromde lijnen representeren de doorsnede van de (kegelvormige) Mach-golf op het moment dat de kogel het doel bereikt. De Mach-hoek bij het doel is aangegeven als μ_e.

2.10. Symbolen

Tabel 2.1 Symbolen

Symbool	Eenheid	Omschrijving	Behandeld in
α	dB	Constante voor bepalen hinderrelevante geluidbelasting (47 dB)	3.2
α_{abs}	–	Absorptiecoëfficiënt van materialen	4.6.5
α_e	°	Elevatiehoek van de loop van het wapen	4.4.1
β	dB^{-1}	Constante voor bepalen hinderrelevante geluidbelasting (0,015 dB^{-1})	3.2
γ	–	Tophoek van wal	4.5.3
ε_{hor}	°	Effectiviteit van de reflectie in het horizontale vlak	4.6.7
ε_{ver}	–	Effectiviteit van de reflectie in het verticale vlak	4.6.7
ζ	°	Midden van windroossector, die voor het gebruik van de schietbaan relevant is	2.3
θ	°	Geluidvoortplantingsrichting t.o.v. het noorden (bijv θ = 90° voor geluidvoortplanting van west naar oost)	2.3
λ	m	Golflengte	4.6.7
μ	°	Mach-hoek, halve tophoek van de kegel gevormd door het golffront van de Mach-golf	2.9
ξ	°	Complement van de Mach-hoek	2.9
ξ_b,ξ_e	°	Grenshoeken van het Mach-gebied	2.9 en 4.6.2
ρ	–	Reflectiviteit reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie (1-α_{abs})	4.5.4
σ	kPa s m^{-2}	Stromingsweerstand	2.6 en 4.5.2
φ	°	Windrichting (hoek t.o.v. het noorden, bijv. φ = 90° komt overeen met oostenwind)	2.3
ϕ	°	Hoek tussen de lijn van bron naar rekenpunt en de vuurlijn (in bovenaanzicht vanuit de bron met de klok mee gemeten)	4.4.1
ϕ_r	°	Diffractiehoek van rekenpunt op top van scherm	4.6.5
ϕ_s	°	Diffractiehoek van bron op top van scherm	4.6.5
$\Delta\phi_r$	°	Correctie op ϕ_r als gevolg van straalkromming	4.6.5
$\Delta\phi_s$	°	Correctie op ϕ_s als gevolg van straalkromming	4.6.5
χ	°	Sectorhoek van windroossector, die voor het gebruik van de schietbaan relevant is	2.3
ψ	°	Schietrichting t.o.v. het noorden in het horizontale vlak	4.5.1
b	–	Geluidbron	3.2 en 4.3
b_n	m/s	Coëfficiënt in formule voor geluidsnelheidsprofielen	4.4.2
B_s	dB(A)	Geluidbelasting van schietgeluid	2.4
$B_{s,avond}$	dB(A)	Geluidbelasting in de juridische avondperiode	2.4 en 3.2
$B_{s,dag}$	dB(A)	Geluidbelasting in de juridische dagperiode	2.4 en 3.2
$B_{s,dan}$	dB(A)	Geluidbelasting uitgedrukt als dag-avond-nachtwaarde	2.4 en 3.2
$B_{s,nacht}$	dB(A)	Geluidbelasting in de juridische nachtperiode	2.4 en 3.2
$B_{s,periode}$	dB(A)	Geluidbelasting in een bepaalde juridische beoordelingsperiode (dag, avond of nacht)	3.4
c	m/s	Geluidsnelheid	2.3

$c(h)$	m/s	Geluidsnelheidsprofiel	2.3
c_{10}	m/s	Geluidsnelheid bij 10°C en 1 atmosfeer (337,6 m/s)	2.6
c_{eff}	m/s	Effectieve geluidsnelheid	2.3
d_{eff}	m	Afstand tussen naburige cilinders bij modellering diffuse reflecties	4.5.4 en 4.6.8
d_{kogel}	m	Maximale diameter van kogel	2.6
d_{max}	m	Maximale afstand van rekenpunt naar rand van brongebied	4.6.1.
d_{min}	m	Minimum afstand van rekenpunt naar rand van brongebied	4.6.1
D_{bodem}	dB	Demping t.g.v. de bodem	4.4.2 en 4.6.4
D_{geo}	dB	Geometrische demping	4.6.2
D_{lucht}	dB	Demping t.g.v. luchtabsorptie	4.6.3
D_{nlin}	dB	Extra dempingsterm als gevolg van niet-lineaire geluidoverdracht van kogelgeluid	4.6.6
D_{refl}	dB	Reflectiedemping	4.6.7 en 4.6.8
D_{scherm}	dB	Demping door geluidwerende obstakels	4.6.5
ΔD	dB	Tophoekcorrectie	4.6.5
E	Pa^2s	Geluidexpositie	2.2
E_0	Pa^2s	Referentiewaarde van de geluidexpositie ($(20\mu Pa)^2s$)	2.2
f_a	–	Fractie van het geluidpad waarvoor de bodem absorberend is	4.6.4
f_{abs}	–	Fractie van het geluidpad waarvoor de bodem absorberend of zeer absorberend is	4.6.5
f_h	–	Fractie van het geluidpad waarvoor de bodem hard is	4.6.4
f_k	Hz	Octaafbandmiddenfrequentie (fk = 16 Hz, 31,5 Hz, ..., 4000 Hz)	4
f_z	–	Fractie van het geluidpad waarvoor de bodem zeer absorberend is	4.6.4
f_{kogel}	Hz	Karakteristieke frequentie van kogelgeluid	4.6.1
g_d	–	Gewichtsfactoren voor de meteorologische dag. Dit komt overeen met de kans dat een meteorologische situatie in een bepaalde meteorologische klasse valt. Een meteorologische klasse wordt gekarakteriseerd door één van de 27 geluidsnelheidsprofielen.	3.2 en 4.4.3
g_n	–	Gewichtsfactoren voor de meteorologische nacht (zie ook hierboven).	3.2 en 4.4.3
h	m	Hoogte boven het plaatselijk maaiveld	
h_0	m	Referentiehoogte (0,1 m)	4.4.2
h_{eff}	m	Effectieve hoogte van bronpunt of rekenpunt als gevolg van een scherm	4.6.5
h_r	m	Hoogte van het rekenpunt boven het plaatselijke maaiveld	4
h_s	m	Hoogte van het bronpunt boven het plaatselijke maaiveld	4
h_{wapen}	m	Hoogte van het draaipunt van de loop van een wapen	4.4.1
H_p	–	Factor waarmee de eindige hoogte en breedte van een scherm in rekening wordt gebracht	4.6.5
$k_{periode}$	–	Kans dat schietgeluid in een bepaalde juridische beoordelingsperiode gehoord wordt	6
l_{kogel}	m	Afstand van de punt van de kogel tot aan het punt waar de kogel de grootste diameter heeft	2.6
L	m	Correlatielengte (1,1 m)	4.6.2
$L_{Aeq,periode}$	dB(A)	Equivalente geluidniveau vanwege schietgeluid voor een gemiddelde dag voor een bepaalde juridische beoordelingsperiode	3.3

L_E	dB	Geluidexpositieniveau, immissieniveau	2.2 en 4.3
L_{AE}	dB(A)	A-gewogen geluidexpositieniveau	2.2
L_{CE}	dB(C)	C-gewogen geluidexpositieniveau	2.2
L_{Eb}	dB	Bronniveau	2.2 en 4.3
L_{*Eb}	dB	Bronniveau van een spiegelbron	4.3 en 4.6.7
$L_{Es,periode}$(b,m)	dB(A)	Deelbijdrage aan de geluidbelasting van een enkel schot van een bron *b* bij een meteorologische klasse *m*. De juridische beoordelingsperiode (dag, avond of nacht) is alleen relevant als een geluidbelasting < 50 dB(A) wordt berekend (zie hoofdstuk 6).	3.2
$\overline{L_{Es,periode,d}(b)}$	dB(A)	Deelbijdrage aan de geluidbelasting voor de meteorologische dag van een enkel schot van een bron *b* als gewogen gemiddelde over 27 meteorologische klassen. De juridische beoordelingsperiode (dag, avond of nacht) is alleen relevant als een geluidbelasting < 50 dB(A) wordt berekend (zie hoofdstuk 6).	3.2
$\overline{L_{Es,periode,n}(b)}$	dB(A)	Deelbijdrage aan de geluidbelasting voor de meteorologische nacht van een enkel schot van een bron *b* als gewogen gemiddelde over 27 meteorologische klassen. De juridische beoordelingsperiode (dag, avond of nacht) is alleen relevant als een geluidbelasting < 50 dB(A) wordt berekend (zie hoofdstuk 6).	3.2
L_{loop}	m	Lengte van de loop vanaf draaipunt tot bronpunt	4.4.1
L_n	m	Breedte van deelgebied van brongebied	4.6.1
m	–	Meteorologische klasse	3.2, 4.3 en 4.4.2
M	–	Mach-getal, relatieve kogelsnelheid ten opzichte van de geluidsnelheid	2.6
n_2	–	Gemiddeld aantal bomen per oppervlakte-eenheid	4.5.4 en 4.6.8
N_{cil}	–	Aantal cilinders in een segment bij modellering diffuse reflecties	4.6.8
N_{avond}	–	Aantal knallen per jaar in de avondperiode voor een bron	3.2
N_{dag}	–	Aantal knallen per jaar in de dagperiode (inclusief zon- en feestdagen)	3.2
N_{nacht}	–	Aantal knallen per jaar in de nachtperiode voor een bron	3.2
N_v	–	Aantal gebieden dat door het geluidpad wordt doorkruist met bodemtype *v=h*	4.6.4
$N_{zondag,dag}$		Aantal knallen per jaar in de dagperiode op zon- en feestdagen	3.2
O_i		Deeloppervlak van het brongebied	4.6.1
O_{tot}		Totale oppervlak van het brongebied	4.6.1
p	Pa	Momentane geluiddruk	2.2
P_{imp}	dB	Toeslag voor het impulsmatig karakter van het schietgeluid	3.3
P_{lf}	dB	Toeslag voor laagfrequente componenten in het schietgeluid	3.3
$P_{periode}$	–	Aantal dagen per jaar dat op de schietbaan wordt geschoten in een bepaalde juridische beoordelingsperiode (dag, avond of nacht), onafhankelijk van het wapen	3.4
r	m	Afstand	
r_b	m	Afstand van de bron tot het reflectiepunt	4.6.7
r_{cil}	m	Straal van cilinders bij modellering diffuse reflecties.	4.5.4 en 4.6.8
r_v	%	Relatieve vochtigheid	2.3
R	m	Horizontale afstand van bronpunt naar rekenpunt gemeten langs geluidpad	4
R_{trans}	m	Afstand van waaraf turbulentie significante invloed heeft op de coherentie van de als lijnbron te beschouwen kogelbaan	4.6.2
R_1	m	Afstand van de doelpositie naar een punt op de grens van het Mach-gebied dat het dichtst bij het rekenpunt ligt	4.6.2
R_2	m	Afstand van het rekenpunt tot de grens van het Mach-gebied	4.6.2

s_v	m	Totale horizontale afstand waarover het geluidpad door een bodemgebied met bodemtype *v* loopt	4.6.4
t	°C	Temperatuur in graden Celsius	2.3
T	K	Temperatuur in Kelvin	2.3
u	m/s	Horizontale windsnelheid	2.3
v_0	m/s	Beginsnelheid van de kogel	2.6
v_1	s^{-s}	Verandering van de kogelsnelheid per meter afgelegde kogelbaan: $v_k = v_0 + v_1x$	2.6
v_e	m/s	Eindsnelheid van de kogel	4.6.2
v_k	m/s	Snelheid van de kogel	2.6
$w_{d,periode}$	–	Fractie van de tijd dat het in een bepaalde beoordelingsperiode een meteorologische dag is	3.2
$w_{n,periode}$	–	Fractie van de tijd dat het in een bepaalde beoordelingsperiode een meteorologische nacht is	3.2
x	m	Afstand langs de kogelbaan tot de vuurmond	2.6
x_r	m	X-coördinaat van het rekenpunt	4
x_s	m	X-coördinaat van het bronpunt	4
x_t	m	Lengte van de kogelbaan waar het projectiel een supersone snelheid heeft	4.6.2
y_r	m	X-coördinaat van het rekenpunt	4
y_s	m	Y-coördinaat van het bronpunt	4
z	m	Hoogte van een object t.o.v. een referentievlak	4
z_0	m	Ruwheidslengte van de bodem	2.3
$z_{sch,1}$	m	Hoogte van het scherm t.o.v. het maaiveld	4.6.5
z_{max}	m	Maximale hoogte van geluidstraal	4.6.5

3. Beoordelingsgrootheid

3.1. Inleiding

De geluidbelasting door schietgeluid wordt bepaald uit een combinatie van A- en C-gewogen geluidexpositieniveaus voor een verzameling van 27 meteorologische klassen. Dit is een representatieve deelverzameling van de complexe verzameling van meteorologische situaties, die gedurende een (gemiddeld) jaar kunnen voorkomen. In hoofdstuk 4 wordt beschreven hoe deze geluidexpositieniveaus worden berekend. In dit hoofdstuk is beschreven hoe hieruit de geluidbelasting B_s wordt bepaald, als hinder-relevante beoordelingsmaat voor schietgeluid.

Door uit te gaan van een verzameling van meteorologische klassen kan met het model onder andere onderscheid worden gemaakt tussen de verschillen in geluidoverdracht gedurende de meteorologische dag en nacht en is het model ook toepasbaar in situaties waarin het gebruik van schietbanen gerelateerd is aan de windrichting. Bij de bepaling van de geluidbelasting wordt bovendien het effect van de asymmetrische windroos in rekening gebracht.

In de formules voor de berekening van de geluidbelasting zijn de toeslagen van respectievelijk 5 dB en 10 dB voor de avond en nacht reeds verwerkt. Daarnaast is voor de dagperiode van de zondag een toeslag van 5 dB gehanteerd om voor de extra hinder van schieten op de zondag te verdisconteren. Deze toeslag is op een eenvoudige manier in de formule verwerkt door voor de berekening van de dagperiode het aantal schoten op de zondagen met een factor drie te verhogen.

3.2. Geluidbelasting

In eerste instantie wordt per bron en per meteorologische klasse voor een enkel schot de deelbijdrage bepaald aan de geluidbelasting. Mondingsgeluid, kogelgeluid en detonatiegeluid worden, voor zover hier sprake van is, als bijdragen van afzonderlijke bronnen beschouwd. Voor een meteorologische

klasse (m = 1, ..., 27) en bron b wordt deze bijdrage gegeven volgens de formule:

$$L_{Es,periode}(b,m) = L_{AE}(b,m) + P_{imp} + P_{lf}(b,m) \quad (3.1)$$

In formule 3.1 is een afhankelijkheid aangegeven van de juridische periode (dag, avond en nacht) waarin een schot wordt afgevuurd. Deze afhankelijkheid is alleen van toepassing als de kans op hoorbaarheid in een periode van invloed is (zie hiervoor hoofdstuk 6)

In bovenstaande formule zijn de volgende toeslagen opgenomen:
- toeslag P_{imp} voor het impulsmatig karakter van schietgeluid:
  P_{imp} = 12 dB
- toeslag P_{lf} voor laagfrequente componenten in het schietgeluid:
  $P_{lf}(b,m) = \beta\Delta L'(L_{AE}(b,m) - \alpha)$

waarin
α = 47 dB en β = 0,015 dB^{-1}

$$\Delta L' = \begin{cases} \Delta L & \text{voor } \Delta L \geq 6 \\ \frac{1}{6}(\Delta L)^2 & \text{voor } 0 \leq \Delta L < 6 \\ 0 & \text{voor } \Delta L < 0 \end{cases}$$

en
$\Delta L = [L_{CE}(b,m) - L_{AE}(b,m)]$.

Als er een kans is dat veel bronnen wegvallen in het achtergrondgeluid, maar door het grote aantal schoten (typerend > 1.000.000 schoten op jaarbasis) er toch een relatief hoge geluidbelasting wordt berekend, kan de geluidbelasting op een aangepaste manier worden berekend. Hierbij wordt de impulstoeslag (P_{imp}=12 dB) en de toeslag voor extra laagfrequente componenten in het geluid ($P_{lf}(b,m)$) bij de berekening van de geluidbelasting alleen meegenomen voor zover het geluid waarneembaar is op het immissiepunt. In hoofdstuk 6 is deze aangepaste methode beschreven. De aangepaste methode kan alleen worden toegepast als de berekende geluidbelasting met de standaard rekenmethode in een bepaalde periode (dag, avond of nacht) een waarde geeft die lager is dan 50 dB. Toepassing van deze aangepaste methode geeft altijd een lagere waarde.

Per bron worden vervolgens voor zowel de meteorologische dag als de meteorologische nacht (zie formule 3.2 en 3.3) de deelbijdragen aan de geluidbelasting gemiddeld over alle meteorologische klassen. Dit gemiddelde is een gewogen gemiddelde, de gewichtsfactoren (g_d en g_n voor respectievelijk de meteorologische dag en nacht) staan beschreven in § 4.4.3. Deze gewichtsfactoren zijn onder andere afhankelijk van de ligging van het rekenpunt ten opzichte van de bron. Hiermee wordt verdisconteerd dat de windroos niet rond is (in Nederland overheersen westelijke windrichtingen). Deze afhankelijkheid wordt beschreven als functie van de hoek $\theta(b)$ die de lijn van bron naar rekenpunt maakt met het geografische noorden. Voor de meteorologische dag geldt:

$$\overline{L_{Es,periode,d}(b)} = 10\lg \sum_{m=1}^{27} g_d(m,\theta(b)) 10^{L_{Es,periode}(b,m)/10} \quad (3.2)$$

en voor de meteorologische nacht:

$$\overline{L_{Es,periode,n}(b)} = 10\lg \sum_{m=1}^{27} g_n(m,\theta(b)) 10^{L_{Es,periode}(b,m)/10} \quad (3.3)$$

Voor de beoordeling van schietgeluid worden drie *juridische* beoordelingsperioden onderscheiden: dag, avond en nacht (zie § 2.5). De grenzen van deze juridische perioden vallen niet samen met de grenzen van de twee *meteorologische* perioden: de meteorologische dag en de meteorologische nacht. Hier moet rekening mee worden gehouden bij de berekening van de geluidbelasting voor de

drie juridische perioden. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van de fracties $w_{d,dag}$ en $w_{n,dag}$, die aangeven welk gedeelte van de juridische dagperiode (gemiddeld) samenvalt met respectievelijk de meteorologische dag en de meteorologische nacht. Voor de juridische avondperiode worden analoog de fracties $w_{d,avond}$ en $w_{n,avond}$ gebruikt.

Voor de juridische nacht geldt dat deze (gemiddeld) vrijwel volledig binnen de meteorologische nacht valt. De fracties zijn in tabel 3.1 gegeven.

Voor de drie (juridische) beoordelingsperioden wordt voor een bron *b* de geluidbelasting bepaald volgens de formule:

$$B_{s,dag}(b) = 10\lg\left(w_{d,dag}10^{\overline{L_{E_{s,dag,d}(b)}}/10} + w_{n,dag}10^{\overline{L_{E_{s,dag,n}(b)}}/10}\right) + 10\lg\left(\frac{N_{dag}(b) + 2 \times N_{zondag,dag}(b)}{365}\right) - 10\lg(12 \times 3600) \quad (3.4)$$

$$B_{s,avond}(b) = 10\lg\left(w_{d,avond}10^{\overline{L_{E_{s,avond,d}(b)}}/10} + w_{n,avond}10^{\overline{L_{E_{s,avond,n}(b)}}/10}\right) + 10\lg(N_{avond}(b)/365) - 10\lg(4 \times 3600) + 5$$

$$B_{s,nacht}(b) = \overline{L_{E_{s,nacht,n}(b)}} + 10\lg(N_{nacht}(b)/365) - 10\lg(8 \times 3600) + 10$$

waarin

- $w_{d,periode}$ weegfactor voor de meteorologische dag (zie tabel 3.1)
- $w_{n,periode}$ weegfactor voor de meteorologische nacht (zie tabel 3.1)
- N_{dag} aantal knallen per jaar in de dagperiode (inclusief zon- en feestdagen)
- $N_{zondag,dag}$ aantal knallen per jaar in de dagperiode op zon- en feestdagen
- N_{avond} aantal knallen per jaar in de avondperiode
- N_{nacht} aantal knallen per jaar in de nachtperiode

Tabel 3.1 Fracties ($w_{d,periode}$ en $w_{n,periode}$) van de tijd dat het in de verschillende beoordelingsperioden een meteorologische dag respectievelijk nacht is.

Periode	Meteorologische dag	Meteorologische nacht
dag	$w_{d,dag}$ = 0,80	$w_{n,dag}$ = 0,20
avond	$w_{d,avond}$ = 0,15	$w_{n,avond}$ = 0,85
nacht	$w_{d,nacht}$ = 0	$w_{n,nacht}$ = 1

De totale geluidbelasting voor een bepaalde beoordelingsperiode wordt bepaald volgens de formule:

$$B_{s,periode} = 10\lg\left(\sum_b 10^{B_{s,periode}(b)/10}\right) \quad (3.5)$$

Bij deze som worden de afzonderlijke geluidcomponenten van een bron (mondingsgeluid, kogelgeluid en detonatiegeluid en hun reflecties) voor zover deze relevant zijn, als afzonderlijke bronnen beschouwd.

De dag-avond-nachtwaarde wordt bepaald door de geluidbelastingswaarden van de drie beoordelingsperioden energetisch bij elkaar op te tellen, waarbij rekening moet worden gehouden met de duur van de periode, volgens de formule:

$$B_{s,dan} = 10\lg\left\{\frac{12}{24}10^{B_{s,dag}/10} + \frac{4}{24}10^{B_{s,avond}/10} + \frac{8}{24}10^{B_{s,nacht}/10}\right\} \quad (3.6)$$

3.3. Bepaling gemiddelde toeslag voor laagfrequente componenten

Om voor een bepaalde juridische beoordelingsperiode een gemiddelde toeslag voor laagfrequente componenten in het schietgeluid te bepalen, wordt de deelbijdrage aan de geluidbelasting voor een bepaalde bron geschreven als:

$$B_{s,periode}(b) = L_{Aeq,periode}(b) + P_{imp} + \overline{P_{lf}(b)} \tag{3.7}$$

hierin is $L_{Aeq,periode}(b)$ het equivalente geluidniveau vanwege schietgeluid voor één bron voor een gemiddelde dag voor een bepaalde juridische beoordelingsperiode en

$P_{lf}(b)$

de bijbehorende laagfrequente toeslag, gemiddeld over alle meteorologische klassen.

Deze grootheden kunnen volgens onderstaande formules worden bepaald (voor de overzichtelijkheid zijn in de formules de afhankelijkheden van *b* en *m* niet weergegeven):

$$L_{Aeq,dag}(b) = 10\lg\left(w_{d,dag}\sum_{m=1}^{27} g_d 10^{L_{AE}/10} + w_{n,dag}\sum_{m=1}^{27} g_n 10^{L_{AE}/10}\right) + 10\lg\left(\frac{N_{dag} + 2 \times N_{zondag,dag}}{365}\right) - 10\lg\,(12 \times 3600) \tag{3.8}$$

$$L_{Aeq,avond}(b) = 10\lg\left(w_{d,avond}\sum_{m=1}^{27} g_d 10^{L_{AE}/10} + w_{n,avond}\sum_{m=1}^{27} g_n 10^{L_{AE}/10}\right) + 10\lg(N_{avond}/365) - 10\lg(4 \times 3600) + 5$$

$$L_{Aeq,nacht}(b) = 10\lg\left(w_{d,nacht}\sum_{m=1}^{27} g_d 10^{L_{AE}/10} + w_{n,nacht}\sum_{m=1}^{27} g_n 10^{L_{AE}/10}\right) + 10\lg(N_{nacht}/365) - 10\lg(8 \times 3600) + 10$$

$$\overline{P_{lf}(b)} = 10\lg\left(w_{d,periode}\sum_{m=1}^{27} g_d 10^{(L_{AE}+P_{lf})/10} + w_{n,periode}\sum_{m=1}^{27} g_n 10^{(L_{AE}+P_{lf})/10}\right) - 10\lg\left(w_{d,periode}\sum_{m=1}^{27} g_d 10^{L_{AE}/10} + w_{n,periode}\sum_{m=1}^{27} g_n 10^{L_{AE}/10}\right) \tag{3.9}$$

Als een toeslag ook als gemiddelde over alle bronnen moet worden bepaald, moeten onderstaande formules worden toegepast:

$$B_{s,periode} = L_{Aeq,periode} + P_{imp} + \overline{\overline{P_{lf}}} \tag{3.10}$$

$$L_{Aeq,periode} = 10\lg\left(\sum_b 10^{L_{Aeq,periode}(b)/10}\right) \tag{3.11}$$

$$\overline{\overline{P_{lf}}} = 10\lg\left(\sum_b 10^{\left(L_{Aeq,periode}(b)+\overline{P_{lf}(b)}\right)/10}\right) - 10\lg\left(\sum_b 10^{L_{Aeq,periode}(b)/10}\right) \tag{3.12}$$

3.4. Incidenteel gebruik

Als op een schietbaan op minder dan 30 dagen/jaar wordt geschoten moet op $B_{s,periode}$ een correctie van 10 lg (30/$P_{periode}$) worden toegepast. $P_{periode}$ staat voor het aantal dagen per jaar dat op de schietbaan, onafhankelijk van het wapentype, in een bepaalde juridische beoordelingsperiode wordt geschoten.

De geluidbelasting voor een bepaalde juridische beoordelingsperiode $B_{s,periode}$ wordt dan (als $P_{periode}$ < 30) bepaald volgens de formule:

$$B_{s,periode} = 10\lg\left(\sum_{b=1} 10^{B_{s,periode}(b)/10}\right) + 10\lg\left(\frac{30}{P_{eriode}}\right) \quad (3.13)$$

3.5. Salvo's

Omdat bij de meeste machinegeweren de knallen binnen een salvo nog afzonderlijk te horen zijn, is ter bepaling van de geluidbelasting ook bij deze wapens de algemene procedure van toepassing. Er bestaan echter ook wapens waarvan de repeteerfrequentie zo hoog is (meer dan 25 schoten per seconde) dat de knallen niet meer afzonderlijk hoorbaar zijn. Ook dan wordt de geluidbelasting berekend op basis van het totaal aantal verschoten patronen binnen de salvo's.

4. Rekenmethode

4.1. Inleiding

In hoofdstuk 3 is beschreven hoe de hinderrelevante beoordelingsmaat voor schietgeluid, de geluidbelasting B_s, berekend wordt op basis van de A- en C-gewogen geluidexpositieniveaus van alle relevante schietgeluidbronnen, voor een verzameling van 27 meteorologische klassen. De berekening van deze geluidexpositieniveaus wordt in dit hoofdstuk beschreven.

4.2. Toepassingsbereik

Aan het toepassingsbereik van de methode zijn grenzen gesteld, die een gevolg zijn van keuzes, die bij de ontwikkeling van deze methode gemaakt zijn.

Voor de afstand tussen bron en rekenpunt is een bovengrens bepaald op 15 km. Voor grotere afstanden is de geluidbelasting van de in Nederland gebruikte wapentypen dermate laag dat berekening niet meer relevant wordt geacht. De gegevensbestanden die horen bij deze methode zijn daarom tot ten hoogste deze afstand toepasbaar.

De ondergrens in afstand wordt door verschillende factoren bepaald. Uitgangspunt is dat het model toegepast wordt voor de berekening van de geluidbelasting rond schietbanen. Bij de ontwikkeling van het model is er daarom vanuit gegaan dat op afstanden korter dan 50 m van het wapen geen geluidniveaus hoeven te worden berekend. Daarnaast wordt de ondergrens bepaald door de eis dat de rekenmethode alleen kan worden toegepast voor het gebied waar de geluidoverdracht door een lineair model kan worden beschreven. Voor zware wapens ligt de ondergrens hierdoor verder weg dan voor lichte wapens. Tot slot wordt de ondergrens ook bepaald door de afmetingen van een bron. Denk hierbij bijvoorbeeld aan een schermenbaan of een deel van een oefengebied. In deze methode worden deze complexe bronnen door een of meer bronnen gemodelleerd. Deze beschrijving is echter pas op enige afstand geldig.

Ook aan het frequentiebereik zijn grenzen gesteld. De rekenmethode is alleen toepasbaar als de relevante geluidenergie beperkt is tot het frequentiegebied lopend van de 16 Hz tot de 4000 Hz octaafband. Voor de in Nederland toegepaste wapentypen kan hiervan worden uitgegaan. Voor exceptionele gevallen (bijvoorbeeld zware vliegtuigbommen) kunnen nog lagere frequenties een belangrijke rol spelen. De methode is dan niet zonder meer toepasbaar.

Een uitgangspunt van de rekenmethode is ook dat de toestand van de atmosfeer in het gebied tussen bron en rekenpunt niet afhangt van de positie. In de meeste situaties in de praktijk wordt hier in goede benadering aan voldaan, maar er zijn uitzonderingen. Zo kan bijvoorbeeld de meteorologische situatie in het Waddenzeegebied en kustgebieden zeer complex zijn. Door temperatuurverschillen tussen land en water ontstaan zogenaamde zeewindverschijnselen. De windrichting en -snelheid en ook de temperatuur zullen dan van plaats tot plaats anders zijn. De methode is in deze bijzondere situaties

niet zonder meer toepasbaar.

In theorie zou men zich een schietoefening kunnen voorstellen waarbij ongebruikelijk hoge geluidniveaus optreden. Het is echter niet nodig om grenswaarden aan het geluidexpositieniveau te stellen, omdat bij toepassing van de beoordelingsmethode onmiddellijk blijkt dat zo'n oefening ook een hoge geluidbelasting geeft.

4.3. Principe van de rekenmethode

Uitgangspunt van de methode is de relatie:

$$L_E(b,m,f_k) = L_{Eb}(b,f_k) \quad - \sum D(f_k,m) \qquad (4.1)$$
$$immissieniveau = bronniveau - dempingstermen$$

Per rekenpunt wordt per bron (index *b*), per octaafband (f_k) en voor een verzameling van 27 meteorologische klassen (index *m*) de geluidimmissie volgens deze relatie bepaald. Zowel het geluidimmissieniveau als het bronniveau worden hierbij als geluidexpositieniveau uitgedrukt. Uit het octaafbandspectrum $L_E(b,m,f_k)$ worden het A-gewogen immissieniveau $L_{AE}(b,m)$ en het C-gewogen immissieniveau $L_{CE}(b,m)$ berekend. Deze niveaus vormen de basis voor de berekening van de hinderrelevante beoordelingsmaat voor schietgeluid, de geluidbelasting B_s, zoals beschreven in hoofdstuk 3.

De dempingstermen die in het model worden gebruikt zijn:

$$\sum D = D_{geo} + D_{lucht} + D_{bodem} + D_{scherm} + D_{nlin} \qquad (4.2)$$

waarbij wordt verstaan onder:
D_{geo} geometrische demping;
D_{lucht} (f_k) demping t.g.v. luchtabsorptie;
D_{bodem} (f_k,m) demping t.g.v. de bodem;
D_{scherm} ($f_k m$) demping door geluidwerende obstakels;
D_{nlin} extra dempingsterm als gevolg van niet-lineaire geluidoverdracht van kogelgeluid.

Zowel de bodemdemping D_{bodem} als de schermwerking D_{scherm} zijn afhankelijk van de meteorologische klasse *m*. De bodemdemping D_{bodem} is gedefinieerd als de totale demping in een situatie zonder afschermende objecten, verminderd met D_{geo}, D_{lucht} en D_{nlin}. Met de term D_{scherm} wordt de extra demping beschreven van een afschermend object. Hierbij moet worden opgemerkt dat ook de bodemdemping wordt beïnvloed door de aanwezigheid van het afschermende object (namelijk via de effectieve hoogte van de bron of het rekenpunt; zie paragraaf 4.6.5). D_{scherm} is dus *niet* gelijk aan de tussenschakelverzwakking van het afschermende object.

D_{nlin} is alleen van toepassing voor de berekening van de geluidbelasting door kogelgeluid.

Reflecties van mondingsgeluid, kogelgeluid en detonatiegeluid worden als afzonderlijke bronnen beschouwd. Er worden hierbij twee soorten reflecties onderscheiden: spiegelreflecties en diffuse reflecties.

Spiegelreflecties treden op aan verticale of bijna verticale vlakken, bijvoorbeeld een muur of een scherm; de hoek tussen het vlak en de verticaal moet kleiner dan 10° zijn, anders wordt de spiegelreflectie niet meegerekend. Spiegelreflecties worden gemodelleerd met spiegelbronnen. Een reflectie aan een vlak draagt alleen aan het immissieniveau bij als een optische spiegeling van de bron naar het rekenpunt via dat vlak mogelijk is. Er wordt hierbij geen rekening gehouden met kromming van geluidstralen. Het bronniveau van een spiegelbron L^*_{Eb} is lager dan het bronniveau van de originele bron; het wordt bepaald uit het bronniveauL_{Eb} van de originele bron volgens de formule:

$$L^*_{Eb} = L_{Eb} - D_{refl} \qquad (4.3)$$

waarin L_{Eb} het bronniveau (per octaafband) van de originele bron in de richting van het reflectiepunt is en D_{refl} de reflectiedemping.

Diffuse reflecties treden op aan een bosrand; als er minder dan drie bomenrijen aanwezig zijn wordt de diffuse reflectie niet meegerekend. Een diffuse reflectie treedt op als er 'zicht' is op de bosrand vanuit zowel de positie van de bron als de positie van het rekenpunt; optische spiegeling is hierbij irrelevant. Diffuse reflecties worden gemodelleerd met behulp van virtuele bronnen. Over het algemeen worden er per diffuus reflecterend vlak verschillende virtuele bronnen onderscheiden, dit in tegenstelling tot spiegelreflecties waarbij een reflectie aan een vlak door één spiegelbron wordt gemodelleerd. De bijdragen van de virtuele bronnen aan het totale geluidniveau op het rekenpunt kunnen als incoherent worden beschouwd, zodat elke virtuele bron als een aparte bron kan worden behandeld. Net als bij spiegelreflecties wordt door een reflectiedemping D_{refl} rekening gehouden met het feit dat het bronniveau van een virtuele bron lager is dan dat van de originele bron. Ook hierbij wordt gebruik gemaakt van formule 4.3.

Meervoudige reflecties worden verwaarloosd. Er treedt dus ten hoogste één spiegelreflectie of diffuse reflectie op langs een geluidpad van de bron naar het rekenpunt. Er kunnen wel verschillende geluidpaden met een reflectie optreden.

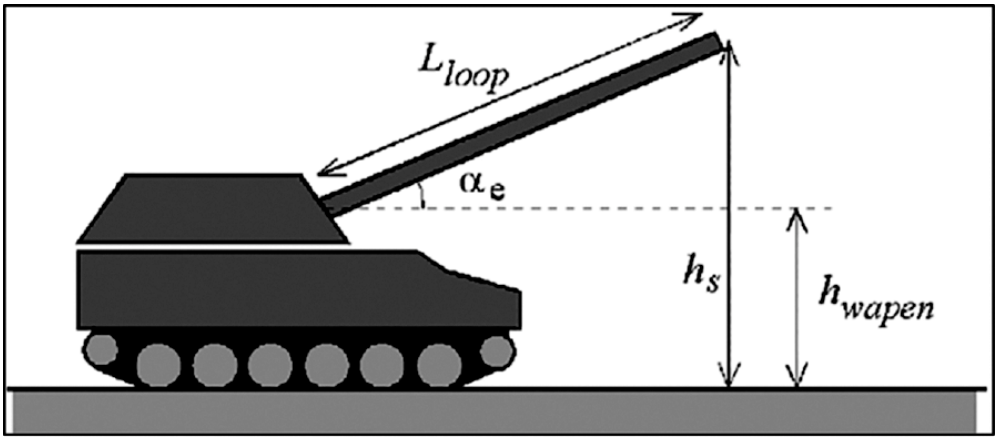
Voor de berekening van de geluidbelasting wordt gebruik gemaakt van vijf verschillende gegevensbestanden:
- gegevensbestand met brongegevens en andere bronparameters;
- gegevensbestand voor het bepalen van de bodemdemping D_{bodem};
- gegevensbestanden voor het bepalen van de statistische gewichten van de 27 meteorologische klassen.

In principe wordt voor de berekening van de geluidbelasting van zowel mondingsgeluid, detonatiegeluid als kogelgeluid van dezelfde basisformule (4.1) uitgegaan. Het onderscheid zit hem in de manier waarop de verschillende dempingstermen worden berekend. In de volgende paragrafen worden de verschillende onderdelen van de berekeningsmethode in detail besproken. Waar er verschillen zijn tussen de berekening van mondingsgeluid en kogelgeluid, worden deze per onderdeel behandeld.

Ook voor kogelgeluid wordt de berekening uitgevoerd alsof het geluid van een puntbron afkomstig is. Het opmerkelijke bij kogelgeluid is, dat hierbij de bronniveaus rekentechnisch worden vastgesteld (zie § 4.6.1). Dit in tegenstelling tot mondingsgeluid, waarvan de bronsterkte uit metingen is bepaald. Kenmerkend voor kogelgeluid is daarnaast dat dit alleen in bepaalde gebieden waarneembaar is. Drie gebieden worden onderscheiden waarvoor andere berekeningsmethoden worden gehanteerd. Dit komt onder andere naar voren in de manier waarop de geometrische demping bepaald wordt.

Voor de berekening van de luchtdemping wordt eerst het bronspectrum van het mondingsgeluid (dat uit octaafbanden bestaat), geconverteerd naar een tertsband-bronspectrum. Voor kogelgeluid is deze conversie niet nodig omdat de bronsterkte hiervan al in tertsen wordt bepaald.

Voor de berekening van de afscherming worden drie bijdragen bepaald via verschillende paden; via één verticaal pad en via twee horizontale paden om het scherm heen. Voor de hiervoor genoemde drie brontypen is de berekeningsmethode gelijk, echter voor kogelgeluid zijn de horizontale paden anders gedefinieerd (zie figuur 4.12). Voor de bodemdemping wordt voor mondingsgeluid, detonatiegeluid en kogelgeluid van dezelfde berekeningsmethode uitgegaan, waarbij bij kogelgeluid – als dit is afgeschermd – de horizontale paden en het verticale pad elk een ander bronpunt kunnen hebben. Tot slot wordt ook voor de berekening van de reflectiebijdrage voor kogelgeluid een aangepaste methode toegepast.



Figuur 4.1: Met de parameters h_{wapen} en L_{loop} kan de hoogte h_s van het bronpunt van de mondingsknal worden berekend voor een gegeven elevatiehoek α_e. In deze afbeelding valt het bronpunt samen met de vuurmond, maar in het algemeen kan het bronpunt op enige afstand van de vuurmond liggen. L_{loop} is dan langer dan de feitelijke lengte van de loop (zie § 4.5.1).

4.4. Toe te passen gegevensbestanden

4.4.1. Gegevensbestanden van bronnen

Een gegevensbestand van schietgeluid-bronnen bevat gegevens van een groot aantal wapen-munitie-gebruikssituatie combinaties. Voor elke combinatie bevat het bestand achtereenvolgens de volgende elementen:

- Richtingsafhankelijke bronniveaus voor de verschillende octaafbanden van het mondings- of detonatiegeluid voor wapen-munitie combinaties, die in Nederland voor een bepaalde gebruikssituatie (vrije veld of bijvoorbeeld op een schermenbaan) worden gebruikt. Een verdere beschrijving wordt onder deze opsomming gegeven.
- Hoogte van wapen (h_{wapen}) en lengte van de loop (L_{loop}) in [m] (zie ook figuur 4.1). Deze grootheden zijn hierbij zo gedefinieerd, dat bij een gegeven elevatiehoek α_e van de loop van het wapen, de hoogte van het bronpunt boven het plaatselijk maaiveld (h_s) bepaald wordt volgens de formule:

$$h_s = h_{wapen} + L_{loop}\sin\alpha_e \qquad (4.4)$$

- Specificatie van de munitie (met bijbehorende aandrijvende lading) of NOV-code van de munitie.
- Als het projectiel de loop supersoon verlaat bevat het gegevensbestand bovendien:
  - Lengte van de kogel (l_{kogel}) van punt van kogel tot zijn grootste diameter [mm] (zie figuur 2.1);
  - Maximale diameter van de kogel (d_{kogel}) [mm];
  - Beginsnelheid (v_0) van de kogel [m/s];
  - Verandering van de kogelsnelheid (v_1) per meter afgelegde weglengte [1/s].

Deze parameters worden gebruikt voor de berekening van het bronniveau van kogelgeluid (zie paragraaf 4.6.1). De kogelsnelheid v_k op een afstand x van de mond van het wapen wordt gegeven door de relatie:

$$v_k = v_0 + v_1 x \qquad (4.5)$$

Voor hand- en vuistvuurwapens kan het aantal wapen-munitiecombinaties dat op een schietbaan wordt gebruikt zo groot zijn dat het een onevenredige inspanning is om voor al deze combinaties de geluidbronsterkte vast te stellen. Hiertoe zijn een aantal standaard categorieën met bijbehorende bronsterkte gedefinieerd, die kunnen worden gebruikt als geen bronsterktemetingen voor die wapen-munitiecombinatie beschikbaar zijn. Deze categorieën zijn beschreven in de Toelichting op toepassing van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid.

Bronniveau van het mondingsgeluid en detonatiegeluid

Het gegevensbestand bevat octaafbandspectra van het bronniveau van mondingsgeluid en detonatiegeluid, voor een aantal richtingen. De spectra zijn geordend als een matrix $L_{Eb}(\phi_j, f)$, voor de

octaafbanden met middenfrequenties f_k = 16 Hz, 31,5 Hz, ..., 4.000 Hz en N hoeken ϕ_j met j = 1, 2, ..., N. De hoek ϕ_j is hierbij gedefinieerd als de hoek tussen de lijn van bron naar rekenpunt en de vuurlijn (vanuit de bron met de klok mee gemeten, in een bovenaanzicht). De waarde ϕ = 0° komt dus overeen met de schietrichting. Als er in het bronnenbestand voor een bepaalde wapen-munitiecombinatie geen bronniveaus opgenomen zijn voor hoeken groter dan 180°, wordt uitgegaan van een symmetrische uitstraling rond de schietrichting. Bronniveaus in richtingen die niet in het gegevensbestand zijn opgenomen worden door interpolatie bepaald.

Als in het gegevensbestand de bronsterkte alleen voor 0° gegeven is, betekent dit dat deze bron richtingsonafhankelijk is. De gegeven bronsterkte geldt dan voor alle hoeken.

In die gevallen waarbij de schietrichting niet bepaald is (bijvoorbeeld op oefenterreinen) wordt de bron als een richtingsonafhankelijke puntbron gemodelleerd. Het richtingsonafhankelijke spectrum wordt uit het hoekafhankelijke bronspectrum bepaald door een gewogen energetische middeling volgens de formule:

$$L_{Eb}(f_k) = 10\lg \sum_{j=1}^{N} g_j 10^{L_{Eb}(f_k,\phi_j)/10} \qquad (4.6)$$

waarbij wordt verstaan onder:
$L_{Eb}(f_k)$: het energetisch gemiddelde bronniveau
$L_{Eb}(f_k,\phi_j)$: het bronniveau in richting ϕ_j ten opzichte van de schietrichting
N: aantal beschikbare hoeken
g_j : gewichtsfactor

De gewichtsfactor wordt bepaald volgens de formule:

$$\begin{cases} g_1 = \dfrac{\phi_2 + \phi_1}{360} \\ g_j = \dfrac{\phi_{j+1} - \phi_{j-1}}{360} \\ g_N = 1 - \dfrac{\phi_N + \phi_{N-1}}{360} \end{cases}$$

Interpolatiemethode
Met behulp van de matrix $L_{Eb}(\phi_j,f_k)$ kan het octaafbandspectrum van het bronniveau voor een willekeurige hoek ϕ worden berekend door interpolatie. Hiervoor wordt de zogenaamde *cubic spline* interpolatiemethode gebruikt. De methode is hieronder beschreven voor een willekeurige octaafband. Er is hierbij uitgegaan van een symmetrische geluidemissie. Voor het gemak is het argument f_k in $L_{Eb}(\phi_j,f_k)$ weggelaten. Drie gevallen worden onderscheiden:

- $0° \le \phi < \phi_1$;
- $\phi N < \phi \le 180°$;
- $\phi j < \phi < \phi_{j+1}$ voor een index $j < N$.

In de eerste twee gevallen is interpolatie niet mogelijk. De bronsterkte wordt dan bepaald volgens de formules:

$L_{E_b}(\phi) = L_{E_b}(\phi_1)$	Voor $0° \le \phi < \phi_1$
$L_{E_b}(\phi) = L_{E_b}(\phi_N)$	Voor $\phi_N < \phi \le 180°$

In het derde geval wordt de bronsterkte bepaald volgens de formule:

$$L_{Eb}(\phi) = AL_{Eb}(\phi_j) + BL_{Eb}(\phi_{j+1}) + CL''_{Eb}(\phi_j) + DL''_{Eb}(\phi_{j+1}) \qquad (4.7)$$

met

$$A = \frac{\phi_{j+1} - \phi}{\phi_{j+1} - \phi_j} \qquad B = 1 - A$$

$$C = \frac{1}{6}(A^3 - A)(\phi_{j+1} - \phi_j)^2$$

$L''_{Eb}(\phi)_j$ is de tweede-orde afgeleide van de functie $L_{Eb}(\phi)$ voor $\phi = \phi_j$. Voor j=1 tot N zijn deze waarden in het gegevensbestand opgenomen.

4.4.2. Gegevensbestand voor bepaling bodemdemping

Het gegevensbestand voor de bepaling van de bodemdemping bevat resultaten van berekeningen met een numeriek rekenmodel voor geluidoverdracht, het Parabolic-Equation model (PE model). Het betreft berekeningen van de bodemdemping voor de 27 meteorologische klassen exclusief geometrische demping en luchtdemping. De berekeningsresultaten zijn gegeven als coëfficiënten van een twintigste-orde polynoom. De bodemdemping voor een specifieke situatie wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{bodem} = -\sum_{i=0}^{20} c_i \left(-2 + \lg R\right)^i \qquad (4.8)$$

waarbij wordt verstaan onder:
c_i coëfficiënten van twintigste-orde polynoom;
R horizontale afstand van bronpunt naar rekenpunt.

De 21 coëfficiënten van de polynoom zijn in het bestand gegeven voor:
- 27 meteorologische klassen;
- 3 waarden voor de akoestische bodemhardheid (reflecterend, absorberend en zeer absorberend);
- 12 hoogten van rekenpunten (0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10 en 15 m);
- 16 bronhoogten (0,1; 0,5; 1; 1,5; 2; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 15; 20; 30; 40 en 50 m);
- 9 octaafbanden (16 Hz t/m 4.000 Hz).

Totaal bevat dit bestand dus 21×27×3×12×16×9= 2.939.328 coëfficiënten.

Meteorologische klassen
In deze methode worden 27 meteorologische klassen onderscheiden. Een klasse wordt gerepresenteerd door een functie, die de geluidsnelheid beschrijft als functie van de hoogte; het zogenaamde geluidsnelheidsprofiel. Deze profielen zijn in drie groepen onderverdeeld:

groep 1: $c_n(h) = c_{10} + b_n[(h/h_0 + 1)^{-0.3} - 1]$	Voor n = 1 ... 7;
groep 2: $c_n(h) = c_{10} + b_n \ln(h/h_0 + 1)$	Voor n = 8 ... 18;
groep 3: $c_n(h) = c_{10} + b_n[(h/h_0 + 1)^{+0.3} - 1]$	Voor n = 19 ... 27.

(4.9)

waarbij wordt verstaan onder:
$c_n(h)$ geluidsnelheidsprofiel;
h hoogte t.o.v. plaatselijk maaiveld;
h_0 referentiehoogte h_0= 0,1 m;
c_{10} geluidsnelheid bij 10° C en 1 atmosfeer (zie paragraaf 2.10);
b_n parameter van het geluidsnelheidsprofiel (zie tabel 4.1).

Tabel 4.1 Waarden van de parameters b_n (in m/s) uit de formules (4.9). Tegenwind en neutrale situaties zijn vet gemarkeerd.

Groep 1	**b_1 = 10**	**b_2 =3**	**b_3 = 1**	b_4= -1	b_5= -3	b_6= -6	b_7= -10
Groep 2	**b_8 = -1**	**b_9 = -0,4**	**b_{10} = -0,2**	**b_{11} = 0**	b_{12}= 0,2	b_{13}= 0,4	b_{14}= 0,7
	b_{15}= 1,1	b_{16}=1,5	b_{17}= 2	b_{18}= 2,5			
Groep 3	**b_{19} = -1**	**b_{20} = -0,5**	**b_{21} = -0,2**	b_{22}= 0,2	b_{23}= 0,4	b_{24}= 0,65	b_{25}= 1
	b_{26}= 1,4	b_{27}= 2					

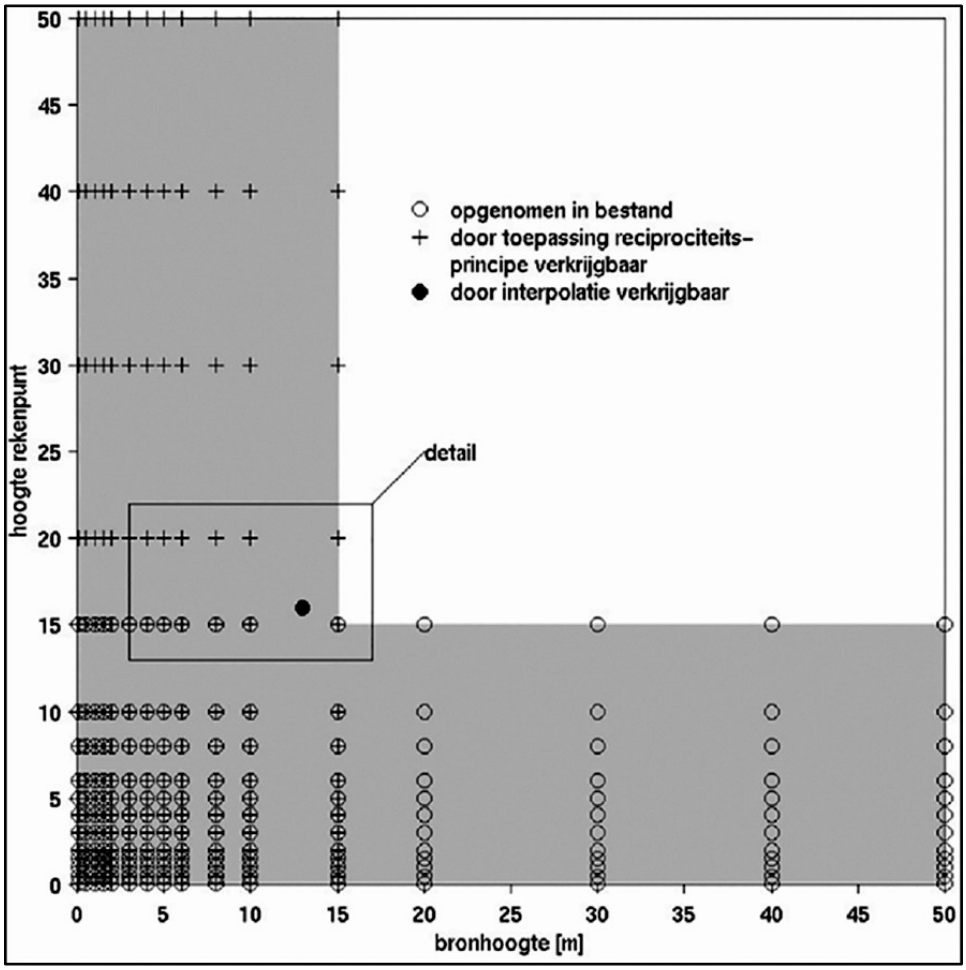
Formule (4.8) is vanaf 15 m tot een bepaalde maximum afstand geldig. De minimale en maximale afstand zijn in het gegevensbestand opgenomen. Voor afstanden groter dan de maximale afstand wordt de waarde op de maximale afstand genomen. Voor afstanden kleiner dan 15 m kan formule 4.8 niet worden toegepast. Als echter het geluidpad over verschillende bodemtypen loopt kan het voorkomen dat een bronpunt op korte afstand van een bodemovergang ligt en over een afstand kleiner dan 15 m de bodemdemping moet worden bepaald (zie ook paragraaf 4.6.4).

In dat geval moet gebruik worden gemaakt van onderstaande interpolatieformule:

$$D_{bodem}(R) = \frac{R}{15} D_{bodem}(R = 15m)$$ Voor R < 15m (4.10)

Interpolatie en extrapolatie
Het gegevensbestand is gevuld voor een gekozen verzameling van combinaties van hoogtes van het bron- en rekenpunt. Deze verzameling kan worden uitgebreid met de reciproque combinaties. Het reciprociteitsprincipe houdt in dat de waarde van de bodemdemping niet verandert als bron- en rekenpunt worden omgewisseld. In formule:

$$D_{bodem}(h_s,h_r) = D_{bodem}(h_r,h_s)$$ (4.11)



Figuur 4.2a: Overzicht van combinaties van bronhoogte en hoogte van het rekenpunt die in het gegevensbestand zijn opgenomen of die door toepassing van het reciprociteitsprincipe kunnen worden verkregen.

Als een combinatie van bron en rekenpunt binnen het grijs gemarkeerde gebied van figuur 4.2a ligt maar niet in het gegevensbestand voorkomt en ook niet als reciproque combinatie bestaat, zal voor deze combinatie de bodemdemping door interpolatie moeten worden bepaald. Hiervoor worden die vier punten gebruikt, die op de hoekpunten liggen van een rechthoek rond het te interpoleren punt $[h_s,h_r]$ (zie figuur 4.2.b). De overdracht voor de gewenste combinatie van bronhoogte en hoogte van het rekenpunt wordt vervolgens gegeven volgens de formule:

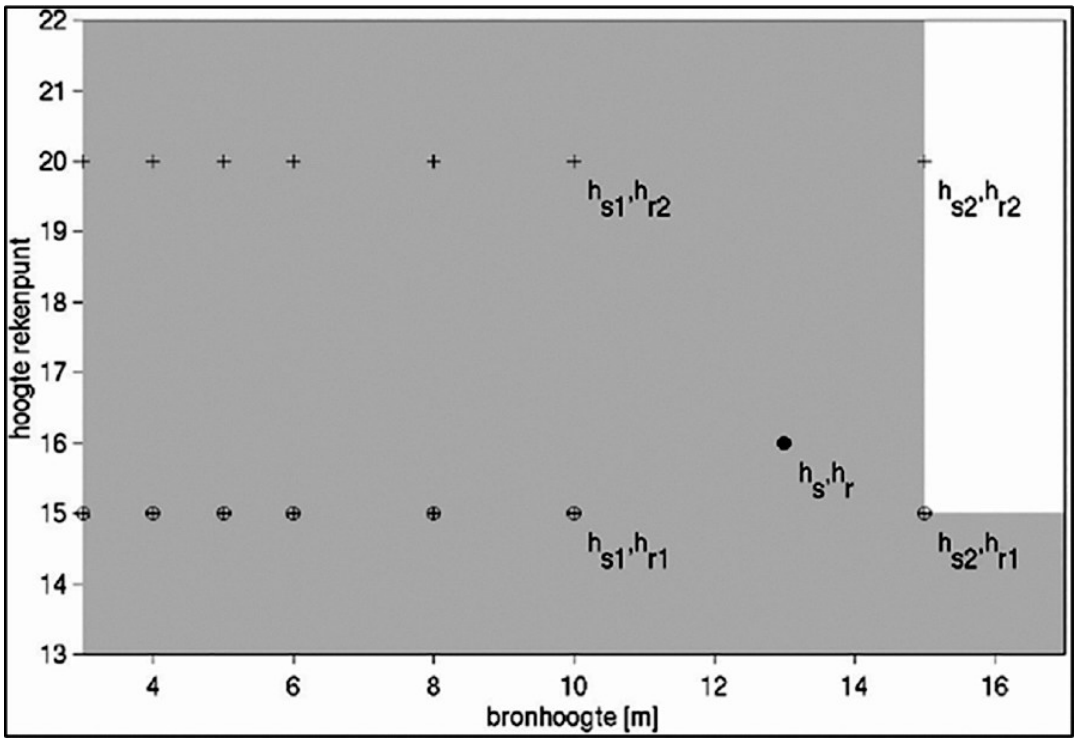
$$\begin{aligned} D_{bodem}(h_s,h_r) = {} & (1-t)(1-u)D_{bodem}(h_{s,1},h_{r,1}) \\ & + t(1-u)D_{bodem}(h_{s,2},h_{r,1}) \\ & + t\cdot uD_{bodem}(h_{s,2},h_{r,2}) \\ & + (1-t)uD_{bodem}(h_{s,1},h_{r,2}) \end{aligned} \tag{4.12}$$

met

$$t = \frac{h_s - h_{s,1}}{h_{s,2} - h_{s,1}}$$

$$u = \frac{h_r - h_{r,1}}{h_{r,2} - h_{r,1}}$$

waarbij wordt verstaan onder:
h_s hoogte bronpunt boven plaatselijk maaiveld;
h_r hoogte rekenpunt boven plaatselijk maaiveld;
$h_{s,k}$, $h_{r,n}$ hoogte van bronpunt resp. rekenpunt voor (k,n) = (1,1), (1,2), (2,1), en (2,2) waarvan de combinatie wel in het gegevensbestand is opgenomen (zie figuur 4.2b).



Figuur 4.2b: Detail van figuur 4.2a. Aangegeven is hoe de geluidoverdracht door interpolatie kan worden bepaald.

Als een combinatie niet binnen het grijs gemarkeerde gebied van figuur 4.2a ligt, wordt de bodemdemping door extrapolatie bepaald met behulp van onderstaande relatie:

$$D_{bodem}(h_s,h_r) = D_{bodem}(15,h_s) + D_{bodem}(15,h_r) - D_{bodem}(15,15) \quad (4.13)$$

Als de hoogte van de bron of van het rekenpunt kleiner is dan 0,1 m moet 0,1 m worden aangehouden. Voor hoogten groter dan 50 m heeft dit gegevensbestand geen geldigheid meer.

4.4.3. Gegevensbestand met statistische gewichten

Een statistisch gewicht geeft de kans aan dat een meteorologische situatie van een klasse *m* voorkomt. Deze kans hangt van verschillende factoren af. Zo is de kans afhankelijk van het dagdeel (meteorologische dag of meteorologische nacht) respectievelijk aangegeven met het symbool $g_d(m,\theta)$ en $g_n(m,\theta)$. De kans is bovendien afhankelijk van de hoek θ die de lijn van bron naar rekenpunt maakt met het geografische noorden en tot slot ook van de gemiddelde bodemruwheid onder het geluidpad (zie ook paragraaf 4.6.7 en paragraaf 4.6.8).

Een maat voor de bodemruwheid is de ruwheidslengte z_0. In tabel 4.2 zijn de ruwheidslengtes gegeven waarvoor de statistische gewichten bepaald zijn.

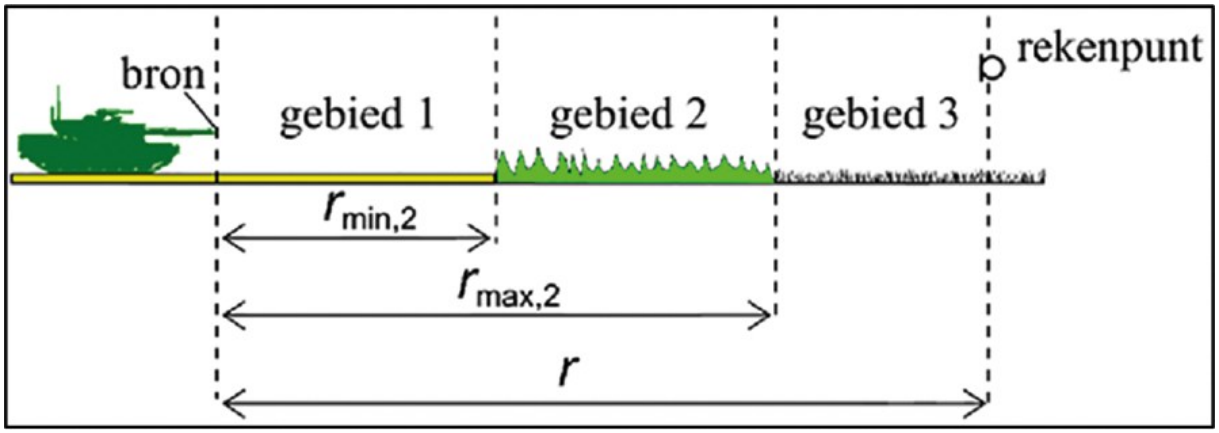
Tabel 4.2 Ruwheidslengtes z_0 waarvoor in het gegevensbestand statistische gewichtsfactoren zijn opgenomen.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
z_0 (cm)	0,02	0,1	0,5	1,2	3	6	10	15	20	25

De gemiddelde ruwheid van de bodem wordt bepaald als gewogen gemiddelde van de ruwheidslengtes van de gebieden langs het geluidpad.

$$\overline{z_0} = \frac{1}{r}\sum_{j=1}^{N}\left(r_{max,j} - r_{min,j}\right)z_{0,j} \quad (4.14)$$

waarbij wordt verstaan onder (zie ook figuur 4.3):
$z_{0,j}$ ruwheidslengte van doorlopen deelgebied *j*;
$r_{min,j}$ kortste horizontale afstand van bron tot grens deelgebied langs geluidpad;
$r_{max,j}$ grootste horizontale afstand van bron tot grens deelgebied langs geluidpad;
r horizontale afstand van bron naar rekenpunt langs geluidpad;
N aantal door het geluidpad doorsneden deelgebieden.



Figuur 4.3: Definitie van grenzen van ruwheidsgebieden bij bepaling van de gemiddelde ruwheid.

In het gegevensbestand *statgew.bin* zijn voor 10 verschillende waarden van de ruwheid (zie tabel 4.2), voor 60 verschillende hoeken (in stappen van 6°) en voor de 27 meteorologische klassen de statistische gewichten gegeven voor de meteorologische dag en de nacht. Voor waarden van de ruwheid waarvoor in het gegevensbestand geen gewicht is opgenomen wordt het gewicht van de dichtstbijgelegen ruwheidswaarde gebruikt. Voor waarden van de hoek waarvoor geen gewicht is opgenomen wordt een geïnterpoleerde waarde berekend volgens de formule:

$$g(m,\theta) = g(m,\theta_1) + \frac{(\theta - \theta_1)}{(\theta_2 - \theta_1)}\big(g(m,\theta_2) - g(m,\theta_1)\big)$$

waarin θ_1 en θ_2 de dichtstbijgelegen hoeken zijn. Dit gegevensbestand bevat hiervoor 27x2x10x60 = 32.400 verschillende statistische gewichten.

In het bovenstaande gegevensbestand hebben een aantal statistische gewichten een waarde gelijk aan nul of relatief een lage waarde (<0,01). De bijdrage voor deze profielen zal gering zijn. Eventueel kunnen deze bijdragen worden toegeschreven aan profiel 18 om zo de berekeningen te vereenvoudigen. Het statistisch gewicht van de profielen met een kleine bijdragen moet dan bij het statisch gewicht van profiel 18 worden opgeteld zodat de som van de gewichten weer gelijk aan 1 is.

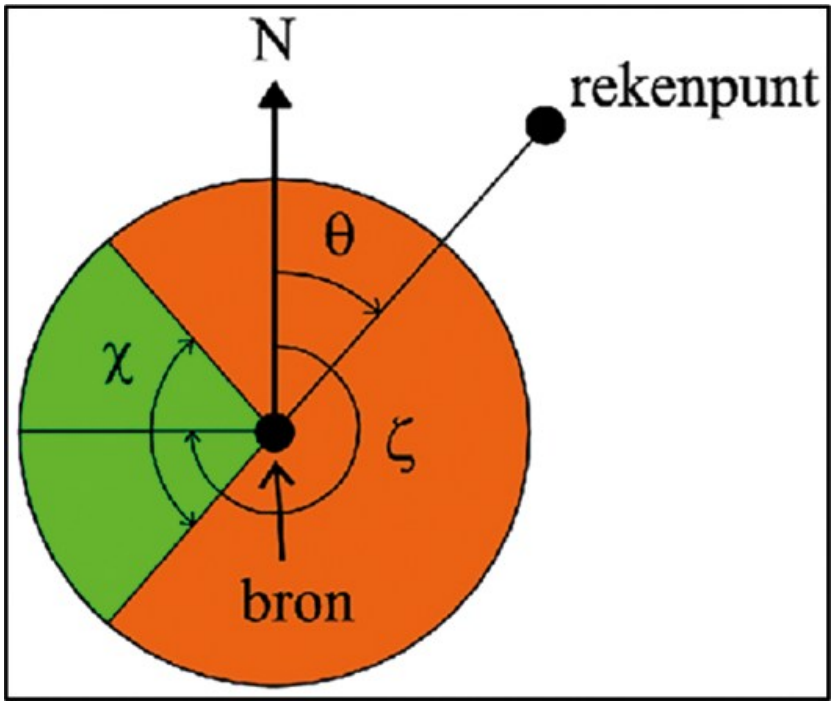
Voor het geval dat het gebruik van de schietbaan gekoppeld is aan de heersende windrichting wordt een aangepaste procedure gebruikt. In dit geval is er een zogenaamde windroossector gedefinieerd waarmee een gedeelte van de windroos wordt aangegeven waarbij schietactiviteiten op de schietbaan kunnen plaatsvinden. Deze windroossector wordt door twee parameters bepaald, die de grootte en positie van de sector aangeven (zie paragraaf 2.4 en figuur 4.4). De statistische gewichten zijn van deze twee parameters afhankelijk naast de hiervoor genoemde grootheden (meteorologische klasse, dagdeel, hoek van bron naar rekenpunt met geografisch noorden en de gemiddelde ruwheid onder het geluidpad). Omdat het teveel opslagruimte zou vragen om voor alle mogelijke combinaties van al deze parameters de gewichten te geven is een rekenprocedure ontwikkeld waarmee de gewichten op eenvoudige wijze kunnen worden bepaald.

Voor de berekening wordt gebruik gemaakt van twee gegevensbestanden (*statmet.bin* en *metprof.bin*). In het eerste bestand wordt de kans gegeven dat een bepaalde combinatie van windsnelheid, windrichting en bewolkingsgraad voorkomt. Voor de meteorologische dag zijn deze kansen als seizoensgemiddelde gegeven (dus achtereenvolgens voor de lente, zomer, herfst en de winter), voor de meteorologische nacht wordt een jaargemiddelde waarde gebruikt. Met het tweede bestand kan worden bepaald bij welke omstandigheden welke meteorologische klasse hoort.
Het is een groot bestand waarin de meteorologische klasse gegeven wordt als functie van:

- gemiddelde ruwheid onder het geluidpad (voor 10 ruwheden zie tabel 4.2);
- geluidvoortplantingsrichting (voor 0° tot 354° in stappen van 6°);
- windsnelheid (voor 15 klassen);
- windrichting (voor 0° tot 354° in stappen van 6°);
- bewolkingsgraad (voor 9 klassen);
- seizoen (voor de meteorologische dag voor 4 seizoenen; voor de meteorologische nacht is een jaargemiddelde gegeven).

De berekening van een statistisch gewicht verloopt dan als volgt: eerst wordt bepaald welke gedigitaliseerde waarden van de windrichting (lopend van 0° tot 354° in stappen van 6°) binnen de windroossector liggen. Vervolgens wordt de dichtstbijgelegen ruwheidswaarde uit tabel 4.2 gekozen, die overeenkomt met de gemiddelde ruwheidswaarde onder het geluidpad (zie formule 4.14). Voor deze waarden wordt in bestand *metprof.bin* gezocht naar alle combinaties van windsnelheid, windrichting, bewolkingsgraad en – voor de meteorologische dag – seizoen, die bij een van de 27 meteorologische klassen horen. Met behulp van het bestand *statmet* kan de kans worden bepaald dat een dergelijke combinatie optreedt. Per meteorologische klasse worden de kansen gesommeerd van al de combinaties, die bij die klasse horen. Uit de zo verkregen waarden (27 voor de meteorologische dag en 27 voor de meteorologische nacht) worden tenslotte de statistische gewichten bepaald door deze 27 waarden te normeren met hun som voor respectievelijk de dag en de nacht zodat geldt:

$$\sum_{m=1}^{27} g_d(m,\theta) = \sum_{m=1}^{27} g_n(m,\theta) = 1 \qquad (4.15)$$



Figuur 4.4: Een windroossector [χ, ζ] betekent dat alleen windrichtingen ζ ± χ/2 relevant zijn (de groene sector in de figuur). Dit voorbeeld toont een windroossector [90°, 270°], waarbij alleen windrichtingen tussen noordwest en zuidwest relevant zijn. De hoek θ, die de lijn van bron- naar rekenpunt maakt met het geografische noorden, is ook aangegeven.

Als de geluidvoortplantingsrichting niet gelijk is aan een veelvoud van 6° tussen 0° en 354° dan wordt bovenstaande procedure uitgevoerd voor de twee dichtstbijgelegen waarden voor de richting. Het uiteindelijk gewicht wordt vervolgens (vergelijkbaar met hoe dit hiervoor is aangegeven) door lineaire interpolatie bepaald.

4.5. Invoergrootheden rekenmethode

4.5.1. Brongegevens

Mondingsgeluid

Voor de berekening van de geluidbelasting van het mondingsgeluid moeten van elke wapen-munitiecombinatie de volgende geometrische parameters bekend zijn:

- (x_s, y_s, h_{wapen}) wapenpositie, waarbij h_{wapen} de hoogte van het wapen is ten opzichte van het plaatselijke maaiveld;
- α_e elevatie van wapen;
- ψ schietrichting t.o.v. het noorden in het horizontale vlak.

De bronnen van het mondingsgeluid worden gerepresenteerd als puntbronnen. De positie van de puntbron ligt voor lichte wapens aan het uiteinde van de loop, voor zwaardere wapens ligt dit punt op enige afstand van de vuurmond in het verlengde van de loop. In het gegevensbestand van bronnen is hiermee rekening gehouden door de looplengte te definiëren als de afstand van het draaipunt tot aan het bronpunt. De bronpositie kan zo met behulp van eenvoudige geometrische formules uit bovenstaande gegevens worden berekend (zie formule 4.4).

Militaire oefenterreinen

Bij militaire oefenterreinen zijn de exacte bronposities vaak onbekend. Wel kan een gebied worden aangegeven waar mogelijk geschoten wordt. Voor de modellering van een oefenterrein worden daarom gebieden geselecteerd waarbinnen kan worden aangenomen dat de kans dat op een

mogelijke positie geschoten wordt uniform over dit gebied verdeeld is en waarbij elke schietrichting even waarschijnlijk is. Er is hierbij vanuit gegaan dat alleen met losse patronen wordt geschoten. Als niet aan deze voorwaarden wordt voldaan, zal van de exacte bronpositie uit moeten worden gegaan.

Voor de modellering van een oefenterrein verdient het aanbeveling van een referentie-oefening uit te gaan. De volgende benaderingen zijn daarbij gebruikelijk om de geluidbelasting door schieten en knallen te beschrijven:

1. Er wordt een referentieoefening gedefinieerd. Deze bestaat uit diverse oefensituaties die aan een gebied worden gekoppeld. Bijvoorbeeld: 'Patrouille zuivert bosgebied in dagperiode'.
2. Het aantal knallen per munitiesoort en wapentype wordt uniform verdeeld gedacht over de diverse gebieden waarin deze oefening voorkomt, tenzij uitdrukkelijk anders aangegeven.
3. Als niet uitdrukkelijk anders wordt aangegeven, wordt uitgegaan van de energetisch gemiddelde bronsterkte per wapentype over alle (horizontale) richtingen (zie formule 4.6). In het bijzonder geldt dit voor gevallen waarin een aanvallende en verdedigende partij is.
4. In paragraaf 4.6.1 is aangegeven hoe de gebieden moeten worden opgedeeld voor de overdrachtsberekening.
5. Omdat er met losse patronen of simulatoren wordt geoefend, speelt kogelgeluid geen rol.

Kogelgeluid
Uit het bronnenbestand kan worden gelezen of voor een wapen-munitiecombinatie de startsnelheid van het te verschieten projectiel supersoon is. In dit geval kan kogelgeluid van belang zijn. Voor lichte wapentypen wordt er voor de berekening vanuit gegaan dat de kogelbaan evenwijdig aan de bodem loopt. De elevatie is voor deze wapentypen dus 0°.

Kogelgeluid van de zwaardere wapentypen waarvan het projectiel een kromme baan beschrijft (het zogenaamde krombaangeschut; Houwitser en mortier) moet op een andere wijze worden berekend. Voor de berekening van het kogelgeluid moet dan rekening worden gehouden met de sterk variërende hoogte van de kogel.

Voor banen waarbij gebruik wordt gemaakt van een vervangende puntbron, zie hieronder, wordt de bijdrage van zowel mondingsgeluid als kogelgeluid verdisconteerd. Kogelgeluid wordt dan niet apart berekend.

Bij hagelgeweren wordt eventueel kogelgeluid verdisconteerd in de bronsterkte van het mondingsgeluid.

Detonatiegeluid
Ook het detonatiegeluid wordt in de rekenmethode als een puntbron gekarakteriseerd. De hoogte van deze puntbron is afhankelijk van de hoogte van detonatie. Bij een brisantgranaat is het moment (en dus de hoogte) van detonatie afhankelijk van het type ontstekingsbuis dat op een granaat is aangebracht. Dit kan variëren van 10 m hoogte tot in de grond. Als de detonatie in of op de grond plaatsvindt, wordt voor de berekening een hoogte van 0,5 m+ maaiveld aangehouden.

Schietbanen (zoals bijvoorbeeld schermenschietbanen)
In die gevallen waarbij het wapen op korte afstand deels of geheel omsloten is door afschermende of reflecterende objecten, kan in principe niet van brongegevens worden uitgegaan, die voor het vrije veld zijn bepaald. Het geluidveld rond de bron is dermate complex dat het gebruik van rekenmodellen, die vanaf de bron rekenen, beperkt mogelijk is. Voor deze gevallen wordt de situatie van de bron met de omringende afschermende of reflecterende objecten gemodelleerd door één of meer vervangende puntbronnen. De bronsterkte van deze vervangende puntbron(nen) zal met metingen moeten worden vastgesteld. In de Toelichting op toepassing van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid wordt een beschrijving van de meetmethode gegeven. Als geen meetgegevens voorhanden zijn of te verkrijgen zijn, wordt in dit rapport ook een conservatieve inschatting gegeven voor een vervangende puntbron op basis van de vrije-veld bronsterkte. In sommige gevallen kan het gewenst zijn dat de bronsterkte van deze schietbanen met berekeningen wordt vastgesteld, bijvoorbeeld voor nog niet bestaande schietbanen. Per situatie moet een rekenmodel op zijn geschiktheid worden beoordeeld, een algemeen toepasbaar model is vooralsnog niet te geven.

Voor de modellering van een schietbaan (zoals bijvoorbeeld een kleiduivenschietbaan) verdient het aanbeveling van een standaard gebruikssituatie uit te gaan. In het eerder genoemde rapport (TNO

2014 R10135) wordt voor een aantal type banen aangegeven hoe deze moeten worden gemodelleerd om de geluidbelasting te berekenen.

4.5.2. Bodemtype (hardheid/ruwheid)

In het model worden vier verschillende bodemtypen onderscheiden (zie tabel 4.3). Elk type correspondeert met een andere combinatie van bodemhardheid en bodemruwheid (zie voor definities van deze begrippen paragraaf 2.5)

Tabel 4.3 De vier bodemtypen in het rekenmodel voor schietgeluid, met vier verschillende combinaties van de stromingsweerstand σ en de ruwheidslengte z_0.

Bodemtype	Voorbeelden	σ (Nsm^{-4})	z_o (m)
1. glad en reflecterend	water, beton	∞	0,0002
2. ruw en absorberend	grasland	$3{\cdot}10^5$	0,03
3. ruw en zeer absorberend	zandbodem	$1{\cdot}10^5$	0,03
4. zeer ruw en zeer absorberend	heide, bouwland	$1{\cdot}10^5$	0,25

Om het bodemtype van een terrein te bepalen moeten eerst de eigenschappen van terrein worden ingeschat. De volgende uitgangspunten moeten hierbij in acht worden genomen:

1. De keuze tussen ruw en zeer ruw.
   Het verschil tussen ruw en zeer ruw zit in de begroeiing van de oppervlakte.
   Een ruw terrein bevat lage begroeiing (zoals gras), een zeer ruw terrein bevat hogere begroeiing (zoals heide of lage gewassen). Verspreide obstakels (bomen, huizen) worden hierbij buiten beschouwing gelaten.
2. De keuze tussen absorberend en zeer absorberend.
   Een bodem wordt absorberend genoemd als de stromingsweerstand groter is dan $2{\cdot}10^5$ Nsm^{-4}, en zeer absorberend als de stromingsweerstand kleiner is dan $2{\cdot}10^5$ Nsm^{-4}. Dit betekent in de praktijk dat grasland absorberend is en dat ruwere bodems zoals heide zeer absorberend zijn.
3. Voor bossen en steden moet bodemtype 4 worden gekozen.

Als in het overdrachtspad van bron naar rekenpunt verschillende bodemtypen voorkomen, moeten ze ook zo worden onderscheiden. In paragraaf 4.6.4 wordt hier nader op ingegaan.

4.5.3. Afschermende objecten

Een object moet aan de volgende eisen voldoen om als afschermend object in rekening te worden gebracht:

- De massa per eenheid van oppervlakte bedraagt ten minste 10 kg/m^2.
- Het object mag geen grote kieren of openingen bevatten. Procesinstallaties, bomen e.d. worden dus niet als een afschermend object in rekening gebracht.
- Het object wordt vanuit de bron of vanuit het rekenpunt gezien onder een hoek van ten minste 5° in het horizontale vlak.

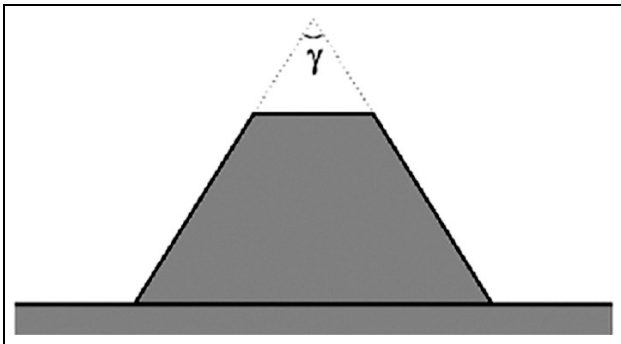
Grote objecten, zoals heuvels en eventueel duinen waarbij het terrein een hellingspercentage kent van minder dan 20%, worden niet als afschermende objecten ingevoerd. Deze kunnen in rekening gebracht worden door een variatie in de maaiveldhoogte van de bodemvlakken.

Drie verschillende afschermende objecten worden onderscheiden:

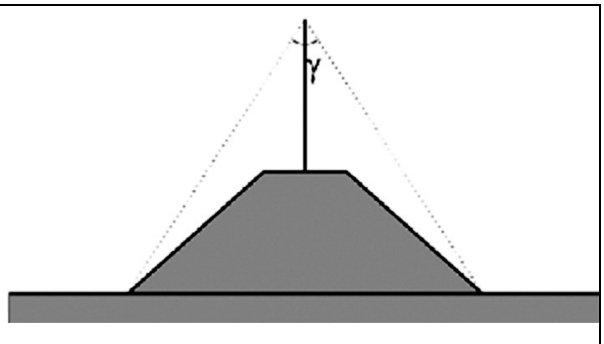
- scherm;
- wal;
- gebouw.

Een scherm en een wal worden geschematiseerd door een verticaal vlak of keten van verticale vlakken, die onder een hoek met elkaar staan, waarbij er vanuit wordt gegaan dat de bovenrand horizontaal loopt. Bij een wal wordt de positie van het vlak op het snijpunt gekozen van het voor- en achtervlak van de wal. Voor de berekening moet de hoogte bekend zijn, voor een wal moet bovendien de tophoek worden opgegeven. De definitie van de tophoek is in onderstaande figuren gegeven. Als een scherm op een wal zo laag is dat de gestippelde lijnen in figuur 4.5b het talud snijden, wordt de

grootte van de tophoek bepaald zoals dit in figuur 4.5a is weergegeven.



Figuur 4.5a: Tophoek γ van wal met platte top.



Figuur 4.5b: Tophoek γ van wal met scherm

Bij een wal is de absorptiecoëfficiënt van het materiaal waaruit het is opgebouwd van belang voor de berekening van de tophoekcorrectie (formule 4.50). Enkele typerende waarden van de absorptiecoëfficiënt zijn voor verschillende materialen in tabel 4.4 aangegeven.

Gebouwen worden geschematiseerd als een keten van verticale vlakken van dezelfde hoogte, waarbij het eerste vlak weer aan het laatste vlak aansluit. Er wordt verondersteld dat de hoogte van al deze vlakken gelijk is.

4.5.4. Reflecterende objecten

Er worden twee typen reflecties onderscheiden: spiegelreflecties en diffuse reflecties. Voor een spiegelreflectie geldt dat de hoek van inval van het geluid gelijk is aan de hoek die het gereflecteerde geluid maakt met het spiegelende object, vergelijkbaar met een optische spiegeling. Bij diffuse reflecties wordt het invallende geluid diffuus verstrooid.

Spiegelende objecten

Twee verschillende spiegelende objecten worden onderscheiden:

- scherm;
- gebouw.

Een object moet aan de volgende eisen voldoen om als spiegelend reflecterend object in rekening te worden gebracht:

- Het object heeft een min of meer vlakke en geluidreflecterende wand;
- De reflecterende wand moet een dichtheid hebben groter dan 10 kg/m^2;
- De hoek tussen de geluidreflecterende wand en de verticaal moet kleiner zijn dan 10°.

De spiegelende objecten worden op dezelfde manier geschematiseerd als de overeenkomstige afschermende objecten. Van een reflecterend vlak moet daarnaast ook de reflectiviteit ($0 \geq \rho \geq 1$) worden gegeven. De reflectiviteit ρ is de reflectiecoëfficiënt voor de geluidenergie en wordt bepaald door de absorptiecoëfficiënt α_{abs} van het materiaal waaruit het reflecterende vlak bestaat:

$\rho = 1-\alpha_{abs}$. In het algemeen is ρ een functie van de frequentie. Enkele typerende waarden van de absorptiecoëfficiënt zijn voor verschillende materialen in tabel 4.4 aangegeven.

Tabel 4.4 Typische waarden voor absorptiecoëfficiënten voor verschillende materialen.

Materiaal	**Geluidabsorptiecoëfficiënt, in octaafbanden**								
	16	**31.5**	**63**	**125**	**250**	**500**	**1.000**	**2000**	**4.000**
Bakstenen muur	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1
Dichte betonblokken (pleister, verf)	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Poreuze betonblokken	0,0	0,1	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3
Glazen wand	0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,1	0,0
Houten wand	0,0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1

Aarde en zand, glad	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,5
Aarde, ruw	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6	0,6
Grind, los en vochtig, (laag van 10cm)	0,0	0,1	0,2	0,3	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
Gras	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7

Diffuus reflecterende objecten
Diffuse reflecties treden op aan een bosrand; als er minder dan drie bomenrijen aanwezig zijn, wordt de diffuse reflectie niet meegerekend. Een diffuse reflectie treedt op als er `zicht' is op de bosrand vanuit zowel de positie van de bron als de positie van het rekenpunt; optische spiegeling is hierbij irrelevant. Een bosrand wordt gemodelleerd door een verticaal vlak of keten van verticale vlakken, die onder een hoek met elkaar staan, waarbij er vanuit wordt gegaan dat de bovenrand horizontaal loopt. Op de plaats van de vlakken wordt één rij van equidistante cilinders gedacht. De afstand tussen de cilinders d_{eff} bedraagt de helft van de gemiddelde afstand tussen naburige bomen van de eerste drie bomenrijen van de bosrand. Deze gemiddelde afstand wordt benaderd door $1/\sqrt{n_2}$, waarbij n_2 het gemiddelde aantal bomen per oppervlakte-eenheid is. De straal van de cilinders r_{cil} is gelijk aan de gemiddelde straal van de bomen in de bosrand. Indicatieve waarden voor een gemiddeld bos zijn d_{eff} = 1,4 m en r_{cil} = 0,1 m. De hoogte van de bosrand wordt bepaald door de gemiddelde hoogte van de bomen in de bosrand.

4.5.5. Keuze van rekenpunten

Voor planningsdoeleinden zijn vaak contouren gewenst. Een geluidcontour is een lijn die punten met een gelijke geluidbelasting verbindt. Een geluidcontour kan worden verkregen door lineaire interpolatie tussen rekenpunten op een rekenrooster. Een rekenrooster is een verzameling van punten, die op regelmatige afstand (d^*) van elkaar liggen. Aan de interpolatie zijn een aantal voorwaarden verbonden:

- het verschil in geluidniveau tussen de punten bedraagt minder dan 3 dB;
- de afstand tussen het geïnterpoleerde punt en het dichtstbijzijnde bronpunt is groter dan de afstand tussen de punten waartussen wordt geïnterpoleerd.

In de meeste gevallen zal bij een afstand van d^* = 250 m aan bovenstaande criteria worden voldaan. Als niet aan bovenstaande voorwaarden wordt voldaan, zal het rooster lokaal verdicht moeten worden. Een verdere verdichting dan tot d^* = 50 m is niet noodzakelijk.

Hoogte rekenpunt
Als er sprake is van zonering rondom schietbanen of -terreinen, heeft een hoogte van 5 m de voorkeur. Voor beoordelingspunten bij vergunningsituaties wordt over het algemeen voor de dagperiode een hoogte van 1,5 m en voor de avond- en nachtperiode een hoogte van 5 m aangehouden. Uitgangspunt is dat de berekeningshoogte bepaald wordt door de hoogte waarop mogelijke hinder te verwachten is.

4.6. Berekening van het geluidexpositieniveau

4.6.1. Bronniveau

Mondingsgeluid en detonatiegeluid
Voor geluid anders dan kogelgeluid wordt het bronniveau over het algemeen betrokken uit het gegevensbestand. Zie hiervoor paragraaf 4.4.1 en paragraaf 4.5.1. De emissie van het mondingsgeluid is over het algemeen richtingsafhankelijk. Van belang hierbij is de hoek ϕ tussen de vuurlijn en de lijn van bron naar rekenpunt. Deze hoek is afhankelijk van de elevatie $\alpha_e$van het wapen volgens de formule:

$$\phi = \text{acos}(\cos\alpha_e \cos\phi_p)$$

waarbij wordt verstaan onder:

ϕ_p hoek tussen de lijn van bron naar rekenpunt en de vuurlijn (in bovenaanzicht vanuit de bron met de klok mee gemeten) geprojecteerd op een horizontaal vlak.

Bij de berekening van de emissiehoek ϕ wordt geen rekening gehouden met hoogteverschillen tussen

bronpunt en rekenpunt (benadering voor het verre veld).

Brongebieden
Brongebieden zijn gebieden waarbinnen een mogelijke schietpositie uniform over het gebied is verdeeld. Om de geluidbelasting van een brongebied te berekenen, moet dit in zodanig kleine deelgebieden worden opgedeeld dat voor een deelgebied van een puntbron kan worden uitgegaan.

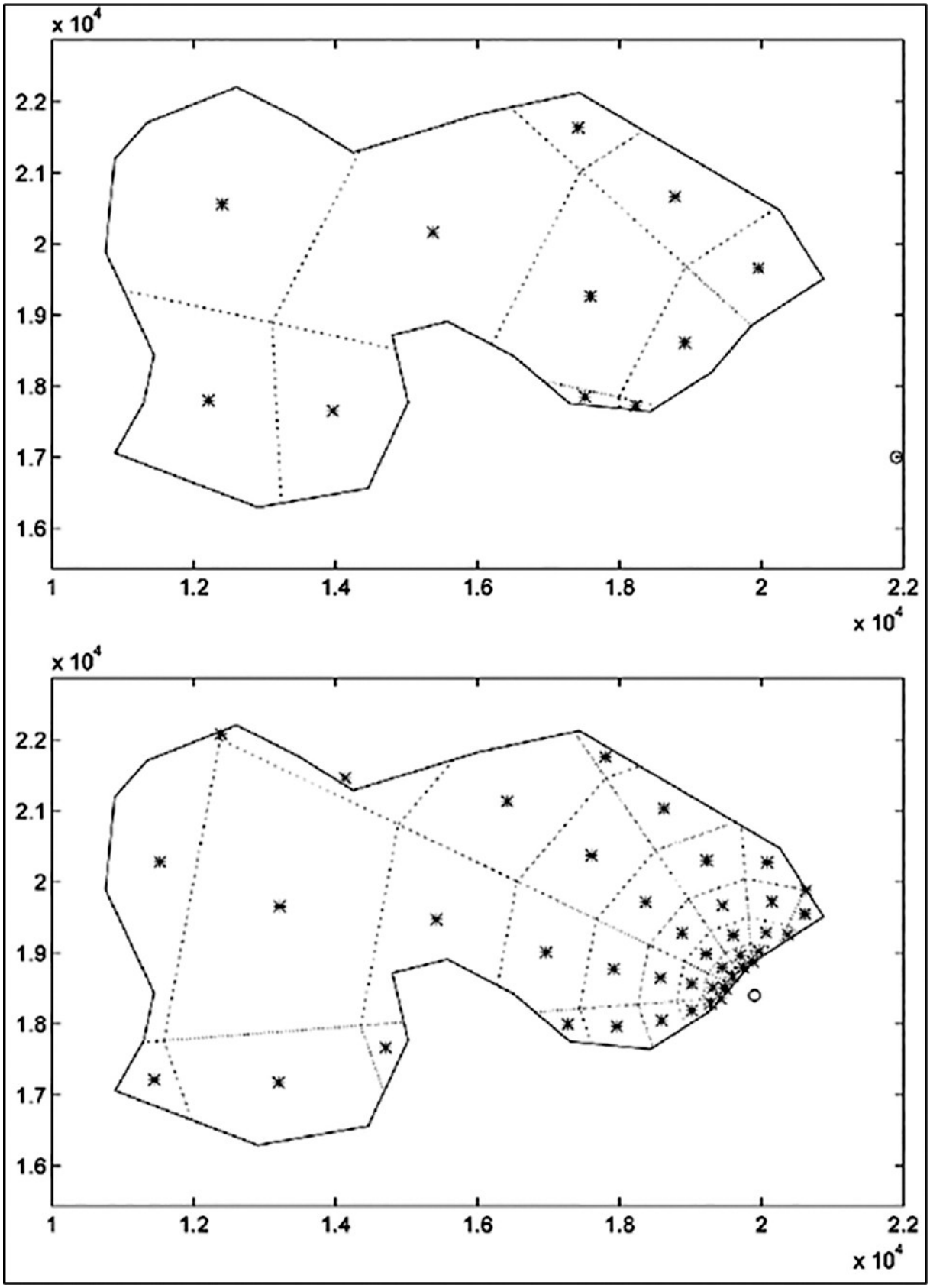
In een eerste stap wordt, afhankelijk van de kleinste en grootste afstand van het rekenpunt tot de grenzen van het brongebied (respectievelijk d_{min} en d_{max}), de breedte bepaald van schillen die in concentrische cirkels rond het rekenpunt liggen. Voor de breedte L_n van deze schillen geldt:

$$L_n = \frac{d_{min}}{2}\left(\frac{3}{2}\right)^{n-1} \qquad (4.16)$$

voor n = 1 t/m N

waarin N, uitgedrukt als een naar boven afgerond geheel getal, wordt bepaald volgens de formule:

$$N = \frac{\lg\left(\frac{d_{max}}{\cos(15°)\cdot d_{min}}\right)}{\lg(3/2)} \qquad (4.17)$$



Figuur 4.6: Voorbeeld van een beschrijving van een deelgebied door deelbronnen voor twee verschillende rekenpunten (o).

Vervolgens worden deze schillen onderverdeeld in sectoren met een hoek van 30°. De snijpunten van de concentrische cirkels met de sector begrenzingen geven de hoekpunten van trapezia. De overlap van deze trapezia met het brongebied geven uiteindelijk de grenzen van de verschillende

deelgebieden. De vervangende deelbronnen liggen op het geometrische zwaartepunt van deze deelgebieden.

In figuur 4.6 is een voorbeeld gegeven van de verdeling van de bronpunten voor twee verschillende rekenpunten.

De bijdragen van de verschillende deelbronnen tot de geluidbelasting in de verschillende juridische beoordelingsperioden ($B_{s,dag}(b_i)$,$B_{s,avond}(b_i)$ en $B_{s,nacht}(b_i)$) moeten tenslotte worden gecorrigeerd voor het verschil in oppervlak tussen de verschillende deeloppervlakken O_i en het totale oppervlak van het brongebied O_{tot}. Hiertoe wordt in formule *3.4* in het rechterlid een correctieterm toegevoegd volgens de formule:

$$B_{s,dag}(b) = 10\lg\left(w_{d,dag}10^{\overline{L_{E_{s,dag,d}}(b)}/10} + w_{n,dag}10^{\overline{L_{E_{s,dag,n}}(b)}/10}\right) + 10\lg\left(\frac{N_{dag}(b) + 2 \times N_{zondag,dag}(b)}{365}\right) - 10\lg(12 \times 3600) + 10\lg\left\{\frac{O_i}{O_{tot}}\right\} \quad (4.18)$$

$$B_{s,avond}(b) = 10\lg\left(w_{d,avond}10^{\overline{L_{E_{s,avond,d}}(b)}/10} + w_{n,avond}10^{\overline{L_{E_{s,avond,n}}(b)}/10}\right) + 10\lg(N_{avond}(b)/365) - 10\lg(4 \times 3600) + 5 + 10\lg\left\{\frac{O_i}{O_{tot}}\right\}$$

$$B_{s,nacht}(b) = \overline{L_{E_{s,nacht,n}}(b)} + 10\lg(N_{nacht}(b)/365) - 10\lg(8 \times 3600) + 10 + 10\lg\left\{\frac{O_i}{O_{tot}}\right\}$$

Kogelgeluid bij vlakbaan schieten
Voor de berekening van de geluidbelasting door kogelgeluid wordt ervan uitgegaan dat het kogelgeluid van één punt afkomt dat op de kogelbaan ligt, het zogenaamde bronpunt. Uitgaande van een *xy*-coördinatenstelsel in het horizontale vlak, met de vuurmond in de oorsprong, de *x*-as langs de vuurlijn en de *y*-as loodrecht hierop, wordt de positie van het bronpunt aangegeven als $(x_s,0)$ en de positie van het rekenpunt als (x_r,y_r). De onbekende x_s wordt bepaald door het oplossen van onderstaande vierde orde polynoom:

$$(x_r - x_s)^2(v_0 + v_1x_s + c_{10})\,(v_0 + v_1x_s - c_{10}) = c_{10}^2\ y_r^2 \quad (4.19)$$
met $0 \le x_s < x_r$ en $x_s < |(c_{10} - v_0) / v_1|$

waarbij wordt verstaan onder:
(x_r, y_r) positie van rekenpunt;
$(x_s, 0)$ positie van het bronpunt.
Voor de oplossing van deze polynoom wordt verwezen naar mathematische handboeken. Als het bronpunt achter het doel ligt, wordt voor het bronpunt de doelpositie genomen. Als het bronpunt op een punt ligt waar de kogelsnelheid kleiner is dan $1{,}02c_0$ dan wordt voor het bronpunt het punt genomen waar de kogelsnelheid gelijk is aan $1{,}02c_0$ (ervan uitgaande dat v_0 groter is dan $1{,}02c_0$).

Het breedbandige bronniveau wordt bepaald door de afmetingen van de kogel en zijn lokale snelheid op het bronpunt:

$$L_{Eb} = 161{,}9 + 10\lg\left(\frac{d_{kogel}^3}{l_{kogel}^{3/4}}\right) + 10\lg\left(\frac{M^{9/4}}{(M^2-1)^{3/4}}\right) \text{ voor } M > 1.02 \quad (4.20)$$

met M het Mach-getal van de kogel op het bronpunt en waarbij d_{kogel} en l_{kogel} worden uitgedrukt in m.

Voor de berekening van het octaafbandspectrum van het bronniveau wordt rekening gehouden met de verschuiving van het spectrum van kogelgeluid op het traject van het bronpunt naar het rekenpunt (door niet-lineaire effecten). Hiervoor wordt een karakteristieke frequentie f_{kogel} van kogelgeluid geïntroduceerd, die afhankelijk is van de afstand R van het bronpunt op de kogelbaan naar het rekenpunt:

$$f_{kogel} = 175{,}2\frac{(M^2-1)^{1/4}}{M^{3/4}}\frac{l_{kog}^{1/4}}{d_{kog}}\frac{1}{R^{1/4}} \quad (4.21)$$

Omdat het tertsbandspectrum wordt gebruikt bij de berekening van de luchtdemping (zie paragraaf 4.6.3) wordt het bronniveau in tertsen bepaald. Hierbij wordt uitgegaan van de drie tertsbanden binnen de octaven met middenfrequenties f_k van 16 Hz tot en met 4 kHz. Het bronspectrum in tertsen wordt bepaald volgens de formule:

$$L_{E_{b,j}}(f_k) = L_{E_b} + C_{k,j} - 10\lg\sum_{k=1}^{9}\sum_{j=1}^{3}10^{c_{k,j}/10} \quad \text{Voor } k\text{= 1..9 en } j\text{ = 1..3} \quad (4.22)$$

waarin:

$C_{k,j} = 2.5 + 28\lg\left(\frac{f_{k,j}}{f_{kogel}}\right)$ voor $f_{k,j} < 0.65 f_{kogel}$

$C_{k,j} = -5.0 + 12\lg\left(\frac{f_{k,j}}{f_{kogel}}\right)$ voor $f_{k,j} \geq 0.65 f_{kogel}$

met:
$f_{k,j}$ nominale middenfrequentie van j^{e} tertsband van k^{e} octaafband

Voor de berekeningen van de overige dempingstermen wordt van een bronspectrum in octaven uitgegaan:

$$L_{Eb}(f_k) = 10\lg\left(\sum_{j=1}^{3}10^{L_{Eb}(f_k)/10}\right) \quad (4.23)$$

Kogelgeluid bij krombaan schieten
In het algemeen is het kogelgeluid bij krombaan schieten niet van belang. Door de hoge elevatiehoek waaronder geschoten wordt en de verhoudingsgewijs lage uittreesnelheid van het projectiel in vergelijking tot lichte vuurwapens, treedt kogelgeluid alleen in een klein gebied voor het wapen op. Dit gebied ligt dus in het mal onveilige gebied (mog) van het wapen en is daarom voor de berekening van de geluidbelasting in woongebieden niet van belang.

Echter, in speciale gevallen waarbij de elevatiehoek lager ligt en de uittreesnelheid verhoudingsgewijs groot is, is het kogelgeluid wel van belang. In deze gevallen moet voor de berekening van de geluidbelasting door kogelgeluid een daarvoor geschikte methode worden gebruikt.

4.6.2. Geometrische demping

Puntbronnen
Bij de modellering van puntbronnen is uitgegaan van sferische geluiduitbreiding over een hele bol. De geometrische demping wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{geo} = 10\lg 4\pi\left(\frac{R}{r_0}\right)^2 \quad (4.24)$$

Kogelgeluid
Voor de berekening van de geometrische demping van kogelgeluid worden drie gebieden

onderscheiden (zie figuur 2.2): gebied I achter het wapen, gebied II dat ook als Mach-gebied wordt aangeduid, en gebied III achter het doel. De grenzen tussen de gebieden worden bepaald door de hoeken ξb en ξe, die afhankelijk zijn van de beginsnelheid v_0 respectievelijk de eindsnelheid v_e van de kogel (v_e is dus de kogelsnelheid bij het treffen van het doel):

$$\xi_b = \operatorname{acos}\left(\frac{c_{10}}{v_0}\right) \quad en \quad \xi_e = \operatorname{acos}\left(\frac{c_{10}}{v_e}\right) \qquad voor\ v_0, v_e \geq c_{10} \tag{4.25}$$

Als de snelheid van de kogel voor het treffen van het doel onder de geluidsnelheid is gezakt geldt $\xi_e = 0$, in dit geval bestaat er dan geen gebied III.

In het gebied achter het wapen (gebied I) is het kogelgeluid verwaarloosbaar.

Voor rekenpunten in gebied II varieert de geometrische demping tussen 10 lg R en 25 lg R afhankelijk van de afstand R van het bronpunt op de kogelbaan tot het rekenpunt. De geometrische demping is 10 lg R op korte afstand van de kogelbaan bij een constante kogelsnelheid. Als gevolg van een afname van de snelheid van de kogel langs de kogelbaan en door invloed van turbulentie neemt de geometrische demping toe. De invloed van turbulentie is pas op een afstand R_{trans} van de kogelbaan significant. Op grote afstand, groter dan 10 km, bedraagt de geometrische demping 20 lg R.

De transitieafstand R_{trans} wordt bepaald met de formule:

$$R_{trans} = \max\left[1, \min\left(\frac{(M^2-1)(x_t/2)^2}{M^2 c_{10}/f_{kogel}}, \frac{1}{\sqrt{\pi}}\left(\frac{\frac{3}{2}Lx_t^2(M^2-1)}{M^2\mu_0^2}\right)^{1/3}\right)\right] \tag{4.26}$$

met
x_t lengte van de kogelbaan waar het projectiel een supersone snelheid heeft
L correlatielengte (L = 1,1 m)
$\mu_0^2 = 10^{-5}$

De geometrische demping in gebied II wordt voor $R \leq R_{trans}$ bepaald volgens de formule:

$$D_{geo,\mathrm{II}} = 10 \lg\left(\frac{R^2 k + R(M^2-1)}{r_0^2 k + r_0(M^2-1)}\right) \tag{4.27a}$$

voor $R_{trans} < R \leq R_{max}$ geldt:

$$D_{geo,\mathrm{II}} = 10 \lg\left(\frac{R_{trans}^2 k + R_{trans}(M^2-1)}{r_0^2 k + r_0(M^2-1)}\right) + 25 \lg\left(\frac{R}{R_{trans}}\right) \tag{4.27b}$$

voor $R > R_{max}$ geldt:

$$D_{geo,\mathrm{II}} = 10 \lg\left(\frac{R_{trans}^2 k + R_{trans}(M^2-1)}{r_0^2 k + r_0(M^2-1)}\right) + 25 \lg\left(\frac{R_{max}}{R_{trans}}\right) + 20 \lg\left(\frac{R}{R_{max}}\right) \tag{4.27c}$$

met
$k = -v_1/c_{10}$
$r_0 = 1$ m
$R_{max} = 10$ km

Vóór het wapen maar buiten het Mach-gebied (gebied III) wordt de geometrische demping door twee termen bepaald:

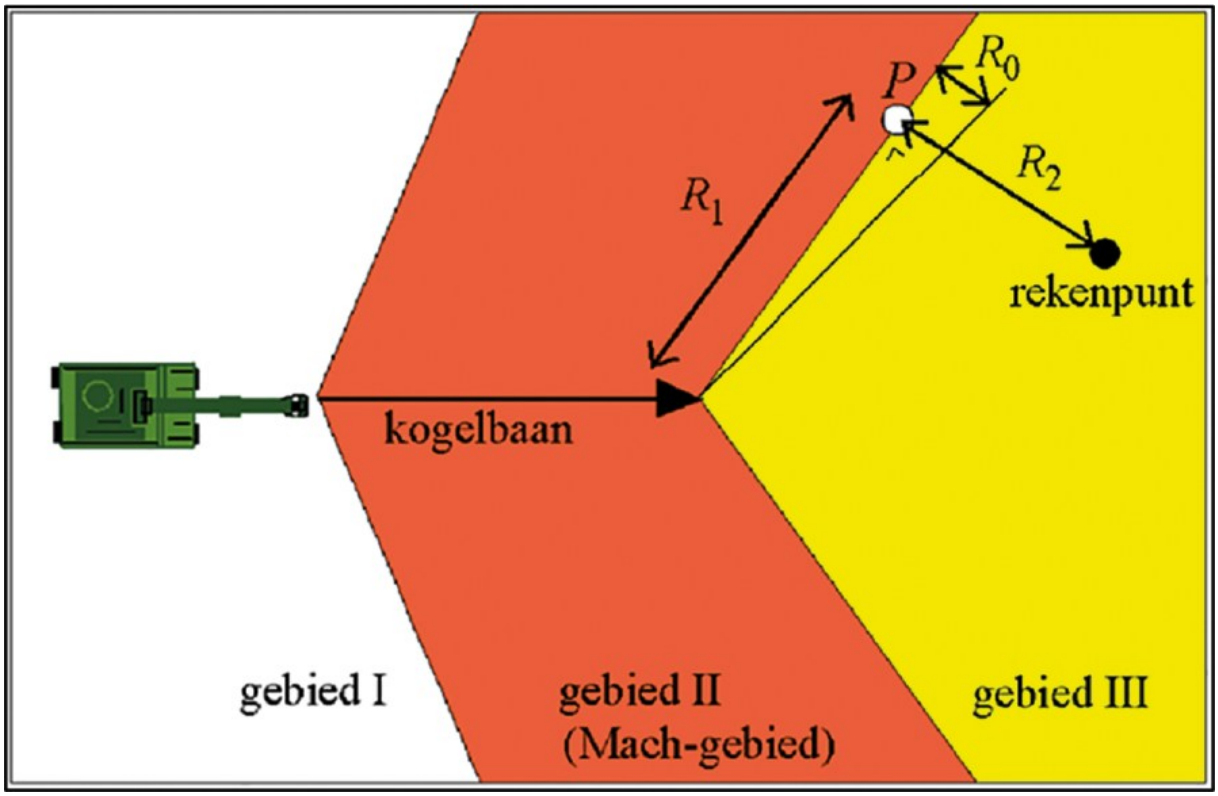
- de geometrische demping berekend volgens formule 4.27 voor het traject R_1 van de doelpositie naar een punt op de grens van het Mach-gebied dat het dichtst bij het rekenpunt ligt (punt P in figuur 4.7);
- een extra demping die afhankelijk is van de afstand (R_2) van dit punt P tot aan het rekenpunt:

$$D_{geo,\mathrm{III}} = D_{geo,\mathrm{II}}(R_1) + 20 \lg\left(\frac{\max(R_2, R_0)}{R_0}\right) \qquad (4.28)$$

$$R_0 = 2 + \frac{R_1}{100}$$

waarbij wordt verstaan onder:
R_1 de afstand van de doelpositie naar een punt op de grens van het Mach-gebied dat het dichtst bij het rekenpunt ligt;
R_2 de afstand van het rekenpunt tot de grens van het Mach-gebied.

De afstanden R_1 en R_2 worden alleen voor de berekening van de geometrische demping in gebied III gebruikt, voor het berekenen van de overige dempingstermen wordt van het geluidpad uitgegaan van het bronpunt op de kogelbaan (in dit geval dus de doelpositie) naar het rekenpunt.



Figuur 4.7: Definitie van R_1, R_2 en R_0 uit formule 4.28.

4.6.3. Luchtdemping

Bij de berekening van de luchtdemping wordt rekening gehouden met de vorm van het spectrum. Per octaafband (index *k*) wordt geschat hoe de geluidenergie over de drie tertsbanden (index *j*) binnen dit octaaf verdeeld is. Deze geluidenergie $_k L_{Eb,j}(f)$ wordt bepaald op basis van een lineaire interpolatie van de niveaus van de naburige octaafbanden (bij kogelgeluid is dit niet nodig daar kogelgeluid per tertsband wordt berekend zie ook paragraaf 4.6.1):

$$L_{E_b,j}(f_k) = \frac{5}{3} L_{E_b}(f_{k+j-2}) - 10\lg\left(\sum_{l=1}^{3} 10^{\left(\frac{2}{3}L_{E_b}(f_k)+\frac{1}{3}L_{E_b}(f_{k+l-2})\right)/10}\right) \quad (4.29)$$

met:
$L_{Eb}(f_0) = 2L_{Eb}(f_1) - L_{EB}(f_2)$
$L_{Eb}(f_{10}) = 2L_{Eb}(f_9) - L_{EB}(f_8)$

waarbij wordt verstaan onder:
$L_{Eb,j}(f_k)$ het bronniveau van de j^e tertsband (j = 1 t/m 3) van de octaafband met centrumfrequentie f_k (k = 1 t/m 9).

De luchtdemping in de k^e octaafband $D_{lucht}(f_k)$ wordt vervolgens bepaald uit het gewogen energetische gemiddelde van de luchtdemping van de tertsbanden binnen deze octaafband.

$$D_{lucht}(f_k) = -10\lg\left(\sum_{j=1}^{3} 10^{\left(L_{E_{b,j}}(f_k)-L_{E_b}(f_k)\right)/10} \cdot 10^{-\alpha_{lu,j}(f_k)R/10}\right) \quad (4.30)$$

De waarden voor de luchtdemping $\alpha_{lu,j}(f_k)$ in tertsband j = 1, 2 en 3 van de k^e octaafband zijn ontleend aan ISO-norm 9613-1 voor 10°C en 80% relatieve vochtigheid. Deze waarden zijn (in dB per km) opgenomen in tabel 4.5.

Tabel 4.5 Waarden voor de luchtdemping per tertsband in dB/km

Nummer van tertsband binnen octaaf	**Octaafbandmiddenfrequentie in Hz**								
	16	**31.5**	**63**	**125**	**250**	**500**	**1.000**	**2.000**	**4.000**
j=1	0,00452	0,0179	0,0669	0,254	0,764	1,63	2,86	6,23	19,0
j=2	0,00715	0,0282	0,108	0,378	1,02	1,97	3,57	8,76	28,7
j=3	0,0113	0,0444	0,167	0,547	1,31	2,36	4,62	12,7	43,9

4.6.4. Bodemdemping

In paragraaf 4.4.2 is omschreven hoe de bodemdemping met behulp van het gegevensbestand moet worden bepaald. In deze paragraaf wordt beschreven hoe de bodemdemping moet worden bepaald als er verschillende bodemvlakken door het geluidpad worden doorsneden, welke invloed de turbulentie heeft op de bodemdemping en hoe de bodemdemping moet worden bepaald als er in het geluidpad afschermende obstakels zijn.

De bodemdemping is afhankelijk van:
- de horizontale afstand R tussen de bron (of spiegelbron) en rekenpunt;
- de akoestische bodemhardheid (aangegeven met index v). In de methode worden drie bodemhardheden onderscheiden (zie paragraaf 4.5.2): v=*z* voor een zeer absorberende bodem, v=*a* voor een absorberende bodem en v=*h* voor een harde bodem;
- de frequentie;
- de hoogtes van bron- en rekenpunt;
- de meteorologische klasse.

In deze paragraaf geven we alleen de eerste twee parameters expliciet aan als argumenten van D_{bodem}:

$$D_{bodem}(R, v) = -\sum_{k=0}^{20} c_k(v)(-2 + \lg R)^k \quad (4.31)$$

met $c_k(v)$ de coëfficiënten van het polynoom.

Meer dan een bodemvlak
Als onder het geluidpad bodemtypen liggen met verschillende bodemhardheid worden voor mee- en tegenwindsituaties verschillende procedures toegepast.

- **Meewindsituaties** (profielnrs. 4 t/m 7, 12 t/m 18 en 22 t/m 27)
  Om de bodemdemping voor meer dan een bodemvlak te bepalen, worden voor de meewindsituaties eerst de horizontale afstanden (s_v) bepaald, waarover het geluidpad door de verschillende bodemgebieden loopt. Voor elke bodemhardheid worden deze afstanden opgeteld.

$$s_v = \sum_{j=1}^{N_v} \left(r_{max,j,v} - r_{min,j,v}\right) \qquad (4.32)$$

waarbij wordt verstaan onder:
N_v aantal gebieden dat door het geluidpad wordt doorkruist met respectievelijk een zeer absorberende (v=z), een absorberende (v=a) en een harde bodem (v=h);
$r_{min,j,v}$,$r_{max,j,v}$ minimale en maximale horizontale afstand van bron tot de grens van deelgebied j gemeten langs het geluidpad voor een bodemgebied met hardheid v (zie hierboven).

De bodemdemping voor een meewindsituatie wordt vervolgens bepaald door de formule:

$$D_{bodem,mw} = D_{bodem}(s_z, z) + D_{bodem}(s_z + s_a, a) - D_{bodem}(s_z, a) \qquad (4.33)$$

- ***Tegenwindsituaties*** (profielnrs. 1 t/m 3, 8 t/m 10 en 19 t/m 21)
  Voor de bodemdemping bij tegenwindsituaties zijn alleen de bodemgebieden binnen een afstand d_s van de bron en binnen een afstand d_r van het rekenpunt van belang. Deze afstanden zijn afhankelijk van het profiel, van de frequentie en van de hoogte boven het plaatselijk maaiveld van respectievelijk bron- en rekenpunt.

$$d_s = \frac{q\left(h_s^{\alpha} + \left(\frac{2c_{10}}{f_k}\right)^{\alpha}\right)}{\sqrt{|b_n|}} \quad \text{en} \quad d_r = \frac{q\left(h_r^{\alpha} + \left(\frac{2c_{10}}{f_k}\right)^{\alpha}\right)}{\sqrt{|b_n|}} \qquad (4.34)$$

met:
q = 21, 10, 16,5 en α = 0,9, 0,85, 0,78 voor respectievelijk de groepen 1, 2 en 3 van de geluidsnelheidsprofielen (zie formule 4.9). Ook parameter b_n wordt bepaald door het profiel (zie tabel 4.1 in § 4.4.2).

De gebieden mogen elkaar niet overlappen. Als $d_s + d_r > R$, waarin R de horizontale afstand tussen bron en rekenpunt is, moeten de afstanden in verhouding worden teruggeschaald tot d_s' en d_r'.

$$d_s' = \frac{R}{d_s + d_r} d_s \qquad d_r' = \frac{R}{d_s + d_r} d_r \qquad \text{voor } d_s + d_s > R \qquad (4.35)$$

Binnen een afstand d_s en d_r van respectievelijk bron en rekenpunt worden achtereenvolgens de afstanden bepaald waarover het geluidpad door *zeer absorberende*, *absorberende* en *reflecterende*gebieden loopt. In verhouding tot de afstand $d_s + d_r$ geeft dit de fracties f_z, f_a en f_h *zeer absorberende*, *absorberende* en *reflecterende* bodem. De bodemdemping voor een tegenwindsituatie wordt vervolgens berekend volgens de formule:

$$D_{bodem,tw}(r) = f_z D_{bodem}(r, z) + f_a D_{bodem}(r, a) + f_h D_{bodem}(r, h) \quad (4.36)$$

- ***Neutraal profiel*** (profielnr. 11)
  Voor de bepaling van de bodemdemping van de neutrale situatie (profielnr. 11) worden eerst de fracties f_z, f_a en f_h bepaald over de totale afstand r_{tot} tussen bron en rekenpunt. De bodemdemping volgt dan door toepassing van formule 4.36.

Turbulentie
De totale bodemdemping is naar boven toe begrensd als gevolg van turbulentie. Deze begrenzing is afhankelijk van de meteorologische klasse, de hardheid van de bodem en de frequentie. Bij het berekenen van de overdrachtsfuncties zoals deze in het gegevensbestand zijn opgenomen is dit effect niet verdisconteerd. Deze invloed wordt in rekening gebracht door een bovengrens $D_{bodem,max}$ te stellen aan de bodemdemping zoals die met formule 4.37 bepaald is. In situaties met afschermende objecten moet de bovengrens worden toegepast op de som $D_{bodem} + D_{scherm}$.

In tabel 4.6 zijn de grenswaarden van de bodemdemping gegeven voor de verschillende bodemhardheden, de 27 meteorologische klassen en de 9 octaafbanden.

Tabel 4.6 Bovengrens van de bodemdemping $D_{bodem,max}(v)$ voor akoestisch 'zeer absorberende' (v=z) 'absorberende' (v=a) en 'reflecterende' (v=h) bodems. (in dB)

m	v	16	31.5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000
	z	25	26	20	17	19	20	24	25	26
1	*a*	25	26	19	15	18	20	24	25	26
	h	25	25	17	9	13	17	22	24	26
	z	29	18	22	21	22	19	18	19	20
2	*a*	29	18	21	19	21	19	18	19	20
	h	29	17	19	13	16	16	16	18	20
	z	29	29	17	24	25	19	17	18	19
3	*a*	29	29	16	22	24	19	17	18	19
	h	29	29	14	16	19	16	15	17	19
	z	26	26	17	14	18	22	26	27	28
8	*a*	26	26	16	12	17	22	26	27	28
	h	26	25	14	6	12	19	24	26	28
	z	24	23	20	16	18	19	21	22	23
9	*a*	24	23	19	14	17	19	21	22	23
	h	24	22	17	8	12	16	19	21	23
	z	29	19	22	20	21	18	18	19	20
10	*a*	29	19	21	18	20	18	18	19	20
	h	29	18	19	12	15	15	16	18	20
	z	29	29	19	23	27	19	19	20	21
11	*a*	29	29	18	21	26	19	19	20	21
	h	29	29	16	15	21	16	17	19	21

	z	28	25	14	16	21	24	29	29	29
19	*a*	28	25	13	14	20	24	29	29	29
	h	28	24	11	8	15	21	27	29	29
	z	26	26	16	14	19	21	25	26	27
20	*a*	26	26	15	12	18	21	25	26	27
	h	26	25	13	6	13	18	23	25	27
	z	23	23	18	15	18	19	20	21	22
21	*a*	23	23	17	13	17	19	20	21	22
	h	23	22	15	7	12	16	18	20	22
	z	29	29	22	24	27	24	29	29	29
Overig	*a*	29	29	21	22	26	24	29	29	29
	h	29	29	19	16	21	21	27	29	29

Als onder het geluidpad verschillende bodemtypen liggen met verschillende bodemhardheid, wordt de bovengrens $D_{bodem,max}$ berekend volgens de formule:

$$D_{bodem,max} = f_z D_{bodem,max}(z) + f_a D_{bodem,max}(a) + f_h D_{bodem,max}(h) \quad (4.37)$$

met:
$D_{bodem,max}$ (v) bovengrens voor bodemtype v voor een bepaald profiel.

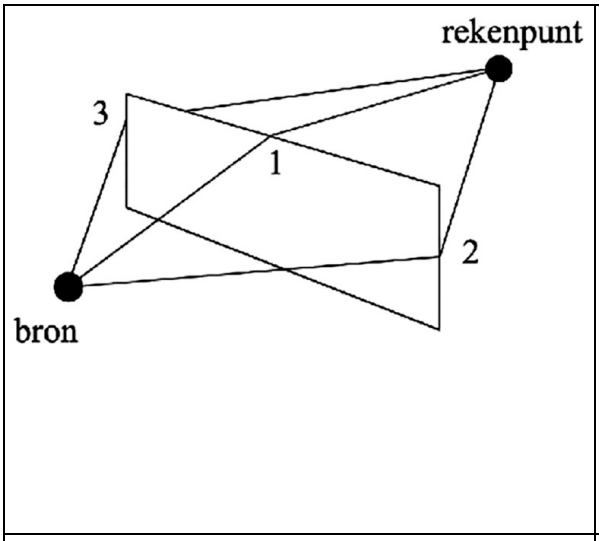
De fracties f_z, f_a en f_h worden voor de meewindprofielen en het neutrale profiel bepaald over de totale afstand tussen bron en rekenpunt, voor de tegenwindprofielen worden de fracties bepaald over een gereduceerd gebied bij bron- en rekenpunt, zoals dit boven formule 4.36 is beschreven. De begrenzing wordt toegepast nadat met formule 4.33 c.q. 4.36 de bodemdemping berekend is en de eventuele schermwerking bepaald is.

Effectieve hoogte van bron of rekenpunt
Bij de bepaling van de bodemdemping is ook de hoogte van bron- en rekenpunt van belang. Als het geluidpad één scherm snijdt dan wordt de hoogte van één van beide vervangen door een effectieve hoogte, afhankelijk van welk punt het dichtst bij het scherm staat. Als meer dan een scherm doorsneden wordt, worden de effectieve hoogtes van zowel het bron- als rekenpunt gebruikt. Eerst worden de schermen daarvoor in twee groepen verdeeld; schermen die dichter bij de bron staan dan bij het rekenpunt en schermen die dichter bij het rekenpunt staan dan bij de bron. De effectieve hoogte voor de bron wordt bepaald op basis van het meest effectieve scherm uit de eerste groep, de effectieve hoogte voor het rekenpunt wordt bepaald op basis van het meest effectieve scherm uit de tweede groep (zie formule 4.53 in paragraaf 4.6.5). Als geen schermen in een groep vallen, wordt voor de effectieve hoogte de werkelijke hoogte van de bron of het rekenpunt genomen.

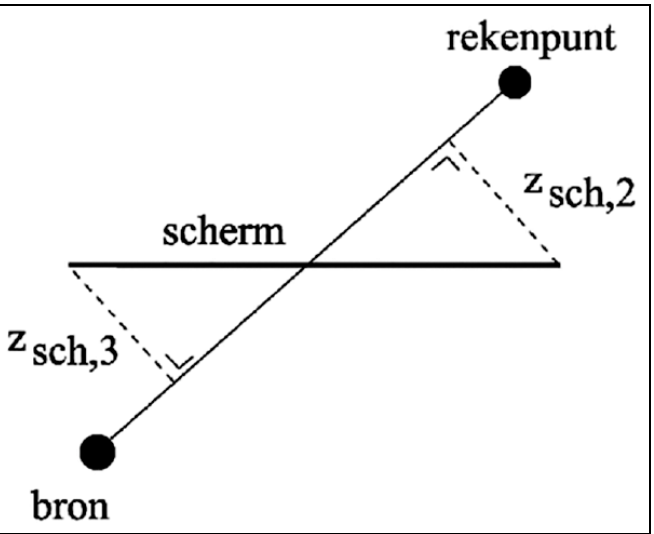
4.6.5. Afscherming

In situaties waarin het verticale vlak door het bron- en rekenpunt een object snijdt (bijvoorbeeld een geluidscherm), wordt de invloed van dit object in formule 4.2 in rekening worden gebracht door de term D_{scherm}. In andere situaties is deze term gelijk aan nul.

Situaties met één scherm
Een scherm wordt geschematiseerd door een verticaal staande rechthoek. Drie geluidpaden worden onderscheiden. Eén pad via de top van het scherm en twee paden via de zijkanten van het scherm (zie figuur 4.8). De verticale schermhoogte $z_{sch,1}$ is de hoogte van het scherm ten opzichte van het laagste aan het scherm grenzende maaiveld. De ‘horizontale schermhoogten’ $z_{sch,2}$ en $z_{sch,3}$ zijn in figuur 4.9 gedefinieerd.

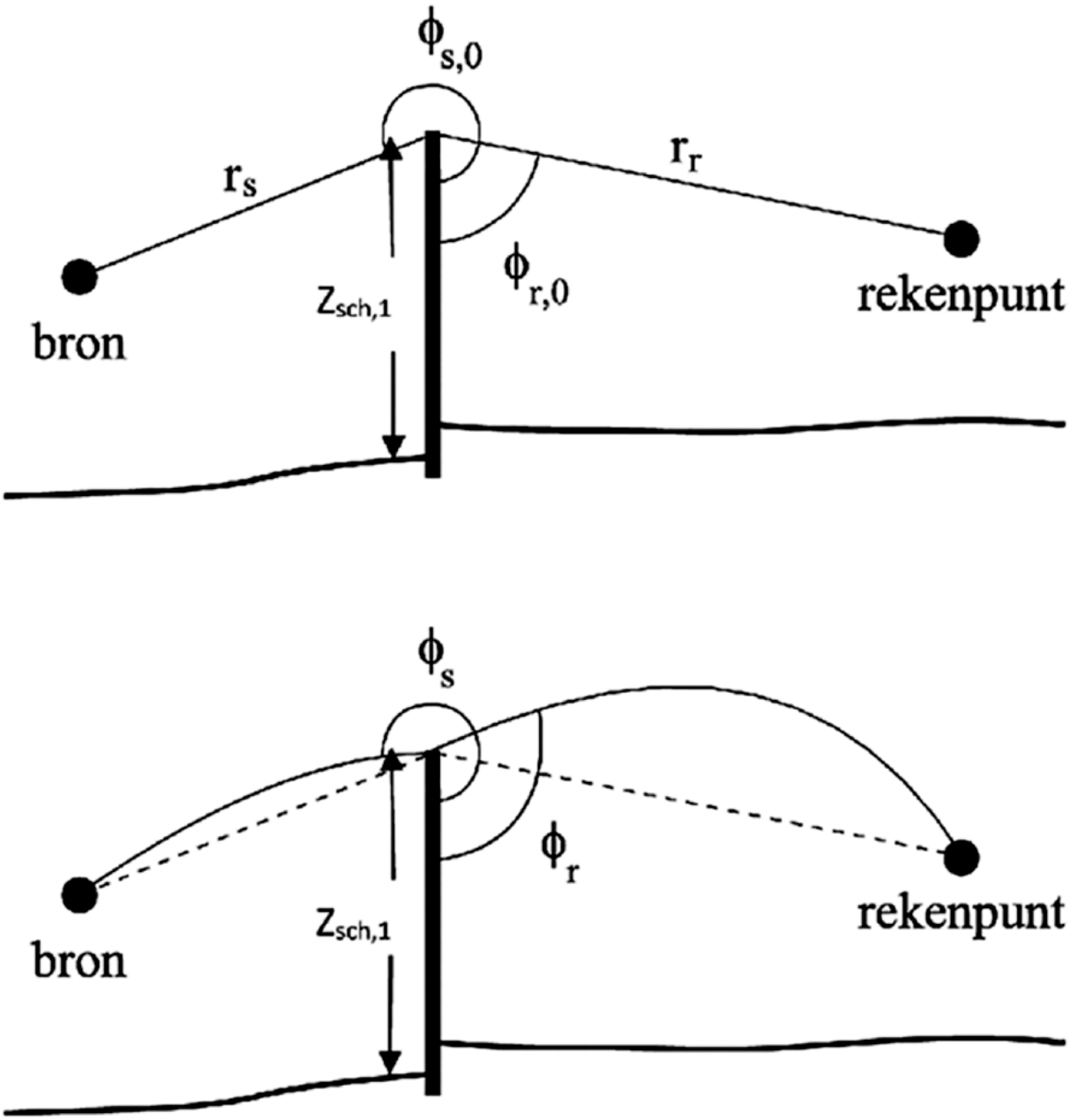


Figuur 4.8: Geluid bereikt het rekenpunt achter een eindig scherm via de top en via de zijkanten van een scherm.



Figuur 4.9: Definitie van 'horizontale schermhoogten' in een bovenaanzicht van een scherm tussen bron en rekenpunt.

Afhankelijk van de meteorologische situatie zijn de geluidpaden meer of minder gekromd. Hiermee wordt rekening gehouden bij de bepaling van de schermwerking. De schermwerking wordt daarom per meteorologische klasse bepaald.



Figuur 4.10: Straalkromming

De straalkromming wordt in rekening gebracht door correcties $\Delta\phi_s$ en $\Delta\phi$ toe te passen op de hoeken $\phi_{s,0}$ en $\phi_{r,0}$ die in figuur 4.10 zijn aangegeven (alle hoeken in deze paragraaf worden in radialen uitgedrukt). In formule:

$$\begin{aligned}\phi_s &= \phi_{s,0} - \Delta\phi_s \\ \phi_r &= \phi_{r,0} + \Delta\phi_r\end{aligned} \qquad (4.38)$$

Er wordt alleen rekening gehouden met straalkromming voor de zogenaamde meewindprofielen (n = 4 t/m 7, 12 t/m 18, 22 t/m 27 in tabel 4.1). Voor de andere profielen geldt $\Delta\phi_s = 0$ en $\Delta\phi_r = 0$. Ook voor de geluidpaden 2 en 3 (de horizontale omwegen) in figuur 4.9 wordt straalkromming buiten beschouwing gelaten. In de overige gevallen zijn deze correcties te bepalen uit de maximale hoogte van de geluidstraal $z_{max,n}$.

Voor de berekening van $z_{max,n}$ wordt eerst voor elk meewindprofiel een hoogte $z_{max0,n}$ berekend volgens de formule:

$$z_{max0,n} = \left(0{,}16\Delta x \sqrt{\frac{-H_{eff} b_n}{c_{10}}}\right)^{2/2{,}3}$$ voor n = 4 ... 7 (4.39)

$$z_{max0,n} = \Delta x \sqrt{\frac{H_{eff} b_n}{2\,\pi\, c_{10}}}$$ voor n = 12 ... 18 (4.40)

$$z_{max0,n} = \left(0{,}2973\Delta x \sqrt{\frac{H_{eff} b_n}{c_{10}}}\right)^{2/1{,}7}$$ voor n = 22 ... 27 (4.41)

waarin:

$$H_{eff} = \max\left(0{,}1; \min\left(1; \frac{f_k}{f_6}\right) f_{abs}\right)$$ (4.42)

met:
f_k octaafbandmiddenfrequentie (f_6 = 500 Hz);
f_{abs} fractie van het geluidpad waarvoor de bodem ‘absorberend’ of ‘zeer absorberend’ is;
Δx de horizontale afstand (langs het geluidpad) van bron- of rekenpunt naar het scherm afhankelijk of $\Delta\phi_s$ dan wel $\Delta\phi_r$ moet worden bepaald;
b_n parameter van het geluidsnelheidsprofiel (zie tabel 4.1).

Voor $z_{max,n}$ geldt nu:

$$z_{max,n} = \frac{z_{sch,1}^2}{z_{max0,n} + z_{sch,1}} + z_{max0,n}$$ (4.43)

De correcties zijn vervolgens te bepalen volgens de onderstaande formule (t = s of r, zie ook formule 4.9):

$$\Delta\phi_t = \operatorname{acos}\left(\frac{c_n(z_{sch,1})}{c_n(z_{max,n})}\right)$$ (4.44)

De demping door het scherm wordt per geluidpad (p=1,2,3) berekend volgens de formule:

$D_{scherm,p} = \max(0;\ H_p \cdot [10 \lg(arg) - \Delta D_p])$ (4.45)

met

$$arg = \max\left[1; 3 - \Gamma_p \cdot T(\pi - \phi_s + \phi_r)\cos^2\left(\frac{\phi_s - \phi_r}{2}\right)\right]$$

Opmerking: ϕ_s en ϕ_r zijn beide een functie van zowel de frequentie, het meteorologisch profiel als het geluidpad.

In bovenstaande formule worden de volgende functies toegepast:

max*(x;y)* is gelijk aan de grootste van zijn twee argumenten:

$$\max(x;y) = \begin{matrix} x & \text{als } x \geq y \\ y & \text{als } x < y \end{matrix}$$ (4.46)

T(x) geeft het teken van x aan:

$$T(x) = \begin{matrix} 1 & \text{voor } x \geq 0 \\ -1 & \text{voor } x < 0 \end{matrix} \quad (4.47)$$

Γ_p is gedefinieerd als:

$$\Gamma_p = 16\pi^2 \frac{f_k}{c_{10}} \frac{r_s r_r}{(r_s + r_r)} \quad (4.48)$$

waarbij wordt verstaan onder:
r_s afstand van bron naar top van scherm (zie figuur 4.10);
r_r afstand van rekenpunt naar top van scherm.

De factor H_p brengt de eindige afmetingen van het scherm in rekening volgens de formule:

$$H_p = \min\left(1; \frac{z_{sch,p} f_k}{250}\right) \quad (4.49)$$

ΔDp is de tophoekcorrectie voor een wal met tophoek γ (zie figuur 4.5). Deze correctie wordt alleen toegepast voor geluidpad 1 over de top van het obstakel:

$$\Delta D_1 = \frac{1}{(\pi - \gamma)^{1,2}} \left(\frac{6}{f_k^{\,0,4}} \min\left(1; \rho + \frac{6}{f_k^{\,0,5}}\right) + 4 \cdot f_k^{\,0,15} \cdot \delta \cdot \min\left(1; \rho + \frac{18}{f_k^{\,0,5}}\right) \right) \quad (4.50)$$

$\Delta D_{2,3} = 0$

waarbij wordt verstaan onder:
$\rho = 1 - \alpha_{abs}$
$\delta = \max(0;\min(0,3; \phi_s - \phi_r - \pi))$
α_{abs} de frequentieafhankelijke absorptiecoëfficiënt van de zijvlakken van de wal ($0 \leq \alpha_{abs} \leq 1$). Voor een harde wal geldt $\alpha_{abs} = 0$, voor een zachte wal geldt $\alpha_{abs} = 1$, bij speciale gevallen kan hiervan worden afgeweken).
ϕ_s , ϕ_r diffractiehoeken voor geluidpad 1.

Voor de tophoek γ geldt de restrictie $0{,}25\pi \leq \gamma \leq 0{,}9\pi$. Voor een wal met $\gamma > 0{,}9\pi$ moet de waarde $\gamma = 0{,}9\pi$ worden gebruikt. Voor een wig met $\gamma < 0{,}25\pi$ geldt $\Delta D = 0$.

De totale schermwerking D_{scherm} wordt berekend uit de schermwerkingen $D_{scherm,p}$ van de drie geluidpaden, volgens de formule:

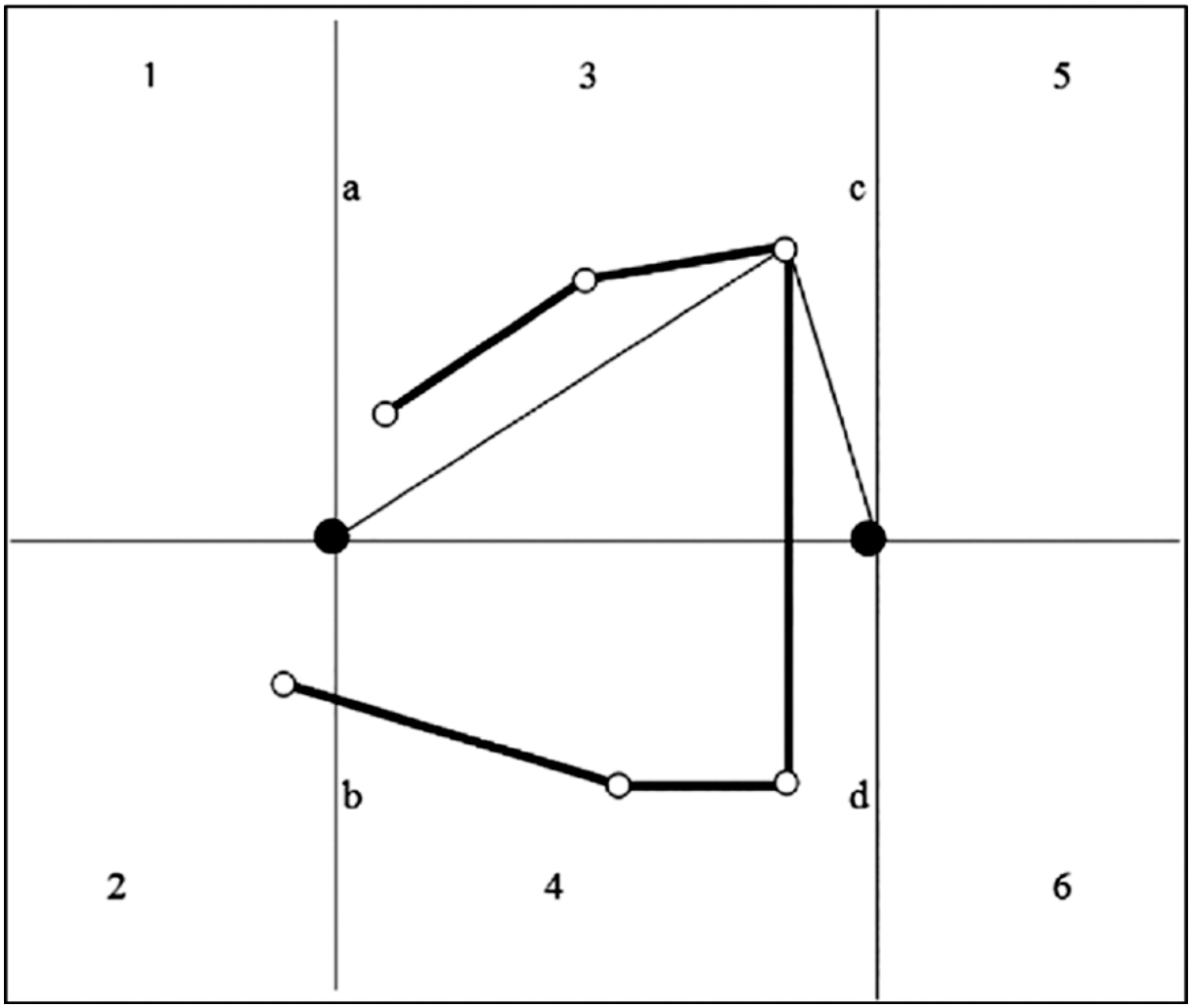
$$D_{scherm} = -H_1 H_2 H_3 \left(10\lg \sum_{p=1}^{3} 10^{-D_{scherm,p}/(10H_p)} \right) \quad (4.51)$$

Bovenstaande formule geldt voor het neutrale profiel (profielnr. 11) en de tegenwindsituaties (profielnrs. 1 t/m 3, 8 t/m 10 en 19 t/m 21). Bij alle meewindsituaties (profielnrs. 4 t/m 7, 12 t/m 18 en 22 t/m 27) geldt formule 4.51 alleen voor de octaafbandmiddenfrequenties van 16 Hz tot 250 Hz. Boven 250 Hz geldt bij alle meewindsituaties:

$D_{scherm}(f_n) = D_{scherm}(f_5)$ voor $f_n \geq f_5 = 250$ Hz (4.52)

Een schermdemping groter dan 20 dB is over het algemeen moeilijk te realiseren. Als de berekende schermdemping voor een octaafband groter is dan 20 dB moet men er alert op zijn dat door omloopgeluid (bijvoorbeeld door een diffuse reflectie aan een bijliggend object) of door de aanwezigheid van turbulente wervels in de atmosfeer de effectieve werking van het scherm deels kan worden tenietgedaan. Daarom wordt de schermdemping begrensd op 20 dB, tenzij nader onderzoek aantoont dat hogere reducties kunnen worden bereikt.

Meervoudig scherm
Als een aantal schermen aan elkaar vastzit, dan spreken we van een meervoudig scherm. Alleen concave meervoudige schermen worden in beschouwing genomen. Een voorbeeld van een concaaf meervoudig scherm is weergegeven in figuur 4.11.



Figuur 4.11: Meervoudig scherm met zes hoekpunten. De linker omweg is aangegeven. Er is geen rechter omweg mogelijk in deze situatie. Lijn a–b gaat in dit horizontale vlak door het bronpunt en lijn c–d door het rekenpunt.

De schermwerking wordt als volgt berekend:
1. Pad via top van het scherm:
   Eerst wordt bepaald welke schermen worden gesneden door het verticale vlak door bron- en rekenpunt. Vervolgens wordt het scherm geselecteerd waarbij het verschil tussen de diffractiehoeken $\phi_{s,0} - \phi_{r,0}$ het grootst is. Als geen enkel scherm gesneden wordt is $D_{scherm} = 0$.
2. Pad via de zijkanten van het scherm:
   Het horizontale vlak wordt verdeeld in zes gebieden, gescheiden door een lijn door rekenpunt en bronpunt en door twee lijnen a-b en c-d, die hier dwars opstaan (zie figuur 4.11).
   a. Linker omweg. Bepaal het snijpunt van de lijn van bronpunt naar rekenpunt met het in stap 1

geselecteerde scherm. Volg het meervoudige scherm naar links. Als het meervoudige scherm lijn a of lijn c snijdt, wordt de linker omweg niet meegerekend. De $H_p(f_k)$ is dan gelijk aan 1 (zie formule 4.49 en 4.51) en $D_{scherm,p} = \infty$. Als het meervoudige scherm lijn a en lijn c niet snijdt, wordt van alle hoekpunten in gebied 3 het hoekpunt geselecteerd met de grootste waarde van het *horizontaal* diffractiehoek-verschil $\phi_s - \phi_r$. Dit hoekpunt bepaalt de linker omweg.

b. Rechter omweg: analoog.

De procedure is ook van toepassing op een gesloten meervoudig scherm, waarbij beginpunt en eindpunt van het scherm samenvallen. Een voorbeeld hiervan is een gebouw.

Meer dan een scherm
In situaties met meer dan een scherm tussen bron- en rekenpunt worden maximaal twee schermen in rekening gebracht. Eerst worden de schermen in twee groepen verdeeld: een groep met schermen die zich dichter bij de bron bevinden en een groep met schermen die zich dichter bij het rekenpunt bevinden. Van beide groepen wordt het scherm geselecteerd met het grootste verschil van de diffractiehoeken ($\phi_{s,0} - \phi_{r,0}$) voor de verticale omweg. De schermwerkingen van de twee geselecteerde schermen worden, inclusief de bijdragen van de horizontale omwegen, bij elkaar opgeteld. Deze som geeft de totale schermwerking.

De effectieve bronhoogte (van toepassing bij de bepaling van de bodemdemping) wordt bepaald op basis van het geselecteerde scherm uit de eerste groep, de effectieve hoogte van het rekenpunt wordt bepaald op basis van het geselecteerde scherm uit de tweede groep.

Effectieve hoogte van bron- of rekenpunt
Bij de bepaling van de bodemdemping wordt, als het geluidpad een scherm snijdt, de hoogte van het bronpunt of van het rekenpunt (afhankelijk van het feit of het bronpunt of het rekenpunt dichter bij het scherm ligt) vervangen door een effectieve hoogte:

$$h_{eff} = h_s + \frac{1}{9}\sum_{k=1}^{9} Y_k H_2(f_k) H_3(f_k) \left(z_{sch,1} - h_s\right) \max\left(0; \min\left(1; \frac{\phi_s - \phi_r - \pi}{0{,}1}\right)\right) \quad (4.53)$$

waarbij wordt verstaan onder:
ϕ_s, ϕ_r diffractiehoeken voor geluidpad 1.

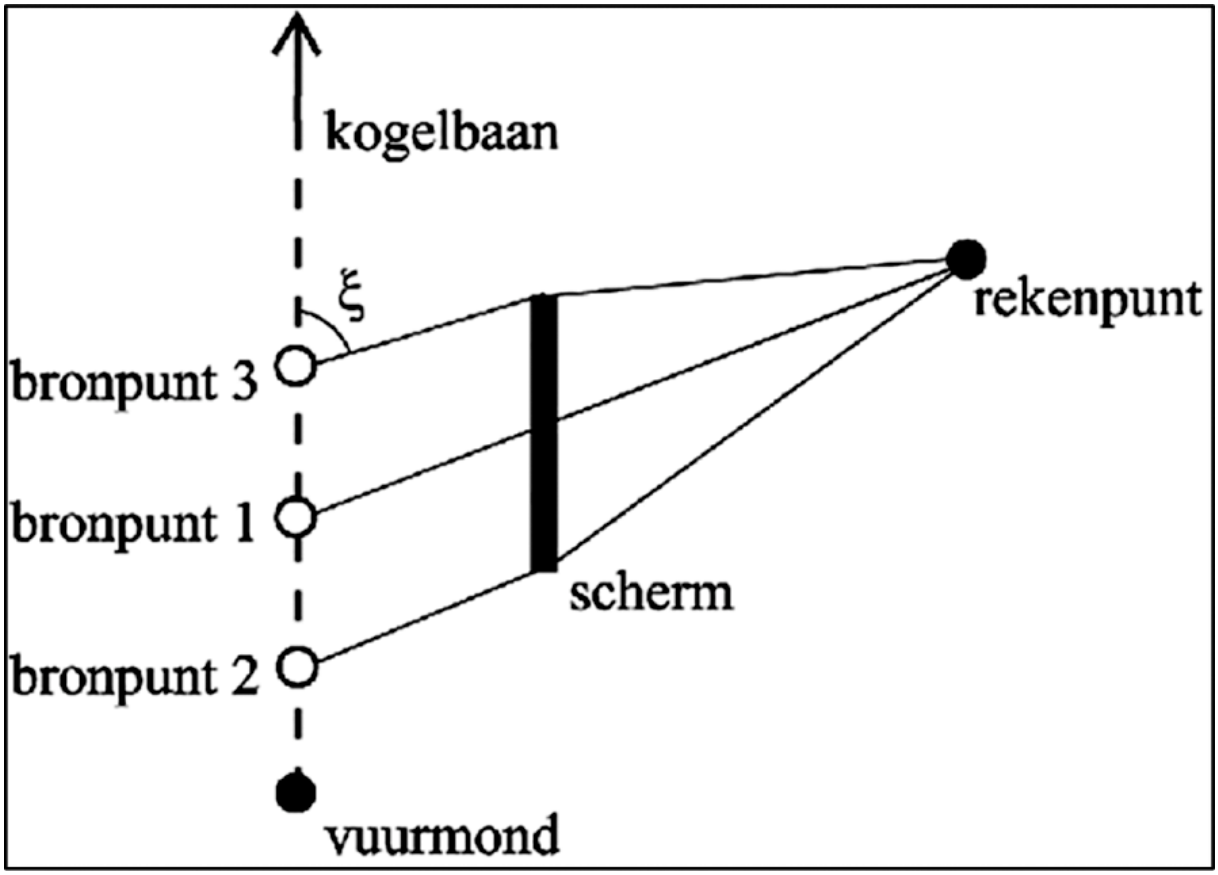
$$Y_k = \frac{2}{1 + \exp\left\{\left(D_{scherm,1}(f_k)/neg(D_{scherm,2}(f_k), D_{scherm,3}(f_k))\right)^{10}\right\}}$$

met

$$neg\left(D_{scherm,2}, D_{scherm,3}\right) = -10\lg\left(10^{-0.1 D_{scherm,2}} + 10^{-0.1 D_{scherm,3}}\right)$$

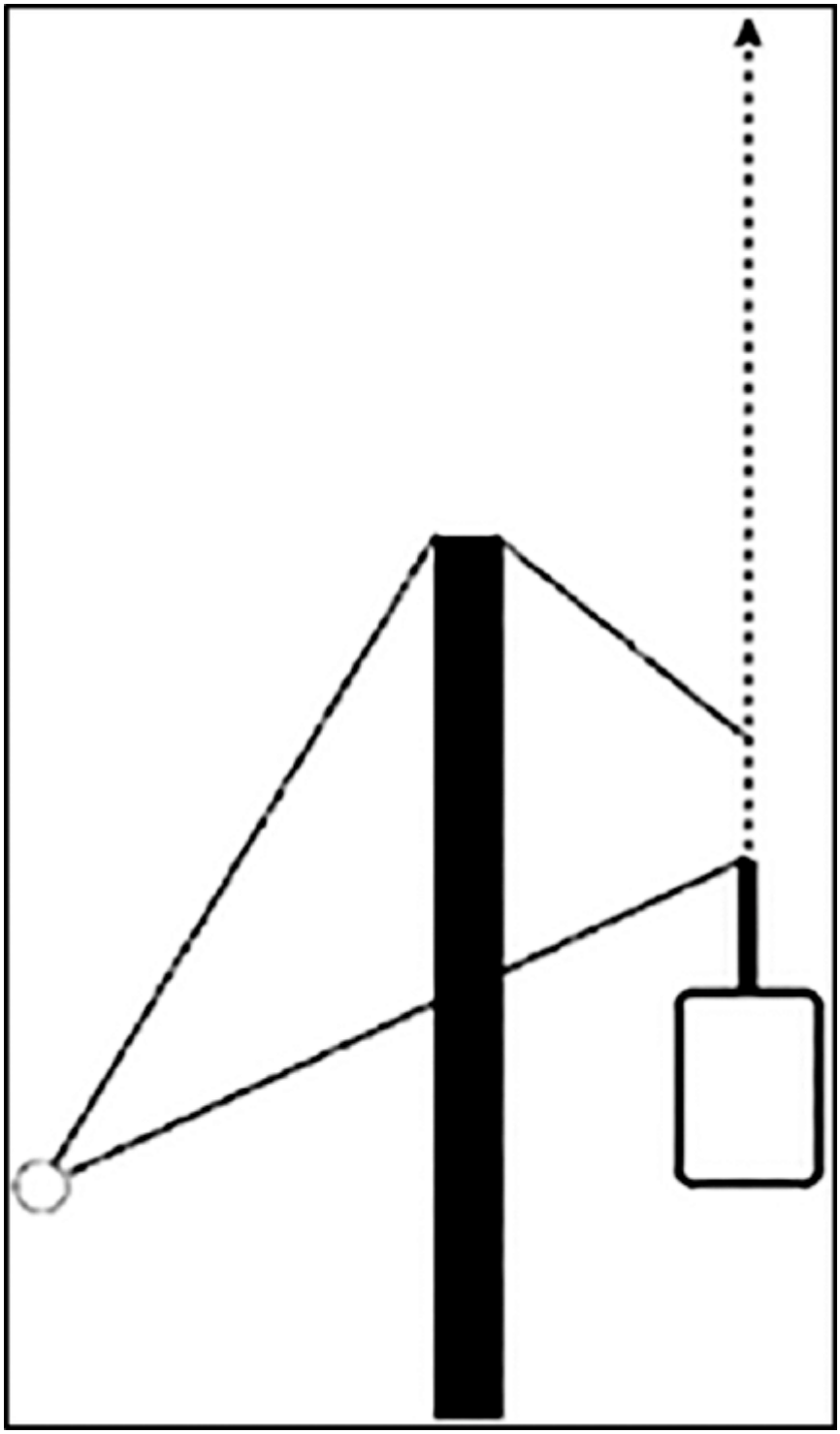
Bovenstaande formule is gegeven voor het bepalen van de effectieve hoogte van de bron. Voor de bepaling van de effectieve hoogte van het rekenpunt moet h_s worden vervangen door h_r.

Bij de berekening van de bodemdemping bij reflecties wordt – als sprake is van afscherming- voor de bepaling van de effectieve hoogte uitgegaan van het geluidpad van gespiegelde bron naar rekenpunt. Het reflecterend vlak heeft hierbij geen invloed op de bepaling van de effectieve hoogte.



Figuur 4.12: Schematische weergave van afscherming van kogelgeluid.

Afscherming kogelgeluid
Voor de afscherming van kogelgeluid wordt in principe dezelfde benadering gevolgd als bij afscherming voor mondingsgeluid of detonatiegeluid. Ook hierbij worden drie geluidpaden onderscheiden: een pad over de top van het obstakel en twee paden langs de zijkanten van het scherm. Het verschil is echter dat deze drie geluidpaden over het algemeen verschillende bronpunten op de kogelbaan hebben (zie figuur 4.12). Het bronpunt van het pad over de top is gelijk aan het bronpunt voor de onafgeschermde situatie; de twee andere bronpunten worden bepaald door formule 4.19 met (x_r, y_r) respectievelijk de linker en rechter zijkant van het scherm. Als kogelgeluid is afgeschermd, wordt de bijdrage van het kogelgeluid bepaald uit de energetisch gesommeerde bijdragen van de drie bronnen die op deze drie bronposities gedacht kunnen worden. Dit betekent dat per bron alle dempingstermen (geometrische-, lucht-, bodem-, niet-lineaire en schermdemping) moeten worden bepaald.



Figuur 4.13: Berekening van kogelgeluidbijdrage voor situaties waarbij het mondingsgeluid is afgeschermd maar een rand van het scherm in het Mach-gebied ligt.

Er is sprake van afscherming als de lijn van het bronpunt van het kogelgeluid (bepaald in de niet afgeschermde situatie) naar het rekenpunt het scherm snijdt, anders is er sprake van een onafgeschermde situatie en wordt de systematiek gehanteerd, die hiervoor beschreven is. Een uitzondering hierop is de situatie die in nevenstaande figuur is afgebeeld waarbij het rekenpunt in gebied I ligt en het mondingsgeluid wordt afgeschermd. Eén verticale rand van het scherm ligt echter in het Mach-gebied (gebied II). Ook in deze situatie wordt een kogelgeluidbijdrage berekend. Hierbij wordt er maar één (horizontaal) geluidpad beschouwd en wel langs de verticale rand van het scherm dat in het kogelgeluidgebied ligt. Deze bijdrage wordt echter alleen meegenomen als de bovenrand van het scherm ten minste 1 m boven de mond van het wapen uitsteekt.

De bronsterkten van de genoemde drie bronnen (of één bron voor het laatst genoemde geval) worden bepaald zoals in paragraaf 4.6.1 beschreven. De geometrische demping wordt op dezelfde manier bepaald als voor onafgeschermd kogelgeluid conform de formules die in § 4.6.2. voor kogelgeluid zijn beschreven. Het is hierbij van belang in welk gebied een verticale rand van een scherm ligt (zie figuur 4.7). Als bijvoorbeeld een schermrand in gebied III ligt moet voor de geometrische demping formule 4.28 worden toegepast. Over het algemeen is dus de geometrische demping voor de verschillende combinaties verschillend aangezien de bronposities niet gelijk hoeven te zijn. Ook de lucht-, bodem- en niet-lineaire demping worden (vergelijkbaar met de berekeningsmethode voor afgeschermd mondingsgeluid) bepaald voor het directe pad van bronpunt naar rekenpunt. De schermdemping tot slot wordt bepaald met formule 4.45 waarbij per bronpunt maar één pad wordt beschouwd overeenkomend met het pad dat in figuur 4.12 staat aangegeven. De tophoekcorrectie wordt alleen toegepast voor het pad over de top van het obstakel. Voor de situatie die in figuur 4.13 is weergegeven wordt dus geen tophoekcorrectie toegepast. Verder zijn dezelfde restricties van toepassing als die bij formule 4.50 en 4.52 zijn gegeven.

Voor het bepalen van de geluidbelasting (zie formule 3.1 t/m 3.7 in hoofdstuk 3) worden eerst de verschillende bijdragen van het afgeschermde kogelgeluid – langs maximaal drie verschillende paden – energetisch gesommeerd.

4.6.6. Niet-lineaire demping

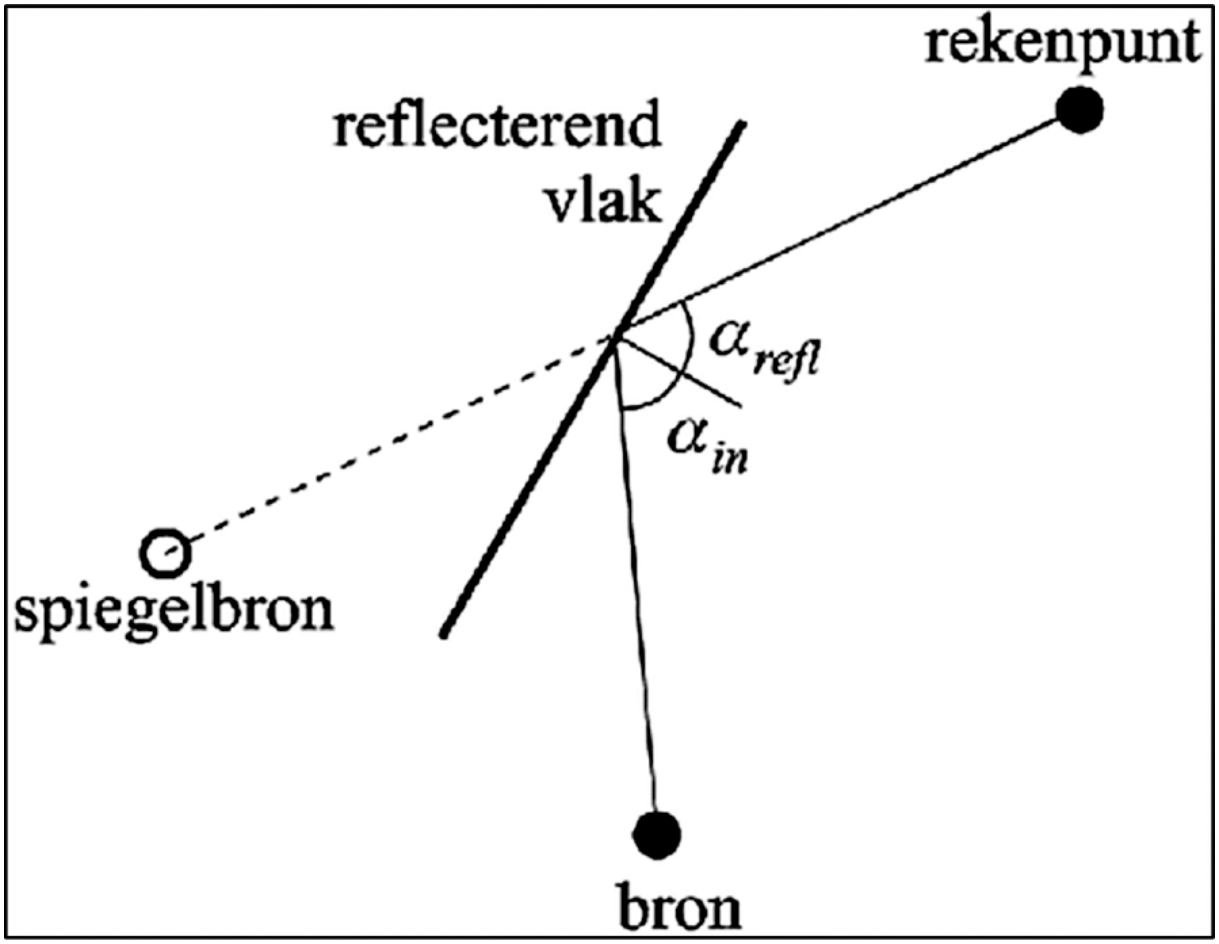
Alleen voor de berekening van de geluidbelasting door kogelgeluid wordt een dempingsterm in rekening gebracht, die voortkomt uit de niet-lineaire overdracht van kogelgeluid. Deze term is alleen van toepassing voor rekenpunten in gebied II. Hiervoor geldt de formule:

$$D_{nlin} = 5\lg\left(1+\frac{1}{2}\sqrt{1+\frac{(M^2-1)}{r_0 k}}\,\ln\left(\frac{R+\frac{M^2-1}{2k}+\sqrt{R^2+R\cdot\left(\frac{M^2-1}{k}\right)}}{r_0+\frac{M^2-1}{2k}+\sqrt{{r_0}^2+r_0\cdot\left(\frac{M^2-1}{k}\right)}}\right)\right) \quad (4.54)$$

met
r_0 = 1 m
$k = -v_1 / c_{10}$

Voor rekenpunten in gebied III wordt deze term alleen over de afstand R_1 in rekening gebracht.

4.6.7. Spiegelreflecties



Figuur 4.14: Voor een spiegelreflectie geldt dat de hoek van inval (αin) gelijk is aan de hoek van reflectie (αrefl). Een spiegelreflectie wordt gemodelleerd met behulp van een spiegelbron.

Spiegelreflecties aan objecten worden in rekening gebracht door gebruik te maken van spiegelbronnen. Hierbij moet aan een aantal eisen worden voldaan (zie paragraaf 4.5.4):

1. Het object heeft een min of meer vlakke en geluidreflecterende wand.
2. De reflecterende wand moet een dichtheid hebben groter dan 10 kg/m^2. Bomenrijen en open procesinstallaties worden zo buitengesloten.
3. Het geluid moet via een reflectie (zoals bij optische spiegeling) het rekenpunt kunnen bereiken. De hoek tussen de geluidreflecterende wand en de verticaal moet daarom kleiner zijn dan 10°. Van een talud kan dus geen reflectiebijdrage komen.

Als een object meer dan een reflectievlak heeft (zoals een scherm met enige hoeken), moet ieder vlak van het object als een mogelijk afzonderlijk reflecterend object worden beschouwd.
Op het geluidpad tussen bron- en rekenpunt worden alleen enkelvoudige reflecties in de berekening meegenomen.

Het bronniveau van een spiegelbron L^*_{Eb} is lager dan het bronniveau van de originele bron; L^*_{Eb} wordt bepaald uit bronniveau L_{Eb} van de originele bron volgens de formule:

$$L^*_{Eb} = L_{Eb} - D_{refl} \quad (4.55)$$

waarin L_{Eb} het bronniveau (per octaafband) van de originele bron in de richting van het reflectiepunt is en D_{refl} de reflectiedemping. De reflectiedemping voor spiegelreflecties wordt bepaald volgens de formule:

$$D_{refl} = -10\lg(\varepsilon_{hor}\,\varepsilon_{ver}\rho) \quad (4.56)$$

waarbij wordt verstaan onder:
ε_{hor} de ‘horizontale’ reflectie-effectiviteit ($0 \leq \varepsilon_{hor} \leq 1$),
ε_{ver} de ‘verticale’ reflectie-effectiviteit ($0 \leq \varepsilon_{ver} \leq 1$),
ρ de reflectiviteit ($0 \leq \rho \leq 1$).

De reflectiviteit ρ wordt bepaald door de absorberende eigenschappen van het materiaal waaruit het reflecterende vlak bestaat. In het algemeen is ρ een functie van de frequentie. Voor een hard vlak geldt ρ = 1.

De horizontale effectiviteit ε_{hor} en de verticale effectiviteit ε_{ver} representeren de invloed van de eindige breedte respectievelijk hoogte van het vlak.

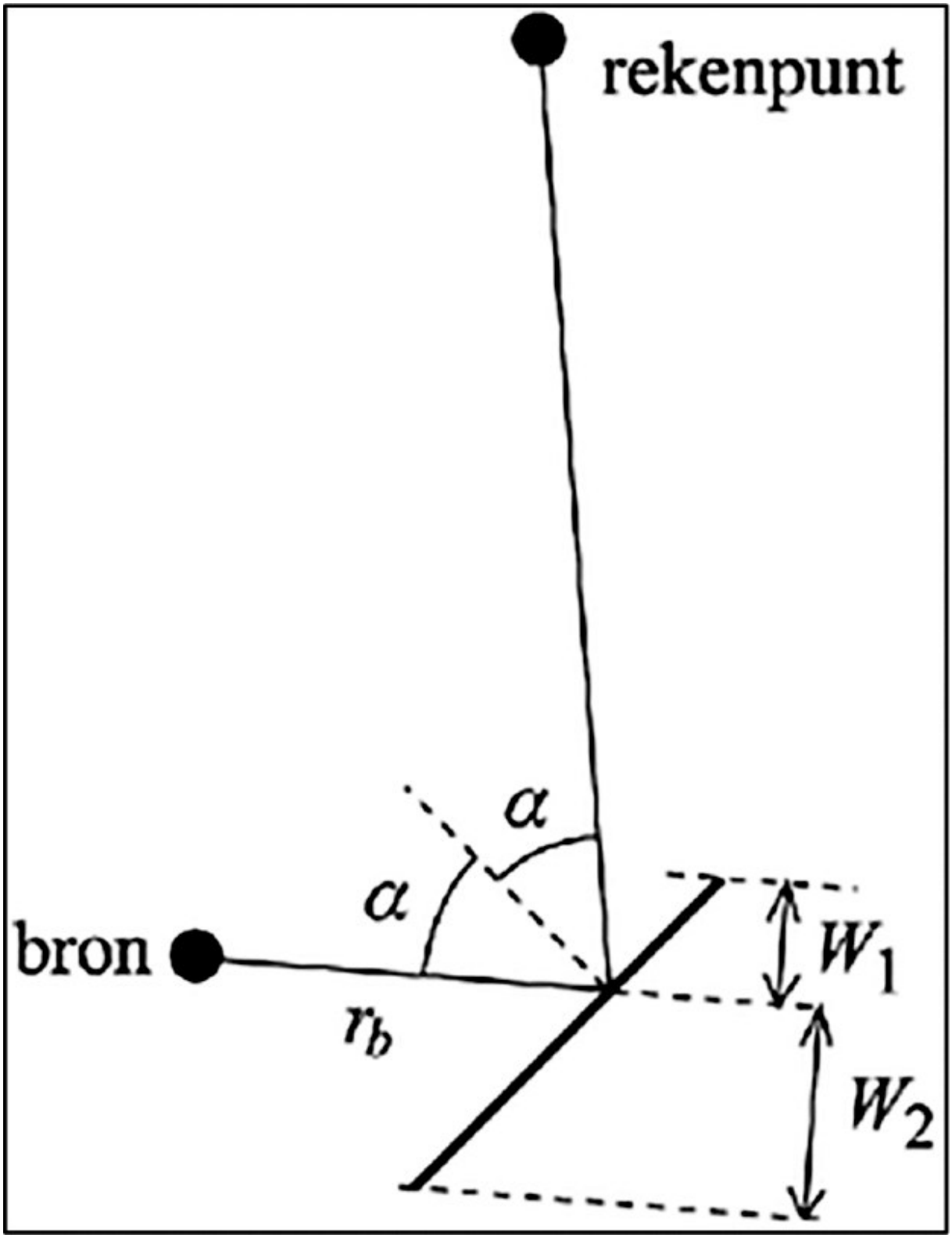
De ‘horizontale’ reflectie-effectiviteit wordt bepaald volgens de formule

Illustratie:270828.png (4.57)

waarbij wordt verstaan onder:
W_1, W_2 horizontale afstand van reflectiepunt tot rand reflecterend vlak loodrecht op lijn van bron naar reflectiepunt (zie figuur 4.15);
r_b horizontale afstand van de bron tot het reflectiepunt;
$\lambda = c_{10}/f_k$ golflengte die overeenkomt met de octaafbandmiddenfrequentie f_k;
$\alpha_{hor} = 4{,}5$ een constante.

De horizontale afstand r_b van de bron tot het reflectiepunt wordt hierbij kleiner verondersteld dan de afstand van het rekenpunt tot het reflectiepunt; als dit niet zo is dan wordt voor r_b de afstand van het rekenpunt tot het reflectiepunt gebruikt.

De afstanden W_1 en W_2 worden gegeven door de formules $W_1 = L_1 \cos\alpha$ en $W_2 = L_2 \cos\alpha$, waarin L_1 en L_2 de afstanden zijn van het reflectiepunt tot de beide randen van het vlak, en α de reflectiehoek is (zie figuur 4.15).



Figuur 4.15: Illustratie van een spiegelreflectie, met daarin aangegeven de afstanden W_1 en W_2, de horizontale afstand rb van de bron tot het reflectiepunt, en de reflectiehoek α.

De ‘verticale’ reflectie-effectiviteit wordt bepaald volgens de formule

$$\varepsilon_{ver} = (1 - 10^{-D_{scherm}/20})^2 \quad (4.58)$$

waarin D_{scherm} de schermwerking is van het reflecterende vlak voor de overdracht van de spiegelbron naar het rekenpunt (zie figuur 4.14). De schermwerking is afhankelijk van de geometrie, de frequentie, de meteorologische klasse en het bodemtype. Bij de berekening van D_{scherm} wordt alleen het geluidpad via de top van het scherm meegerekend; het scherm wordt in horizontale richting dus oneindig lang verondersteld. Er wordt geen tophoekcorrectie toegepast.

Voor de berekening van de geluidoverdracht langs een gereflecteerde straal moet dezelfde procedure worden gevolgd als voor de directe geluidoverdracht, waarbij het verloop van bodemruwheid en bodemhardheid bepaald wordt langs het *gereflecteerde* geluidpad.

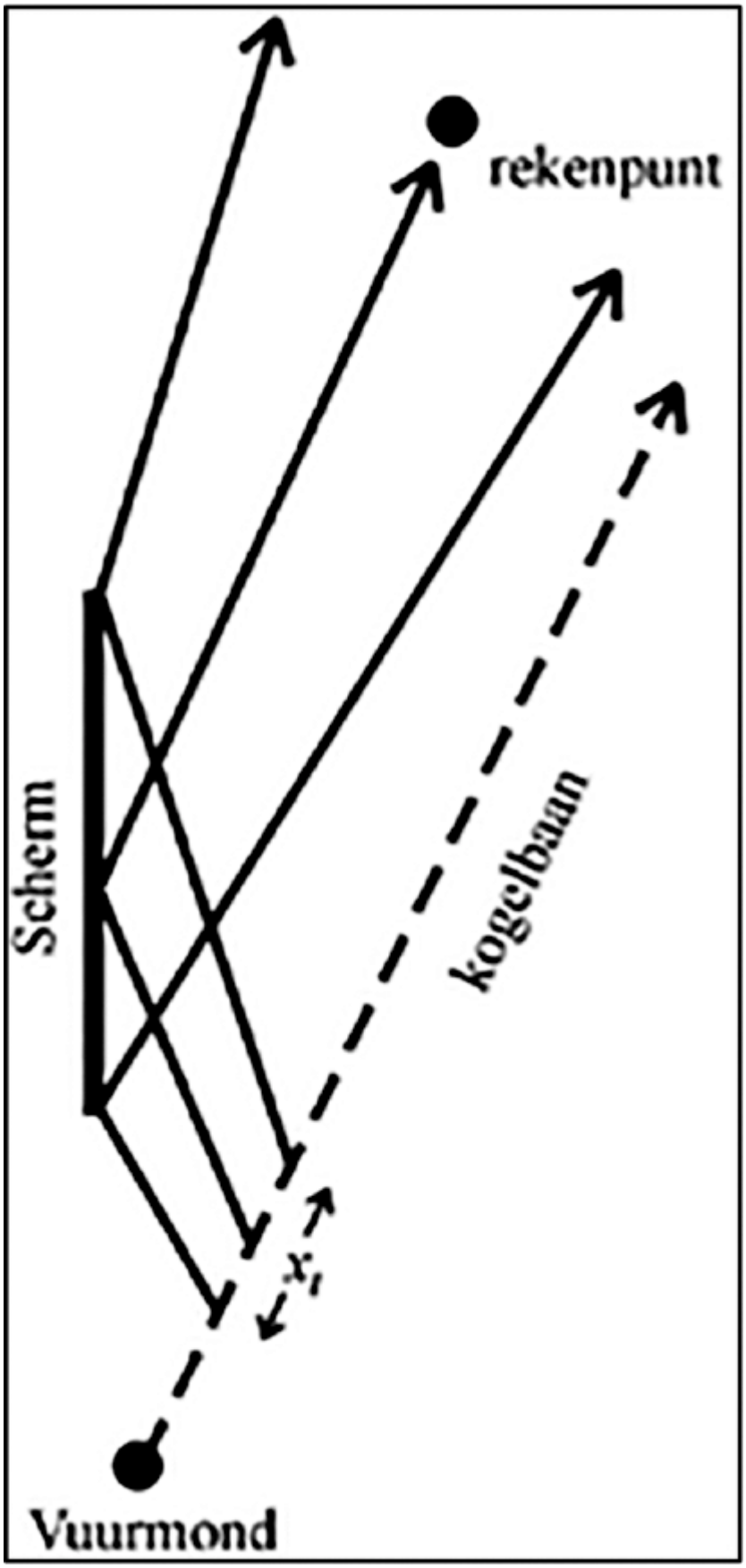
Schermwerking langs dit gereflecteerde geluidpad wordt berekend voor die schermen die door dit pad worden doorsneden. Voor schermen tussen bron en reflecterend object wordt voor de schermwerking uitgegaan van bron en gespiegeld rekenpunt. Voor schermen tussen rekenpunt en reflecterend object wordt voor de schermwerking uitgegaan van de gespiegelde bron en het rekenpunt.

De richting van het geluidpad, aangegeven door hoek $\theta(b)$ in formule 3.2 en 3.3, verandert na een reflectie. Voor de berekening van de deelbijdrage tot de geluidbelasting wordt in de genoemde formules echter van de richting van het langste deel van het geluidpad uitgegaan (voor de vaststelling van de hoekafhankelijke bronsterkte wordt natuurlijk uitgegaan van het eerste deel van het geluidpad vanaf de bron).

Reflectie van kogelgeluid
Een reflectie van kogelgeluid kan het rekenpunt alleen bereiken als het rekenpunt zich binnen het gebied bevindt dat door spiegeling van het kogelgeluid wordt bestreken. Dit is geïllustreerd in figuur 4.16.

Uit de positie van het gespiegelde rekenpunt kan het bronpunt op de kogelbaan van het gereflecteerde kogelgeluid worden bepaald. Als het gespiegelde rekenpunt in gebied III ligt wordt de reflectiebijdrage verwaarloosd.

Voor de bepaling van de transitieafstand (zie formule 4.26) wordt voor x_t bij de berekening van de reflectiebijdrage dat deel van de kogelbaan genomen waarop bronpunten liggen waarvan het geluid kan reflecteren in het scherm (zie figuur 4.16). Alleen het gedeelte van het scherm dat in gebied II ligt wordt hierbij verdisconteerd.



Figuur 4.16: Schematische weergave van de reflectie van kogelgeluid.

4.6.8. Diffuse reflectie

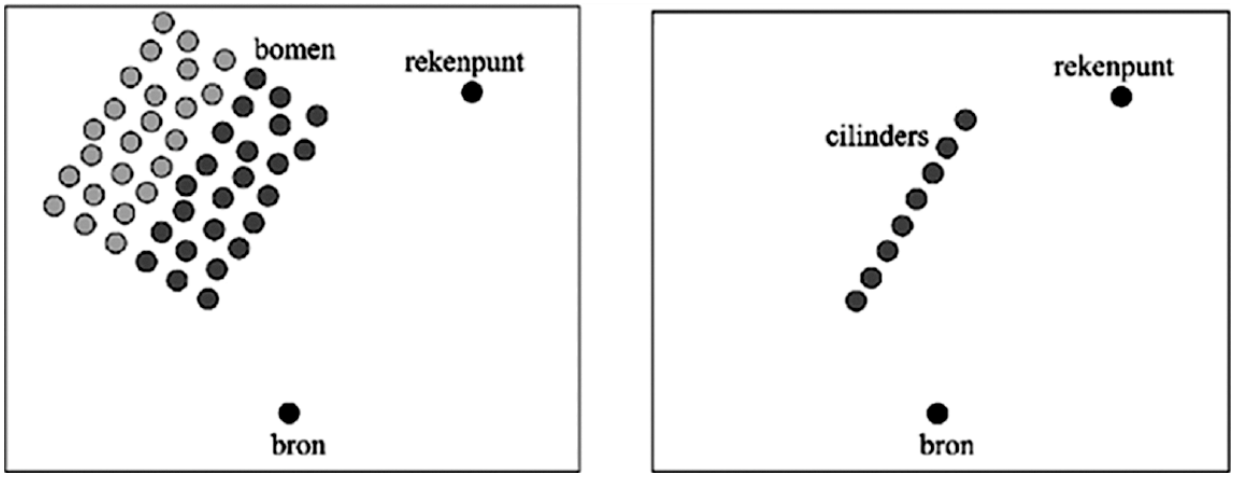
Diffuse reflecties treden op aan een bosrand; als er minder dan drie bomenrijen aanwezig zijn wordt de diffuse reflectie niet meegerekend. Een diffuse reflectie treedt op als er 'zicht' is op de bosrand vanuit zowel de positie van de bron als de positie van het rekenpunt; optische spiegeling is hierbij irrelevant. De bijdrage van diffuse reflecties is alleen relevant als het rechtstreekse geluidpad van bron naar rekenpunt wordt afgeschermd. Als deze afscherming voor de 250 Hz octaafband meer dan 8 dB bedraagt (berekend voor profiel 14 mbv formule 4.51) en aan de hiervoor genoemde voorwaarden voldaan wordt, moet diffuus geluid in rekening worden gebracht.

Een bosrand wordt gemodelleerd met één rij van equidistante cilinders (zie figuur 4.17). De afstand tussen de cilinders d_{eff} bedraagt de helft van de gemiddelde afstand tussen naburige bomen van de eerste drie bomenrijen van de bosrand. Deze gemiddelde afstand wordt benaderd door

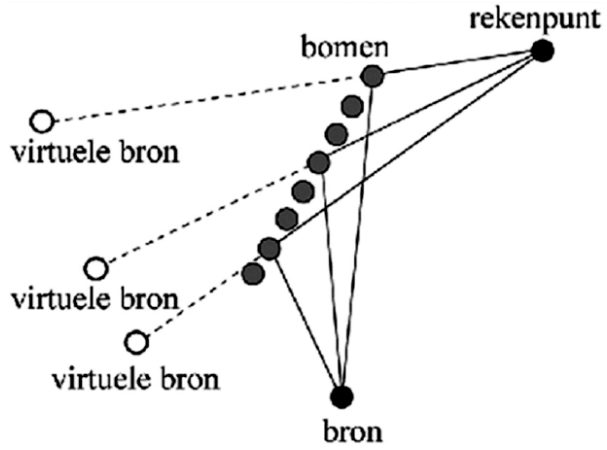
$1/\sqrt{n_2}$

, waarbij n_2 het gemiddeld aantal bomen per oppervlakte-eenheid is. De straal van de cilinders r_{cil} is gelijk aan de gemiddelde straal van de bomen in de bosrand. Indicatieve waarden voor een gemiddeld bos zijn d_{eff} = 1,4 m en r_{cil} = 0,1 m.

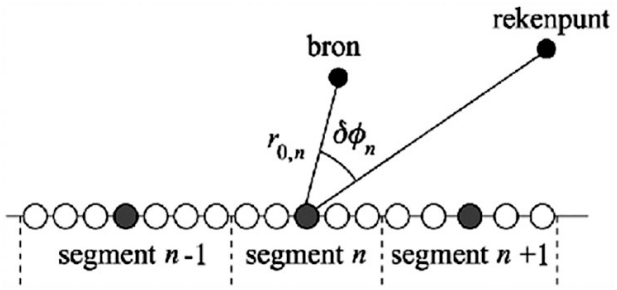
Alle cilinders dragen bij aan de diffuse reflectie. Diffuse reflecties worden gemodelleerd met behulp van virtuele bronnen (zie figuur 4.18a). In principe kan voor elke cilinder een virtuele bron worden gebruikt, maar voor een efficiënte berekening worden de cilinders gegroepeerd in segmenten (zie figuur 4.18b). De lengtes van de segmenten worden zo gekozen dat de hoek waaronder elk segment vanuit de bron gezien wordt ongeveer 5° is (of vanuit het rekenpunt, als dit zich dichter bij de bosrand bevindt). Het aantal cilinders binnen een segment is geheeltallig. De hoek waaronder een segment gezien wordt kan hierdoor enigszins variëren. De precieze grootte van een hoeksector wordt bepaald door het maximaal aantal cilinders dat net binnen een sector van 5° past. Als de hoek waaronder de totale rij cilinders wordt gezien minder dan 5° is, wordt alleen één segment gebruikt. De bijdragen van de virtuele bronnen aan de reflectie kunnen als incoherent worden beschouwd, zodat elke virtuele bron als een aparte bron kan worden behandeld.



Figuur 4.17: Bij een diffuse reflectie aan een bosrand wordt de bosrand (links) vervangen door één rij equidistante cilinders aan de bosrand (rechts).



Figuur 4.18a: De bijdrage van een cilinder aan een diffuse reflectie wordt gerepresenteerd door een virtuele bron. Een virtuele bron ligt in het verlengde van de lijn van de cilinder naar het rekenpunt. De afstand van de virtuele bron naar de cilinder is gelijk aan de afstand van de echte bron naar de cilinder.



Figuur 4.18b: Voor een efficiënte berekening worden de cilinders gegroepeerd in segmenten. De bijdragen van de cilinders binnen een segment worden aan elkaar gelijk gesteld, zodat per segment alleen een berekening voor de centrale cilinder hoeft te worden uitgevoerd.

Net als bij spiegelreflecties wordt door een reflectiedemping D_{refl} rekening gehouden met het feit dat een virtuele bron zwakker is dan de echte bron. Het bronniveau L^*_{Eb} van een virtuele bron (per octaafband) wordt bepaald met formule 4.55. De reflectiedemping D_{refl} voor diffuse reflecties wordt hierin bepaald volgens de formule:

$$D_{refl} = -10\lg(\varepsilon_{ver}\,\rho N_{cil}) \tag{4.59}$$

waarbij wordt verstaan onder:
ε_{ver} 'verticale' reflectie-effectiviteit ($0 \le \varepsilon_{ver} \le 1$),
ρ reflectiviteit per cilinder ($0 \le \rho \le 1$),
N_{cil} aantal cilinders in het segment.

De verticale reflectie-effectiviteit ε_{ver} wordt op dezelfde manier berekend als voor spiegelreflecties (zie formule 4.58), waarbij voor de schermhoogte de gemiddelde hoogte van de bomen wordt gebruikt.

De reflectiviteit per cilinder ρ wordt bepaald volgens de formule:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \exp\left(\alpha_1 \lg\left(f_a/f_k\right)\right)} \tag{4.60}$$

met

$$f_a = \frac{c_1}{r_{cil}} \tag{4.61}$$

en

$$\rho_0 = 0{,}02 \min\left(1; \frac{r_1}{r_0} r_{cil} \cos\left(\frac{1}{2}\delta\phi\right)\right) \tag{4.62}$$

waarin c_1 = 25 m/s, r_1 = 25 m en α_1 = 10 constanten zijn, en r_0 en δϕ parameters die in figuur 4.18b aangegeven zijn; de index *n* van het segment is hier voor het gemak weggelaten. De parameter δϕ is de hoek tussen de lijnen van de centrale cilinder van het segment naar de bron en naar het rekenpunt.

De parameter r_0 is de afstand van de bron tot de centrale cilinder van het segment, waarbij de afstand van de bron tot de centrale cilinder kleiner wordt verondersteld dan de afstand van het rekenpunt tot de cilinder; als dit niet zo is dan moet voor r_0 de afstand van het rekenpunt naar de centrale cilinder worden gebruikt.

Bij de overdracht van een virtuele bron naar het rekenpunt treden de dempingen D_{geo}, D_{lucht}, D_{bodem} en eventueel D_{scherm} op. De berekening van deze dempingen gaat op dezelfde manier als dit bij spiegelreflecties is beschreven.

4. Beschrijving invoergegevens

5.

5.1. Schietbaan

Over het gebruik van de schietbaan moeten de volgende gegevens worden vermeld:

- aantal dagen (07.00 – 19.00 uur), avonden (19.00 – 23.00 uur) en nachten (23.00 – 07.00 uur) per jaar dat de schietbanen in gebruik zijn;
- mogelijke beperkingen die gesteld zijn aan het gebruik van de schietbaan;
- schietbaantype (zie § 2.7);
- akoestische voorzieningen;
- lengte van de schietbanen;
- locatie van de schietposities;
- locatie van de doelposities;
- specificatie van de wapentypes en de munitie (met bijbehorende aandrijvende lading) waarmee geschoten wordt;
- hoogte van het bronpunt van elk wapentype boven het plaatselijk maaiveld;
- aantal schoten per jaar, uitgesplitst naar:
    - beoordelingsperiode (dag: 07.00 – 19.00 uur, avond: 19.00 – 23.00 uur, nacht: 23.00 – 07.00 uur), alleen voor de dagperiode wordt dit uitgesplitst naar zon- en feestdagen en overige dagen;
    - schietbaan;
    - schietpositie;
    - doelpositie;
    - wapen-munitiecombinatie;
- verdeling van de schoten naar de stand waaruit geschoten wordt (liggend of staand).

5.2. Rekenmodel

In het akoestisch rapport moet worden aangetoond dat de situatie valt binnen het toepassingsbereik van deze bijlage.
De volgende gegevens over de gebruikte software moeten worden vermeld:

- datum of versie van toegepaste rekenprogramma('s);
- datum of versie van de toegepaste gegevensbestanden.

In het rapport moet worden vermeld welke keuzes er zijn gemaakt over de modellering en waarom deze keuzes zijn gemaakt. Wanneer in de modellering wordt afgeweken van deze rekenmethode, moet dit gemotiveerd worden aangegeven.

Als de brongegevens niet in het gegevensbestand zijn opgenomen maar uit emissiemetingen zijn verkregen, moeten deze metingen zijn uitgevoerd zoals beschreven in de Toelichting op toepassing van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid. De beschrijving van de emissiemetingen moet als bijlage aan het rapport worden toegevoegd. Ook kan worden volstaan met een verwijzing naar een bestaande rapportage.

Als de brongegevens niet direct uit metingen zijn bepaald, moet de reden hiervan worden opgegeven en moet worden vermeld hoe deze brongegevens zijn verkregen. Dit moet ook gebeuren als gebruik gemaakt is van de categorie-indeling voor wapen-munitiecombinaties van hand- en vuistvuurwapens. De procedure hiervoor staat beschreven in het eerder genoemde TNO-rapport.
In de hoofdtekst van het akoestisch rapport moet een globale beschrijving van de invoergegevens voor het rekenmodel worden gegeven. Een gedetailleerde beschrijving van de invoergegevens en een grafische weergave van de geometrische invoergegevens wordt als bijlage in het rapport opgenomen.

5.3. Berekeningsresultaten

Voor elk rekenpunt moet voor de drie beoordelingsperioden de geluidbelasting worden gegeven ($B_{s,dag}$, $B_{s,avond}$ en $B_{s,nacht}$) samen met de daaruit afgeleide dag-avond-nachtwaarde ($B_{s,dan}$) van de geluidbelasting. In de bijlage van het rapport moet de geluidbelasting per bron worden gegeven voor elk rekenpunt en voor elke beoordelingsperiode.

6. Methode voor de berekening van $L_{Es,periode}$ bij een geluidbelasting kleiner dan 50 dB(A)

Hieronder wordt de methode voor de berekening van de deelbijdrage aan de geluidbelasting ($L_{Es,periode}$, zie formule 3.1) gegeven die kan worden toegepast bij de berekening van geluidniveaus kleiner dan 50 dB. De impulstoeslag (P_{imp}=12 dB) en de toeslag voor extra laagfrequente componenten in het geluid ($P_{lf}(b,m)$) worden dan bij de berekening van de geluidbelasting, alleen meegenomen voor zover het geluid waarneembaar is op het immissiepunt. De deelbijdrage $L_{Es,periode}(b,m)$ (zie formule 3.1) wordt dan bepaald als de energetische som van twee termen, die gewogen zijn met de kans dat een schot (van bron b voor meteorologische situatie m) respectievelijk wel en niet gehoord wordt:

$$L_{Es,periode}(b,m) = 10\lg\left\{k_{periode}10^{\left(L_{AE}(b,m)+P_{imp}+P_{lf}(b,m)\right)/10} + \left(1-k_{periode}\right)10^{L_{AE}(b,m)/10}\right\} \quad (6.1)$$

$k_{periode}$ is hierbij de kans dat het schietgeluid in de dag-, avond of nachtperiode hoorbaar is. Deze kans hangt onder andere af van het geluidniveau van het schietgeluid, de omgeving waarin men zich bevindt en de aard van de activiteiten waar men mee bezig is.

Bovenstaande formule kan ook worden geschreven als

$$L_{Es,periode}(b,m) = L_{AE}(b,m) + C(b,m) \quad (6.2)$$

met

$$C(b,m) = 10\lg\left\{k_{periode}10^{\left(P_{imp}+P_{lf}(b,m)\right)/10} + \left(1-k_{periode}\right)\right\} \quad (6.3)$$

$C(b,m)$ is hierbij dan de correctie om een deelbijdrage van schietgeluid om te rekenen naar een even hinderlijk niveau van wegverkeersgeluid. Gemakkelijk is in te zien dat $C(b,m) = P_{imp} + P_{lf}(b,m)$ voor $k_{periode} = 1$, en $C(b,m) = 0$ voor $k_{periode} = 0$.

De kans $k_{periode}$ wordt bepaald volgens de formule:

$$k_{periode} = \int_{-\infty}^{z_{periode}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}t^2}\, dt \quad (6.4)$$

waarin voor een periode de z-waarde wordt bepaald volgens de formule:

$$z_{periode} = a_1 + a_2 L_{AE}(b,m) + a_3 \Delta L' [L_{AE}(b,m) - a_4] \quad (6.5)$$

zie voor de berekening van $\Delta L'$ hoofdstuk 3. De coëfficiënten a_1 t/m a_4 zijn hierbij afhankelijk van de periode en zijn weergegeven in tabel 6.1.

Tabel 6.1 Coëfficiënten a_1 t/m a_4 voor de dag-, avond- en nachtperiode.

	Dag	Avond	Nacht
a_1	–5,3	–5,3	–0,413
a_2	0,155	0,155	0,063
a_3	0,002	0,002	0,0054

a_4	45	45	25

Formule (6.4) beschrijft de gestandaardiseerde cumulatieve normaalverdeling. In standaard statistiekboeken zijn tabellen opgenomen die voor willekeurige waarden van *z* de uitkomst van deze integraal geven.

Bijlage XVIIId. (rekenmethode geluid civiele buitenschietbanen)

Toepassingsgebied
De in deze bijlage beschreven methode kan worden toegepast voor de berekening van de geluidbelasting van civiele buitenschietbanen voor de volgende situaties:

- Het baantype valt onder de volgende categorieën:
  - Kleiduivenschietbanen waar alleen met hagelgeweren wordt geschoten; of
  - Schermenschietbanen die ten hoogste 100 m lang zijn en geheel door wallen of muren zijn omsloten, met daarboven veiligheidsschermen zodat er geen onveilig gebied buiten de baan bestaat;
- De bronsterkte is bepaald volgens de Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid. Voor kleiduivenschietbanen is dit de vrije veld bronsterkte, bij schermenbanen is dit de bronsterkte van de combinatie van baan, wapen en munitie;
- De baan wordt niet in de nachtperiode (23:00-07:00 uur) gebruikt;
- De afstand tussen de bronpunten en de punten waarop de geluidbelasting wordt berekend is niet groter dan 1,5 km; en
- Het schietgeluid komt niet via grote (> 200 m) akoestisch harde bodemvlakken (bijvoorbeeld wateroppervlakken) vanaf de bron bij het rekenpunt terecht.

Voor bovenstaand toepassingsgebied kan, naast de rekenmethode voor schietgeluid uit bijlage XVIIIc, ook een eenvoudige berekeningsmethode worden toegepast om de geluidbelasting te bepalen. Hierbij wordt het overdrachtsmodel (methode II.8) uit bijlage IVh gebruikt, maar dan wel met enkele aanpassingen. Deze eenvoudige berekeningsmethode wordt in deze bijlage beschreven. In andere gevallen wordt de rekenmethode uit bijlage XVIIIc toegepast.

Principe van de rekenmethode
In deze bijlage worden zoveel mogelijk dezelfde symbolen gebruikt zoals die ook in bijlage XVIIIc zijn gedefinieerd om een onderlinge vergelijking tussen de twee rekenmethoden beter mogelijk te maken.

Het uitgangspunt voor deze eenvoudige rekenmethode is de onderstaande relatie:

$L_E\,(b, f_k)$	$= L_{Eb}\,(b, f_k)$	$- \sum D\,(f_k)$	(1)
immissieniveau	*= bronniveau*	- dempingstermen	

Per rekenpunt wordt per bron (index b) en per octaafband (f_k) de geluidimmissie (L_E) volgens deze relatie bepaald. In tegenstelling tot de rekensystematiek in bijlage XVIIIc wordt het immissieniveau niet voor 27 meteorologische klassen berekend, maar voor één meewindsituatie zoals dat in de bijlage IVh is gedefinieerd. De dempingstermen (D) zijn beschreven in methode II.8 in bijlage IVh. Hierbij worden echter de demping door vegetatie D_{veg}, door terrein $D_{terrein}$ of D_{huis} niet toegepast. Het bronniveau (L_{Eb}) wordt bepaald volgens de Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid.

Op dit berekende immissieniveau (geldig voor een meewindsituatie) wordt een procedurele meteocorrectieterm toegepast (paragraaf 8.1 van module C - methode II van [2]) om per bron een meteogemiddeld immissieniveau te bepalen.

$$\overline{L_E(b, f_k)} = L_E(b, f_k) - C_m \qquad (2)$$

Vervolgens wordt van dit meteogemiddelde niveau de A-gewogen ($L_{AE}(b)$) en C-gewogen waarde ($L_{CE}(b)$) bepaald. Beide zijn nodig om de toeslag voor laagfrequente componenten in schietgeluid P_{lf} te kunnen bepalen. Samen met de impulstoeslag P_{imp} kan dan de meteogemiddelde deelbijdrage aan de geluidbelasting ($L_{Es}(b)$) worden berekend volgens de formule:

$$\overline{L_{Es}(b)} = \overline{L_{AE}\,(b)} + P_{imp} + P_{lf}(b) \quad (3)$$

De impulstoeslag P_{imp} en de toeslag voor laagfrequente componenten in schietgeluid P_{lf} zijn gedefinieerd in [3].

De geluidbelasting voor de dag en de avondperiode wordt voor bron b bepaald volgens de formules:

$$B_{s,dag}(b) = \overline{L_{Es}(b)} + 10lg\left(\frac{N_{dag}(b) + 2 \times N_{zondag,dag}(b)}{365}\right) - 10\,lg(12 \times 3600) + 3\ dB \quad (4)$$

$$B_{s,avond}(b) = \overline{L_{Es}(b)} + 10lg\left(\frac{N_{avond}(b)}{365}\right) - 10\,lg(4 \times 3600) + 4\ dB + 5\ dB \quad (5)$$

Er wordt een extra toeslag van 3 dB toegepast voor de dagperiode en 4 dB voor de avondperiode. Voor de avondperiode is deze groter, omdat de niveaus in de avondperiode gemiddeld hoger zijn dan overdag als gevolg van onder andere temperatuursinversie. In $B_{s,avond}$ is de toeslag van 5 dB voor de avondperiode al verwerkt. $N_{periode}$ is in bovenstaande formules het totaal aantal schoten dat in een periode (dag of avond) in een jaar wordt verschoten.

De totale geluidbelasting voor een bepaalde beoordelingsperiode wordt bepaald volgens de formule:

$$B_{s,periode} = 10\,lg\left(\sum_{b} 10^{B_{s,periode}(b)/10}\right) \quad (6)$$

Als op de schietbaan op minder dan 30 dagen of avonden wordt geschoten, dient op respectievelijk de $B_{s,dag}$ en $B_{s,avond}$ een correctie te worden toegepast. Deze correctie staat in bijlage XVIIIc beschreven.

De dag-avond-nachtwaarde $B_{s,dan}$ wordt bepaald door de geluidbelastingswaarden van de beoordelingsperioden bij elkaar op te tellen, waarbij rekening wordt gehouden met de duur van de verschillende perioden. Hierbij is ervan uitgegaan dat er in de nachtperiode niet wordt geschoten.

$$B_{s,dan} = 10lg\left\{\frac{12}{24}10^{B_{s,dag}/10} + \frac{4}{24}10^{B_{s,avond}/10}\right\} \quad (7)$$

Als alleen in de dagperiode wordt geschoten geldt: $B_{s,dan} = B_{s,dag} - 3$ dB.

Verzameling brongegevens

Bronniveaus van wapen-munitiecombinaties kunnen worden betrokken uit de Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid. Dit kan het bronniveau zijn van een wapencategorie of van een specifieke wapen-munitiecombinatie waaraan eerder metingen zijn verricht. Als nieuwe metingen moeten worden uitgevoerd om het bronniveau te bepalen of als een bronniveau moet worden ingeschat, dient dit te gebeuren conform de methodes die hiervoor zijn beschreven in de Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid.

De brongegevens van wapens zijn over het algemeen sterk richtingsafhankelijk. Een voor-achter-verhouding van 15 dB voor lichte wapens is niet ongebruikelijk. De richtingsafhankelijkheid van de

brongegevens is gedefinieerd in het vlak van de loop van het wapen. Als het wapen in de te modelleren situatie horizontaal wordt gehouden, kan deze richtingsafhankelijkheid rechtstreeks worden toegepast. Als echter met het wapen schuin naar boven wordt geschoten, dient de richtingsafhankelijkheid zoals die in het bronnenbestand staat te worden gecorrigeerd naar de richtingsafhankelijkheid in het horizontale vlak. De richtingsafhankelijkheid in het horizontale vlak is altijd gelijk of minder dan de richtingsafhankelijkheid in het vlak van het wapen. Als bijvoorbeeld in het extreme geval recht naar boven wordt geschoten, moet in alle richtingen de bronsterkte in de 90° emissierichting worden toegepast. Welke elevatiehoeken voor de verschillende typen schietbanen kunnen worden toegepast, staat beschreven in de Toelichting op toepassen van methoden voor meten en rekenen aan schietgeluid. Om de juiste emissierichting te bepalen, dient de volgende correctieformule te worden toegepast als niet horizontaal wordt geschoten:

$$\beta = acos\,(cos\alpha \times cos\gamma) \qquad (8)$$

waarbij wordt verstaan onder:

β =. emissierelevante hoek van de bron;
α =. elevatie hoek van het wapen ten opzichte van horizontaal schieten;
γ =. hoek tussen schietrichting en lijn van bron naar rekenpunt, beide geprojecteerd op het bodemvlak.

Veelal wordt in rekenprogramma's de richtingsafhankelijkheid van de bronsterkte in sectoren ondergebracht, waarbij binnen een bepaalde sectorhoek de bronsterkte gelijk is. Als de sectorhoeken te groot zijn gekozen en er grote verschillen bestaan tussen de bronniveaus in deze sectorhoeken kunnen onnauwkeurigheden ontstaan. De A-gewogen bronniveaus mogen in aangrenzende sectoren daarom niet meer dan 1 dB schelen. De niveaus in de verschillende emissierichtingen (midden van de sector) kunnen uit de beschikbare brongegevens door lineaire interpolatie worden verkregen.

Afschermende of reflecterende objecten
Bij het invoeren van afschermende/reflecterende objecten wordt met het volgende rekening gehouden:

- Als in een computersimulatiemodel een schietbaan wordt gemodelleerd is de afschermende werking van de baan al in het bronniveau verwerkt. Deze baan moet daarom niet in het model als afschermend of reflecterend object voor deze bronnen worden ingevoerd. Het kan echter wel voorkomen dat naast elkaar gelegen banen elkaar onderling afschermen of dat het schietgeluid van de ene baan reflecteert tegen een andere baan. Hier moet bij de modellering rekening mee worden gehouden.
- Afscherming van een schermenschietbaan wordt niet apart in rekening gebracht voor schietgeluidbronnen die zich op deze baan bevinden aangezien dit al in de bronsterkte moet zijn opgenomen.
- De berekening van afscherming door andere objecten (dan de eigen baan) moet met de nodige zorgvuldigheid worden uitgevoerd. Zo kan de bronpositie op enige afstand voor het wapen liggen, dus niet aan het einde van de loop maar op enige afstand in het verlengde daarvan. Als hier onvoldoende rekening mee wordt gehouden, kan dit bij de berekening van de afscherming voor onnauwkeurigheden zorgen. Het verdient daarom aanbeveling om de berekening van de afscherming door metingen te valideren als de berekende afscherming groter is dan 10 dB.
- Bijdragen van reflecties tegen objecten, anders dan van de baan waarop wordt geschoten, moeten in principe als aparte bron worden beschouwd, waarvoor deelbijdragen aan de geluidbelasting moeten worden bepaald met aparte toeslagen voor impuls en laagfrequente componenten (zie formule 3). In voorkomende gevallen is dit vaak moeilijk te berekenen aangezien in de bestaande software de bijdragen van reflecties meestal niet apart beschikbaar zijn. Als echter de A-gewogen bijdrage van de reflectie op het rekenpunt L_{AE} *(b)* kleiner is dan die van het directe geluid dan kan in goede benadering de bijdrage van de reflectie bij het directe niveau worden opgeteld en kan hiervoor één deelbijdrage worden berekend. Als de bijdrage van de reflectie echter groter is (wat meestal alleen het geval is als het directe geluid wordt afgeschermd) dan moet de reflectiebijdrage als aparte bron worden meegenomen.

Rapportage

De eisen aan de rapportage van de berekeningsresultaten van deze eenvoudige methode is gelijk aan de eisen zoals in bijlage XVIIIc zijn beschreven.

Bijlage XVIIIe. (geuremissiefactoren zuiveringtechnische werken)

Tabel 1. Geuremissiefactoren ontvangwerk en voorbehandeling

Onderdeel	Percentage aanvoer via vrij verval riool				Eenheid
	0–25%	26–50%	51–75%	76–100%	
Ontvangwerk (put, vijzels etc.)	65	46,5	28	9,5	ou/s per m^2
Roostergoedverwijdering	65	46,5	28	9,5	ou/s per m^2
Roostergoedcontainers	65	46,5	28	9,5	ou/s per m^2
Zandvanger:					
– oppervlakte	7,5	7	6	5,5	ou/s per m^2
– overstort	135	48	17	6	ou/s per m^2
Zandwasser	135	48	17	6	ou/s per m^2
Verdeelwerk	135	48	17	6	ou/s per m^2
Voorbezinktank:					
– oppervlakte	8,5	7,5	7	6	ou/s per m^2
– overstort	18,5	16,5	15	13,5	ou/s per m^2
Anaërobe tank	5,5	5	4,6	4,2	ou/s per m^2
Selector:					
– belucht	6	5,5	5	4,5	ou/s per m^2
– onbelucht	5,5	5	4,6	4,2	ou/s per m^2
Voordenitrificatietank	2,2	1,9	1,7	1,6	ou/s per m^2

Tabel 2. Geurmissiefactoren biologisch zuiveringsproces RWZI

Onderdeel	Slibbelasting (kg BZV/kg d.s.d.)					Eenheid
	<0,05	0,05–0,10	0,11–0,20	0,21–0,30	>0,30	
Beluchtingstank						
– aërobe zone:						
* bellenbeluchting	0,2	0,35	0,65	1,05	1,65	ou/s per m^2
* puntbeluchting						
met omkapping	0,2	0,35	0,65	1,05	1,65	ou/s per m^2
* borstelbeluchting						
met omkapping	0,2	0,35	0,65	1,05	1,65	ou/s per m^2
* puntbeluchting						
zonder omkapping	0,2	0,35	0,65	1,05	1,65	ou/s per m^2
– anoxische zone:						
* bellenbeluchting	0,18	0,32	0,6	0,95	1,5	ou/s per m^2
* borstelbeluchting	0,18	0,32	0,6	0,95	1,5	ou/s per m^2
* puntbeluchting	0,18	0,32	0,6	0,95	1,5	ou/s per m^2
Retourslibgemaal	0,6	1,1	2,0	3,2	5	ou/s per m^2
Nabezinktank						
– invoerzone	0,2	0,35	0,65	1,05	1,65	ou/s per m^2

– oppervlakte	0,16	0,28	0,5	0,85	1,3	ou/s per m^2
Na-nitrificatie	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	ou/s per m^2
Na-denitrificatie	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	ou/s per m^2

[1] Voor de overstort van de nabezinktank wordt de emissie van geur niet apart berekend.

Tabel 3. Geurmissiefactoren sliblijn

Onderdeel	Slibkwaliteit				Eenheid
	vers	aëroob	anaëroob	gemengd	
Voorindikker	8	3,95		8	ou/s per m^2
Naindikker			3,05		ou/s per m^2
Uitgegist slibbuffer			3,05		ou/s per m^2
Slibindiklagune		4,05	1,75	4,35	ou/s per m^2
Filterpers		–	–	–	
Zeefbandpers		4,05	1,75	4,35	ou/s per m^2
Centrifuge		–	–	–	
Afvoer en opslag		4,05	1,75	4,35	ou/s per m^2
Fosfaatbezinktank		3,95			ou/s per m^2
Strippertank		3,95			ou/s per m^2
Slibindikker		3,95			ou/s per m^2
Flocculatietank		3,95			ou/s per m^2

Bijlage XVIIIf. (bepalingen over het verbinden van voorschriften aan omgevingsvergunningen over het voorkomen van overschrijding standaardwaarden)

1. Bepalen van de kwaliteit van de poriënwaterconcentraties

Voor het bepalen van de kwaliteit van het poriënwater zijn gegevens nodig over de totaalconcentratie in het sediment, de verdelingscoëfficiënt tussen vaste stof en water, en de concentratie in het poriënwater. Voor organische parameters en zware metalen is de aanpak verschillend. Er kan praktijkonderzoek worden gedaan in het gebied van herkomst of, onder voorwaarden, gebruik worden gemaakt van literatuurgegevens.

1.1. Organische parameters

Onderzoek in het herkomstgebied

Uit het herkomstgebied worden de totaalconcentraties in het sediment (mg/kg sediment) van een breed pakket aan parameters geanalyseerd volgens NEN 5720. Hierbij wordt ook het organisch koolstofgehalte gemeten. Onder de aanname dat alle verontreinigende stoffen aan het organisch koolstof gebonden zijn, moet per monster de concentratie van de parameters worden uitgedrukt in ‘mg/kg organisch koolstof’.
Door centrifugeren van het sediment wordt het poriënwater verkregen. Het poriënwater wordt geanalyseerd. Als de bepalingsgrens van de meetmethode hoger ligt dan de standaardwaarde grondwater, dan geldt de bepalingsgrens als standaardwaarde grondwater. Een overschrijding van de bepalingsgrens verplicht dan tot het doorlopen van paragraaf 2. De keuze van de stoffen waarvan de concentratie in het poriënwater wordt gemeten wordt gebaseerd op de metingen van de totaalconcentraties van de parameters in het slib en literatuurgegevens die een indicatie geven over de mobiliteit van de aanwezige parameters.

Gebruik van literatuurgegevens

Als het uitvoeren van veldmetingen van het sediment en poriënwater om welke reden dan ook niet opportuun is, kunnen, na goedkeuring van het bevoegd gezag, poriënwaterconcentraties voor organische parameters ook worden berekend met behulp van literatuurwaarden voor de schijnbare verdelingscoëfficiënten, vermoedelijke totaalconcentraties in het sediment en de daarin voorkomende organische koolstofgehalten. Daarbij worden de in de berekening te gebruiken totaalconcentraties aan parameters in het sediment wel gebaseerd op recente representatieve waterbodemonderzoeken.

1.2. Zware metalen

Onderzoek in het herkomstgebied

Op dezelfde manier als bij organische parameters kunnen totaalgehalten van zware metalen in slibmonsters uit het herkomstgebied worden gemeten en poriënwaterconcentraties worden bepaald. Analyses worden uitgevoerd volgens NEN 5720.

Speciatieberekeningen

Als het uitvoeren van veldmetingen van het poriënwater voor zware metalen om welke reden dan ook niet opportuun wordt geacht, kunnen, na goedkeuring van het bevoegd gezag, poriënwaterconcentraties worden berekend op basis van de sedimentconcentraties die in recent waterbodemonderzoek zijn vastgesteld op de wijze zoals hiervoor is vermeld. Bij de uit te voeren speciatieberekeningen en berekeningen van de totaalconcentraties van de opgeloste fractie wordt rekening gehouden met de te verwachten wijziging van de slibcondities. Voor een aantal parameters (bijv. DOC-gehalte, SEM/AVS etc.) moeten aannames worden gedaan die sterk bepalend zijn voor de uitkomsten van de berekeningen.

1.3. Toetsing van de poriënwaterconcentratie aan de standaardwaarde

In de aanvraag om een omgevingsvergunning wordt aangegeven hoe de poriënwaterconcentraties zijn verkregen. Als gebruik is gemaakt van veldmetingen, wordt aangegeven waar en hoe de veldmetingen zijn verricht en in hoeverre de verkregen waarden representatief zijn voor de in de stortplaats te bergen specie.
De kwaliteit van het poriënwater wordt vergeleken met de standaardwaarden voor het grondwater zoals opgenomen in bijlage XVIIIa bij het Besluit kwaliteit leefomgeving.
Als de standaardwaarden voor het grondwater niet overschreden worden, wordt geconcludeerd dat de stortplaats de grondwaterkwaliteit niet nadelig zal beïnvloeden.
Als de standaardwaarden voor het grondwater overschreden worden, wordt voor deze parameters de

berekening voortgezet zoals in paragraaf 2 is beschreven.

2. De uit de stortplaats tredende flux (stoftransport) van verontreinigingen

2.1. Eisen aan de modellen

De uit de stortplaats tredende flux voor een verontreinigende stof wordt berekend in gram per hectare per jaar met in de praktijk gangbare numerieke modellen. Deze modellen moeten geschikt zijn om zowel het (lokale) geohydrologisch systeem, het consolidatiegedrag van de specie als het optredend stoftransport te beschrijven. Hiertoe kunnen ook afzonderlijke modellen gekoppeld worden.
De modellering van het lokale geohydrologisch systeem wordt gebaseerd op ten minste de volgende gegevens:

- lithologische opbouw van de ondergrond (of lithostratigrafische) voor het vaststellen geohydrologische eenheden (aquifers, scheidende en afsluitende lagen);
- geohydrologische systeemkenmerken (zoals: doorlatendheden, weerstanden);
- chemische eigenschappen van de onderscheiden geohydrologische eenheden (met name organisch koolstofgehalte ondergrond (OC): retardatie); en
- in de omgeving gemeten stijghoogten voor de kalibratie van het geohydrologisch model.

Aan de hand van geohydrologisch veldonderzoek (uitgevoerd door een terzake kundig bedrijf) worden de in het model gebruikte gegevens gecontroleerd en wordt het geohydrologisch model gekalibreerd.
Voor het beschrijven van het consolidatiegedrag van de specie in de stortplaats worden de modellen FSCONBAG of DELCON gebruikt of een ander gelijkwaardig model.
De modellering van het optredend stoftransport wordt gebaseerd op ten minste de volgende gegevens:

- poriënwaterconcentraties;
- veldwaarden of literatuurwaarden voor de schijnbare verdelingscoëfficiënten (per contaminant) (K'OC) in de verschillende geohydrologische eenheden;
- organisch koolstofgehalten (OC en opgelost organisch koolstof gehalte (DOC)) in de verschillende geohydrologische eenheden (inclusief de baggerspecie in de stortplaats zelf);
- geohydrologisch model (lokaal);
- ontwerp van de stortplaats (dimensies, contactoppervlak);
- consolidatiegedrag van de geborgen specie;
- longitudinale dispersiviteit;
- transversale dispersiviteit; en
- diffussiecoëfficiënt.

2.2. Berekening

De berekening van de uit de stortplaats tredende verontreiniging (fluxberekening) sluit aan op de wijze waarop de poriënwaterconcentraties zijn berekend in paragraaf 1. Als in paragraaf 1 veldwaarden voor de schijnbare verdelingscoëfficiënt zijn gebruikt, worden deze ook gebruikt voor de verdere beoordeling van de beïnvloeding van het grondwater.
De in paragraaf 1 berekende poriënwaterconcentraties worden in het model ingevoerd waardoor de flux uit de stortplaats voor meerdere tijdstappen (bijvoorbeeld 100, 1000 en 10.000 jaar) moet worden berekend in gram per hectare per jaar. Volstaan kan worden met het berekenen van de flux voor die stoffen die in het (poriën)water voorkomen boven de standaardwaarden. Als dit voor een groot aantal stoffen geldt, kan een selectie worden gemaakt op grond van de concentraties (ook in relatie tot de normering) en de mobiliteit van de stoffen. Gedacht moet worden aan een selectie van zes tot tien gidsstoffen. Als gidsstoffen moeten die stoffen worden aangewezen waarvan de grootste normoverschrijdingen worden verwacht.

2.3. Toetsing

De per tijdstap berekende fluxen worden getoetst aan de in bijlage XVIIIg bij deze regeling opgenomen waarden voor de `toelaatbare flux'. Als de toelaatbare flux niet wordt overschreden, kan de toetsing worden beëindigd. Als de toelaatbare flux wordt overschreden, wordt de toetsing voor deze stoffen voortgezet zoals beschreven in paragraaf 3.

3. Het door de stortplaats beïnvloede gebied

3.1. Berekenen

Met het numerieke model zoals beschreven in paragraaf 2 wordt de beïnvloeding van het grondwater en de bodem door de stortplaats gekwantificeerd (in kubieke meters). Hierbij wordt het bodemvolume bedoeld in kubieke meters dat ligt binnen de contour van de standaardwaarde na 10.000 jaar. Het gaat hier om de parameters die de toelaatbare flux overschrijden. Uitgangspunt bij deze berekening is dat het grondwater in de uitgangssituatie geen verontreinigingen bevat.

3.2. Toetsing

Per te toetsen parameter wordt het door de stortplaats beïnvloede gebied (in kubieke meters) binnen de contour van de standaardwaarde na 10.000 jaar getoetst aan het toelaatbaar beïnvloede gebied. Het toelaatbaar beïnvloede gebied komt overeen met de grootte van de nuttige inhoud van de stortplaats (volumecriterium). Met de nuttige inhoud van de stortplaats wordt het depotvolume (in kubieke meters) bedoeld dat beschikbaar is voor het bergen van baggerspecie (ontwerpcapaciteit).
Als het beïnvloede gebied na 10.000 jaar (berekening) kleiner is dan het toelaatbaar beïnvloede gebied, dan zijn de effecten van de stortplaats op het grondwater toelaatbaar. Als dit het geval is, wordt aangegeven of dit het gevolg is van locatiespecifieke omstandigheden (artikel 7.77, eerste lid, onder a, onder 5°, van deze regeling).
Als er wel overschrijding van het toelaatbaar beïnvloede gebied plaatsvindt, wordt aangegeven of direct buiten het toelaatbaar beïnvloede gebied natuurlijke en effectieve geohydrologische isolatie optreedt (artikel 7.77, eerste lid, onder a, onder 4°, van deze regeling).
Daarnaast wordt aangegeven wat de vracht aan verontreinigingen is in het poriënwater (artikel 7.77, eerste lid, onder a, onder 3°, van deze regeling).

4. Isolerende maatregelen (artikel 8.62c, tweede lid, Besluit kwaliteit leefomgeving)

Als uit de berekening blijkt dat de berekende effecten niet toelaatbaar zijn, worden maatregelen genomen die de effecten op het grondwater tegengaan (artikel 8.62c, tweede lid, Besluit kwaliteit leefomgeving). De maatregelen worden in het numerieke model gebracht waarna de fluxberekeningen (paragraaf 2) en de berekening van het beïnvloede gebied (paragraaf 3) worden herhaald, zodat de effectiviteit van de maatregelen inzichtelijk wordt gemaakt.
Het gaat hierbij om de isolerende werking van de organische stofrijke minerale lagen en de werking van een geohydrologisch isolatiesysteem op de betreffende locatie.
Een geohydrologisch isolatiesysteem kan een onderdeel vormen van een samenhangend geheel van isolerende maatregelen dat in het ontwerp van een stortplaats is opgenomen. Daarnaast is het een maatregel die altijd moet kunnen worden aangelegd als vangnet. Gekoppeld aan deze laatste functie is het logisch om het ontwerp van het controlesysteem (artikel 8.62g, derde lid, Besluit kwaliteit leefomgeving) te koppelen aan het ontwerp van het geohydrologisch isolatiesysteem.
De werking van het geohydrologisch isolatiesysteem wordt in de omgevingsvergunning inzichtelijk gemaakt. Daarbij wordt aangegeven:

- het volgens de berekeningen aantal benodigde putten voor het oppompen van grondwater, de locaties van deze putten en de filterdiepten;
- het debiet dat per put moet worden onttrokken;
- het tijdstip waarop volgens de berekeningen het interventiepunt wordt bereikt en het geohydrologisch isolatiesysteem in werking moet worden gesteld;
- de wijze van zuiveren en afvoeren van het water; en
- de wijze waarop de controle op de effectiviteit van het geohydrologisch isolatiesysteem zal plaatsvinden.

Bijlage XVIIIg. (maximaal toelaatbare flux)

Stof	Maximaal toelaatbare flux (in g/ha/j)
I Metalen	
Antimoon	0,39
Arseen	4,35
Barium	63
Cadmium	0,12
Chroom	15
Kobalt	3
Koper	5,4
Kwik	0,045
Lood	12,75
Molybdeen	1,5
Nikkel	5,25
Zink	21
II Anorganische verbindingen	
Cyaniden-vrij	0,15
Cyaniden-complex (pH<5)[1]	0,75
Cyaniden-complex (pH >5)[2]	0,75
Bromide	3
Chloride	300
Fluoride	140
III Aromatische verbindingen	
Benzeen	0,4
Ethylbenzeen	8
Tolueen	14
Xylenen	0,4
Styreen (vinylbenzeen)	12
Fenol	0,4
Cresolen (som)	0,4
Catechol(o-dihydroxybenzeen)	0,4
Resorcinol(m-dihydroxybenzeen)	0,4
Hydrochinon(p-dihydroxybenzeen)	0,4
IV Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)	
Naftaleen	0,02
Antraceen	0,0014
Fenantreen	0,006
Fluorantheen	0,006
Benzo(a)antraceen	0,0002
Chryseen	0,006

Benzo(a)pyreen	0,001
Benzo(ghi)peryleen	0,0006
Benzo(k)fluorantheen	0,0008
Indeno(1,2,3-cd)pyreen	0,0008
V Gechloreerde koolwaterstoffen	
Vinylchloride	0,02
Dichloormethaan	0,02
1,1-dichloorethaan	14
1,2-dichloorethaan	14
1,1-dichlooretheen	0,02
1,2-dichlooretheen (cis en trans)	0,02
dichloorpropanen	1,6
trichloormethaan (chloroform)	12
1,1,1-trichloorethaan	0,02
1,1,2-trichloorethaan	0,02
trichlooretheen (Tri)	48
tetrachloormethaan (Tetra)	0,02
tetrachlooretheen (Per)	0,02
monochloorbenzeen	14
dichloorbenzenen	6
trichloorbenzenen	0,02
tetrachloorbenzenen	0,02
pentachloorbenzeen	0,006
hexachloorbenzeen	0,00018
monochloorfenolen (som)	0,6
dichloorfenolen	0,4
trichloorfenolen	0,06
tetrachloorfenolen	0,02
pentachloorfenol	0,08
polychloorbifenylen (som)[3]	0,02
VI Bestrijdingsmiddelen	
DDT/DDE/DDD[4]	0,000008
Aldrin	0,000018
Dieldrin	0,0002
Endrin	0,00008
HCH-verbindingen[5]	0,1
α-HCH	0,066
ß-HCH	0,016
γ-HCH	0,018
atrazine	0,038
carbaryl	0,004

carbofuran	0,018
chloordaan	0,00004
endosulfan	0,0004
heptachloor	0,00001
heptachloor-epoxide	0,00001
Maneb	0,0001
MCPA	0,02
organotinverbindingen	0,0001 – 0,038
VII Overige verontreinigingen	
cyclohexanon	1
Ftalaten (som)[6]	1
minerale olie[7]	100
pyridine	1
tetrahydrofuran	1
tetrahydrothiofeen	1

[1] Zuurgraad: pH (0,01 M $CaCl_2$). Voor de bepaling van pH groter dan of gelijk aan 5 en pH kleiner dan 5 geldt het 90-percentiel van de gemeten waarden.
[2] Zuurgraad: pH (0,01 M $CaCl_2$). Voor de bepaling van pH groter dan of gelijk aan 5 en pH kleiner dan 5 geldt het 90-percentiel van de gemeten waarden.
[3] Onder polychloorbifenylen (som) wordt verstaan: de som van PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180. Onder de som valt PCB 118 niet.
[4] Onder DDT/DDD/DDE wordt verstaan: de som van DDT, DDD en DDE.
[5] Onder HCH-verbindingen wordt verstaan: som van α-HCH, ß-HCH, γ-HCH en δ-HCH
[6] Onder de ftalaten wordt de som van alle ftalaten verstaan.
[7] De definitie van minerale olie wordt beschreven in de Staatscourant 39, 2000. Als er sprake is van verontreiniging van mengsels (bijvoorbeeld benzine of huisbrandolie) dan wordt naast het alkaangehalte ook het gehalte van aromatische en/of polycyclische aromatische koolwaterstoffen bepaald.

Bijlage XIX. (dosis-effectrelaties voor actieplannen geluid)

1. Reeks schadelijke effecten

Voor de bepaling van schadelijke effecten wordt het volgende in aanmerking genomen:

- ischemische hartziekten vallend onder codes BA40 tot en met BA6Z van de internationale classificatie ICD-11 van de Wereldgezondheidsorganisatie (IHD);
- hoge mate van hinder (HA);
- hoge mate van slaapverstoring (HSD).

2. Berekening van schadelijke effecten

De schadelijke effecten worden berekend door middel van een van de volgende formules, zoals nader gespecificeerd in de paragrafen 2.1 tot en met 2.3:

- het relatieve risico (RR) van het schadelijke effect:

$$RR = \left(\frac{\begin{array}{c}\text{waarschijnlijkheid van voorkomen van schadelijk} \\ \text{effect in bevolking die is blootgesteld aan} \\ \text{specifiek niveau van omgevingslawaai}\end{array}}{\begin{array}{c}\text{waarschijnlijkheid van voorkomen van schadelijk} \\ \text{effect in bevolking die } \textbf{niet} \text{ is blootgesteld aan} \\ \text{dat omgevingslawaai}\end{array}} \right) \quad (1)$$

- het absolute risico (AR) van het schadelijke effect:

$$AR = \left(\begin{array}{c}\text{voorkomen van schadelijk} \\ \text{effect in bevolking die is blootgesteld aan} \\ \text{specifiek niveau van omgevingslawaai}\end{array} \right) \quad (2)$$

2.1. Ischemische hartziekten (IHD)

Voor de berekening van het relatieve risico (RR) wat het schadelijke effect van ischemische hartziekten (IHD) betreft, wordt voor het gebied waarbinnen de incidentie bekend is (i) de volgende dosis/effectrelatie gebruikt:

$RR_{IHD,i,road} = e^{\left[\left(\frac{ln(1,08)}{10}\right) \times (L_{den} - 53)\right]}$	voor L_{den} > 53 dB	(3)
$RR_{IHD,i,road} = 1$	voor L_{den} ≤ 53 dB	

voor wegverkeerslawaai.

2.2. Hoge mate van hinder (HA)

Voor de berekening van het absolute risico op hoge mate van hinder AR_{HA} wordt de volgende dosis/effectrelatie gebruikt:

$$AR_{HA,road} = \frac{(78{,}9270 - 3{,}1162\, L_{den} + 0{,}0342\, L_{den}{}^2)}{100} \quad (4)$$

voor wegverkeerslawaai;

$$AR_{HA,rail} = \frac{(38{,}1596 - 2{,}05538\, L_{den} + 0{,}0285\, L_{den}{}^2)}{100} \quad (5)$$

voor spoorweglawaai;

$$AR_{HA,air} = \frac{e^{-7{,}7130+0{,}1260 L_{den}}}{1 + e^{-7{,}7130+0{,}1260 L_{den}}} \quad (6)$$

voor vliegtuiglawaai.

2.3. Hoge mate van slaapverstoring (HSD)

Voor de berekening van het absolute risico op hoge mate van slaapverstoring AR_{HSD} wordt de volgende dosis/effectrelatie gebruikt:

$$AR_{HSD,road} = \frac{(19{,}4312 - 0{,}9336\, L_{night} + 0{,}0126\, L_{night}^{\,2})}{100} \quad (7)$$

voor wegverkeerslawaai;

$$AR_{HSD,rail} = \frac{(67{,}5406 - 3{,}1852\, L_{night} + 0{,}0391\, L_{night}^{\,2})}{100} \quad (8)$$

voor spoorweglawaai;

$$AR_{HSD,air} = \frac{e^{-6{,}2952+0{,}0960 L_{night}}}{1 + e^{-6{,}2952+0{,}0960 L_{night}}} \quad (9)$$

voor vliegtuiglawaai.

3. Bepaling van schadelijke effecten

De blootstelling van de bevolking wordt voor elke geluidbronsoort en elk schadelijk effect afzonderlijk bepaald. Wanneer dezelfde personen tegelijkertijd aan verschillende geluidbronsoorten worden blootgesteld, mogen de schadelijke effecten – in het algemeen – niet worden gecumuleerd. Die effecten kunnen evenwel met elkaar worden vergeleken, om het relatieve belang van elke geluidbronsoort te kunnen bepalen.

3.1. Bepaling voor Ischemische hartziekten (IHD)

Wat IHD in geval van lawaai van wegverkeer betreft, wordt het aandeel van de gevallen van specifieke schadelijke effecten in de bevolking die wordt blootgesteld aan een RR dat volgens de berekening wordt veroorzaakt door omgevingslawaai, voor het gebied waarbinnen de incidentie bekend is (i) afgeleid door:

$$PAF_{IHD,road} = \left(\frac{\sum_j [p_j (RR_{j,IHD,road} - 1)]}{\sum_j [p_j (RR_{j,IHD,road} - 1)] + 1} \right) \quad (10)$$

waarbij

- $PAF_{IHD,road}$ de aan de bevolking toe te schrijven fractie is;
- de reeks j blootstellingsbereiken bestaat uit afzonderlijke bereiken van maximaal 5 dB
- p_j het aandeel van de totale bevolking P is in het beoordeelde gebied dat wordt blootgesteld aan blootstellingsbereik j, dat wordt geassocieerd met een bepaald RR van het schadelijk effect IHD_{road}
- $RR_{j,IHD,road}$ wordt berekend met formule 3, bij de centrale waarde van elk blootstellingsbereik.

Wat IHD in geval van lawaai van wegverkeer betreft, is het totale aantal N gevallen per gebied waarbinnen de incidentie bekend is (i):

$$N_{IHD,road,i} = PAF_{IHD,road,i}\, I_{IHD,i}\, P_i \quad (11)$$

waarbij

- $PAF_{IHD,road,i}$ wordt berekend met formule 8;
- $I_{IHD,i}$ de incidentie van IHD is in het te beoordelen gebied i, die kan worden verkregen uit statistieken over de gezondheid van de desbetreffende regio of het desbetreffende land;
- P_i de totale bevolking is van het te beoordelen gebied i.

3.2. Bepaling voor hoge mate van hinder (HA) en hoge mate van slaapverstoring (HSD)

Wat hoge mate van hinder (HA) en hoge mate van slaapverstoring (HSD) in geval van lawaai van wegverkeer, treinverkeer en vliegtuigen betreft, is het totale aantal N personen die schadelijk effect x ondergaan (aantal toe te schrijven gevallen) vanwege geluidbronsoort y:

$$N_{x,y} = \sum_{j} [n_j \ AR_{j,x,y}] \qquad (12)$$

waarbij

- $AR_{j,x,y}$ het absolute risico (AR) is van het desbetreffende schadelijke effect x (HA, HSD), dat wordt berekend met de in paragrafen 2.2 en 2.3 beschreven formules, bij de centrale waarde van elk blootstellingsbereik;
- n_j het aantal personen is dat wordt blootgesteld aan het blootstellingsbereik j.

Bijlage XIXa. (softwaremodellen luchtkwaliteit)

Softwaremodel	Versie	Modeleigenaar	Toepassingsbereik	Ingangsdatum goedkeuring
STACKS+[1]	2021.1	DGMR	SRM1; SRM2; SRM3	19 oktober 2021

[1] Deze softwaremodellen zijn ook aangewezen voor het bepalen van de gevolgen voor de luchtkwaliteit in situaties die buiten het toepassingsbereik vallen van SRM1, SRM2 en SRM3.

Toepassingsbereik SRM1, SRM2 en SRM3:

Toepassingsbereik SRM1 = Toepassingsbereik van standaardrekenmethode luchtkwaliteit 1, zoals weergegeven in de artikelen 8.10, aanhef en onder a, en 12.50, aanhef en onder a, van deze regeling en beschreven in Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 1.

Toepassingsbereik SRM2 = Toepassingsbereik van standaardrekenmethode luchtkwaliteit 2, zoals weergegeven in de artikelen 8.10, aanhef en onder b, en 12.50, aanhef en onder b, van deze regeling en beschreven in Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 2.

Toepassingsbereik SRM3 = Toepassingsbereik van Standaardrekenmethode luchtkwaliteit 3.

Bijlage XX. (grootschalige concentratiegegevens, meteorologische gegevens en ruwheidskaart)

Grootschalige concentratiegegevens, grootschalige dubbeltellingcorrectiegegevens, meteorologische gegevens en gegevens over de terreinruwheid zijn te vinden op:
https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/luchtkwaliteit/vraag-en-antwoord/hoe-kan-ik-luchtvervuiling-berekenen

Bijlage XXI. (emissiefactoren voertuigen luchtkwaliteit)

Inleiding

Stad stagnerend. Stadsverkeer met een grote mate van congestie, een gemiddelde snelheid kleiner dan 15 km/u, gemiddeld ongeveer 10 stops per afgelegde kilometer.

Stad normaal. Typisch stadsverkeer met een redelijke mate van congestie, een gemiddelde snelheid tussen de 15 en 30 km/u, gemiddeld ongeveer 2 stops per afgelegde kilometer.

Stad doorstromend. Stadsverkeer met een geringe mate van congestie, een gemiddelde snelheid tussen de 30 en 45 km/u, gemiddeld ongeveer 1,5 stop per afgelegde kilometer.

Buitenweg. Typisch buitenwegverkeer, een gemiddelde snelheid van ongeveer 60 km/u, gemiddeld ongeveer 0,2 stops per afgelegde kilometer.

Snelweg. Snelheden staan voor de geldende maximumsnelheid voor het beschouwde wegvak. Onderscheid naar wegvakken met strenge handhaving (MSH) en zonder strenge handhaving (ZSH). File is in dit geval gedefinieerd als een intensiteit-capaciteitverhouding van 0,8 of meer.

A. Emissiefactoren voor niet-snelwegen

A1. Personenauto's, bestelauto's en motoren, factor in gram per kilometer

Wegtype	**Stof**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Buitenweg	CO	1,016	0,932	0,848	0,765	0,681	0,597	0,513	0,459	0,404	0,349	0,294	0,239
	NO_2	0,047	0,047	0,046	0,045	0,044	0,043	0,042	0,039	0,036	0,033	0,029	0,026
	NO_x	0,213	0,209	0,205	0,201	0,197	0,193	0,189	0,175	0,160	0,145	0,131	0,116
	PM_{10}	0,017	0,017	0,016	0,016	0,016	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015
	$PM_{2.5}$	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Stad doorstromend	CO	2,391	2,179	1,967	1,755	1,543	1,332	1,120	0,995	0,869	0,744	0,619	0,494
	NO_2	0,058	0,056	0,055	0,053	0,052	0,051	0,049	0,046	0,042	0,038	0,035	0,031
	NO_x	0,270	0,262	0,255	0,247	0,239	0,231	0,223	0,207	0,191	0,175	0,159	0,143
	PM_{10}	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
	$PM_{2.5}$	0,011	0,010	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007
Stad normaal	CO	2,437	2,221	2,005	1,789	1,573	1,357	1,141	1,016	0,892	0,767	0,643	0,518
	NO_2	0,063	0,061	0,060	0,058	0,056	0,054	0,053	0,049	0,045	0,041	0,037	0,033
	NO_x	0,291	0,282	0,272	0,263	0,254	0,245	0,235	0,218	0,200	0,182	0,165	0,147
	PM_{10}	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029	0,028
	$PM_{2.5}$	0,011	0,010	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Stad stagnerend	CO	3,435	3,126	2,817	2,508	2,199	1,890	1,581	1,404	1,227	1,051	0,874	0,698
	NO_2	0,091	0,087	0,083	0,078	0,074	0,070	0,066	0,061	0,056	0,051	0,047	0,042
	NO_x	0,419	0,398	0,377	0,356	0,335	0,314	0,293	0,270	0,247	0,224	0,202	0,179
	PM_{10}	0,034	0,033	0,033	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,029

	$PM_{2.5}$	0,012	0,012	0,011	0,010	0,010	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007

A2. Autobussen, factor in gram per kilometer

Wegtype	Stof	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Buitenweg	CO	0,602	0,560	0,518	0,477	0,435	0,393	0,352	0,327	0,303	0,279	0,255	0,230
	NO_2	0,207	0,194	0,181	0,167	0,154	0,141	0,128	0,123	0,118	0,113	0,109	0,104
	NO_x	1,640	1,530	1,420	1,309	1,199	1,089	0,978	0,933	0,888	0,842	0,797	0,752
	PM_{10}	0,086	0,084	0,081	0,079	0,076	0,074	0,072	0,071	0,070	0,068	0,067	0,066
	$PM_{2.5}$	0,044	0,041	0,039	0,037	0,034	0,032	0,029	0,028	0,027	0,026	0,025	0,024
Stad doorstromend	CO	0,928	0,864	0,801	0,738	0,674	0,611	0,548	0,512	0,475	0,439	0,403	0,366
	NO_2	0,262	0,244	0,227	0,209	0,192	0,174	0,157	0,151	0,145	0,140	0,134	0,128
	NO_x	2,115	1,969	1,824	1,679	1,534	1,389	1,243	1,186	1,128	1,070	1,012	0,954
	PM_{10}	0,118	0,117	0,115	0,114	0,112	0,111	0,109	0,109	0,108	0,107	0,107	0,106
	$PM_{2.5}$	0,041	0,039	0,038	0,036	0,035	0,033	0,032	0,031	0,030	0,030	0,029	0,028
Stad normaal	CO	0,928	0,864	0,801	0,738	0,674	0,611	0,548	0,512	0,475	0,439	0,403	0,366
	NO_2	0,339	0,315	0,292	0,268	0,244	0,220	0,196	0,188	0,180	0,172	0,164	0,156
	NO_x	2,840	2,639	2,438	2,237	2,036	1,835	1,634	1,554	1,473	1,393	1,313	1,233
	PM_{10}	0,136	0,133	0,130	0,128	0,125	0,122	0,119	0,118	0,117	0,115	0,114	0,113
	$PM_{2.5}$	0,059	0,056	0,053	0,050	0,047	0,044	0,042	0,040	0,039	0,038	0,037	0,035
Stad stagnerend	CO	0,928	0,864	0,801	0,738	0,674	0,611	0,548	0,512	0,475	0,439	0,403	0,366
	NO_2	0,567	0,529	0,490	0,451	0,413	0,374	0,336	0,323	0,310	0,297	0,284	0,271
	NO_x	4,648	4,325	4,002	3,679	3,356	3,033	2,710	2,581	2,453	2,324	2,195	2,066
	PM_{10}	0,176	0,170	0,164	0,158	0,153	0,147	0,141	0,139	0,136	0,134	0,131	0,129
	$PM_{2.5}$	0,098	0,092	0,087	0,081	0,075	0,069	0,064	0,061	0,059	0,056	0,054	0,051

A3. Vrachtauto's < 20 ton GVW en bussen (niet voor SRM 1), factor in gram per kilometer

Wegtype	Stof	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Buitenweg	CO	0,875	0,832	0,790	0,747	0,705	0,662	0,620	0,621	0,622	0,623	0,624	0,625
	NO_2	0,377	0,366	0,355	0,344	0,333	0,322	0,311	0,310	0,309	0,309	0,308	0,307
	NO_x	2,823	2,551	2,279	2,007	1,735	1,463	1,191	1,182	1,172	1,163	1,153	1,144
	PM_{10}	0,099	0,096	0,092	0,089	0,085	0,082	0,078	0,078	0,078	0,078	0,077	0,077
	$PM_{2.5}$	0,046	0,043	0,040	0,036	0,033	0,030	0,026	0,026	0,026	0,026	0,025	0,025
Stad doorstromend	CO	1,374	1,285	1,195	1,106	1,016	0,926	0,837	0,838	0,839	0,840	0,841	0,842
	NO_2	0,473	0,477	0,481	0,485	0,490	0,494	0,498	0,497	0,497	0,496	0,496	0,496
	NO_x	3,118	2,864	2,610	2,356	2,103	1,849	1,595	1,591	1,587	1,583	1,579	1,575
	PM_{10}	0,151	0,148	0,145	0,142	0,139	0,136	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133
	$PM_{2.5}$	0,052	0,049	0,046	0,043	0,040	0,036	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
Stad normaal	CO	1,927	1,836	1,746	1,656	1,566	1,476	1,386	1,386	1,387	1,387	1,388	1,388
	NO_2	0,730	0,736	0,741	0,747	0,753	0,758	0,764	0,763	0,763	0,762	0,761	0,761

	NO_x	4,822	4,421	4,020	3,620	3,219	2,819	2,418	2,412	2,405	2,399	2,392	2,386
	PM_{10}	0,170	0,165	0,160	0,154	0,149	0,144	0,139	0,139	0,139	0,139	0,138	0,138
	$PM_{2.5}$	0,071	0,066	0,061	0,055	0,050	0,045	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039
Stad stagnerend	CO	2,857	2,798	2,739	2,681	2,622	2,563	2,504	2,503	2,503	2,502	2,502	2,501
	NO_2	1,303	1,337	1,370	1,404	1,437	1,470	1,504	1,503	1,501	1,500	1,498	1,497
	NO_x	8,095	7,524	6,953	6,381	5,810	5,239	4,667	4,657	4,646	4,635	4,625	4,614
	PM_{10}	0,210	0,200	0,190	0,181	0,171	0,161	0,152	0,151	0,151	0,151	0,151	0,151
	$PM_{2.5}$	0,111	0,101	0,091	0,081	0,072	0,062	0,052	0,052	0,052	0,051	0,051	0,051

A4. Vrachtauto's > 20 ton GVW en trekkers, factor in gram per kilometer

Wegtype	**Stof**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Buitenweg	CO	1,017	0,929	0,842	0,754	0,666	0,578	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490
	NO_2	0,895	0,916	0,937	0,958	0,978	0,999	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020	1,020
	NO_x	4,005	3,822	3,639	3,456	3,273	3,089	2,906	2,906	2,906	2,906	2,906	2,906
	PM_{10}	0,087	0,085	0,084	0,082	0,080	0,079	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077
	$PM_{2.5}$	0,036	0,034	0,032	0,031	0,029	0,027	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
Stad doorstromend	CO	1,584	1,462	1,340	1,218	1,097	0,975	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853	0,853
	NO_2	0,818	0,885	0,952	1,019	1,086	1,153	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220	1,220
	NO_x	4,361	4,204	4,047	3,890	3,733	3,576	3,418	3,418	3,418	3,418	3,418	3,418
	PM_{10}	0,141	0,139	0,138	0,136	0,135	0,133	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132	0,132
	$PM_{2.5}$	0,044	0,043	0,042	0,040	0,039	0,038	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036
Stad normaal	CO	2,403	2,226	2,049	1,872	1,696	1,519	1,342	1,342	1,342	1,342	1,342	1,342
	NO_2	1,065	1,143	1,222	1,301	1,379	1,458	1,536	1,536	1,536	1,536	1,536	1,536
	NO_x	6,174	5,866	5,557	5,248	4,940	4,631	4,322	4,322	4,322	4,322	4,322	4,322
	PM_{10}	0,155	0,152	0,150	0,148	0,146	0,144	0,142	0,142	0,142	0,142	0,142	0,142
	$PM_{2.5}$	0,058	0,056	0,054	0,052	0,050	0,048	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046	0,046
Stad stagnerend	CO	3,699	3,480	3,261	3,043	2,824	2,605	2,386	2,386	2,386	2,386	2,386	2,386
	NO_2	1,425	1,496	1,567	1,638	1,710	1,781	1,852	1,852	1,852	1,852	1,852	1,852
	NO_x	9,262	8,593	7,925	7,256	6,587	5,918	5,249	5,249	5,249	5,249	5,249	5,249
	PM_{10}	0,184	0,180	0,176	0,173	0,169	0,165	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162	0,162
	$PM_{2.5}$	0,087	0,084	0,080	0,077	0,073	0,069	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066

B. Emissiefactoren voor snelwegen

B1. Personenauto's, bestelauto's en motoren, factor in gram per kilometer

Wegtype	**Stof**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Snelweg 100 km/u (MSH)	CO	0,512	0,478	0,444	0,411	0,377	0,344	0,310	0,287	0,263	0,239	0,215	0,191
	NO_2	0,054	0,052	0,050	0,048	0,046	0,044	0,042	0,039	0,035	0,031	0,027	0,024
	NO_x	0,232	0,225	0,218	0,211	0,203	0,196	0,189	0,173	0,158	0,142	0,127	0,111

	PM_{10}	0,021	0,020	0,020	0,019	0,019	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	$PM_{2.5}$	0,009	0,009	0,008	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005
Snelweg 100 km/u (ZSH)	CO	0,545	0,508	0,472	0,436	0,400	0,364	0,328	0,302	0,276	0,250	0,225	0,199
	NO_2	0,058	0,056	0,054	0,051	0,049	0,047	0,045	0,041	0,037	0,033	0,029	0,025
	NO_x	0,252	0,243	0,234	0,225	0,216	0,207	0,198	0,182	0,165	0,149	0,132	0,116
	PM_{10}	0,021	0,020	0,020	0,019	0,019	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	$PM_{2.5}$	0,009	0,009	0,008	0,008	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005
Snelweg 120 km/u	CO	0,498	0,466	0,434	0,402	0,370	0,338	0,306	0,283	0,260	0,237	0,214	0,191
	NO_2	0,073	0,069	0,066	0,062	0,059	0,055	0,051	0,047	0,042	0,038	0,033	0,029
	NO_x	0,315	0,301	0,286	0,271	0,256	0,242	0,227	0,208	0,188	0,169	0,149	0,130
	PM_{10}	0,021	0,021	0,020	0,020	0,019	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017
	$PM_{2.5}$	0,010	0,009	0,008	0,008	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005
Snelweg 130 km/u	CO	0,487	0,456	0,424	0,393	0,362	0,330	0,299	0,277	0,254	0,232	0,210	0,188
	NO_2	0,082	0,077	0,073	0,068	0,064	0,059	0,055	0,050	0,045	0,040	0,036	0,031
	NO_x	0,350	0,332	0,314	0,296	0,278	0,260	0,242	0,221	0,200	0,179	0,158	0,137
	PM_{10}	0,022	0,021	0,020	0,020	0,019	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017
	$PM_{2.5}$	0,010	0,009	0,009	0,008	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005
Snelweg 80 km/u (MSH)	CO	0,572	0,535	0,499	0,463	0,427	0,391	0,354	0,327	0,299	0,272	0,244	0,217
	NO_2	0,043	0,042	0,041	0,040	0,039	0,038	0,038	0,034	0,031	0,028	0,025	0,022
	NO_x	0,192	0,188	0,185	0,181	0,178	0,174	0,171	0,158	0,145	0,132	0,119	0,106
	PM_{10}	0,020	0,019	0,019	0,018	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	$PM_{2.5}$	0,008	0,008	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Snelweg 80 km/u (ZSH)	CO	0,542	0,506	0,471	0,435	0,399	0,363	0,327	0,301	0,275	0,249	0,222	0,196
	NO_2	0,053	0,051	0,050	0,048	0,046	0,045	0,043	0,040	0,036	0,032	0,029	0,025
	NO_x	0,229	0,223	0,217	0,211	0,204	0,198	0,192	0,177	0,161	0,146	0,131	0,116
	PM_{10}	0,020	0,020	0,019	0,019	0,018	0,018	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	$PM_{2.5}$	0,009	0,008	0,008	0,007	0,007	0,006	0,006	0,006	0,005	0,005	0,005	0,005
Snelweg file	CO	1,651	1,534	1,417	1,299	1,182	1,065	0,948	0,862	0,777	0,692	0,606	0,521
	NO_2	0,089	0,084	0,080	0,075	0,070	0,065	0,060	0,056	0,052	0,049	0,045	0,041
	NO_x	0,387	0,366	0,346	0,325	0,305	0,284	0,264	0,241	0,219	0,196	0,174	0,151
	PM_{10}	0,033	0,032	0,032	0,031	0,031	0,030	0,030	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029

	$PM_{2.5}$	0,011	0,010	0,010	0,009	0,009	0,008	0,008	0,008	0,007	0,007	0,007	0,007

B2. Vrachtauto's < 20 ton GVW en bussen (niet voor SRM1), factor in gram per kilometer

Wegtype	Stof	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Snelweg 100 km/u (MSH)	CO	0,671	0,650	0,628	0,607	0,586	0,565	0,544	0,543	0,543	0,543	0,543	0,542
	NO_2	0,317	0,306	0,295	0,284	0,273	0,262	0,251	0,251	0,250	0,250	0,249	0,249
	NO_x	2,299	2,076	1,853	1,630	1,407	1,184	0,960	0,957	0,954	0,951	0,948	0,944
	PM_{10}	0,098	0,095	0,093	0,091	0,088	0,086	0,084	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
	$PM_{2.5}$	0,037	0,035	0,032	0,030	0,028	0,026	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023
Snelweg 100 km/u (ZSH)	CO	0,671	0,650	0,628	0,607	0,586	0,565	0,544	0,543	0,543	0,543	0,543	0,542
	NO_2	0,317	0,306	0,295	0,284	0,273	0,262	0,251	0,251	0,250	0,250	0,249	0,249
	NO_x	2,299	2,076	1,853	1,630	1,407	1,184	0,960	0,957	0,954	0,951	0,948	0,944
	PM_{10}	0,098	0,095	0,093	0,091	0,088	0,086	0,084	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
	$PM_{2.5}$	0,037	0,035	0,032	0,030	0,028	0,026	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023
Snelweg 120 km/u	CO	0,671	0,650	0,628	0,607	0,586	0,565	0,544	0,543	0,543	0,543	0,543	0,542
	NO_2	0,317	0,306	0,295	0,284	0,273	0,262	0,251	0,251	0,250	0,250	0,249	0,249
	NO_x	2,299	2,076	1,853	1,630	1,407	1,184	0,960	0,957	0,954	0,951	0,948	0,944
	PM_{10}	0,098	0,095	0,093	0,091	0,088	0,086	0,084	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
	$PM_{2.5}$	0,037	0,035	0,032	0,030	0,028	0,026	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023
Snelweg 130 km/u	CO	0,671	0,650	0,628	0,607	0,586	0,565	0,544	0,543	0,543	0,543	0,543	0,542
	NO_2	0,317	0,306	0,295	0,284	0,273	0,262	0,251	0,251	0,250	0,250	0,249	0,249
	NO_x	2,299	2,076	1,853	1,630	1,407	1,184	0,960	0,957	0,954	0,951	0,948	0,944
	PM_{10}	0,098	0,095	0,093	0,091	0,088	0,086	0,084	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
	$PM_{2.5}$	0,037	0,035	0,032	0,030	0,028	0,026	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023
Snelweg 80 km/u (MSH)	CO	0,671	0,650	0,628	0,607	0,586	0,565	0,544	0,543	0,543	0,543	0,543	0,542
	NO_2	0,317	0,306	0,295	0,284	0,273	0,262	0,251	0,251	0,250	0,250	0,249	0,249
	NO_x	2,299	2,076	1,853	1,630	1,407	1,184	0,960	0,957	0,954	0,951	0,948	0,944
	PM_{10}	0,098	0,095	0,093	0,091	0,088	0,086	0,084	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
	$PM_{2.5}$	0,037	0,035	0,032	0,030	0,028	0,026	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023
Snelweg 80 km/u (ZSH)	CO	0,671	0,650	0,628	0,607	0,586	0,565	0,544	0,543	0,543	0,543	0,543	0,542
	NO_2	0,317	0,306	0,295	0,284	0,273	0,262	0,251	0,251	0,250	0,250	0,249	0,249
	NO_x	2,299	2,076	1,853	1,630	1,407	1,184	0,960	0,957	0,954	0,951	0,948	0,944

	PM_{10}	0,098	0,095	0,093	0,091	0,088	0,086	0,084	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
	$PM_{2.5}$	0,037	0,035	0,032	0,030	0,028	0,026	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023
Snelweg file	CO	1,501	1,422	1,344	1,266	1,187	1,109	1,031	1,029	1,028	1,027	1,026	1,025
	NO_2	1,204	1,260	1,317	1,373	1,429	1,486	1,542	1,540	1,537	1,535	1,533	1,531
	NO_x	6,109	5,872	5,635	5,397	5,160	4,923	4,685	4,677	4,669	4,661	4,653	4,645
	PM_{10}	0,186	0,178	0,169	0,161	0,153	0,145	0,136	0,136	0,136	0,136	0,136	0,135
	$PM_{2.5}$	0,090	0,082	0,074	0,067	0,059	0,051	0,044	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043

B3. Vrachtauto's > 20 ton GVW en trekkers, factor in gram per kilometer

Wegtype	**Stof**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**	**2026**	**2027**	**2028**	**2029**	**2030**
Snelweg 100 km/u (MSH)	CO	0,489	0,454	0,419	0,384	0,350	0,315	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280
	NO_2	0,491	0,491	0,490	0,490	0,489	0,489	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488
	NO_x	2,335	2,177	2,020	1,862	1,705	1,548	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390
	PM_{10}	0,085	0,084	0,083	0,082	0,081	0,080	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
	$PM_{2.5}$	0,029	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Snelweg 100 km/u (ZSH)	CO	0,489	0,454	0,419	0,384	0,350	0,315	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280
	NO_2	0,491	0,491	0,490	0,490	0,489	0,489	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488
	NO_x	2,335	2,177	2,020	1,862	1,705	1,548	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390
	PM_{10}	0,085	0,084	0,083	0,082	0,081	0,080	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
	$PM_{2.5}$	0,029	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Snelweg 120 km/u	CO	0,489	0,454	0,419	0,384	0,350	0,315	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280
	NO_2	0,491	0,491	0,490	0,490	0,489	0,489	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488
	NO_x	2,335	2,177	2,020	1,862	1,705	1,548	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390
	PM_{10}	0,085	0,084	0,083	0,082	0,081	0,080	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
	$PM_{2.5}$	0,029	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Snelweg 130 km/u	CO	0,489	0,454	0,419	0,384	0,350	0,315	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280
	NO_2	0,491	0,491	0,490	0,490	0,489	0,489	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488
	NO_x	2,335	2,177	2,020	1,862	1,705	1,548	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390
	PM_{10}	0,085	0,084	0,083	0,082	0,081	0,080	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
	$PM_{2.5}$	0,029	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Snelweg 80 km/u (MSH)	CO	0,489	0,454	0,419	0,384	0,350	0,315	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280
	NO_2	0,491	0,491	0,490	0,490	0,489	0,489	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488

	NO_x	2,335	2,177	2,020	1,862	1,705	1,548	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390
	PM_{10}	0,085	0,084	0,083	0,082	0,081	0,080	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
	$PM_{2.5}$	0,029	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Snelweg 80 km/u (ZSH)	CO	0,489	0,454	0,419	0,384	0,350	0,315	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280	0,280
	NO_2	0,491	0,491	0,490	0,490	0,489	0,489	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488	0,488
	NO_x	2,335	2,177	2,020	1,862	1,705	1,548	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390	1,390
	PM_{10}	0,085	0,084	0,083	0,082	0,081	0,080	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079	0,079
	$PM_{2.5}$	0,029	0,027	0,026	0,025	0,024	0,023	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022
Snelweg file	CO	1,216	1,102	0,989	0,876	0,763	0,649	0,536	0,536	0,536	0,536	0,536	0,536
	NO_2	1,841	1,877	1,913	1,949	1,984	2,020	2,056	2,056	2,056	2,056	2,056	2,056
	NO_x	7,592	7,286	6,981	6,676	6,370	6,065	5,760	5,760	5,760	5,760	5,760	5,760
	PM_{10}	0,171	0,168	0,165	0,163	0,160	0,157	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154	0,154
	$PM_{2.5}$	0,078	0,075	0,072	0,069	0,066	0,063	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061

Bijlage XXII [Vervallen]

Bijlage XXIII. (zeezoutcorrectie)

A. Aftrek van aantal overschrijdingen per kalenderjaar van de 24-uurgemiddelde concentratie PM_{10}

Provincie	Aftrek aantal overschrijdingen per kalenderjaar
Drenthe	2
Flevoland	3
Friesland	3
Gelderland	2
Groningen	2
Limburg	2
Noord-Brabant	2
Noord-Holland	4
Overijssel	2
Utrecht	3
Zeeland	3
Zuid-Holland	4

B. Aftrek van kalenderjaargemiddelde concentratie PM_{10}

Gemeente	Aftrek in aantal $\mu g/m^3$
Aa en Hunze	2
Aalburg	2
Aalsmeer	3
Aalten	1
Achtkarspelen	3
Alblasserdam	2
Albrandswaard	3

Alkmaar	4
Almelo	2
Almere	2
Alphen aan den Rijn	3
Alphen-Chaam	2
Ameland	5
Amersfoort	2
Amstelveen	3
Amsterdam	3
Apeldoorn	2
Appingedam	3
Arnhem	2
Assen	2
Asten	1
Baarle-Nassau	2
Baarn	2
Barendrecht	2
Barneveld	2
Bedum	3
Beek	1
Beekdaelen	1
Beemster	3
Beesel	1
Bellingwedde	2

Berg en Dal	1
Bergeijk	1
Bergen L	1
Bergen NH	4
Bergen op Zoom	2
Berkelland	1
Bernheze	2
Best	2
Beuningen	2
Beverwijk	4
Binnenmaas	2
Bladel	1
Blaricum	2
Bloemendaal	4
Bodegraven-Reeuwijk	2
Boekel	1
Borger – Odoorn	2
Borne	2
Borsele	3
Boskoop	3
Boxmeer	1
Boxtel	2
Breda	2
Brielle	3

Bronckhorst	2
Brummen	2
Brunssum	1
Bunnik	2
Bunschoten	2
Buren	2
Capelle a/ d IJssel	2
Castricum	4
Coevorden	2
Cranendonck	1
Cromstrijen	3
Cuijk	2
Culemborg	2
Dalfsen	2
Dantumadiel	3
De Bilt	2
De Fryske Marren	3
De Marne	3
De Ronde Venen	3
De Wolden	2
Delft	3
Delfzijl	3
Den Helder	5
Deurne	1

Deventer	2
Diemen	3
Dinkelland	2
Doesburg	2
Doetinchem	1
Dongen	2
Dongeradeel	3
Dordrecht	2
Drechterland	3
Drimmelen	2
Dronten	2
Druten	2
Duiven	2
Echt-Susteren	1
Edam-Volendam	3
Ede	2
Eemnes	2
Eemsmond	3
Eersel	1
Eijsden-Margraten	1
Eindhoven	1
Elburg	2
Emmen	2
Enkhuizen	3

Enschede	1
Epe	2
Ermelo	2
Etten-Leur	2
Ferwerderadiel	3
Franekeradeel	3
Geertruidenberg	2
Geldrop-Mierlo	1
Gemert-Bakel	1
Gennep	1
Giessenlanden	2
Gilze en Rijen	2
Goeree Overflakkee	3
Goes	3
Goirle	2
Gooise Meren	2
Gorinchem	2
Gouda	3
Grave	2
Groningen	2
Grootegast	3
Gulpen-Wittem	1
Haaksbergen	1
Haaren	2

Haarlem	3
Haarlemmermeer	3
Halderberge	2
Hardenberg	2
Harderwijk	2
Hardinxveld-Giessendam	2
Haren	2
Harlingen	3
Hattem	2
Heemskerk	4
Heemstede	4
Heerde	2
Heerenveen	2
Heerhugowaard	3
Heerlen	1
Heeze-Leende	1
Heiloo	4
Hellendoorn	2
Hellevoetsluis	3
Helmond	1
Hendrik-Ido-Ambacht	2
Hengelo Ov	1
het Bildt	3
Heumen	2

Heusden	2
Hillegom	3
Hilvarenbeek	2
Hilversum	2
Hof van Twente	2
Hollandse Kroon	3
Hoogeveen	2
Hoogezand-Sappemeer	2
Hoorn	3
Horst aan de Maas	1
Houten	2
Huizen	2
Hulst	2
IJsselstein	2
Kaag en Braasem	3
Kampen	2
Kapelle	3
Katwijk	4
Kerkrade	1
Koggenland	3
Kollumerland en Nieuwkruisland	3
Korendijk	3
Krimpen aan den IJssel	2
Krimpenerwaard	2

Laarbeek	1
Landerd	2
Landgraaf	1
Landsmeer	3
Langedijk	4
Lansingerland	3
Laren	2
Leek	2
Leerdam	2
Leeuwarden	3
Leeuwarderadeel	3
Leiden	3
Leiderdorp	3
Leidschendam-Voorburg	3
Lelystad	2
Leudal	1
Leusden	2
Lingewaard	2
Lisse	3
Littenseradiel	3
Lochem	2
Loon op Zand	2
Lopik	2
Loppersum	3

Losser	1
Maasdriel	2
Maasgouw	1
Maassluis	3
Maastricht	1
Marum	3
Medemblik	3
Meerssen	1
Menameradeel	3
Menterwolde	2
Meppel	2
Middelburg	3
Middelharnis	3
Midden-Delfland	3
Midden-Drenthe	2
Mill en Sint Hubert	1
Moerdijk	2
Molenwaard	2
Montferland	1
Montfoort	2
Mook en Middelaar	1
Neder-Betuwe	2
Nederweert	1
Nieuwegein	2

Nieuwkoop	3
Nijkerk	2
Nijmegen	2
Nissewaard	3
Noord-Beveland	3
Noordenveld	2
Noordoostpolder	2
Noordwijk	4
Noordwijkerhout	4
Nuenen c.a.	1
Nunspeet	2
Oegstgeest	3
Oirschot	2
Oisterwijk	2
Oldambt	2
Oldebroek	2
Oldenzaal	1
Olst-Wijhe	2
Ommen	2
Oost Gelre	1
Oosterhout	2
Ooststellingwerf	2
Oostzaan	3
Opmeer	3

Opsterland	2
Oss	2
Oud-Beijerland	3
Oude IJsselstreek	1
Ouder-Amstel	3
Oudewater	2
Overbetuwe	2
Papendrecht	2
Peel en Maas	1
Pekela	2
Pijnacker-Nootdorp	3
Purmerend	3
Putten	2
Raalte	2
Reimerswaal	3
Renkum	2
Renswoude	2
Reusel-De Mierden	2
Rheden	2
Rhenen	2
Ridderkerk	2
Rijnwaarden	2
Rijssen-Holten	2
Rijswijk	3

Roerdalen	1
Roermond	1
Roosendaal	2
Rotterdam	3
Rozendaal	2
Rucphen	2
Schagen	4
Scherpenzeel	2
Schiedam	3
Schiermonnikoog	5
Schijndel	2
Schouwen-Duiveland	4
’s-Gravenhage	3
’s-Hertogenbosch	2
Simpelveld	1
Sint Anthonis	1
Sint Michielsgestel	2
Sint-Oedenrode	2
Sittard-Geleen	1
Sliedrecht	2
Slochteren	2
Sluis	3
Smallingerland	3
Soest	2

Someren	1
Son en Breugel	1
Stadskanaal	2
Staphorst	2
Stede Broec	3
Steenbergen	2
Steenwijkerland	2
Stein	1
Stichtste Vecht	2
Strijen	2
Sudwest Fryslan	3
Ten Boer	3
Terneuzen	2
Terschelling	5
Texel	5
Teylingen	3
Tholen	3
Tiel	2
Tilburg	2
Tubbergen	2
Twenterand	2
Tynaarlo	2
Tytsjerksteradiel	3
Uden	2

Uitgeest	4
Uithoorn	3
Urk	2
Utrecht	2
Utrechtse Heuvelrug	2
Vaals	1
Valkenburg aan de Geul	1
Valkenswaard	1
Veendam	2
Veenendaal	2
Veere	4
Veghel	2
Veldhoven	1
Velsen	4
Venlo	1
Venray	1
Vianen	2
Vlaardingen	3
Vlagtwedde	2
Vlieland	6
Vlissingen	3
Voerendaal	1
Voorschoten	3
Voorst	2

Vught	2
Waalre	1
Waalwijk	2
Waddinxveen	3
Wageningen	2
Wassenaar	4
Waterland	3
Weert	1
Weesp	2
Werkendam	2
West Betuwe	2
West Maas en Waal	2
Westerveld	2
Westervoort	2
Westland	3
Weststellingwerf	2
Westvoorne	4
Wierden	2
Wijchen	2
Wijdemeren	2
Wijk bij Duurstede	2
Winsum	3
Winterswijk	1
Woensdrecht	2

Woerden	2
Wormerland	3
Woudenberg	2
Woudrichem	2
Zaanstad	3
Zaltbommel	2
Zandvoort	4
Zederik	2
Zeewolde	2
Zeist	2
Zevenaar	2
Zoetermeer	3
Zoeterwoude	3
Zuidhorn	3
Zuidplas	3
Zundert	2
Zutphen	2
Zwartewaterland	2
Zwijndrecht	2
Zwolle	2

Bijlage XXIV (Meet – en rekenvoorschrift begrensde gebiedsontwikkelingruimte (waterveiligheid))

Meet- en rekenvoorschrift begrensde gebiedsontwikkelruimte Maasvallei (waterveiligheid)
Aan de hand van dit reken- en meetvoorschrift wordt berekend in hoeverre het bergend volume van een gebied met begrensde gebiedsontwikkelruimte kan afnemen als gevolg van:

1) alle bouwmogelijkheden die het omgevingsplan bevat, met uitzondering van bouwmogelijkheden met een bruto-vloeroppervlakte van ten hoogste 5 m² en bouwwerken die niet geheel met wanden zijn omsloten;
2) alle mogelijkheden die het omgevingsplan biedt voor het werk van ophogen van gronden ten opzichte van de hoogte van de gronden op de referentiedatum, met uitzondering van het ophogen van gronden met hoogste 10 m³ grond;
3) alle mogelijkheden die het omgevingsplan biedt voor overige werken, waaronder de aanleg van compartimenterende kades of waterkeringen.

Deze berekende afname wordt getoetst aan de grens die voor het betreffende gebied is opgenomen in artikel 5.47a, eerste lid, van het Bkl.

1) Bepaling nat volume bouwmogelijkheid
Van elke bouwmogelijkheid die het omgevingsplan biedt wordt het zogenaamde natte volume bepaald, met uitzondering van de hiervoor genoemde bouwmogelijkheden met een bruto vloeroppervlakte van ten hoogste 5 m² en bouwwerken die niet geheel met wanden zijn omsloten.

Er wordt hierbij geen onderscheid gemaakt tussen al gerealiseerde bouwmogelijkheden en nog niet gerealiseerde bouwmogelijkheden. Bij het vaststellen van de volumegrens is namelijk al onderzocht wat het ‘natte’ volume is van de bouwwerken die aanwezig waren op de referentiedatum. Dat volume is bij het berekende 1% netto bergende volume opgeteld en die som is als volumegrens vastgelegd. Hierdoor hoeft niet bij elke wijziging van het omgevingsplan te worden onderzocht wat nieuw is ten opzichte van de feitelijk bestaande situatie op de referentiedatum. Er kan dan worden volstaan met het bepalen van het natte volume van alle bouwmogelijkheden die het omgevingsplan biedt.

Het natte volume [m^3] wordt berekend volgens de formule:

toegestane bruto-vloeroppervlakte begane grond op basis van omgevingsplan [m2] x lokale overstromingsdiepte [m]

waarbij wordt verstaan onder:
lokale overstromingsdiepte: het verschil tussen de gemiddelde maaiveldhoogte van het bruto vloeroppervlak van de bouwmogelijkheid en het horizontale waterstandvlak gebaseerd op het laagste punt van de kruin van de primaire kering in het gebied.

Bij het berekenen van het natte volume wordt uitgegaan van de fictie dat alle bouwwerken die gerealiseerd kunnen worden op basis van de bouwmogelijkheden ‘waterdicht’ zijn. Daarnaast wordt als uitgangspunt gehanteerd dat alleen het deel van het bouwwerk tussen het lokale maaiveld en het waterstandvlak bijdraagt aan het verlies van waterbergend volume. Aangenomen wordt dat in het geval de primaire waterkering overstroomt, het waterpeil in het gebied maximaal gelijk wordt aan het laagste punt van de kruin van de primaire waterkering die het gebied beschermt. Hierbij wordt uitgegaan van de situatie na afronding van de lopende versterking van deze kering in het kader van het Hoogwaterbeschermingsprogramma.

Het horizontale waterstandsvlak (en laagste punt van de kruin van de primaire waterkering) is:

a. 13,60 m boven NAP voor Lob van Gennep; en
b. 24,10 m boven NAP voor Thorn-Wessem.

Het bruto-vloeroppervlakte van de begane grond wordt berekend conform NEN 2580.

2) Bepaling nat volume ophogingen van gronden (grondlichamen)
Ook van elke mogelijkheid die het omgevingsplan biedt – met uitzondering van het ophogen van gronden met hoogste 10 m³ grond – tot het ophogen van terreinen met grond moet het natte volume bepaald worden.

Te denken valt aan bijvoorbeeld taluds van wegen en spoorwegen, waterkeringen, ophogingen van bedrijfsterreinen, ophoging van woningkavel, landhoofd van brug, et cetera.

Het natte volume [m^3] van de grondophoging wordt bepaald, op basis van lengte [m] x breedte [m] x hoogte [m]. Hierbij gaat het uitsluitend om het grondvolume dat zich bevindt tussen de maaiveldhoogte of waterpeil (in geval van sloot of plas die gedempt wordt) ten tijde van de referentiedatum en het horizontale waterstandvlak gebaseerd op het laagste punt van de kruin van de primaire kering.

3) Bepaling nat volume overige werken, waaronder afgeschermd gebied (achter compartimenterende kades of waterkeringen)
Door de aanleg van compartimenterende kades of waterkeringen kan een deel van het gebied met een begrensde gebiedsontwikkelruimte afgeschermd worden van de rest en kan waterbergend volume verloren gaan.

Het verlies aan bergend volume [m^3] als gevolg van deze werken wordt berekend volgens de formule:
toegestane grondoppervlak van het compartiment op basis van omgevingsplan [m2] x lokale overstromingsdiepte [m]

De lokale overstromingsdiepte is het verschil tussen de gemiddelde maaiveldhoogte ter plaatse van de mogelijkheid tot aanleg van het werk en het horizontale waterstandvlak gebaseerd op het laagste punt van de kruin van de primaire kering.

Bijlage XXV [Vervallen]

Bijlage XXVI [Vervallen]

Bijlage XXVII [Vervallen]

Bijlage XXVIII [Vervallen]

Bijlage XXIX [Vervallen]

Bijlage XXX [Vervallen]

Bijlage XXXI. (bemonsteren en analyseren bij het op of in de bodem brengen van zuiveringsslib)

1. Bemonstering van de bodem

In deze bijlage wordt verstaan onder:

homogeen perceel: perceel bouwland of grasland waar zowel het gehalte aan organische stof als het gehalte aan lutum tussen de bodemmonsters niet meer verschilt dan 5%-punten;

niet-homogeen perceel: perceel bouwland of grasland waar zowel het gehalte aan organische stof als het gehalte aan lutum tussen de bodemmonsters meer verschilt dan 5%-punten.

Bemonsteren van een perceel

Grootte (in ha)	Type perceel	Onderverdeling in deelpercelen met homogene samenstelling	Minimum aantal inzendmonsters	Minimum gewicht inzendmonster (in g)	Bemonsteringsdiepte (in cm)
0 tot 1	Zowel homogeen als niet-homogeen	N.v.t.	1 per perceel	500	25
1 tot 3	Homogeen	N.v.t.	1 per perceel	500	25
1 tot 3	Niet homogeen	Ja	1 per deelperceel	500	25
3 en meer	Niet homogeen	Ja met een deelperceel van ten hoogste 3 ha.	1 per deelperceel	500	25

De monsters worden verzameld met een gutsboor. De gutsboor heeft een diameter van 22 mm en is volledig met grond gevuld.

De monsters worden verzameld in schone opvangvaten of opvangzakken die zijn vervaardigd uit of bekleed met polyethyleen.

Een inzendmonster bestaat uit 40 steken met de gutsboor. Deze worden systematisch genomen door in zig-zag gangen over het perceel te gaan, zodanig dat elk gedeelte van de te bemonsteren oppervlakte een gelijke kans heeft om in het inzendmonster te worden opgenomen. De kanten van het perceel en grove onregelmatigheden in het perceel (slootwallen, diepe greppels, melkplaatsen) worden niet bemonsterd. Op de monsterneming is NEN 5742 van toepassing.

2. Analyse van de bodemmonsters

Op het voorbehandelen van het inzendmonster is NEN-EN 16179 van toepassing.

Op de monsterontsluiting voor de analyse op cadmium, chroom, koper, nikkel, lood, zink en arseen is NEN 6961 van toepassing en op de monsteranalyse hiervan is NEN 6965 van toepassing.

Op de monsterontsluiting en op de monsteranalyse op kwik is NEN-ISO 16772 van toepassing.

Op het bepalen van het droge-stofgehalte is NEN-EN 15934 van toepassing.

Op het bepalen van het organische-stofgehalte is NEN 5754 van toepassing.

Op het bepalen van het lutumgehalte is NEN 5753 van toepassing.

Bijlage XXXII. (modellen omgevingsvergunning voor een jachtgeweeractiviteit en omgevingsvergunning voor een valkeniersactiviteit)

1. Het model, bedoeld in artikel 9.37, tweede lid:

Pasfoto te stempelen

KONINKRIJK DER NEDERLANDEN

Omgevingsvergunning voor een jachtgeweeractiviteit

Als bedoeld in artikel 5.1, eerste lid, aanhef en onder f, van de Omgevingswet, of artikel 5.1, eerste lid, aanhef en onder f, van de Omgevingswet in samenhang met artikel 8.74u van het Besluit kwaliteit leefomgeving en artikel 10.23, vijfde lid, van het Omgevingsbesluit

MUNITIE
De overeenkomstig het bepaalde in artikelen 11.79, zesde lid, en 11.80 van het Besluit activiteiten leefomgeving te bezigen munitie

Type omgevingsvergunning: Duplicaat:
[ ] hoofd omgevingsvergunning artikel 5.1, eerste lid, onder f, Ow [ ]
[ ] logeer omgevingsvergunning artikelen 5.1, eerste lid, onder f, Ow [ ]
in samenhang met 8.74u Bkl en 10.23, vijfde lid, Ob
(aankruisen wat van toepassing is)

Algemene bepalingen
Deze omgevingsvergunning wordt geldig door plaatsing van de handtekening van de houder en een stempel met handtekening van de politie.
Deze omgevingsvergunning blijft het eigendom van de Staat der Nederlanden

Datum geldig van.....
t.e.m. .....
Leges € .....

Stempel en handtekening korpschef

Naam :
voorletters :
Adres :
Postcode :
Woonplaats :
Geboortedatum :
Vergunningsnummer:

Omgevingsvergunning opnieuw verleend
op: .....
Datum geldig van.....
t.e.m. .....
Leges €.....

Stempel en handtekening korpschef

Omgevingsvergunning opnieuw verleend
op: .....
Datum geldig van.....
t.e.m. .....
Leges €.....

Stempel en handtekening korpschef

Omgevingsvergunning opnieuw verleend
op: .....
Datum geldig van.....
t.e.m. .....
Leges €.....

Stempel en handtekening korpschef

Omgevingsvergunning opnieuw verleend
op: .....
Datum geldig van.....
t.e.m. .....
Leges €.....

Stempel en handtekening korpschef

Beperkingen

Het vervoer van de op de bijlage bij deze omgevingsvergunning vermelde vuurwapens is beperkt tot het vervoeren tussen de woning en plaatsen waar de houder van deze omgevingsvergunning bevoegd is tot jagen, of plaatsen waar hij uit andere hoofde bevoegd is de vuurwapens te gebruiken, de erkende wapenhandelaar of (na daaraan voorafgaand verzoek of toestemming van de zijde van de politie) naar het bureau van politie, langs de weg en binnen het tijdsbestek welke daar redelijkerwijze voor zijn geboden.

Voorschriften

1. Het is de houder van een omgevingsvergunning voor een jachtgeweeractiviteit verboden een geweer te dragen op gronden waarop hij niet tot het gebruik van een geweer bevoegd is.
2. Tijdens het vervoer dienen wapen en munitie zodanig te zijn ingepakt dat deze niet voor onmiddellijk gebruik kunnen worden aangewend.
3. Het wapen dient ontladen en ontspannen te zijn. In een eventueel aanwezige patroonhouder mogen zich geen patronen bevinden.
4. Het wapen en de munitie worden niet onbeheerd in een vervoermiddel achtergelaten.
5. Het wapen en de bijbehorende munitie worden bewaard in afzonderlijke deugdelijk gesloten en voor onbevoegden niet gemakkelijk bereikbare bergplaatsen.
6. De houder dient bij verhuizing deze omgevingsvergunning onverwijld ter wijziging aan te bieden aan de politiechef van de eenheid van zijn (nieuwe) woonplaats en de verhuizing kenbaar te maken bij de politiechef van de eenheid van zijn vorige woonplaats.
7. Een bruikleenwapen dient op de dag van gebruik door de lener bij de eigenaar te worden opgehaald en direct na gebruik dezelfde dag te worden teruggebracht voor opslag bij de eigenaar.

N.B.

Onverminderd de bepalingen van de Omgevingswet zal bij misbruik van deze vergunning dan wel van een wapen of munitie, waaronder mede te verstaan het niet betrachten van uiterste voorzichtigheid en zorg bij het omgaan met het wapen en de munitie, deze vergunning onverwijld worden ingetrokken.

Bijlage

Bij een omgevingsvergunning voor een jachtgeweeractiviteit

Verleend aan:

Naam	:
voorletters	:
Adres	:
Postcode	:
Woonplaats	:
Geboortedatum	:
Vergunningsnummer	:

Handtekening houder: Handtekening korpschef:

Omschrijving van het geweer / de geweren en munitie

2. Het model, bedoeld in artikel 9.38:

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Omgevingsvergunning voor een valkeniersactiviteit

Artikel 5.1, eerste lid, aanhef en onder g, van de Omgevingswet

pasfoto

Naam

Adres

Geboortedatum

Geboorteplaats

Vergunningnummer

Geldig van **tot en met**

Uitgegeven door
De Staatssecretaris van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, namens deze:

Teammanager Beschermde soorten en dierenwelzijn Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Den Haag

Handtekening vergunninghouder

Voorschriften vergunning

- Deze vergunning is strikt persoonlijk
- De vergunning houder is verplicht deze vergunning op verzoek te tonen aan een bevoegd controleur of opsporingsambtenaar

~~2. Het model, bedoeld in artikel 9.38:~~

Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Omgevingsvergunning voor een valkeniersactiviteit

Artikel 5.1, eerste lid, aanhef en onder g, van de Omgevingswet

pasfoto

Naam

Adres

Geboortedatum

Geboorteplaats

Vergunningnummer

Geldig van **tot en met**

Uitgegeven door
De Minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, namens deze:

Teammanager Vergunningen Natuur
Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

Den Haag

Handtekening vergunninghouder

Voorschriften vergunning

- Deze vergunning is strikt persoonlijk
- De vergunning houder is verplicht deze vergunning op verzoek te tonen aan een bevoegd controleur of opsporingsambtenaar

Bijlage XXXIIa. (Procedure beoordeling primaire waterkeringen)

Inhoud

1 Inleiding
1.1 Wettelijk kader: systematiek monitoring en beoordeling primaire waterkeringen
1.2 De omgevingsregeling
1.3 Leeswijzer
2 De beoordeling op hoofdlijnen
2.1 Planning van de beoordeling
2.2 De beoordeling van een dijktraject op hoofdlijnen
2.2.1. Voorbereiding
2.2.2. Uitvoering
2.2.3. Rapportage
3 Voorbereiding
3.1 De voorbereidingsfase
3.2 Het opstellen van het verhaal van de kering
3.3 Het selecteren van de relevante faalmechanismen
3.4 Het opstellen van het plan van aanpak
4 Uitvoering
4.1 De uitvoeringsfase
4.2 De analyse van de relevante faalmechanismen
4.3 Het inrichten van een werkatelier
4.4 Selectie dominante faalpaden en aanpak nadere analyse
4.5 De analyse van de dominante faalpaden
4.6 De bepaling van de overstromings- of faalkans
4.7 Het opstellen van het veiligheidsoordeel
5 Rapportage
5.1 De beoordelingsrapportage
5.2 De informatie in de beoordelingsrapportage
5.2.1. Het resultaat: de overstromings- of faalkans en het veiligheidsoordeel
5.2.2. De duiding van het resultaat
5.2.3. Een overzicht van de te treffen voorzieningen
5.3 Logboek
6 Kwaliteitsborging
6.1 Inleiding
6.2 Relevante aspecten: kwaliteitsdimensies
6.3 Kennis en instrumenten
7 Overige bepalingen
7.1 Voorlopig oordeel
7.2 Omgaan met nieuwe kennis
7.3 Versterkingsprojecten
7.4 Recent opgeleverde projecten
7.5 Waterkeringen in het buitenland
Addenda
Begrippenlijst
Afkortingen
Schematische weergave beoordelingsproces

1. Inleiding

1.1. Wettelijk kader: systematiek monitoring en beoordeling primaire waterkeringen

Met het in werking treden van de Omgevingswet en het Besluit kwaliteit leefomgeving, worden de omgevingswaarden van dijktrajecten en de ‘andere parameters voor de signalering over de veiligheid van een dijktraject’ (hierna: signaleringsparameters), opgenomen in het Besluit kwaliteit leefomgeving, van kracht. Deze komen overheen met de waarden die in 2017 in de Waterwet zijn vastgelegd voor de ondergrens en signaleringswaarde van de dijktrajecten.

De Omgevingswet gaat over de fysieke leefomgeving, waar de primaire waterkeringen deel van uitmaken. Omgevingswaarden leggen de gewenste kwaliteit die de overheid wil bereiken voor de

fysieke leefomgeving of een onderdeel daarvan vast. Voor de primaire waterkeringen is de omgevingswaarde vastgelegd in de vorm van een overstromingskans of faalkans. Een overstromingskans betreft de kans per jaar dat een overstroming optreedt in een dijktraject. De faalkans wordt gebruikt in die gevallen dat het falen van een dijktraject niet direct leidt tot een overstroming, maar tot een verhoging van de belasting op de achterliggende keringen.

Door monitoring wordt bewaakt dat de primaire waterkeringen voldoen aan de omgevingswaarde. Monitoring vindt plaats door met metingen, berekeningen en modellen de overstromingskans dan wel faalkans te bepalen van een dijktraject in de actuele toestand. Artikel 2.15, vierde lid, van de Omgevingswet bepaalt dat bij ministeriële regeling nadere regels worden gesteld voor de uitvoering van de monitoring.

De metingen, berekeningen en modellen die worden ingezet om de overstromings- of faalkans te bepalen zijn voor elk dijktraject anders. Dit is afhankelijk van de lokale situatie (belasting, type keringen en de samenstelling en opbouw van de ondergrond) die bepaalt welke faalmechanismen bijdragen aan de overstromingskans en welke modellen toepasbaar zijn.

De overstromings- of faalkans is geen statische waarde, maar verandert in de tijd. Door klimaatverandering, bodemdaling en veroudering. Ook beleidswijzigingen, zoals de afvoerverdeling of het al dan niet treffen van noodmaatregelen in Duitsland, kunnen de overstromings- of faalkans beïnvloeden. Daarnaast leidt de ontwikkeling van nieuwe kennis over het gedrag van de kering tot andere inzichten in de overstromings- of faalkans. Tot slot kunnen ook veranderingen in het watersysteem of de kering zelf zorgen voor een aanpassing in de overstromings- of faalkans.

Het monitoren van de omgevingswaarde is daarmee een continu proces dat zowel bestaat uit het rekenkundig bepalen van de overstromings- of faalkans als het bepalen van de impact van veranderingen op de berekende overstromings- of faalkans en indien nodig aanpassen van de rekenkundig bepaalde kans.

Het rekenkundig bepalen van de overstromings- of faalkans van een dijktraject wordt de beoordeling genoemd. Om deze reden wordt naast het begrip ‘monitoring’ ook het begrip ‘beoordeling’ gebruikt, als het gaat om primaire waterkeringen. Deze beoordeling wordt ten minste eenmaal per twaalf jaar uitgevoerd volgens de regels die worden gesteld in de Omgevingsregeling en de bijlagen XXXIIA en XXXIIB bij die regeling. De beoordeling – of delen daarvan – wordt vaker uitgevoerd als de waargenomen veranderingen daartoe aanleiding geven.

De resultaten van de beoordeling legt de keringbeheerder van de primaire waterkering vast in de beoordelingsrapportage. Het bepalen van de impact van veranderingen is onderdeel van de taken die de keringbeheerder volgens de algemene zorgplicht heeft onder de Omgevingswet. Voor de invulling hiervan hebben de keringbeheerders en het Rijk afspraken gemaakt en vastgelegd in het Kader Zorgplicht primaire waterkeringen (hierna: Kader Zorgplicht).

De keringbeheerder van een primaire waterkering stelt elke twaalf jaar een verslag op over de algemene waterstaatkundige toestand van de primaire waterkeringen (artikel 11.15 van het Besluit kwaliteit leefomgeving). Onderdeel van dit verslag zijn de resultaten van de monitoring, inclusief de beoordelingsrapportage. Als blijkt dat niet wordt voldaan of zal worden voldaan aan de omgevingswaarde, wordt in het verslag ook een omschrijving opgenomen van de maatregelen die op een daarbij aangegeven termijn nodig worden geacht.

Op basis van het Kader Zorgplicht wordt door de keringbeheerder jaarlijks een veiligheidsrapportage primaire waterkeringen[1] (hierna: veiligheidsrapportage) opgesteld die actuele informatie bevat over de veiligheid die de primaire keringen bieden tegen overstromingen in het beheergebied van de keringbeheerder. De veiligheidsrapportage geeft een actueel en integraal veiligheidsbeeld van de waterkeringen in het beheergebied van de keringbeheerder en bevat onder andere de resultaten van de beoordeling van de dijktrajecten, de actualiteit daarvan, de veiligheidsopgave en de maatregelen die vanuit de zorg voor de primaire waterkeringen worden uitgevoerd.

[1] De afspraken over de veiligheidsrapportage worden opgenomen in het Kader Zorgplicht primaire waterkeringen.

Tabel 1.1: Omgevingswaarden veiligheid primaire waterkeringen per dijktraject

Type	Omgevingswaarden. Beschrijving in artikel 2.0c van Besluit kwaliteit

	leefomgeving
Maximaal toelaatbare overstromingskans per jaar van een dijktraject.	1. Voor dijktrajecten als bedoeld in bijlage II, onder A, geldt de ten hoogste toelaatbare kans per jaar op verlies van waterkerend vermogen, waardoor het door het dijktraject beschermde gebied overstroomt op een zodanige wijze en in zodanige mate dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade, bedoeld in bijlage II[1] , onder B, kolom 1.
Maximaal toelaatbare faalkans per jaar voor het falen van de voorliggende waterkering.	2. In afwijking van het eerste lid geldt voor de dijktrajecten 201, 204a, 204b, 205, 206, 208 tot en met 212, 214 tot en met 219 en 222 tot en met 227 de ten hoogste toelaatbare kans per jaar op verlies van waterkerend vermogen, waardoor de hydraulische belasting op een achterliggend dijktraject substantieel wordt verhoogd, bedoeld in bijlage II, onder B, kolom 2.
Maximaal toelaatbare overstromingskans per keer dat het dijktraject, die onder normale omstandigheden geen hydraulische belasting ondervindt, hydraulisch wordt belast. *Dit betreft alleen dijktraject 16-5 (Diefdijk).*	3. In afwijking van het eerste lid geldt voor dijktraject 16-5 de ten hoogste toelaatbare kans op verlies van waterkerend vermogen, waardoor het door het dijktraject beschermde gebied overstroomt op zodanige wijze en in zodanige mate dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade per keer dat het een hydraulische belasting ondervindt door het overstromen van het gebied dat door een voorliggend dijktraject beschermd is, bedoeld in bijlage II, onder B, kolom 3.
Maximaal toelaatbare overstromingskans per keer dat de afvoer- of bergingscapaciteit van een watersysteem wordt vergroot. *Het betreft een aanvullende omgevingswaarde bij inzet van bergings- of afvoermaatregelen.*	4. Voor de dijktrajecten 25-3, 27-3, 27-4, 31-3, 33-1, 34-3, 34-4 en 34-5 geldt ook de ten hoogste toelaatbare kans op verlies van waterkerend vermogen, waardoor het door het dijktraject beschermde gebied overstroomt op een zodanige wijze en in zodanige mate dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade per keer dat een toename van hydraulische belasting optreedt door een maatregel gericht op het vergroten van de afvoer – of bergingscapaciteit van een watersysteem, bedoeld in bijlage II, onder B, kolom 4.
Maximaal toelaatbare kans op niet-sluiten per keer dat sluiting van een stormvloedkering noodzakelijk is. *Het betreft een aanvullende omgevingswaarde.*	5. Voor de dijktrajecten 208 tot en met 210 en 225 geldt ook de ten hoogste toelaatbare kans op niet-sluiten van de stormvloedkering per keer dat het noodzakelijk is die te sluiten, bedoeld in bijlage II, onder B, kolom 5.

[1] Bijlage II bij het Besluit kwaliteit leefomgeving.

1.2. De Omgevingsregeling

De Omgevingsregeling verwijst naar twee bijlagen waarin de nadere regels over de uitvoering van de beoordeling zijn opgenomen:

Bijlage XXXIIA Procedure beoordeling primaire waterkeringen
(hierna: bijlage XXXIIA (Procedure beoordeling))

Deze bijlage beschrijft de te volgen procedure in de beoordeling van een dijktraject en bevat de eisen die worden gesteld aan de rapportage.

Bijlage XXXIIB Randvoorwaarden beoordeling primaire waterkeringen
(hierna: bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling)).

Deze bijlage beschrijft de randvoorwaarden voor het bepalen van de overstromings- of faalkans van een dijktraject.

De Omgevingswet, artikel 2.15, vijfde lid, bepaalt dat deze nadere regels steeds na ten hoogste twaalf jaar worden herzien. De regels uit deze bijlage en bijlage XXXIIB hebben betrekking op de tweede landelijke beoordeling op basis van overstromingskansen gedurende de periode 2023 tot 2035 (hierna: LBO2).

De resultaten van de beoordeling worden vastgelegd in de beoordelingsrapportage van het dijktraject. De beoordelingsrapportage vormt de basis om projecten aan te melden voor het Hoogwaterbeschermingsprogramma (hierna: HWBP) en levert informatie die kan leiden tot maatregelen binnen de zorgplicht.

1.3. Leeswijzer

Deze bijlage bevat naast de regels voor het uitvoeren van de beoordeling een toelichting bij deze regels. Toelichtende teksten zijn *cursief* weergegeven en hebben geen normatieve betekenis. Ook hoofdstuk 1 van deze bijlage heeft geen normatieve betekenis.

De procedure voor de beoordeling van een dijktraject is op hoofdlijnen beschreven in hoofdstuk 2. De

verschillende fasen van de beoordeling zijn uitgewerkt in de hoofdstukken 3 en 4. Hoofdstuk 3 beschrijft de voorbereiding en hoofdstuk 4 de uitvoering van de beoordeling.

Hoofdstuk 5 bevat de eisen die aan de beoordelingsrapportage worden gesteld. Hoofdstuk 6 bevat de eisen die worden gesteld aan de kwaliteitsborging van de beoordeling.

De overige bepalingen staan in hoofdstuk 7.
In het addendum is een begrippenlijst opgenomen, met omschrijvingen van de in deze bijlage en in bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling) gebruikte begrippen, een lijst met gebruikte afkortingen en een schematische weergave van het beoordelingsproces zoals beschreven in deze bijlage.

2. De beoordeling op hoofdlijnen

In dit hoofdstuk wordt de beoordeling van een dijktraject op hoofdlijnen beschreven. De uitwerking volgt in de volgende hoofdstukken.

2.1. Planning van de beoordeling

Aan het begin van de beoordelingsperiode stelt de keringbeheerder een planning op van de uitvoering van de beoordeling van de dijktrajecten in zijn beheergebied. Deze planning bevat de volgende onderdelen:

- een globale planning voor de beoordeling van alle dijktrajecten in het beheergebied van de keringbeheerder; de planning bevat het moment waarop de dijktrajecten worden beoordeeld;
- Een toelichting op de keuzes die zijn gemaakt in de planning; in de toelichting legt de keringbeheerder ook vast hoe wordt omgegaan met nieuwe kennis en instrumenten die gedurende de beoordelingsperiode beschikbaar komen.

Gedurende de beoordelingsperiode wordt de planning door de keringbeheerder bijgesteld als nieuwe ontwikkelingen of inzichten daartoe aanleiding geven.

Het moment waarop een beoordeling van een dijktraject wordt uitgevoerd is afhankelijk van verschillende factoren, zoals de aansluiting op andere processen van de keringbeheerder (bijvoorbeeld het versterkingsprogramma, het uitvoeringsprogramma zorgplicht of beschikbare capaciteit en financiën), omgevingsprocessen (bijvoorbeeld meekoppelkansen bij versterkingen) en verwachte ontwikkelingen van kennis en instrumentarium, zoals bijvoorbeeld opgenomen in de Releasekalender[1)] van het Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium[2)] (hierna: BOI). Nieuwe inzichten die deze factoren beïnvloeden, kunnen aanleiding zijn voor de keringbeheerder om de algemene planning voor de beoordeling bij te stellen.

De afspraken over het vastleggen en actualiseren van de planning van de beoordeling zijn vastgelegd in het Draaiboek LBO2[3)]. Het Draaiboek LBO2 bevat bestuurlijke afspraken over de rol- en taakverdeling en het procesverloop voor LBO2.

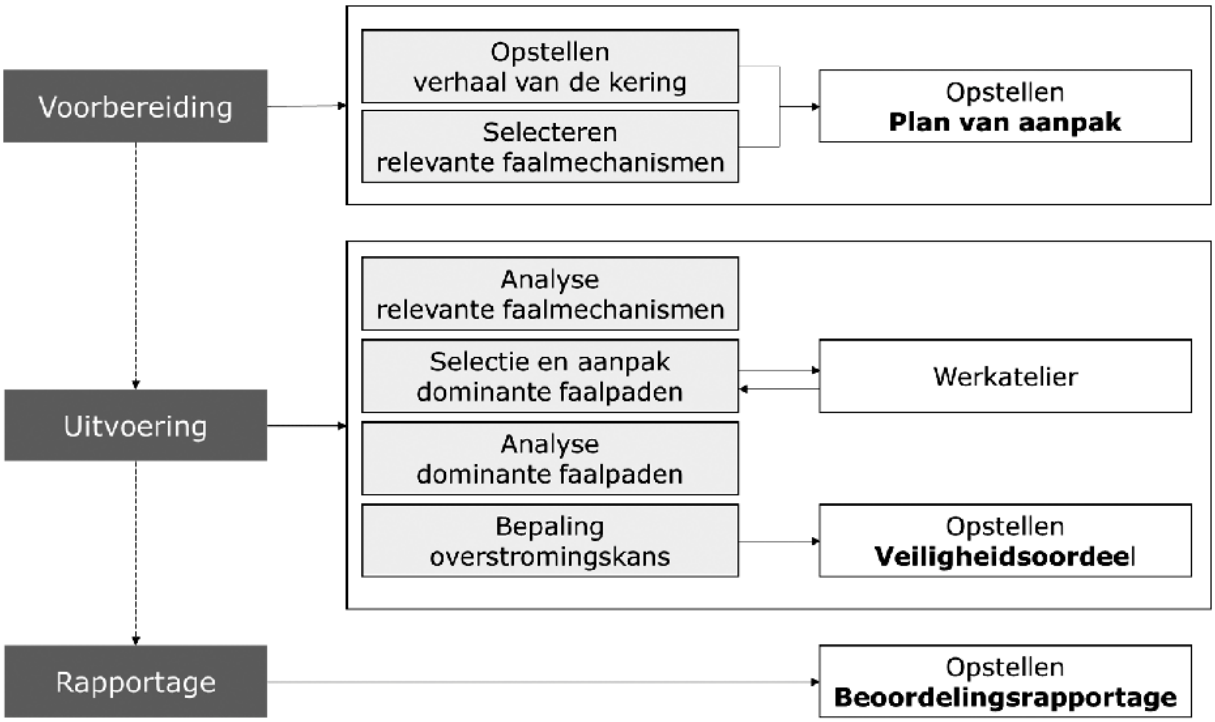
[1] Releasekalender BOI – Iplo.nl.
[2] BOI – Iplo.nl.
[3] Draaiboek – Iplo.nl.

2.2. De beoordeling van een dijktraject op hoofdlijnen

De beoordeling van een dijktraject bestaat uit de volgende drie fasen (figuur 2.1):

1. Voorbereiding
2. Uitvoering
3. Rapportage

De kwaliteitsborging van de beoordeling wordt geborgd door de toepassing van kwaliteitsindicatoren (hoofdstuk 6 Kwaliteitsborging).



Figuur 2.1: Schematische weergave van de fasen van de beoordeling

2.2.1. Voorbereiding

In de voorbereidingsfase wordt de probleemanalyse uitgevoerd en worden de benodigde werkzaamheden geformuleerd.
De voorbereiding bestaat uit de volgende drie onderdelen.

- Het opstellen van het verhaal van de kering.
  Het verhaal van de kering is het resultaat van een analyse van de waterkering gericht op het begrijpen van de overstromings- of faalkans door de beschrijving van de waterkering, de ondergrond en de belastingen. Het resultaat van het verhaal van de kering is een ordening en interpretatie van de gegevens rondom de gebeurtenissen die kunnen leiden tot een overstroming.
- Het selecteren van de relevante faalmechanismen van een dijktraject.
  Een faalmechanisme betreft de combinatie van alle faalpaden met hetzelfde initieel mechanisme. Een faalpad is de keten van elkaar opvolgende gebeurtenissen die leiden tot een overstroming of falen van de waterkering overeenkomstig de omschrijving in het Besluit kwaliteit leefomgeving. Er zijn verschillende faalmechanismen, maar niet alle faalmechanismen zijn even waarschijnlijk voor een bepaalde locatie. Het is daarom voor het bepalen van de overstromingskans niet nodig alle mogelijke faalmechanismen te analyseren. In dit onderdeel wordt bepaald welke faalmechanismen relevant zijn voor het dijktraject en nader worden beschouwd.
- Het opstellen van het plan van aanpak voor de beoordeling van een dijktraject.
  Dit plan van aanpak beschrijft de strategie voor de beoordeling van de voor het dijktraject relevante faalmechanismen, zoals bepaald in het vorige onderdeel. Het plan van aanpak bevat ook hoe aan de kwaliteitseisen wordt voldaan.

In hoofdstuk 3 zijn de drie onderdelen van de voorbereidingsfase nader uitgewerkt.

2.2.2. Uitvoering

De uitvoering bestaat uit vijf onderdelen.

- De analyse van de relevante faalmechanismen.
- Het betreft de analyse van de relevante faalmechanismen, overeenkomstig het plan van aanpak. Het resultaat van deze analyse geeft een eerste schatting van de overstromings- of faalkans van het dijktraject en inzicht in de bijdrage van de relevante faalmechanismen.
- De selectie en aanpak van dominante faalpaden.
  De overstromings- of faalkans en de veiligheidsopgave van een dijktraject worden vooral bepaald door de dominante faalpaden. De dominante faalpaden worden geselecteerd op basis van de resultaten van de analyse van de relevante faalmechanismen. Ook wordt in dit onderdeel

beschreven hoe deze nader worden geanalyseerd.

- De analyse van de dominante faalpaden.
  De dominante faalpaden worden nader geanalyseerd. Daarbij wordt rekening gehouden met de laatste inzichten in de belasting op en de sterkte van de waterkering.
- De bepaling van de overstromings- of faalkans van het dijktraject.
  Voor alle relevante faalmechanismen wordt op basis van de analyse van dominante faalpaden de bijdrage aan de overstromings- of faalkans nader bepaald. Vervolgens worden de bijdragen van alle relevante faalmechanismen gecombineerd tot een overstromings- of faalkans van het dijktraject (zie bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling)).
- Het opstellen van het veiligheidsoordeel.
  De keringbeheerder stelt het veiligheidsoordeel op, op basis van de overstromings- of faalkans van het dijktraject. Het veiligheidsoordeel wordt uitgedrukt in categorieën. De categorieën geven de relatie aan tussen de overstromings- of faalkans van een dijktraject en de omgevingswaarde en signaleringsparameter.

Een nadere uitwerking van de onderdelen van de uitvoeringsfase is opgenomen in hoofdstuk 4.

2.2.3. Rapportage

De keringbeheerder stelt de beoordelingsrapportage op met hierin het veiligheidsoordeel van het dijktraject en de duiding van de resultaten van de uitgevoerde analyses. In hoofdstuk 5 worden de onderdelen van de beoordelingsrapportage beschreven.

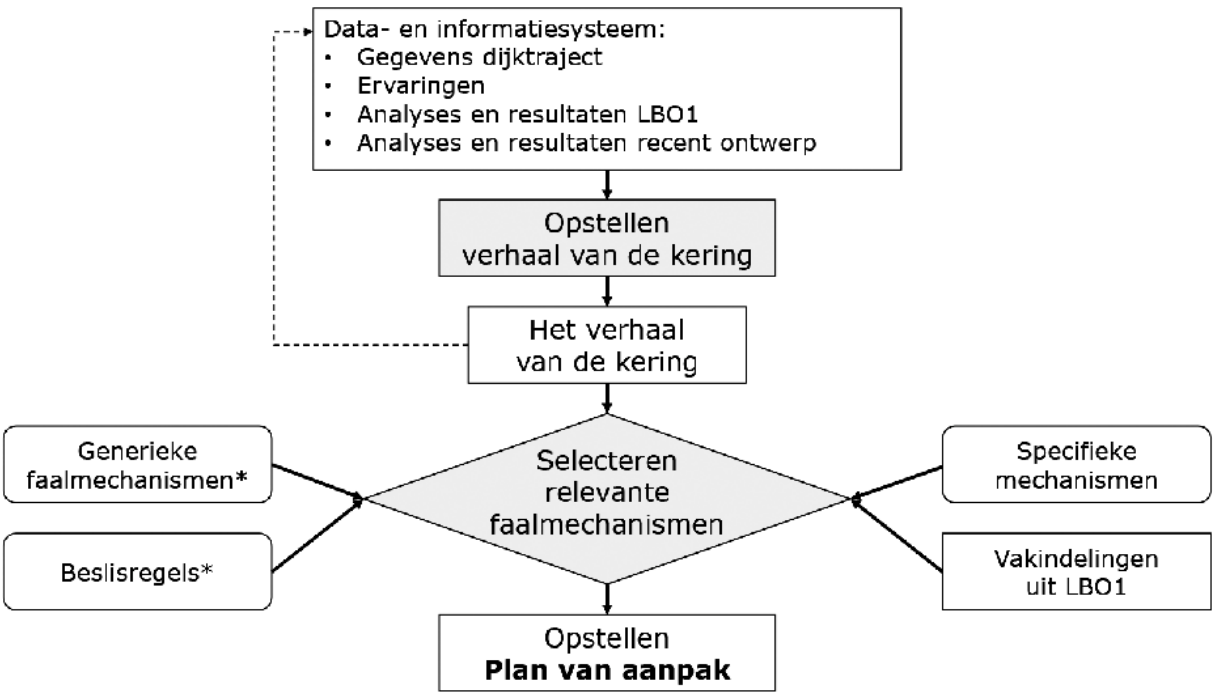
De beoordelingsrapportage is onderdeel van het verslag over de algemene waterstaatkundige toestand van de primaire waterkeringen die de keringbeheerder ten minste eens per twaalf jaar opstelt.
De afspraken over het verslag over de algemene waterstaatkundige toestand van de primaire waterkeringen zijn vastgelegd in het Draaiboek LBO2.

3. Voorbereiding

Dit hoofdstuk beschrijft de werkzaamheden tijdens de voorbereidingsfase.

3.1. De voorbereidingsfase

In de voorbereidingsfase wordt de probleemanalyse uitgevoerd en worden de benodigde analyses geformuleerd. De verschillende onderdelen van de voorbereidingsfase zijn schematisch weergegeven in figuur 3.1.



Figuur 3.1: Schematische weergave van de stappen van de voorbereidingsfase Elementen met '*'

duiden op onderdelen die beschikbaar zijn in het Basisinstrumentarium.

De voorbereiding bestaat uit de volgende onderdelen:
- Het opstellen van het verhaal van de kering.
- Het selecteren van de relevante faalpaden.
- Het opstellen van het plan van aanpak.

3.2. Het opstellen van het verhaal van de kering

Het verhaal van de kering draagt bij aan het begrijpen en kunnen duiden van de functie van het dijktraject in het systeem. Het geeft per dijktraject ook inzicht in de gebeurtenissen die leiden tot een overstroming.

Het verhaal bestaat uit een beschrijving van de waterkering, de ondergrond en de belastingen. Het verhaal wordt opgesteld op basis van bestaande informatie en resulteert in de ordening en interpretatie van de gegevens in het data- en informatiesysteem van de waterkering.

Het verhaal van de kering is onderdeel van het data- en informatiesysteem van de waterkering. Dit verhaal bepaalt de ordening en de aard van gegevens die nodig zijn voor een analyse van de overstromingskans. Een actueel en volledig data- en informatiesysteem, waarin continu de laatste inzichten worden verwerkt, is een voorwaarde voor een plausibele uitkomst van een overstromingskansanalyse. Het verhaal van de kering is nooit af. Door nieuwe inzichten en ervaringen kan het verhaal wijzigen of worden aangescherpt.

Het verhaal van de kering bevat een aantal basiselementen.
- Beschrijving van de waterkering
  De beschrijving van de eigenschappen van de waterkering die van belang zijn voor een overstromings- of faalkansanalyse, waarbij ook de relatie wordt gelegd met de historische achtergrond van de waterkering. Het gaat onder andere om de geometrie en de opbouw van de waterkering, type bekledingen, waterkerende constructies, waterkerende kunstwerken en niet-waterkerende objecten die de overstromings- of faalkans kunnen beïnvloeden.
- Geologische en geohydrologische analyse
  Geologische processen hebben de ondergrond en het landschap in Nederland gevormd. Een geo(hydro)logische analyse levert relevante inzichten op voor zowel de ondergrond als het watersysteem. Voor het bepalen van de relevante faalpaden is het belangrijk de recente geologische tijdvakken te analyseren en de geohydrologische en geotechnische eigenschappen van het ondergrondsysteem kwalitatief te beschrijven.
- Hydrologische en hydraulische analyse
  Voor het begrijpen van de overstromings- of faalkans en het bepalen van de relevante faalmechanismen is het belangrijk de hydrologie te analyseren en de hydraulische kenmerken kwalitatief te beschrijven. Het gaat daarbij om een beschrijving van de hydraulische belasting van het dijktraject vanuit het watersysteem, waar nodig in combinatie met hydrologische gebeurtenissen, zoals extreme neerslag.
- Kennis en ervaring van de keringbeheerder
  Inspecties van de waterkering hebben inzicht gegeven in opgetreden schade en vervormingen van de waterkering. Daarnaast heeft de keringbeheerder de waterkering eerder beoordeeld en mogelijk versterkt. Al deze kennis en ervaring van de keringbeheerder worden meegenomen bij het opstellen van het verhaal van de kering.

3.3. Het selecteren van de relevante faalmechanismen

Er zijn tal van faalmechanismen die kunnen leiden tot een overstroming. Voor het bepalen van de overstromingskans van het dijktraject is het niet nodig om alle faalmechanismen te analyseren. Alleen de faalmechanismen die voor het dijktraject relevant zijn, worden nader beschouwd.

Een relevant faalmechanisme is een faalmechanisme dat mogelijk bijdraagt aan de overstromingskans van het dijktraject. Dit is het geval als het initiële mechanisme fysisch mogelijk is en het verhaal van de kering aanleiding geeft om te veronderstellen dat een of meer vervolgmechanismen of faalpaden kunnen leiden tot een overstroming.

Bij het selecteren van de relevante faalmechanismen worden generieke faalmechanismen beschouwd. De generieke faalmechanismen zijn gebundeld rondom de initiële mechanismen,

opgenomen in hoofdstuk 4 van bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling). De keringbeheerder voegt voor de waterkering specifieke mechanismen toe, als niet valt uit te sluiten dat deze een bijdrage leveren aan de overstromingskans.

Een meer uitgebreide beschrijving van generieke en specifieke faalmechanismen is opgenomen in bijlage XXXIIB en in de handleiding Overstromingskansanalyse van het Basisinstrumentarium van het BOI.

De relevantie van een faalmechanisme hangt af van aspecten die betrekking hebben op de ligging (onder andere de oriëntatie van de waterkering), de opbouw van de waterkering en de ondergrond. Met kwalitatieve en – waar mogelijk – kwantitatieve beschouwingen op basis van de karakteristieke eigenschappen van de belasting op en sterkte van de kering, zoals vastgelegd in het verhaal van de kering, wordt de relevantie onderbouwd.

Voor de onderbouwing van de relevantie van een faalmechanisme worden beslisregels gegeven in de handleiding Overstromingskansanalyse per faalmechanisme in het Basisinstrumentarium. De relevantie kan ook worden onderbouwd met historische waarnemingen of eerdere analyses die zijn uitgevoerd voor een beoordeling of het ontwerp voor een dijkversterking. Beslisregels kunnen betrekking hebben op meerdere, afzonderlijke gebeurtenissen in de faalpaden die onderdeel zijn van het faalmechanisme. Wanneer één gebeurtenis in een faalpad redelijkerwijs kan worden uitgesloten, draagt het faalpad niet bij aan de overstromingskans en is het faalpad daarom niet relevant voor het faalmechanisme.

3.4. Het opstellen van het plan van aanpak

De eerste stap in de uitvoeringsfase is de analyse van de relevante faalmechanismen. Daarbij worden de initiële mechanismen beschouwd en wordt de kans op vervolgmechanismen op 1 gesteld. Analyse van het initiële mechanisme is noodzakelijk indien nieuwe kennis ten opzichte van een voorgaand beoordelingsresultaat daar aanleiding toe geeft.

In bijzondere situaties kan de keringbeheerder kiezen om al bij de analyse van de relevante faalmechanismen een scherpere kans voor vervolgmechanismen te bepalen en het gehele faalmechanisme te beschouwen.

De keringbeheerder stelt een plan van aanpak op met de beoordelingsstrategie voor het dijktraject. In de beoordelingsstrategie wordt vastgelegd en gemotiveerd hoe de resultaten van analyses die in de voorgaande beoordelingsronde of voor recente dijkversterkingsprojecten zijn uitgevoerd, worden gebruikt en welke nieuwe analyses worden uitgevoerd. Daarbij wordt gemotiveerd welke kennis en welke instrumenten worden gebruikt voor de uit te voeren analyses.

In het plan van aanpak beschrijft de keringbeheerder ook de kwaliteitsborging (zie hoofdstuk 6 Kwaliteitsborging).

De gegevens en resultaten van de analyses die zijn uitgevoerd voor de vorige beoordelingsronde of bij recente versterkingen vormen het startpunt van de beoordeling in LBO2 op overstromingskansen. Alleen daar waar verwacht wordt dat nieuwe inzichten in belasting- of sterktemodellering het veiligheidsoordeel significant doen veranderen, worden analyses opnieuw uitgevoerd.

De analyse van de relevante faalmechanismen kan worden uitgevoerd met de generieke kennis en instrumenten die zijn opgenomen in het Basisinstrumentarium, maar ook met behulp van (locatie)specifieke kennis en instrumenten die (nog) niet behoren tot het Basisinstrumentarium. De keringbeheerder kan het Informatiepunt Leefomgeving[1] raadplegen voor toelichting over de toepasbaarheid van de kennis en instrumenten uit het Basisinstrumentarium.

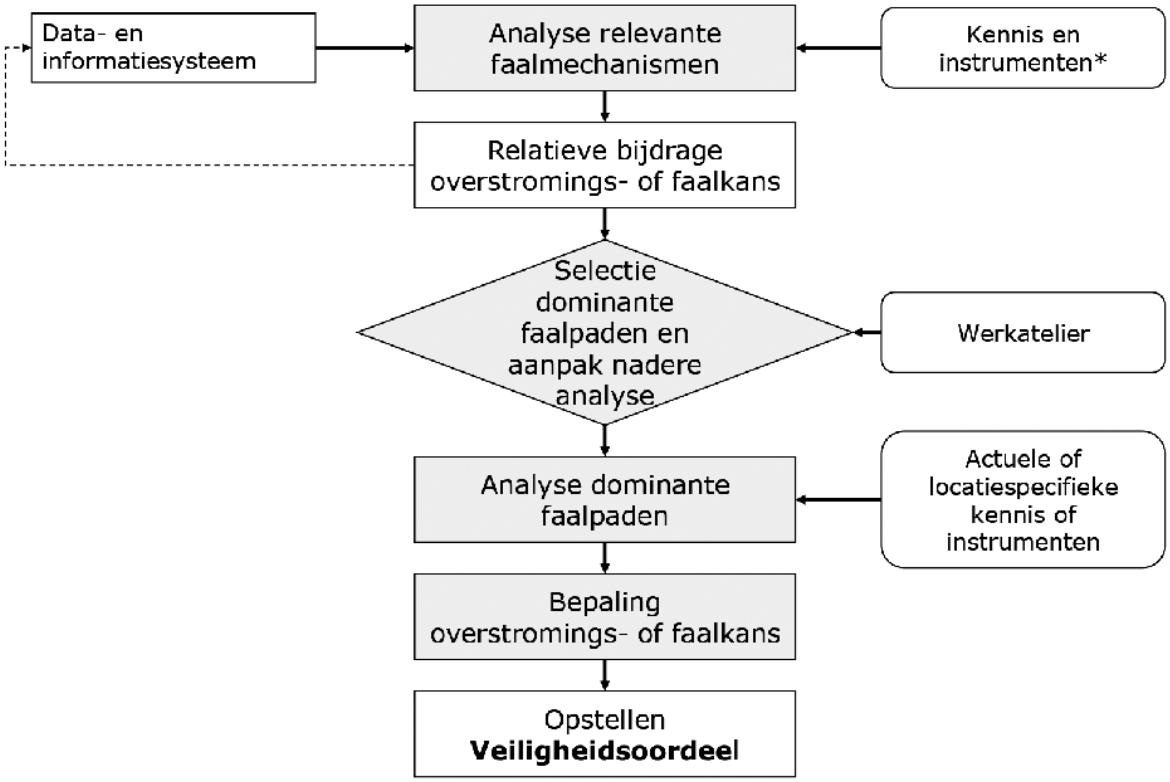
[1] Informatiepunt Leefomgeving – Iplo.nl

4. Uitvoering

In dit hoofdstuk wordt de uitvoering van de beoordeling beschreven. Deze fase bestaat uit de analyse van de relevante faalmechanismen en de bepaling van de overstromings- of faalkans van het dijktraject.

4.1. De uitvoeringsfase

De onderdelen van de uitvoering zijn schematisch weergegeven in figuur 4.1. De uitvoering van de beoordeling is een iteratief proces, passend bij de werkwijze ‘van grof naar fijn’. Iteratief wil zeggen dat na elk onderdeel wordt afgewogen of andere uitgangspunten of meer data tot een andere conclusie zouden leiden. In dit hoofdstuk worden het doel en daarbij horende activiteiten in de uitvoeringsfase beschreven. In deze fase wordt de kwaliteitsborging uitgevoerd zoals beschreven in het plan van aanpak; afwijkingen daarvan worden gemotiveerd.



Figuur 4.1: Schematische weergave van de onderdelen van de uitvoeringsfase Elementen met ‘*’ duiden op instrumenten in het Basinstrumentarium

De uitvoeringsfase bestaat uit:

- De analyse van de relevante faalmechanismen.
- De selectie van de dominante faalpaden en de aanpak voor de nadere analyse.
- De analyse van de dominante faalpaden.
- Het bepalen van de overstromings- of faalkans van het dijktraject.
- Het opstellen van het veiligheidsoordeel over het dijktraject.

4.2. De analyse van de relevante faalmechanismen

De initiële mechanismen van de relevante faalmechanismen worden geanalyseerd overeenkomstig de in het plan van aanpak vastgelegde beoordelingsstrategie.
Voor de analyse van de relevante faalmechanismen wordt gebruikt gemaakt van alle relevante informatie over het dijktraject.

De randvoorwaarden voor het uitvoeren van de analyse van relevante faalmechanismen zijn beschreven in bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling).

De resultaten uit de analyse van de relevante faalmechanismen worden gecombineerd tot een eerste inschatting van de overstromings- of faalkans van het dijktraject. De bepaling van de overstromings- of faalkans van het dijktraject is beschreven in bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling).

De keringbeheerder kan conform de keuze in de beoordelingsstrategie vervolgmechanismen meenemen in de analyse van de relevante faalmechanismen.

4.3. Het inrichten van een werkatelier

Het werkatelier is een gesprek tussen specialisten van de keringbeheerder met gebiedskennis en beheerservaring en specialisten uit de sector met het overzicht van de laatste kennisontwikkelingen. Startpunt voor het gesprek zijn het plan van aanpak en de resultaten van de uitgevoerde analyses van de relevante faalmechanismen. De gebiedskennis en ervaring van de keringbeheerder en de kennis van de experts uit de sector van de mechanismen, van de modellen en van de ontwikkeling van kennis en instrumenten worden samengebracht om te bepalen welke analyses redelijkerwijs kunnen worden uitgevoerd om tot een aanscherping te komen van de overstromings- of faalkans en de veiligheidsopgave van het dijktraject. Het verslag van het werkatelier geeft een samenvatting van de overwegingen en de aanbevelingen van het werkatelier. Het verslag geeft aan hoe de kwaliteit van het advies is geborgd.

Naast de aanbeveling over het vervolg van de beoordeling kan het werkatelier aanbevelingen doen aan het programma BOI over de doorontwikkeling van het Basisinstrumentarium.

De afspraken over de organisatie en de uitvoering van het werkatelier zijn opgenomen in het Draaiboek LBO2.

4.4. Selectie dominante faalpaden en aanpak nadere analyse

De dominante faalpaden zijn faalpaden met een significante bijdrage aan de overstromings- of faalkans van een dijktraject en die bepalend zijn voor de veiligheidsopgave. De dominante faalpaden worden nader beschouwd.

Voor de bepaling en de duiding van de overstromings- of faalkans wordt een inschatting gemaakt of het uitvoeren van nadere analyses van de dominante faalpaden kan leiden tot een significante aanscherping van hun bijdragen aan de overstromings- of faalkans en de veiligheidsopgave van het dijktraject.

Generieke (reken)modellen die worden gebruikt voor de analyse van de initiële mechanismen zijn een vereenvoudiging van de werkelijkheid. Bovendien beschrijven zij niet het gehele faalproces en geven daardoor meestal een overschatting van de werkelijke overstromings- of faalkans van het dijktraject. Ook worden bij de analyse van de initiële mechanismen geen correlaties tussen mechanismen meegenomen. De keringbeheerder bepaalt of een nadere analyse van de dominante faalpaden leidt tot een ander handelingsperspectief en uitvoerbaar is. Een nadere analyse kan bestaan uit een nadere analyse van het initiële mechanisme, een beschouwing van vervolgmechanismen of het beschouwen van correlaties.

De analyse van de dominante faalpaden is van belang voor het bepalen van de te treffen voorzieningen. Bij de overweging voor het bepalen van de nadere analyse wordt rekening gehouden met de informatie en het detailniveau die de beoordeling moet leveren voor het bepalen van de veiligheidsopgave en de te treffen beheersmaatregelen.

De selectie van de dominante faalpaden en de overweging om een nadere analyse uit te voeren wordt gebaseerd op de bijdrage van de relevante faalmechanismen aan de overstromings- of faalkans van het dijktraject, de lokale situatie en de op het moment van beoordelen beschikbare kennis. De overwegingen en keuzes van de verschillende keringbeheerders moeten op een consistente en vergelijkbare manier worden gemaakt. Gegeven de onvergelijkbare situaties van trajecten draagt het werkatelier bij aan de consistentie, uitlegbaarheid en vergelijkbaarheid van de uitkomsten op landelijk niveau.

4.5. De analyse van de dominante faalpaden

De keringbeheerder bepaalt op welke manier de dominante faalpaden worden geanalyseerd. In de beoordelingsrapportage geeft de keringbeheerder aan op welke wijze invulling is gegeven aan de aanbeveling uit het werkatelier. Als een aanbeveling gedeeltelijk of niet is overgenomen, motiveert de keringbeheerder deze keuze.

4.6. De bepaling van de overstromings- of faalkans

De overstromings- of faalkans van het dijktraject, bepaald op basis van de analyse van de relevante faalmechanismen, wordt geactualiseerd met het resultaat van de analyse van de dominante faalpaden. De bepaling van de overstromings- of faalkans van het dijktraject is beschreven in bijlage

XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling).

4.7. Het opstellen van het veiligheidsoordeel

De keringbeheerder stelt het veiligheidsoordeel op. De bepaalde overstromings- of faalkans van het dijktraject vormt de basis voor het veiligheidsoordeel.

Het veiligheidsoordeel wordt uitgedrukt in de categorieën die zijn opgenomen in tabel 4.1. De categorieën geven invulling aan het doel van de monitoring van de omgevingswaarden, waarbij de overstromings- of faalkans van een dijktraject wordt bepaald in relatie tot de omgevingswaarde en signaleringsparameter van het dijktraject.

Tabel 4.1: Categorieën voor het veiligheidsoordeel

Cat.	Aanduiding categorie veiligheidsoordeel	
A+	Overstromings- of faalkans van het dijktraject is veel kleiner dan de signaleringsparameter. *Dijktraject voldoet ruim aan de signaleringsparameter.*	$P_{traject} < 1/30\ P_{sigp}$
A	Overstromings- of faalkans van het dijktraject is kleiner dan de signaleringsparameter. *Dijktraject voldoet aan de signaleringsparameter.*	$1/30\ P_{sigp} < P_{traject} < P_{sigp}$
B	Overstromings- of faalkans van het dijktraject is groter dan de signaleringsparameter, maar kleiner dan de omgevingswaarde. *Dijktraject voldoet aan de omgevingswaarde, maar niet aan de signaleringsparameter.*	$P_{sigp} < P_{traject} < P_{ow;norm}$
C	Overstromings- of faalkans van het dijktraject is groter dan de signaleringsparameter en ook groter dan de omgevingswaarde. *Dijktraject voldoet niet aan de signaleringsparameter en ook niet aan de omgevingswaarde.*	$P_{ow;norm} < P_{traject} < 30\ P_{ow;norm}$
D	Overstromings- of faalkans van het dijktraject is veel groter dan de signaleringsparameter en dan de omgevingswaarde. *Dijktraject voldoet in ruime mate noch aan de signaleringsparameter, noch aan de omgevingswaarde.*	$P_{traject} > 30\ P_{ow;norm}$

Legenda

$P_{traject}$	=	Overstromings- of faalkans van het dijktraject
P_{sigp}	=	Signaleringsparameter van het dijktraject
$P_{ow;norm}$	=	Omgevingswaarde van het dijktraject

5. Rapportage

Dit hoofdstuk beschrijft de onderdelen van de beoordelingsrapportage.

5.1. De beoordelingsrapportage

De beoordelingsrapportage is onderdeel van het verslag over de algemene waterstaatkundige toestand van de primaire waterkeringen dat de keringbeheerder uitbrengt aan de minister conform artikel 11.15 van het Besluit kwaliteit leefomgeving.

De beoordelingsrapportage bevat het veiligheidsoordeel van het dijktraject en de duiding van de resultaten van de beoordeling. In de beoordelingsrapportage wordt aangetoond dat de kwaliteit van de resultaten is geborgd.

Als verantwoordingsdocument bij de beoordelingsrapportage stelt de keringbeheerder een logboek van de beoordeling op.

In de praktijk rapporteert de keringbeheerder aan de Inspectie Leefomgeving en Transport, die namens de minister het toezicht houdt op de beoordeling en het beheer van de primaire waterkeringen.

De afspraken over de aanbiedingsprocedure zijn vastgelegd in het Draaiboek LBO2.

Bij de aanbiedingsprocedure kan gebruik worden gemaakt van het waterveiligheidsportaal.

Riskeer, onderdeel van het BOI, biedt de keringbeheerder ondersteuning in het proces om te komen tot een veiligheidsoordeel en de informatie van de beoordeling te exporteren naar het waterveiligheidsportaal.

Het waterveiligheidsportaal is een informatievoorziening van het Rijk en de keringbeheerders die de uitwisseling ondersteunt van relevante informatie tussen de verschillende partijen die zijn betrokken bij het beheer van waterkeringen.

5.2. De informatie in de beoordelingsrapportage

De beoordelingsrapportage bevat ten minste de volgende informatie:

- Het resultaat van de beoordeling: de overstromings- of faalkans van het dijktraject en het veiligheidsoordeel (zie paragraaf 5.2.1).
- De duiding van het resultaat (zie paragraaf 5.2.2).
- Indien relevant: een overzicht van de te treffen voorzieningen (zie paragraaf 5.2.3).

Aanvullend daarop bevat de beoordelingsrapportage het volgende:

- Een beschrijving van de aanpak die is gevolgd om de overstromings- of faalkans van het dijktraject te bepalen, in relatie tot het verhaal van de kering en de keuze van de relevante faalpaden.
- De aanbeveling uit het werkatelier voor het vervolg van de beoordeling van de dominante faalpaden en een toelichting hoe deze aanbeveling is verwerkt in de uitvoering van de beoordeling.
- Een beschrijving van de manier waarop de kwaliteitsborging heeft plaatsgevonden tijdens de uitvoering van de beoordeling.
- Een onderbouwing van de manier waarop invulling is gegeven aan de kwaliteitsindicatoren, opgenomen in hoofdstuk 6.

5.2.1. Het resultaat: de overstromings- of faalkans en het veiligheidsoordeel

Dit onderdeel van de beoordelingsrapportage bevat ten minste:

- Het veiligheidsoordeel: de overstromings- of faalkans van het dijktraject, uitgedrukt in een van de categorieën van tabel 4.1 zoals opgenomen in paragraaf 4.5.
- De overstromingskans per jaar van het dijktraject, of
- De faalkans per jaar als het een dijktraject uit een voorliggende waterkering betreft, of
- De overstromingskans per keer dat het dijktraject 16-5 wordt hydraulisch belast als gevolg van een overstroming van het aangrenzende gebied, als bedoeld in bijlage II, onder B, bij het Besluit kwaliteit leefomgeving.
- De bijdragen aan de overstromings- of faalkans van de voor het dijktraject relevante faalmechanismen.

Bij dijktrajecten waarbij een aanvullende omgevingswaarde van toepassing is, bevat de beoordelingsrapportage ook:

- De overstromingskans per keer dat de afvoer- of bergingscapaciteit van een watersysteem wordt vergroot. Deze aanvullende omgevingswaarde is van toepassing bij dijktrajecten waar sprake is van inzet van berging- of afvoermaatregelen, of
- De kans dat een kering niet sluit bij een sluitvraag. Deze aanvullende omgevingswaarde is van toepassing voor een aantal waterkeringen, waaronder de stormvloedkeringen. Voor die waterkeringen waar gewerkt wordt met de zogenaamde prestatiepeilen kan in de beoordelingsrapportage worden verwezen naar de rapportage daarover.

5.2.2. De duiding van het resultaat

De beoordelingsrapportage bevat een nadere duiding van de overstromings- of faalkans van het dijktraject en de eventuele te treffen voorzieningen en bevat de volgende informatie:

- Een overzicht van de dominante faalpaden en dijkvakken die de grootste bijdrage leveren aan de overstromings- of faalkans van het dijktraject.
- Een overzicht van de dominante faalpaden en dijkvakken die de veiligheidsopgave van het dijktraject bepalen.
- De mate waarin de onderhoudstoestand van de waterkering van invloed is op de overstromings- of faalkans.

- De invloed op de overstromings- of faalkans van het dijktraject van bijzondere elementen in het watersysteem (bijvoorbeeld voorliggende waterkeringen) of op of nabij de waterkering (bijvoorbeeld niet-waterkerende objecten of voorlanden).
- De onderdelen van het dijktraject waarbij aannemelijk is gemaakt dat deze een verwaarloosbare bijdrage leveren aan de overstromings- of faalkans, bijvoorbeeld de dijkvakken waarvoor geldt dat versterkingswerkzaamheden worden uitgevoerd of waarvan de verkenningsfase of planstudie voor 2035 start.

5.2.3. Een overzicht van de te treffen voorzieningen

Door het monitoren van de omgevingswaarden wordt geborgd dat de voorzieningen die benodigd zijn om in 2050 de waterkering te laten voldoen aan de in het Besluit kwaliteit leefomgeving vastgelegde omgevingswaarden tijdig worden getroffen.

Als uit het resultaat van de beoordeling van het dijktraject blijkt dat niet wordt voldaan aan de omgevingswaarde of aan de signaleringsparameter, bevat de beoordelingsrapportage een overzicht van de maatregelen die de keringbeheerder noodzakelijk acht om de veiligheidsopgave op te lossen.

Als onderdeel van de actieve zorgplicht moet de keringbeheerder de benodigde maatregelen treffen voor het veilig en doelmatig beheer van het watersysteem in het licht van de omgevingswaarde. In de beoordelingsrapportage wordt beschreven op welke manier het veiligheidsoordeel doorwerkt in de benodigde maatregelen binnen de zorgplicht.

5.3. Logboek

In het logboek legt de keringbeheerder de voor de beoordeling relevante keuzes en de in de procedure gevraagde onderbouwingen vast. Het logboek is een verantwoordingsdocument bij de rapportage.

Het logboek dient vanaf de start van het beoordelingsproces te worden bijgehouden. De ILT kan het logboek te allen tijde raadplegen bij het toezicht op de beoordeling. Het logboek is ook input voor het werkatelier.

Het logboek bevat ten minste de volgende informatie.

- Selectie relevante faalmechanismen
  De keringbeheerder motiveert de keuze op basis van het verhaal van de kering.
- Analyse relevante faalmechanismen
  De keringbeheerder legt ten minste vast welke uitgangspunten voor het bepalen van de overstromings- of faalkans van de waterkering bij de analyse van relevante faalpaden zijn gehanteerd.
- Selectie en analyse dominante faalpaden
  De keringbeheerder motiveert de keuze op basis van de analyse van de relevante faalpaden en de aanbeveling van het werkatelier.
  De keringbeheerder legt ten minste vast welke uitgangspunten voor het bepalen van de overstromings- of faalkans van de waterkering bij de analyse van dominante faalpaden zijn gehanteerd.
- Kwaliteitsborging
  De keringbeheerder geeft aan op welke manier invulling is gegeven aan de kwaliteitsborging in bovenstaande analyses.

Verdere afspraken over de invulling van het logboek zijn vastgelegd in het Draaiboek LBO2.

6. Kwaliteitsborging

Dit hoofdstuk beschrijft de relevante aspecten voor de borging van de kwaliteit van de beoordeling.

6.1. Inleiding

De kwaliteit van de resultaten van de beoordeling wordt geborgd met de in dit hoofdstuk beschreven kwaliteitsdimensies en bijhorende indicatoren (zie tabel 6.1).

Tijdens de beoordeling maakt de keringbeheerder voortdurend keuzes. Het is de verantwoordelijkheid van de keringbeheerder om de kwaliteit van de resultaten te waarborgen en vast te leggen hoe de

resultaten tot stand zijn gekomen.

Vanwege de inhoudelijke kenmerken van de bepaling van de overstromingskans is kwantificering van de kwaliteitsindicatoren slechts zeer beperkt mogelijk. Ook is de bepaling van de waarde van de indicatoren context-afhankelijk, omdat de specifieke kenmerken van het dijktraject en de organisatiekenmerken van de beheerder mede bepalen hoe de kwaliteitsborging plaatsvindt.

6.2. Relevante aspecten: kwaliteitsdimensies

De relevante aspecten voor de kwaliteitsborging van de beoordeling zijn gebaseerd op de kwaliteitsdimensies[1] in tabel 6.1. De borging van de kwaliteitsdimensies vindt plaats op basis van de bij de kwaliteitsdimensies behorende indicatoren, beschreven in tabel 6.1. De keringbeheerder maakt in het plan van aanpak een onderbouwde keuze voor de te gebruiken kwaliteitsdimensies en beschrijft de wijze waarop deze worden bepaald.

[1] Greefhorst, D. (2018). Gegevenskwaliteit in de Omgevingswet – Een raamwerk voor gegevens en informatieproducten (https://www.noraonline.nl/images/noraonline/9/98/Gegevenskwaliteit_in_de_Omgevingswet_1.0.pdf).

De kwaliteitscriteria en verificatiemethoden bij de kwaliteitsindicatoren zijn uitgewerkt in het Draaiboek LBO2.

6.3. Kennis en instrumenten

Bij het toepassen van kennis en instrumenten die (nog) niet zijn opgenomen in het Basisinstrumentarium onderbouwt de keringbeheerder dat de gebruikte kennis en instrumenten inhoudelijk correct zijn voor de toepassing in de beoordeling van het dijktraject.

De minister stelt een Basisinstrumentarium beschikbaar ter ondersteuning van de keringbeheerder bij de uitvoering van de beoordeling. De kwaliteit van de kennis en van de instrumenten, opgenomen in het Basisinstrumentarium, is door het Rijk geborgd.

Voor de onderbouwing kan de keringbeheerder specialistisch advies vragen, bijvoorbeeld bij het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW).

Tabel 6.1: Kwaliteitsdimensies

Kwaliteitsdimensie	Indicator
Compleetheid	Er is voldoende informatie voor het bepalen overstromingskans. Alle relevante informatie is benut.
Consistentie	De keuzes in de verschillende trajecten worden op dezelfde manier gemaakt (landelijk consistent).
Stabiliteit	Het resultaat van de beoordeling is stabiel. Het resultaat van de overstromingskansanalyse is stabiel in de zin dat het veiligheidsoordeel en handelingsperspectief niet gevoelig is voor aannames of gebruikte informatie/kennis.
Betrouwbaarheid	De beoordeling is vrij van toevallige fouten. De gebruikte kennis en instrumenten zijn op de juiste manier toegepast. De resultaten zijn verklaarbaar op basis van het verhaal van de kering.
Objectiviteit	De totstandkoming van de beoordeling is zoveel mogelijk vrij van de invloed van voorkeuren en opvattingen van de keringbeheerder of het adviesbureau dat de beoordeling heeft uitgevoerd.
Validiteit	De analyses die worden uitgevoerd zijn valide, dat wil zeggen dat de juiste analyses zijn uitgevoerd.
Deskundigheid	Benodigde kennis en ervaringen zijn gemobiliseerd.
Navolgbaarheid	De totstandkoming van de beoordeling is transparant en onderbouwd.

7. Overige bepalingen

In dit hoofdstuk wordt aangegeven hoe wordt omgegaan met de beoordeling van dijktrajecten die in de vorige beoordelingsronde (hierna LBO1) een voorlopig oordeel hebben gekregen en met nieuwe kennis die tijdens de beoordelingsperiode beschikbaar komt. Ook zijn bepalingen opgenomen over de beoordeling van (onderdelen van) dijktrajecten die juist zijn versterkt of op korte termijn worden versterkt en van waterkeringen in het buitenland.

7.1. Voorlopig oordeel

Dijktrajecten die in LBO1 een voorlopig oordeel hebben gekregen, worden beoordeeld op basis van deze bijlage en bijlage XXXIIB, net als de overige trajecten.

Het moment van beoordelen van dijktrajecten met een voorlopig oordeel in LBO1 wordt opgenomen in de planning van de beoordeling, overeenkomstig de bepaling in paragraaf 2.1. Als de beoordeling plaatsvindt na 1 januari 2029, neemt de keringbeheerder de onderbouwing van deze keuze expliciet op in de planning.

In LBO1 is afgesproken om dijktrajecten met een voorlopig oordeel in LBO2 voor 1 januari 2029 te beoordelen. Deze afspraak is vastgelegd in de Factsheet 'Voorlopig Veiligheidsoordeel', versie 1 d.d. 10 juni 2020[1]

[1] Helpdeskwater; Informatiepunt Leefomgeving – Iplo.nl.

Er wordt in deze bijlage geen verschil gemaakt tussen voorlopig en definitief oordeel.

7.2. Omgaan met nieuwe kennis

De keringbeheerder maakt een expliciete afweging rondom het moment van de beoordeling van een dijktraject in de beoordelingsperiode in relatie tot het beschikbaar komen van nieuwe kennis en andere relevante overwegingen. De afweging moet worden vastgelegd in de planning van de beoordeling.

Nieuwe kennis betreft alle ontwikkelingen rondom de belasting op en sterkte van waterkeringen op basis waarvan de overstromingskans wordt bepaald.

Het is de verantwoordelijkheid van de keringbeheerder om zijn eigen processen zodanig in te richten dat hij 'in control' is en om een expliciete afweging te maken over hoe om te gaan met nieuwe kennis. Onderdeel van deze verantwoordelijkheid is het monitoren en het rekening houden met nieuwe kennis en overige ontwikkelingen die het beeld van de veiligheid van de waterkeringen in zijn beheer kunnen beïnvloeden (Wilnis-arrest[1]*). De keringbeheerder kiest bij de invulling van deze verantwoordelijkheid voor het geschikte handelingsperspectief. Dit kan betrekking hebben op het moment van de beoordeling, het opnieuw uitvoeren van onderdelen van de beoordeling om de invloed van de nieuwe inzichten te bepalen of het nemen van maatregelen binnen de zorgplicht.*

[1] https://uitspraken.rechtspraak.nl/inziendocument?id=ECLI:NL:HR:2010:BN6236.

Het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (hierna: ministerie) ondersteunt de keringbeheerder bij deze afweging door, in de vorm van een releasekalender, duidelijk te communiceren over de ontwikkeling van kennis en instrumenten.

7.3. Versterkingsprojecten

Bij de beoordeling van dijktrajecten worden versterkingsmaatregelen die op de peildatum op het Deltaprogramma staan als uitgevoerd beschouwd. De bijdrage aan de overstromings- of faalkans van het onderdeel van het dijktraject dat wordt versterkt, wordt verwaarloosbaar gesteld.

Deze bepaling is overeenkomstig de uitgangspunten in bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling) ten aanzien van de peildatum. Daarin wordt gesteld dat de bepaling van de overstromings- of faalkans plaatsvindt voor de verwachte situatie op 1 januari 2035. Hierbij geldt ook dat de tot en met het peiljaar geplande of vergunde maatregelen, zoals het suppletieprogramma uit het vigerend kustbeleid en rivierkundige ingrepen, als uitgevoerd worden beschouwd.

De keringbeheerder bewaakt vanuit de zorgplicht of de naar aanleiding van LBO1 getroffen maatregelen voor de beheersing van de overstromingsrisico's voldoende effectief zijn.

7.4. Recent opgeleverde projecten

De verplichting om de omgevingswaarden van de primaire waterkeringen te monitoren en ten minste eenmaal per twaalf jaar een beoordeling uit te voeren, geldt ook voor dijktrajecten waarvan onderdelen recent zijn versterkt.

Voor recent opgeleverde projecten bepaalt de keringbeheerder of de invloed van nieuwe kennis op de resultaten uit uitgevoerde ontwerpanalyses leidt tot een significante verandering in de overstromings- of faalkans van het dijktraject, in relatie tot de omgevingswaarde. Indien relevant worden de effecten hiervan gekwantificeerd.

7.5. Waterkeringen in het buitenland

Waterkeringen buiten Nederland vallen buiten de bepalingen van de Omgevingswet en de daarop gebaseerde regelgeving.

Er zijn enkele waterkeringen in België en Duitsland die bijdragen aan de bescherming tegen overstromingen in Nederland. De overstromingskans van deze waterkeringen en de bijdrage daarvan aan de gebieden in Nederland wordt op basis van afspraken tussen het ministerie en de Belgische en Duitse overheid bepaald. Dit is in overeenstemming met de Europese Richtlijn overstromingsrisico's (Richtlijn 2007/60/EG van het Europees parlement en de Raad van 23 oktober 2007 over beoordeling en beheer van overstromingsrisico's (PbEU 2007, L 288)) waarin wordt gestreefd naar gezamenlijke overstromingsrisicobeheerplannen.
Addendum

Dit addendum bevat een begrippenlijst en een lijst van afkortingen, zoals gebruikt in bijlage XXXIIA en XXXIIB van de Omgevingsregeling.

Begrippenlijst

Begrip	Begripsomschrijving
Beoordeling	Het rekenkundig bepalen van de overstromings- of faalkans van een dijktraject in relatie tot de omgevingswaarde en de signaleringsparameter.
Beoordelingsperiode	De periode waarin de regels in bijlage XXXIIA en XXXIIB van kracht zijn. De Omgevingsregeling (met inbegrip van de bijlagen XXXIIA en XXXIIB) heeft betrekking op de tweede Landelijke Beoordeling op basis van Overstromingskansen (LBO2). De beoordelingsperiode LBO2 betreft 2023–2035.
Dijktraject	Gedeelte van een primaire waterkering dat afzonderlijk is genormeerd.
Faalkans	Kans op een ongewenste gebeurtenis (falen). In het Besluit kwaliteit leefomgeving wordt de omgevingswaarde van voorliggende waterkeringen uitgedrukt in een 'faalkans per jaar'. Dit is de kans op de ongewenste gebeurtenis dat de kering faalt waardoor de hydraulische belasting op een achterliggend dijktraject substantieel wordt verhoogd.
Faalmechanisme[1]	De verzameling faalpaden met een gemeenschappelijk initieel mechanisme.
Faalpad[1]	Een gehele keten van opeenvolgende gebeurtenissen of mechanismen die samen leiden tot een overstroming of falen van de waterkering.
Gebeurtenis	Proces van verandering van een toestand naar een nieuwe, opvolgende toestand. Een gebeurtenis of knoop geeft de stap in het proces aan (zie ook mechanisme).
Initieel mechanisme[1]	Eerste mechanisme in het faalmechanisme.
Mechanisme	Proces van verandering van een toestand naar een nieuwe, opvolgende toestand. Mechanisme wordt gebruikt om de fysica te beschrijven en kan bestaan uit een gebeurtenis of uit een aaneenschakeling van meerdere gebeurtenissen (zie ook gebeurtenis).
Monitoring van de omgevingswaarden	Het monitoren van de omgevingswaarde is een continu proces dat zowel bestaat uit het rekenkundig bepalen van de overstromings- of faalkans door het uitvoeren van een beoordeling, als uit het bepalen van de impact van veranderingen op de berekende overstromings- of faalkans. *De overstromings- of faalkans is geen constante waarde, maar verandert in de tijd. Door klimaatverandering, bodemdaling en veroudering. Ook beleidswijzigingen, zoals de afvoerverdeling of het al dan niet treffen van noodmaatregelen in Duitsland, kunnen de overstromings- of faalkans beïnvloeden. Daarnaast leidt de ontwikkeling van nieuwe kennis over het gedrag van de kering tot andere inzichten in de overstromings- of faalkans. Tot slot kunnen ook veranderingen in het watersysteem of de kering zelf zorgen voor een aanpassing in de overstromings- of faalkans.*
Omgevingswaarde	Een omgevingswaarde legt de kwaliteit voor onderdelen van de fysieke leefomgeving vast. Voor waterveiligheid is de omgevingswaarde de overstromings- of faalkans van de dijktrajecten. De omgevingswaarden waaraan dijktrajecten in 2050 moeten voldoen zijn vastgelegd in het Besluit kwaliteit leefomgeving. Voor een aantal dijktrajecten is een aanvullende omgevingswaarde in het Besluit kwaliteit leefomgeving vastgelegd.
Overstromingskans	De kans op verlies van waterkerend vermogen waardoor het door het dijktraject beschermde gebied overstroomt op een manier waarop en in een mate waarin dat leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade.
Plan van aanpak	Plan van aanpak met de strategie voor de beoordeling van een dijktraject.

Planning van de beoordeling	De globale planning van de beoordeling van de dijktrajecten in beheer van de keringbeheerder.
Signaleringsparameter	Gebruikte term om ‘de andere parameter voor de signalering over de veiligheid van een dijktraject’ aan te duiden (zoals dat in het Besluit kwaliteit leefomgeving genoemd wordt). De monitoring van de omgevingswaarden in relatie tot de signaleringsparameters zorgt ervoor dat tijdig maatregelen kunnen worden getroffen om de veiligheid van primaire waterkeringen te borgen.
Veiligheidsopgave	Totaal van beheer en versterkingsmaatregelen dat nodig is om te voldoen aan de omgevingswaarde.
Verslag	Het verslag over de algemene waterstaatkundige toestand van de primaire waterkeringen. Het verslag wordt door de keringbeheerder van een primaire waterkering elke twaalf jaar opgesteld. Onderdeel van dit verslag zijn de resultaten van de monitoring en de beoordelingsrapportage.
Vervolgmechanismen[1]	De mechanismen die het initiërende mechanisme opvolgen. Samen leiden ze tot overstroming of falen van de waterkering.
Watersysteem	Het watersysteem is een samenhangend geheel van een of meer oppervlaktewaterlichamen en grondwaterlichamen, met bijbehorende bergingsgebieden, waterkeringen en ondersteunende kunstwerken.

[1] Definities uitgewerkt in bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling).

Afkortingen

Afkorting	Begrip
Bijlage XXXIIA (Procedure beoordeling)	Bijlage XXXIIA Procedure beoordeling primaire waterkeringen
Bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling)	Bijlage XXXIIB Randvoorwaarden beoordeling primaire waterkeringen
BOI	Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium
HWBP	Hoogwaterbeschermingsprogramma
Kader Zorgplicht	Kader Zorgplicht primaire waterkeringen
LBO2	Landelijke Beoordeling op basis van Overstromingskansen 2023–2035
Minister	Minister van Infrastructuur en Waterstaat
Signaleringsparameters	Andere parameters voor de signalering over de veiligheid van een dijktraject
Veiligheidsrapportage	Veiligheidsrapportage primaire waterkeringen

Bijlage XXXIIb. (randvoorwaarden beoordeling primaire waterkeringen)

Inhoud

1 Inleiding
1.1 Wettelijk kader: systematiek monitoring en beoordeling primaire waterkeringen
1.2 De Omgevingsregeling
1.3 Het Basisinstrumentarium
1.4 Leeswijzer
2 Duiding overstromings- of faalkansen
2.1 Kans op overstromen
2.2 Bepaling overstromings- of faalkansen
2.3 Peildatum
2.4 Menselijk ingrijpen
3 Randvoorwaarden watersysteem
3.1 Afvoerverdeling Rijntakken
3.2 Systeemwerking
3.3 Inzet van bergings- of afvoermaatregelen
3.4 Bodemligging watersysteem
3.5 Grenzen van het winterbed
3.6 Vegetatie
3.7 Toestroming zijrivieren
3.8 Meerpeilstatistiek
3.9 Voorliggende waterkeringen
3.10 Diefdijk
3.11 Voorlanden
3.12 Klimaat
4 Analyse faalmechanismen
4.1 Faalmechanisme
4.2 Lijst van initiële mechanismen
4.3 Langs- en overgangsconstructies
4.4 Technische innovaties
4.5 Indirecte mechanismen
4.6 Vakindeling
4.7 Schematisering
4.8 Lengte-effect
4.9 Belastingmodellen
5 Onderbouwing overstromings- of faalkans
5.1 Toepassing Basisinstrumentarium
5.2 Resultaat analyse relevante faalmechanismen
5.3 Resultaat analyse dominante faalpaden
5.4 Assembleren

1. Inleiding

1.1. Wettelijk kader: systematiek monitoring en beoordeling primaire waterkeringen

Met het in werking treden van de Omgevingswet en het Besluit kwaliteit leefomgeving, worden de omgevingswaarden van dijktrajecten en de ‘andere parameters voor de signalering over de veiligheid van een dijktraject’ (hierna: signaleringsparameters), opgenomen in het Besluit kwaliteit leefomgeving, van kracht. Deze komen overheen met de waarden die in 2017 in de Waterwet zijn vastgelegd voor de ondergrens en signaleringswaarde van de dijktrajecten.

De Omgevingswet gaat over de fysieke leefomgeving, waar de primaire waterkeringen deel van uitmaken. Omgevingswaarden leggen de gewenste kwaliteit die de overheid wil bereiken voor de fysieke leefomgeving of een onderdeel daarvan vast. Voor de primaire waterkeringen is de omgevingswaarde vastgelegd in de vorm van een overstromingskans of faalkans. Een overstromingskans betreft de kans per jaar dat een overstroming optreedt in een dijktraject. De faalkans wordt gebruikt in die gevallen dat het falen van een dijktraject niet direct leidt tot een overstroming, maar tot een verhoging van de belasting op de achterliggende keringen.

Door monitoring wordt bewaakt dat de primaire waterkeringen voldoen aan de omgevingswaarde.

Monitoring vindt plaats door met metingen, berekeningen en modellen de overstromingskans dan wel faalkans te bepalen van een dijktraject in de actuele toestand. Artikel 2.15, vierde lid, van de Omgevingswet bepaalt dat bij Ministeriële regeling nadere regels worden gesteld voor de uitvoering van de monitoring.

De metingen, berekeningen en modellen die worden ingezet om de overstromings- of faalkans te bepalen zijn voor elk dijktraject anders. Dit is afhankelijk van de lokale situatie (belasting, type keringen en de samenstelling en opbouw van de ondergrond) die bepaalt welke faalmechanismen bijdragen aan de overstromingskans en welke modellen toepasbaar zijn.

De overstromings- of faalkans is geen statische waarde, maar verandert in de tijd. Door klimaatverandering, bodemdaling en veroudering. Ook beleidswijzigingen, zoals de afvoerverdeling of het al dan niet treffen van noodmaatregelen in Duitsland, kunnen de overstromings- of faalkans beïnvloeden. Daarnaast leidt de ontwikkeling van nieuwe kennis over het gedrag van de kering tot andere inzichten in de overstromings- of faalkans. Tot slot kunnen ook veranderingen in het watersysteem of de kering zelf zorgen voor een aanpassing in de overstromings- of faalkans.

Het monitoren van de omgevingswaarde is daarmee een continu proces dat zowel bestaat uit het rekenkundig bepalen van de overstromings- of faalkans als het bepalen van de impact van veranderingen op de berekende overstromings- of faalkans en indien nodig aanpassen van de rekenkundig bepaalde kans.

Het rekenkundig bepalen van de overstromings- of faalkans van een dijktraject wordt de beoordeling genoemd. Om deze reden wordt naast het begrip ‘monitoring’ ook het begrip ‘beoordeling’ gebruikt, als het gaat om primaire waterkeringen. Deze beoordeling wordt ten minste eenmaal per twaalf jaar uitgevoerd volgens de regels die worden gesteld in de Omgevingsregeling en de bijlagen XXXIIA en XXXIIB bij die regeling. De beoordeling – of delen daarvan- wordt vaker uitgevoerd als de waargenomen veranderingen daartoe aanleiding geven.

De resultaten van de beoordeling legt de keringbeheerder van primaire waterkering vast in de beoordelingsrapportage. Het bepalen van de impact van veranderingen is onderdeel van de taken die de keringbeheerder volgens de algemene zorgplicht heeft onder de Omgevingswet. Voor de invulling hiervan hebben de keringbeheerders en het Rijk afspraken gemaakt en vastgelegd in het Kader Zorgplicht primaire waterkeringen (hierna: Kader Zorgplicht).

De keringbeheerder van een primaire waterkering stelt elke twaalf jaar een verslag op over de algemene waterstaatkundige toestand van de primaire waterkeringen (artikel 11.15 van het Besluit kwaliteit leefomgeving). Onderdeel van dit verslag zijn de resultaten van de monitoring, inclusief de beoordelingsrapportage. Als blijkt dat niet wordt voldaan of zal worden voldaan aan de omgevingswaarde, wordt in het verslag ook een omschrijving opgenomen van de maatregelen die op een daarbij aangegeven termijn nodig worden geacht.

Op basis van het Kader Zorgplicht wordt door de keringbeheerder jaarlijks een veiligheidsrapportage primaire waterkeringen (hierna: veiligheidsrapportage) opgesteld die actuele informatie bevat over de veiligheid die de primaire keringen bieden tegen overstromingen in het beheergebied van de keringbeheerder. De veiligheidsrapportage geeft een actueel en integraal veiligheidsbeeld van de waterkeringen in het beheergebied van de keringbeheerder en bevat onder andere de resultaten van de beoordeling van de dijktrajecten, de actualiteit daarvan, de veiligheidsopgave en de maatregelen die vanuit de zorg voor de primaire waterkeringen worden uitgevoerd.

1.2. De Omgevingsregeling

De Omgevingsregeling verwijst naar twee bijlagen waarin de regels over de uitvoering van de beoordeling zijn opgenomen:

Bijlage XXXIIA Procedure beoordeling primaire waterkeringen
(hierna: bijlage XXXIIA (Procedure beoordeling))

Deze bijlage beschrijft de te volgen procedure in de beoordeling van een dijktraject en bevat de eisen die worden gesteld aan de rapportage.

Bijlage XXXIIB Randvoorwaarden beoordeling primaire waterkeringen
(hierna: bijlage XXXIIB (Randvoorwaarden beoordeling)).

Deze bijlage beschrijft de randvoorwaarden voor het bepalen van de overstromings- of faalkans van een dijktraject.

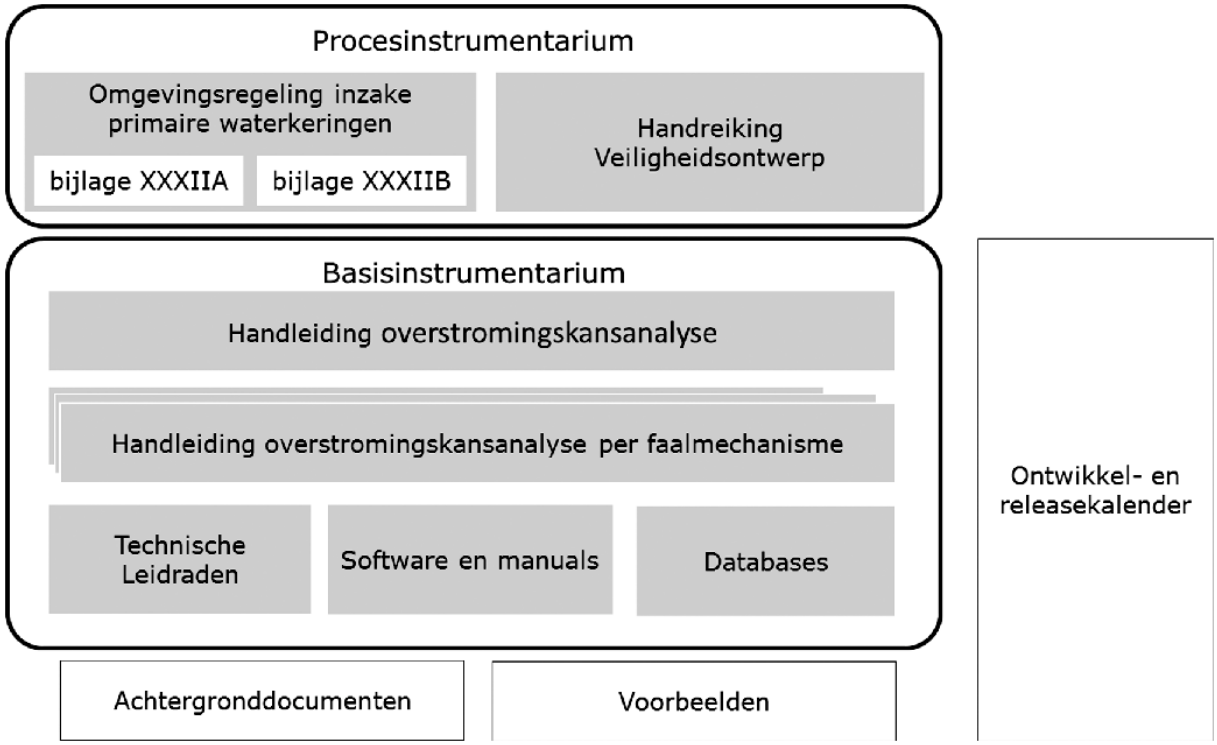
1.3. Het Basisinstrumentarium

Naast de in de bijlagen bij de Omgevingsregeling opgenomen bepalingen, stelt de Minister van Infrastructuur en Waterstaat (hierna: minister) ook een Basisinstrumentarium[1] beschikbaar ter ondersteuning van de keringbeheerder bij de uitvoering van de beoordeling. Het Basisinstrumentarium voor het beoordelen en ontwerpen van primaire waterkeringen bevat onder andere handleidingen, technische leidraden, databases en applicaties (software).

[1] Basisinstrumentarium – Iplo.nl.

Het Basisinstrumentarium wordt geactualiseerd als er nieuwe kennis of inzichten zijn die van invloed zijn op de belastingen op en de sterkte van waterkeringen. Het actualiseren van het Basisinstrumentarium is een continu proces.

Het Basisinstrumentarium bevat generieke instrumenten voor de beoordeling van primaire waterkeringen. De eisen die worden gesteld aan de ontwikkeling van instrumenten uit het Basisinstrumentarium en aan andere instrumenten die hiervan geen deel uitmaken zijn opgenomen in paragraaf 6.3 van bijlage XXXIIA (Procedure beoordeling).



Figuur 1.1: Schematische weergave van het Beoordelings- en Ontwerpinstrumentarium (BOI). Het BOI bestaat uit een Procesinstrumentarium, een Basisinstrumentarium en overige documenten. De Omgevingsregeling is onderdeel van het Procesinstrumentarium en bevat bepalingen

1.4. Leeswijzer

Naast regels over het uitvoeren van de beoordeling bevat deze bijlage ook toelichtende teksten. Toelichtende teksten zijn *cursief* weergegeven en hebben geen normatieve betekenis. Ook hoofdstuk 1 van deze bijlage heeft geen normatieve betekenis.

In hoofdstuk 2 wordt beschreven voor welke gebeurtenissen de overstromings- of faalkans wordt bepaald. De uitgangspunten voor de bijbehorende schematisering van het watersysteem staan in hoofdstuk 3.

De belangrijkste elementen van de overstromingskansanalyse zijn gedefinieerd in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 beschrijft de wijze waarop uit de analyse een overstromings- of faalkans wordt bepaald.

Een lijst van gehanteerde begrippen is opgenomen in het addendum van bijlage XXXIIA (Procedure beoordeling).

2. Duiding overstromings- of faalkansen

Dit hoofdstuk bevat de beleidsmatige randvoorwaarden voor de beoordeling van primaire waterkeringen die volgen uit de vertaling van de bestuurlijke en technische-inhoudelijke keuzes, die de basis zijn van de omgevingswaarden, naar randvoorwaarden voor het bepalen van de overstromings- of faalkansen bij de beoordeling van primaire waterkeringen.

De omgevingswaarden en signaleringsparameters zijn het resultaat van een bestuurlijk en wetgevingsproces en gebaseerd op de beleidsmatige uitgangspunten van een basisbeschermingsniveau voor iedereen in Nederland en lokale differentiatie op basis van analyses van slachtofferrisico, maatschappelijke kosten-batenanalyse en groepsrisico. Bij de uitwerking van de omgevingswaarden zijn bestuurlijke keuzes gemaakt en zijn technische-inhoudelijke uitgangspunten gehanteerd.

2.1. Kans op overstromen

Met de kans op overstromen wordt bedoeld de kans op verlies van waterkerend vermogen van een dijktraject waardoor het door het dijktraject beschermde gebied zodanig overstroomt dat dit leidt tot dodelijke slachtoffers of substantiële economische schade.

De overstromings- of faalkans wordt bepaald bij hoogwatersituaties die ontstaan door stormen dan wel hoge rivierafvoeren. Bijzondere situaties, bijvoorbeeld ijsdammen, tsunami's en aardbevingen, worden alleen beschouwd als de keringbeheerder aanleiding heeft te veronderstellen dat deze bijdragen aan de overstromings- of faalkans.

Buistoten, buioscillaties en seiches zijn kortdurende waterstandveranderingen door zware buien en grote veranderingen of fluctuaties in de wind. Deze worden alleen meegenomen als de keringbeheerder aanleiding heeft te veronderstellen dat deze bijdragen aan de overstromings- of faalkans.

Bij een overstroming wordt verondersteld dat deze wordt veroorzaakt doordat een waterkering haar waterkerende functie niet meer kan vervullen of dat het kombergingsvermogen is overschreden en wel in die mate dat er sprake is van slachtoffers en substantiële schade.

2.2. Bepaling overstromings- of faalkansen

Bij de bepaling van overstromings- of faalkansen gaat het om reële inschattingen en onderbouwde overstromings- of faalkansen. Onzekerheden worden daarbij expliciet meegenomen.

Voorbeelden van onzekerheden zijn parameter- en scenario-onzekerheden, statistische onzekerheden, modelonzekerheden en kennisonzekerheden. In de handleiding Overstromingskansanalyse in het Basisinstrumentarium wordt aangegeven hoe met deze onzekerheden kan worden omgegaan.

2.3. Peildatum

De bepaling van overstromings- of faalkansen vindt plaats voor de verwachte situatie aan het eind van een beoordelingsperiode, in dit geval op 31 december 2034.

Bij de bepaling van de verwachte situatie wordt:

- Rekening gehouden met autonome ontwikkelingen van bodemdaling, morfologie, geomorfologie en hydrologie.
- Ervan uitgegaan dat alle keringbeheerders van het watersysteem de nodige maatregelen treft, gericht op het inrichten en ingericht houden van het watersysteem overeenkomstig de in het Besluit kwaliteit leefomgeving vastgestelde omgevingswaarden, volgens de afspraken vastgelegd in het Kader Zorgplicht.
- Ervan uitgegaan dat onderhoud volgens planning is uitgevoerd. Voor onderhoud dat in het peiljaar is gepland, wordt ervan uitgegaan dat dit groot onderhoud is uitgevoerd voor de peildatum.

Daarnaast wordt ervan uitgegaan dat:
- Voor de peildatum vergunde maatregelen in de rivier zijn uitgevoerd.
- Het suppletieprogramma uit het vigerend kustbeleid wordt uitgevoerd tot peildatum.
- De legger waterstaatswerken van kracht blijft.

2.4. Menselijk ingrijpen
Bij de bepaling van de overstromings- of faalkansen wordt alleen rekening gehouden met gepland menselijk ingrijpen.

Er wordt van uitgegaan dat een waterkering eigenstandig water keert. Bij de bepaling van de overstromings- of faalkans wordt alleen rekening gehouden met -geplande – noodmaatregelen. Er wordt geen rekening gehouden met ad hoc interventies die de overstromings- of faalkans verlagen. Evenmin wordt rekening gehouden met terroristische aanslagen (bijvoorbeeld in relatie met cyber security) die direct of indirect de overstromings- of faalkans verhogen. Wel wordt rekening gehouden met geplande maatregelen die in (calamiteiten)plannen zijn beschreven, zoals het sluiten van coupures of het opzetten van een slootpeil.

3. Randvoorwaarden watersysteem
Dit hoofdstuk bevat beleidsmatige randvoorwaarden met betrekking tot het schematiseren van oppervlaktewaterlichamen en bergingsgebieden die zijn gehanteerd bij het in rekening brengen van hydraulische belastingen tijdens een beoordeling. Daarbij geldt in de basis dat de fysieke werkelijkheid zo goed mogelijk wordt benaderd.

Het watersysteem is een samenhangend geheel van een of meer oppervlaktewaterlichamen en grondwaterlichamen, met bijbehorende bergingsgebieden, waterkeringen en ondersteunende kunstwerken.

De specifieke combinatie van stochasten van oppervlaktewaterlichamen en bergingsgebieden (rivierafvoer, getijden, meerpeil, wind en toestand stormvloedkeringen), ofwel variabelen, bepalen de (variatie in) hydraulische belastingen van het watersysteem.

De uitwerking van het beleid kan als gevolg van nieuwe kennis en inzichten, zoals nieuwe klimaatscenario's, wijzigen. De consequenties hiervan voor de instrumenten in Basisinstrumentarium waarmee hydraulische belastingen kunnen worden bepaald, worden beschreven in de releasekalender. Bij beleidswijzigingen zullen de Omgevingsregeling en het Basisinstrumentarium daaraan worden aangepast.

3.1. Afvoerverdeling Rijntakken
Rondom de afvoerverdeling van de Rijn geldt de beleidslijn 'Lek Ontzien'[1]. Daarbij wordt uitgegaan van een realistische (fysiek verwachte) werking van de regelwerken bij hoge rivierafvoeren.

Komende jaren wordt in het licht van de nieuwe klimaatscenario's onderzoek gedaan naar de toekomstige gewenste afvoerverdeling. Daarbij wordt de combinatie van afvoercapaciteit van de riviertakken en de instelling van de regelwerken binnen het Integraal Riviermanagement (IRM) programma beschouwd. Als dit leidt tot een andere instelling van de regelwerken, worden de instrumenten in het Basisinstrumentarium hieraan aangepast.
[1] Beleidslijn grote rivieren – Overheid.nl.

3.2. Systeemwerking
Als een primaire waterkering overloopt, achterloops raakt of doorbreekt, zal een deel van het rivierwater het gebied achter de dijk inlopen. De rivierafvoer neemt daardoor af, waardoor de belastingen in het benedenstrooms gelegen gebied lager worden. Er is dan sprake van positieve (gunstige) systeemwerking. Negatieve systeemwerking bestaat ook, bijvoorbeeld als de belastingen op de Maas toenemen door een dijkdoorbraak van de Heerewaardense Afsluitdijk langs de Waal.

Met positieve systeemwerking, waarbij de waterkeringen bovenstrooms in Duitsland en België overstromen, wordt rekening gehouden in de afvoerstatistiek van Rijn en Maas bij respectievelijk Lobith en Borgharen.

Binnen Nederland wordt voor de bepaling van de overstromings- of faalkans niet gerekend met systeemwerking. Uitzondering zijn het overstromen van Europoortkeringen, het overstromen van waterkeringen in de Maasvallei, voor de bepaling van de belastingen langs de bedijkte Maas, en de overstroming van de Rijntakken voor de beoordeling van de Diefdijk.

3.3. Inzet van bergings- of afvoermaatregelen

In het Basisinstrumentarium staat de methode beschreven voor de beoordeling van dijktrajecten waarvoor, naast de 'maximaal toelaatbare overstromingskans per jaar', ook de 'maximaal toelaatbare overstromingskans per keer dat de afvoer- of bergingscapaciteit van een watersysteem wordt vergroot' als omgevingswaarde is vastgelegd (artikel 2.0c, tweede lid, van het Besluit kwaliteit leefomgeving).

3.4. Bodemligging watersysteem

Het afleiden van de hydraulische belastingen gebeurt op basis van een schematisering van de bodem van de watersystemen. Peildatum voor de beoordeling is hierbij 31december januari 2034.

Door morfologische ontwikkelingen verandert de bodem van kust en estuaria. De bodem van de rivieren verandert regelmatig door maatregelen, baggerwerkzaamheden en natuurlijke processen als erosie en sedimentatie. In de instrumenten voor de bepaling van hydraulische belastingen in het Basisinstrumentarium is aangegeven welk bodemmodel is gebruikt.

Riviermaatregelen waarvoor een vergunning is verleend, worden meegenomen in de schematisering van de bodem.

3.5. Grenzen van het winterbed

Voor de begrenzing van het winterbed wordt uitgegaan van de fysische begrenzing van het winterbed van de rivieren, ook als deze afwijkt van de begrenzing die in de legger waterstaatswerken staat.

De grenzen van het winterbed, zoals vastgelegd in de Beleidslijn Grote Rivieren[1], komen bij de Maas (in Limburg en een klein gedeelte van Noord-Brabant) en in veel mindere mate bij de Neder-Rijn (Utrechtse heuvelrug en Veluwe) en IJssel (Veluwe) niet meer geheel overeen met de fysische werkelijkheid bij hoge afvoeren.

[1] Beleidslijn grote rivieren – Overheid.nl.

3.6. Vegetatie

Nationaal beleid rondom vegetatie in het rivierbed is in ontwikkeling.

Dit wordt beschreven in de legger waterstaatswerken.

3.7. Toestroming zijrivieren

Toestroming vanuit zijrivieren (laterale afvoeren) en lozingen door gemalen worden op realistische wijze meegenomen. In het Basisinstrumentarium zijn de uitgangspunten van de toestroming uit rivieren en lozingen door gemalen bij de hydraulische databases beschreven.

3.8. Meerpeilstatistiek

Er wordt uitgegaan van de peilbesluiten op de peildatum zoals genoemd in paragraaf 2.3.

In het Basisinstrumentarium is voor de peildatum de statistiek vastgelegd die consistent is met de beleidsbeslissing en bijbehorende peilbesluiten.

3.9. Voorliggende waterkeringen

Voorliggende waterkeringen zijn waterkeringen die een rivier- of zeearm altijd of onder speciale omstandigheden afsluiten en daarmee de kansen op extreme belastingen op achterliggende waterkeringen reduceren.

Verlies van waterkerend vermogen leidt bij voorliggende waterkeringen niet altijd tot een overstroming van het achterland, maar zorgt ervoor dat de overstromingskans van achterliggende primaire waterkeringen zodanig wordt verhoogd dat voor de beheersing van overstromingsrisico's aanvullende maatregelen nodig zijn.

Stormvloedkeringen en keersluizen zijn voorliggende waterkeringen die onder normale omstandigheden open zijn en alleen in extreme omstandigheden worden gesloten. Wanneer, bij welke waterstanden en golven, ligt vast in een sluitprotocol. Het niet-sluiten van de waterkering, op een moment dat dit volgens het protocol zou moeten, betekent dat het hoge water of de storm doordringt in het achterliggende gebied. De kans op niet sluiten is meegenomen in de bepaling van de hydraulische belastingen achter de kering. Als deze kans groter is dan waar in de modellen mee rekening is gehouden, is de kans op een overstroming groter dan die berekend op basis van die modellen. De kans op niet-sluiten wordt vooral bepaald door operationele aspecten van het beheer.

Voor voorliggende waterkeringen zijn in het Besluit kwaliteit leefomgeving (artikel 2.0c, tweede lid) omgevingswaarden op basis van faalkansen vastgelegd.

De bepaling van de faalkans per jaar van stormvloedkeringen heeft betrekking op de gesloten toestand.

Voor enkele voorliggende keringen, waaronder enkele stormvloedkeringen, is in het Besluit kwaliteit leefomgeving (artikel 2.0c, vijfde lid) een aanvullende omgevingswaarde voor de betrouwbaarheid van de sluiting vastgelegd. Deze aanvullende omgevingswaarde geeft de maximale 'kans op niet sluiten per keer dat sluiting noodzakelijk is'. Dit is de kans waarmee rekening wordt gehouden bij het vaststellen van de hydraulische belasting op achterliggende dijktrajecten. Voor sommige keringen is het niet mogelijk de betrouwbaarheid van de sluiting te vangen in één waarde omdat er sprake is van meerdere doorgangen die gesloten moeten worden en er dus meerdere mogelijkheden zijn om open te staan, met een, twee of meer doorgangen. Deze mogelijkheden en het effect op het gebied erachter zijn verwerkt in de zogenaamde prestatiepeilen. Zolang deze voldoen aan de waarden zoals aangehouden bij de bepaling van de hydraulische belastingen in het achterliggende gebied, voldoet de waterkering aan de aanvullende omgevingswaarde. Dit betreft op dit moment de Oosterscheldekering en de Haringvlietsluizen.

3.10. Diefdijk

De Diefdijk is een achterliggende waterkering, die alleen wordt belast bij een doorbraak van een voorliggend dijktraject. Hierdoor is de omgevingswaarde uitgedrukt in overstromingskans per keer dat het dijktraject hydraulisch wordt belast. Dit betekent dat de waterstanden en golven die de Diefdijk belasten alleen kunnen worden bepaald als de overstromingskansen van de waterkeringen van de Betuwe-, Tieler en Culemborgerwaarden bekend zijn en om die reden alleen door de beheerder kunnen worden afgeleid.

3.11. Voorlanden

De aanwezigheid van voorlanden of dammen is van invloed op de overstromings- of faalkans. Als de aanwezigheid van een dam of voorland een significante invloed heeft op de overstromings- of faalkans, moet deze worden meegenomen bij de analyse van de faalmechanismen.

De golfcondities (met name de golfhoogte en -richting) kunnen veranderingen ondergaan door de aanwezigheid van een dam of een ondiep voorland. Ook heeft de aanwezigheid van een voorland invloed op de grondwaterlichamen.

Bij de instrumenten voor bepaling van hydraulische belastingen wordt in het Basisinstrumentarium aangegeven met welke dammen en voorlanden rekening is gehouden.

3.12. Klimaat

Door de minister wordt het toe te passen klimaatscenario voorgeschreven. Het klimaatscenario kan gedurende de beoordelingsperiode wijzigen.

Een nieuw klimaatscenario wordt in 2023 verwacht. Zolang dit nog niet beschikbaar is, wordt uitgegaan van de KNMI 2006 scenario's. Nieuwe klimaatscenario's zijn van belang voor het ontwerp van versterkingen en hebben weinig invloed op de overstromingskans op 31 december 2034.

4. Analyse faalmechanismen

Dit hoofdstuk bevat randvoorwaarden voor de analyse van faalmechanismen voor de bepaling van overstromings- of faalkansen. In dit hoofdstuk is een lijst van initiële en indirecte mechanismen opgenomen. Ter ondersteuning van de analyse van faalmechanismen zijn in het

Basisinstrumentarium handleidingen voor de overstromingskansanalyse voor de verschillende faalmechanismen opgenomen.

4.1. Faalmechanisme

De overstromings- of faalkans van een dijktraject wordt op basis van de analyse van faalmechanismen bepaald. Een faalmechanisme betreft de combinatie van alle faalpaden met hetzelfde initieel mechanisme.

Een faalpad betreft een keten van opeenvolgende gebeurtenissen of mechanismen die samen leiden tot overstroming of falen van de waterkering. In deze faalpaden geven gebeurtenissen en mechanismen de verandering van een toestand van de waterkering naar een nieuwe, volgende toestand van de waterkering aan. Elke gebeurtenis geeft de stap in het faalpad aan. Mechanismen worden gebruikt om de fysica te beschrijven en kunnen een aaneenschakeling zijn van meerdere gebeurtenissen. Het initiële mechanisme betreft het eerste mechanisme in het faalpad.

4.2. Lijst van initiële mechanismen

Voor de bepaling van de overstromings- of faalkans van de relevante faalmechanismen worden de generieke faalmechanismen beschouwd. Een lijst met initiële mechanismen is opgenomen in de tabel 4.1. De keringbeheerder voegt specifieke faalmechanismen toe wanneer deze de overstromings- of faalkans van de waterkering beïnvloeden.

Tabel 4.1: Lijst initiële mechanismen

Aanzet tot falen	***Initiële mechanismen***
De waterkering faalt door golfaanval op het buitentalud	*• Falen asfaltbekleding door golfklappen* *• Falen asfaltbekledingen door wateroverdruk* *• Erosie van grasbekleding, met inbegrip van overgangsconstructies* *• Afschuiving van grasbekleding* *• Instabiliteit steenzetting*
De waterkering faalt door water dat over de waterkering stroomt	*• Erosie van kruin en binnentalud, met inbegrip van overgangsconstructies*
De waterkering faalt door hoge waterspanningen in en onder de waterkering	*• Piping* *• Binnenwaartse macro-instabiliteit* *• Binnenwaartse macro-instabiliteit,* *– Micro-instabiliteit, met inbegrip van opdrukken binnenbekleding* *– Binnenwaartse macro-instabiliteit, met inbegrip van afschuiving binnenbekleding bij overslag*
Het waterkerende kunstwerk faalt	*• Hoogte kunstwerk* *• Betrouwbaarheid sluiting kunstwerk* *• Piping bij kunstwerk* *• Sterkte en stabiliteit puntconstructies*
De zandige waterkering (duin) faalt	*• Duinafslag*

4.3. Langs- en overgangsconstructies

Langs- en overgangsconstructies worden als integraal onderdeel van de waterkering beschouwd en meegenomen bij de bepaling van de bijdrage aan de overstromings- of faalkans van de relevante faalmechanismen.

Het (constructief) falen van een langs- en overgangsconstructies wordt als een specifiek mechanisme beschouwd.

4.4. Technische innovaties

Voor het reduceren van de kans op een of meer faalmechanismen worden bij dijkversterkingen (technische) innovaties toegepast. Technische innovaties zijn maatregelen waarvoor geldt dat voor de bepaling van overstromings- of faalkansen nog geen generieke instrumenten beschikbaar zijn.

In de beoordeling worden de technische innovaties als een integraal onderdeel van de waterkering beschouwd en meegenomen bij de bepaling van de bijdrage aan de overstromings- of faalkans van de relevante faalmechanismen.

Het falen van de (technische) innovatie wordt, waar het een nieuw initieel mechanisme betreft, als specifiek faalmechanisme beschouwd.

Wanneer (i) de actuele situatie in de gebruikssituatie past binnen de berekende dimensies en marges die voor ontwikkeling, ontwerp en aanleg zijn bepaald, (ii) er geen nieuwe inzichten zijn over de innovatie en (iii) de hydraulische belastingen en overige randvoorwaarden niet significant[1] ongunstiger zijn dan in ontwerp aangenomen, kan de ontwerpanalyse worden gebruikt als resultaat voor de analyse van relevante faalmechanismen. Een verdere analyse van de innovatie is in dat geval niet nodig voor de beoordeling.

[1] Significant wil zeggen dat de wijzigingen betekenen dat andere ontwerpkeuzes zouden zijn gemaakt.

De actuele situatie volgt uit monitoring van het gedrag van de innovatie.

4.5. Indirecte mechanismen

Een indirect mechanisme leidt tot verzwakkende omstandigheden en vergroot de kans dat een of meer faalmechanismen tot een overstroming leiden. Tabel 4.2 bevat een lijst van indirecte mechanismen die van invloed kunnen zijn op de overstromings- of faalkans. De keringbeheerder voegt specifieke indirecte mechanismen toe wanneer deze de overstromings- of faalkans beïnvloeden.

Wanneer de indirecte mechanismen de overstromings- of faalkans beïnvloeden, worden deze met scenario's voor het optreden van initiële mechanismen in de analyse meegenomen. Een scenario beschrijft de geometrie van de waterkering die ontstaat na het optreden van een indirect mechanisme.

De kans dat een scenario zich voordoet wordt bepaald door de kans van optreden van het indirecte mechanisme en de kans dat schade wordt waargenomen en op tijd wordt hersteld. Met onderbouwing, is het mogelijk om een indirect mechanisme als specifiek faalmechanisme te definiëren.

Onverwachte gebeurtenissen tijdens dagelijkse omstandigheden worden als indirect mechanisme in de beoordeling meegenomen.

Het Basisinstrumentarium bevat handleidingen ter ondersteuning bij het analyseren van scenario's en het bepalen van de overstromings- of faalkans.
Wanneer de kans op optreden van het indirecte mechanisme verwaarloosbaar is, hoeft hiermee geen rekening te worden gehouden bij de analyse van relevante faalmechanismen.

Tabel 4.2: Lijst indirecte mechanismen

Type	***Indirect mechanisme***
Niet-waterkerende objecten	*• Mechanismen veroorzaakt door:* *– bebouwing* *– begroeiing* *– kabels en leidingen* *– windmolens*
Voorland en havendammen	*• Afschuiving voorland* *• Zettingsvloeiing* *• Golfafslag van voorland* *• Bezwijken havendammen*
Overig	*• Afschuiving buitentalud* *• Graverij*

4.6. Vakindeling

Voor de analyse van faalmechanismen wordt per initieel mechanisme een vakindeling gemaakt. Binnen elk afzonderlijk vak is sprake van bij benadering uniforme kenmerken. De analyse vindt plaats per kunstwerk of vak op een representatief dwarsprofiel binnen het vak.

De vakindeling uit LBO1 kan als startpunt worden gebruikt bij de uitvoering van de beoordeling. Wanneer de variatie in een vak groot is, of vervolgmechanismen hiervoor aanleiding geven, kan ervoor worden gekozen om een vak te splitsen.

4.7. Schematisering

Voor de analyse van faalmechanismen wordt de werkelijkheid benaderd met een schematisering. Het schematiseringsproces is afhankelijk van de analysemethode *(bijvoorbeeld analytisch, eindige elementmethode),* de te gebruiken rekenmodellen *(die de fysica beschrijven)*en de te ondersteunen beslissing.

Een schematisering heeft altijd betrekking op een gekozen deel van de waterkering en wordt op basis van technisch-inhoudelijke kennis van het gedrag en de opbouw van de waterkering opgesteld. De schematisering is een technisch-inhoudelijk onderbouwde vertaling van de verzamelde relevante informatie naar een invoer voor de analyse van een mechanisme. De handleidingen in het Basisinstrumentarium bieden handvatten voor het omgaan met onzekerheden en het op een objectieve en uniforme wijze komen tot een schematisering.

Het proces van schematiseren is een iteratief proces, passend bij de werkwijze 'van grof naar fijn'. De meest recente schematisering uit beoordeling of ontwerp vormt het vertrekpunt. De schematisering wordt tijdens de gehele beoordeling verfijnd als dat nodig is om te komen tot een geloofwaardige oordeel (zie de kwaliteitsindicatoren in bijlage XXXIIA (Procedure beoordeling)). Om de schematisering te verfijnen kunnen extra gegevens nodig zijn. Het iteratieve proces stopt wanneer wordt voldaan aan de kwaliteitseisen die bij de kwaliteitsindicatoren in het Draaiboek LBO2 zijn afgesproken.

Bij het schematiseren werkt de keringbeheerder van grof naar fijn. Het is vaak niet nodig om een zeer verfijnde schematisering op te stellen. De keringbeheerder maakt op basis van technisch-inhoudelijke kennis een inschatting van het benodigde detailniveau van de schematisering. Ook kan de afweging worden gemaakt (1) om eerst met een beperkte inspanning grof te schematiseren en daarna met een gerichte inspanning de schematisering te verfijnen of (2) om direct een relatief grotere inspanning te leveren om te komen tot een verfijnde schematisering. Mocht het in een vervolgstap noodzakelijk blijken meer informatie in te winnen, dan kan die informatie alsnog en gerichter worden ingewonnen.

Het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse kan de keringbeheerder helpen om te bepalen of verfijningen van delen van de schematisering of geschematiseerde eigenschappen van de waterkering nodig zijn.

De handleidingen in het Basisinstrumentarium bieden handvatten voor het opstellen van een schematisering voor de verschillende initiële mechanismen.

Schematiseringskeuzes worden vastgelegd en worden onderbouwd op basis van de verzamelde informatie. Bij het schematiseren moet niet alleen rekening worden gehouden met de beschikbare informatie, maar ook met onzekerheden die ontstaan door het ontbreken van informatie.

4.8. Lengte-effect

Bij de bepaling van de bijdrage van een faalmechanisme aan de overstromings- of faalkans wordt rekening gehouden met het lengte-effect.

Het lengte-effect wordt bepaald door de ruimtelijke variabiliteit binnen de beschouwde strekking van het dijktraject in samenhang met de keuzes die tijdens het schematiseren zijn gemaakt. De wijze waarop het lengte-effect door de keringbeheerder wordt bepaald, is afhankelijk van het faalmechanisme en staat beschreven in de handleidingen in het Basisinstrumentarium.

4.9. Belastingmodellen

Elk oppervlaktewaterlichaam en bergingsgebied kent een eigen wijze van vertaling van de basisstochasten naar de hydraulische belasting op de waterkering. De manier waarop deze vertaling plaatsvindt, heet het belastingmodel. De statistiek van de basisstochasten en de bijbehorende statistische onzekerheid, de correlatiemodellen en modelonzekerheden worden daarvoor via een probabilistisch model gecombineerd met: (i) een windmodel, (ii) een hydrodynamische waterbewegings- en (iii) golfmodel om de basisstochasten te vertalen in een hydraulische belasting nabij de waterkering.

De minister stelt belastingmodellen ter beschikking die door keringbeheerders kunnen worden gebruikt in de beoordeling. De belastingmodellen van de verschillende watersystemen staan in het

Basinstrumentarium beschreven.

In de handleidingen in het Basisinstrumentarium staan de relevante hydraulische belastingen voor de verschillende mechanismen beschreven.

Het Basisinstrumentarium bevat instrumenten in de vorm van software en databases voor het afleiden van hydraulische belastingen. De databases zijn beschikbaar via de website van het Informatiepunt Leefomgeving.

5. Onderbouwing overstromings- of faalkans

Dit hoofdstuk beschrijft de wijze waarop uit de resultaten van de analyses van relevante faalmechanismen en dominante faalpaden de overstromings- of faalkans van een dijktraject wordt samengesteld.

5.1. Toepassing Basisinstrumentarium

De instrumenten van het Basisinstrumentarium zijn toepasbaar voor de analyse van de initiële mechanismen van de relevante faalmechanismen.

De uitgangspunten en data waarop de instrumenten in het Basisinstrumentarium zijn gebaseerd zijn niet per definitie geldig bij de analyse van vervolgmechanismen bij dominante faalpaden.

De toepassing van instrumenten uit het Basisinstrumentarium voor de analyse van dominante faalpaden wordt door de beheerder onderbouwd.

Met een hoekpuntenanalyse, waarbij wordt nagegaan hoe in het meest ongunstige of gunstige geval de overstromings- of faalkans verandert, kan rekening worden gehouden met de onzekerheid van nieuwe kennis die niet in het Basisinstrumentarium staat.

5.2. Resultaat analyse relevante faalmechanismen

Het resultaat van de analyse van de relevante faalmechanismen is eenoverstromings- of faalkans per vak voor het faalmechanisme. Wanneer de overstromings- of faalkans per doorsnede is bepaald, wordt deze vertaald naar een overstromings- of faalkans per vak.

In de handleidingen in het Basisinstrumentarium is aangegeven op welke wijze de overstromings- of faalkans per doorsnede wordt vertaald naar een kans per vak.

Voor kunstwerken wordt met het Basisinstrumentarium direct een kans per vak bepaald.

Waar geen kans kan worden bepaald, wordt een inschatting gemaakt van de afstand tot de omgevingswaarde en de signaleringsparameter.

Bij de analyse van relevante faalpaden kan met de instrumenten uit het Basisinstrumentarium niet voor alle initiële mechanismen een faalkans worden berekend. De handleiding Overstromingskansanalyse uit het Basisinstrumentarium bevat een beschrijving van een methode voor de bepaling van de afstand tot de omgevingswaarde en signaleringsparameter en hoe deze te vertalen is naar een kans die in de verdere analyse kan worden meegenomen.

Voor een initieel mechanisme, waar geen inschatting van de overstromings- of faalkans kan worden gedaan, wordt aangegeven of deze naar verwachting kleiner of groter is dan de signaleringsparameter. Wanneer het faalmechanisme één of meerdere dominante faalpaden kent, wordt bij de analyse van dominante faalpaden een overstromings- of faalkans bepaald. Initiële mechanismen waarvoor geen overstromings- of faalkans is bepaald, worden niet gebruikt bij het bepalen van de overstromings- of faalkans van het dijktraject.

5.3. Resultaat analyse dominante faalpaden

Het resultaat van de analyse van dominante faalpaden is een overstromings- of faalkans per vak voor het betreffende faalmechanisme. Dit is de combinatie van de overstromings- of faalkans van de dominante faalpaden met hetzelfde initiële mechanisme. De resultaten van de analyses worden gecombineerd tot een overstromings- of faalkans voor het traject.

De analyse van dominante faalpaden kan ook bestaan uit een integrale analyse van meerdere vakken en initiële mechanismen. In dat geval vervangt deze de overstromings- of faalkans uit de analyse van de overstromings- of faalkans van alle vakken die integraal zijn beschouwd.

In de handleiding Overstromingskansanalyse in het Basisinstrumentarium is aangegeven op welke wijze de overstromings- of faalkans per vak wordt bepaald.

5.4. Assembleren

Het assembleren of combineren van de verschillende kansen tot een overstromings- of faalkans vindt plaats in twee stappen:

1. Van de overstromings- of faalkans per vak naar de overstromings- of faalkans per dijktraject per faalmechanisme.
2. Van de overstromings- of faalkans per dijktraject per faalmechanisme naar de overstromings- of faalkans van het dijktraject.

De stappen kunnen in willekeurige volgorde worden uitgevoerd.

In de handleiding Overstromingskansanalyse in het Basisinstrumentarium wordt het assembleren toegelicht. Ook wordt hierin aangegeven hoe de resultaten van probabilistische analyses van meerdere vakken en faalpaden kunnen worden gecombineerd tot een overstromings- of faalkans. De stappen van de assemblage zijn uitgewerkt in een assemblageprotocol[1].

[1] Assemblageprotocol – Iplo.nl.

Bijlage XXXIII. (meet- en rekenmethode geluidbelasting)

1. Inleiding

De waarden van de geluidsbelasting, L_{den} en L_{night}, worden op de waarneempunten bepaald door berekening volgens de rekenmethode en de gegevens zoals uiteengezet in hoofdstuk 2. Metingen kunnen volgens hoofdstuk 3 worden verricht.

2. Rekenmethode

2.1. Algemene bepalingen

2.1.1. Indicatoren, frequentiebereik en banddefinities

Berekeningen van de geluidsbelasting worden in het frequentiegebied van 63 Hz tot 8 kHz octaafbanden bepaald. De resultaten van de frequentieband worden op het overeenkomstige frequentie-interval verstrekt.

Berekeningen worden voor wegverkeerslawaai, spoorweglawaai en industrielawaai in octaafbanden uitgevoerd, met uitzondering van het geluidsvermogen van de bron van spoorweglawaai, dat van tertsbanden gebruikmaakt. Voor wegverkeerslawaai, spoorweglawaai en industrielawaai wordt, op basis van de resultaten van deze octaafband, het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau over lange termijn voor de dag, de avond en nachtperiode, als vastgesteld in bijlage I en bedoeld in artikel 5 van Richtlijn 2002/49/EG, berekend door de methode, beschreven in de punten 2.1.2, 2.2, 2.3, 2.4 en 2.5. Voor het weg- en spoorwegverkeer in agglomeraties wordt het A-gewogen gemiddelde geluidsniveau op lange termijn bepaald op basis van de bijdragen daaraan van de daarin gelegen weg- en spoorwegsegmenten, met inbegrip van de grote wegen en de grote spoorwegen.

$$L_{Aeq,T} = 10 \text{ x lg} \sum_{i=i} 10^{\left(L_{eq,T,i}+A_i\right)/10} \qquad (2.1.1)$$

waarbij
A_i de A-gewogen correctie volgens NEN-EN-IEC 61672-1 aanduidt,
i de frequentieband-index is,
en T de tijdsperiode is die overeenkomt met dag, avond of nacht.

Geluidsparameters zijn: L_p	Niveau van momentane geluidsdruk	[dB] (re. 2 10^{-5} Pa)
$L_{Aeq,LT}$	Globaal langdurig geluidsniveau L_{Aeq} als gevolg van alle bronnen en spiegelbronnen op punt R	[dB] (re. 2 10^{-5} Pa)
L_W	In situ geluidsvermogensniveau van een puntbron (bewegende of stilstaande)	[dB] (re. 10^{-12} W)
$L_{W,i,dir}$	Richtingsafhankelijk in situ geluidsvermogensniveau voor de i-de-frequentieband	[dB] (re. 10^{-12} W)
$L_{W'}$	Gemiddelde in situ geluidsvermogensniveau per meter bronlijn	[dB/m] (re. 10^{-12} W)

Andere fysische parameters zijn:

p	Effectieve waarde van de momentane geluidsdruk	[Pa]
p_0	Referentiegeluidsdruk = 2 10^{-5} Pa	[Pa]
W_0	Referentiegeluidsvermogen = 10^{-12} W	[Watt]

2.1.2. Kwaliteitskader

Nauwkeurigheid van invoerwaarden
Alle invoerwaarden die het emissieniveau van een bron beïnvloeden, worden bepaald met ten minste de nauwkeurigheid die overeenkomt met een onzekerheid van ± 2dB(A) in het emissieniveau van de bron (waarbij alle andere parameters ongewijzigd blijven).

Gebruik van standaardwaarden
Bij de toepassing van de in dit hoofdstuk weergegeven methode geven de invoergegevens het werkelijke verbruik weer. In principe wordt geen gebruik gemaakt van standaardinvoerwaarden of veronderstellingen. Standaardinvoerwaarden en veronderstellingen worden geaccepteerd indien de verzameling van werkelijke gegevens met onevenredig hoge kosten gepaard gaat.

De kwaliteit van de software die voor de berekeningen wordt gebruikt
Voor de software die voor de berekeningen wordt gebruikt, moet worden bewezen dat aan de hierbij beschreven methode is voldaan, en wel door middel van certificering van resultaten tegen testcases.

2.2. Wegverkeerslawaai

2.2.1. Bronbeschrijving

Indeling van voertuigen
De bron van wegverkeerslawaai wordt vastgesteld door de geluidsemissies van alle individuele voertuigen van de verkeersstroom te combineren. Deze voertuigen worden ingedeeld in vier verschillende categorieën met betrekking tot de kenmerken van hun geluidsemissie:
Categorie 1: Lichte motorvoertuigen
Categorie 2: Middelzware voertuigen
Categorie 3: Zware voertuigen
Categorie 4: Gemotoriseerde tweewielers

Bij gemotoriseerde tweewielers worden twee afzonderlijke subcategorieën gedefinieerd voor bromfietsen en krachtigere motorfietsen, omdat zij in zeer verschillende rij-modi functioneren en hun aantallen meestal sterk uiteenlopen.

Gebruik van de eerste vier categorieën is verplicht. Er wordt rekening gehouden met de mogelijkheid dat in de toekomst nieuwe voertuigen worden ontwikkeld waarvan de geluidsemissies dusdanig anders zijn dat een extra categorie moet worden vastgesteld. Deze categorie kan betrekking hebben op, bijvoorbeeld, elektrische of hybride voertuigen of andere voertuigen die in de toekomst worden ontwikkeld en die wezenlijk verschillen van de voertuigen in de categorieën 1 tot en met 4.

De bijzonderheden van de verschillende voertuigcategorieën worden in tabel 2.2.a vermeld.

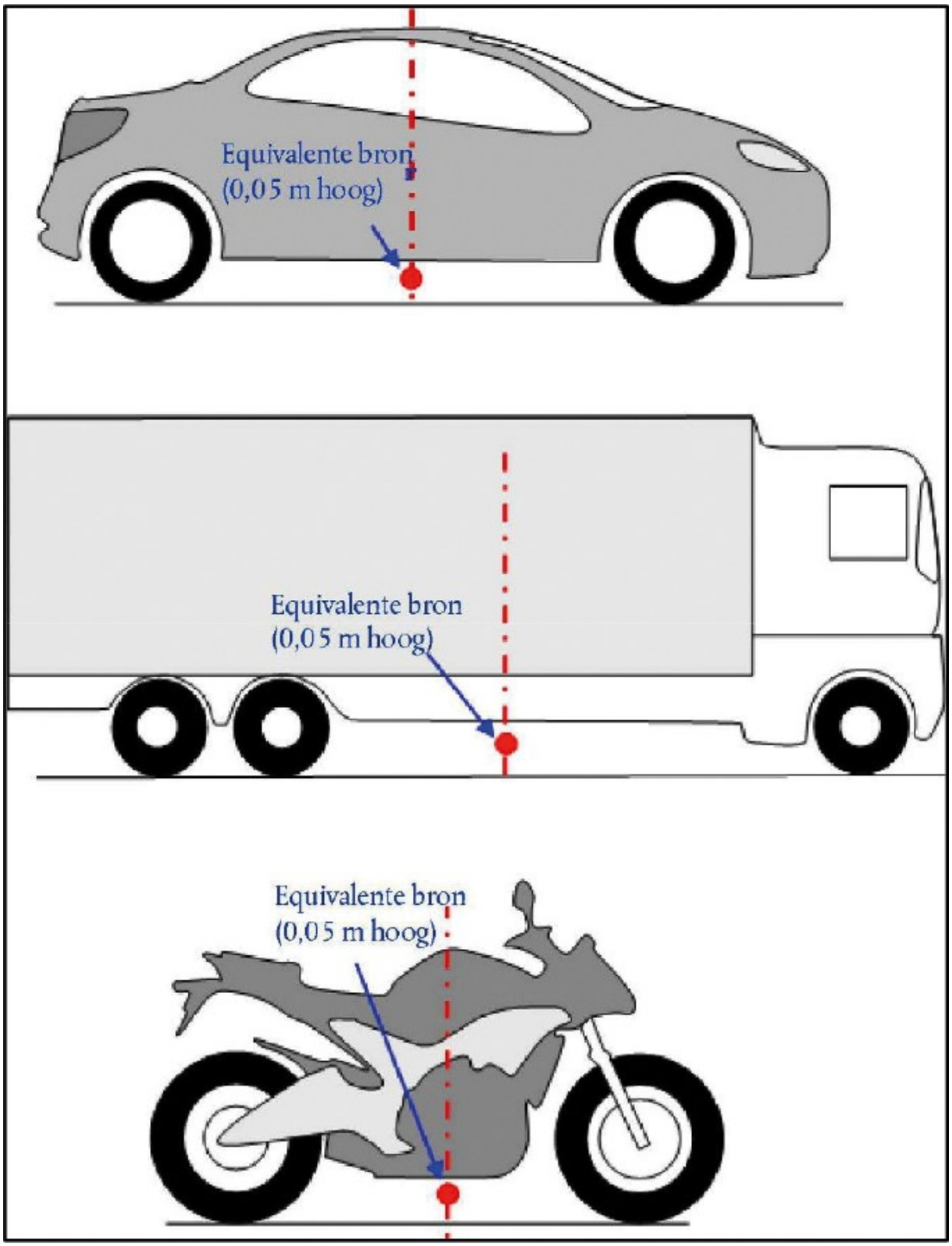
Tabel 2.2.a Voertuigklassen

Categorie	Naam	Beschrijving		Voertuigcategorie in EU Goedkeuring van volledige voertuigen[1]
1	Lichte motorvoertuigen	Personenauto's, bestelwagens ≤ 3,5 ton, SUV's[2], MPV's[3], waaronder aanhangers en caravans		M1 en N1
2	Middelzware voertuigen	Middelzware voertuigen, bestelwagens > 3,5 ton, bussen, campers enz., met twee assen en dubbele banden op de achteras		M2, M3 en N2, N3
3	Zware voertuigen	Zware bedrijfsvoertuigen, touringcars, bussen, met drie of meer assen		M2 en N2 met aan hangwagen, M3 en N3
4	Gemotoriseerde tweewielers	4a	Bromfietsen met twee, drie of vier wielen	L1, L2, L6
		4b	Motorfietsen met of zonder zijspan, driewielers en vierwielers	L3, L4, L5, L7

[1] Richtlijn 2007/46/EG van het Europees Parlement en de Raad van 5 september 2007 tot vaststelling van een kader voor de goedkeuring van motorvoertuigen en aanhangwagens daarvan en van systemen, onderdelen en technische eenheden die voor dergelijke voertuigen zijn bestemd (PBEU, 2007, L 263, van 9 oktober 2007).
[2] Sport Utility Vehicles.
[3] Multifunctionele voertuigen.

Aantal en plaats van equivalente geluidsbronnen

In dit model wordt elk voertuig (categorieën 1, 2, 3, 4a en 4b) weergegeven met één enkele puntbron die gelijkmatig afstraalt. De eerste reflectie op het wegdek wordt impliciet behandeld. Zoals afgebeeld in figuur 2.2.a wordt deze puntbron 0,05 m boven het wegdek geplaatst.



Figuur 2.2.a, Locatie van equivalente puntbron op lichte voertuigen (categorie 1), zware voertuigen (categorieën 2 en 3) en tweewielers (categorie 4)

De verkeersstroom wordt door een bronlijn weergegeven. Bij het modelleren van een weg met

meerdere rijbanen, wordt elke rijbaan idealiter door een bronlijn in het midden van elke rijbaan weergegeven. Het is echter ook aanvaardbaar om één bronlijn in het midden van een tweebaansweg of één bronlijn per rijbaan in de buitenste baan van meerbaanswegen te modelleren.

2.2.1a. Geluidsvermogensemissie

Inleiding

Het geluidsvermogen van de bron wordt in het 'half-vrije veld' gedefinieerd, aldus omvat het geluidsvermogen het effect van de reflectie van de grond onmiddellijk onder de gemodelleerde bron waar zich geen verstorende objecten in de onmiddellijke omgeving bevinden, met uitzondering van de reflectie op het wegdek niet onmiddellijk onder de gemodelleerde bron.

Verkeersstroom

De geluidsemissie van een verkeersstroom wordt weergegeven door een bronlijn, gekenmerkt door haar richtingsafhankelijk geluidsvermogen per meter per frequentie. Dit komt overeen met de som van de geluidsemissie van de individuele voertuigen in de verkeersstroom, rekening houdend met de tijd die de voertuigen in het beschouwde wegvak zijn. De uitvoering van het individuele voertuig in de stroom vereist de toepassing van een verkeersstroommodel.

Als een constante verkeersstroom van Q_m voertuigen van categorie m per uur wordt verondersteld, met een gemiddelde snelheid v_m (in km/h), wordt het richtingsafhankelijk geluidsvermogen per meter in de frequentieband i van de bronlijn $L_{W',eq,lijn,i,m}$ bepaald door:

$$L_{W',eq,lijn,i,m} = L_{W,i,m} + 10\lg\left(\frac{Q_m}{1000 \times v_m}\right) \quad (2.2.1)$$

waarbij $L_{W,i,m}$ het gerichte geluidsvermogen van een enkel voertuig is. $L_{W',m}$ wordt uitgedrukt in dB (re. 10^{-12} W/m). Deze geluidsvermogensniveaus worden berekend voor elke octaafband i van 63 Hz tot en met 8 kHz.

De verkeersstroomgegevens Q_m worden als jaargemiddelde per uur, per tijdsperiode (dag-avond-nacht), per voertuigklasse en per bronlijn uitgedrukt. Voor alle categorieën worden verkeersstroom-invoergegevens afkomstig van verkeerstelling of verkeersmodellen gebruikt.

De snelheid v_m is een representatieve snelheid per voertuigcategorie: in de meeste gevallen is dat de wettelijke maximumsnelheid voor het wegvak of, als dit lager is, de wettelijke maximumsnelheid voor de voertuigcategorie.

Individueel voertuig

Aangenomen wordt dat alle voertuigen van categorie *m* in de verkeersstroom op dezelfde snelheid rijden, dat wil zeggen v_m.

Een wegvoertuig wordt gemodelleerd door een aantal wiskundige vergelijkingen die de twee belangrijkste bronnen van lawaai weergeven:

1. rolgeluid als gevolg van de wisselwerking tussen band en wegoppervlak;
2. aandrijfgeluid veroorzaakt door de aandrijflijn (motor, uitlaat enz.) van het voertuig.

Aerodynamisch geluid wordt in de bron van het rolgeluid opgenomen.

Voor lichte, middelzware en zware voertuigen (categorieën 1, 2 en 3) komt het totale geluidsvermogen overeen met de energetische som van het rolgeluid en het aandrijfgeluid. Het totale geluidsvermogensniveau van de bronlijnen *m* = 1, 2 of 3 wordt dus gedefinieerd door:

$$L_{W,i,m}(v_m) = 10\lg\left(10^{\frac{L_{WR,i,m}(v_m)}{10}} + 10^{\frac{L_{WPi,m}(v_m)}{10}}\right) \quad (2.2.2)$$

waarbij $L_{WR,i,m}$ het geluidsvermogensniveau voor rolgeluid en $L_{WP,i,m}$ het geluidsvermogensniveau voor aandrijfgeluid is. Dit geldt voor alle snelheidsbereiken.

Voor snelheden minder dan 20 km/h heeft het totale geluidsvermogen voor een voertuig hetzelfde geluidsvermogensniveau als door de formule voor v_m = 20 km/h wordt bepaald.

Voor tweewielers (categorie 4) wordt alleen aandrijfgeluid aangemerkt voor de bron:

$$L_{W,i,m=4}(v_{m=4}) = L_{WP,i,m=4}(v_{m=4}) \quad (2.2.3)$$

Dit geldt voor alle snelheidsbereiken. Voor snelheden minder dan 20 km/h heeft het totale geluidsvermogen voor een voertuig hetzelfde geluidsvermogensniveau als door de formule voor v_m = 20 km/h wordt bepaald.

2.2.2. Referentieomstandigheden

De bronvergelijkingen en coëfficiënten gelden voor de volgende referentieomstandigheden:

- een constante voertuigsnelheid,
- een vlakke weg,
- een luchttemperatuur van τ_{ref} = 20 °C,
- een virtueel referentiewegdek, bestaand uit gemiddeld dicht asfaltbeton 0/11 en steenmastiekasfalt 0/11, tussen 2 en 7 jaar oud en in een representatieve onderhoudstoestand,
- een droog wegdek,
- geen spijkerbanden.

2.2.3. Rolgeluid

Algemene vergelijking

Het geluidsvermogensniveau van rolgeluid in de frequentieband i voor een voertuig van categorie *m* = 1, 2 of 3 wordt gedefinieerd als:

$$L_{WR,i,m} = A_{R,i,m} + B_{R,i,m} \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right) + \Delta L_{WR,i,m} \quad (2.2.4)$$

De coëfficiënten $A_{R,i,m}$ en $B_{R,i,m}$ worden voor elke voertuigcategorie in octaafbanden en voor een referentiesnelheid v_{ref} = 70 km/h gegeven. $\Delta L_{WR,i,m}$ stemt overeen met de som van de correctiecoëfficiënten die worden toegepast op de rolgeluidemissie voor specifieke weg- of voertuigomstandigheden die van de referentieomstandigheden afwijken:

$$\Delta L_{WR,i,m} = \Delta L_{WR,road,i,m} + \Delta L_{WR,acc,i,m} + \Delta L_{W,temp} \quad (2.2.5)$$

$\Delta L_{WR,road,i,m}$ verdisconteert het effect op het rolgeluid van een wegdek met akoestische eigenschappen die verschillen van die van het virtuele referentiewegdek zoals gedefinieerd in hoofdstuk 2.2.2. Dit omvat zowel het effect op voortplanting als het effect op emissie.

$\Delta L_{WR,acc,i,m}$ verdisconteert het effect op het rolgeluid van een kruising met verkeerslichten of een rotonde. Het integreert het effect van de snelheidsvariatie op de geluidsbelasting.

$\Delta L_{W,temp}$ is een correctieterm voor een gemiddelde temperatuur τ die verschilt van de referentietemperatuur τ_{ref} = 20 °C.

Effect van luchttemperatuur op rolgeluidcorrectie

De luchttemperatuur heeft invloed op de rolgeluidsemissie; het niveau van het rolgeluidsvermogen neemt af wanneer de luchttemperatuur toeneemt. Dit effect wordt in de wegdekcorrectie ingevoerd. Wegdekcorrecties worden gewoonlijk op een luchttemperatuur van τ_{ref} = 20 °C beoordeeld. Bij een verschillende jaarlijkse gemiddelde luchttemperatuur °C, wordt het wegdekgeluid gecorrigeerd door:

$$\Delta L_{W,temp,m,(\tau)} = K_m (\tau_{ref} - \tau) \quad (2.2.6)$$

De correctieterm is positief (dat wil zeggen lawaai neemt toe) voor temperaturen lager dan 20 °C en negatief (dat wil zeggen lawaai neemt af) voor hogere temperaturen. De coëfficiënt K is afhankelijk van het wegdek en de kenmerken van de band en vertoont in het algemeen enige afhankelijkheid van

frequentie. Een algemene coëfficiënt $K_{m=1}$ = 0,08 dB/°C voor lichte voertuigen (categorie 1) en $K_{m=2} = K_{m=3}$ = 0,04 dB/°C voor zware voertuigen (categorieën 2 en 3) wordt voor alle wegdekken toegepast. De correctiecoëfficiënt wordt in dezelfde mate op alle octaafbanden van 63 tot en met 8.000 Hz toegepast.

2.2.4. Aandrijfgeluid

Algemene vergelijking

De aandrijfgeluidsemissie omvat alle bijdragen van de motor, uitlaat, versnellingen, luchtinlaat enz. Het vermogensniveau van het aandrijfgeluid in de frequentieband i voor een voertuig van categorie m wordt gedefinieerd als:

$$L_{WP,i,m} = A_{P,i,m} + B_{P,i,m}\frac{(v_m - v_{ref})}{v_{ref}} + \Delta L_{WP,i,m} \quad (2.2.7)$$

De coëfficiënten $A_{P,i,m}$ en $B_{P,i,m}$ worden voor elke voertuigcategorie in octaafbanden en voor een referentiesnelheid v_{ref} = 70 km/h opgegeven.

$\Delta L_{WP,i,m}$ stemt overeen met de som van de correctiecoëfficiënten die worden toegepast op de aandrijfgeluidsemissie voor specifieke rijomstandigheden of regionale omstandigheden die van de referentieomstandigheden afwijken:

$$\Delta L_{WP,i,m} = \Delta L_{WP,road,i,m} + \Delta L_{WP,grad,i,m} + \Delta L_{WP,acc,i,m} \quad (2.2.8)$$

$\Delta L_{WP,road,i,m}$ verdisconteert het effect van het wegdek op het aandrijfgeluid via absorptie. De berekening wordt volgens hoofdstuk 2.2.6 verricht.

$\Delta L_{WP,acc,i,m}$ en $\Delta L_{WP,grad,i,m}$ veroorzaken het effect van weghellingen en van versnelling en vertraging van voertuigen op kruispunten. Zij worden in overeenstemming met respectievelijk hoofdstukken 2.2.4 en 2.2.5 berekend.

Effect van weghellingen

De weghelling heeft twee gevolgen voor de geluidsemissie van het voertuig. Ten eerste heeft zij invloed op de voertuigsnelheid en dus op de rol- en aandrijfgeluidsemissies van het voertuig. Ten tweede heeft zij invloed op zowel de motorbelasting als het motortoerental via de keuze van versnelling en dus op de aandrijfgeluidsemissie van het voertuig. Alleen het effect op het aandrijfgeluid wordt in deze sectie in aanmerking genomen, waarbij van een constante snelheid wordt uitgegaan.

Voor *m*=1

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=1}(v_m) = \begin{cases} \dfrac{Min(12\%; -s) - 6\%}{1\%} & voor\ s < -6\% \\ 0 & voor -6\% \le s \le 2\% \\ \dfrac{Min(12\%, s) - 2\%}{1{,}5\%} \cdot \dfrac{v_m}{100} & voor\ s > 2\% \end{cases} \quad (2.2.9)$$

Voor *m*=2

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=2}(v_m) = \begin{cases} \dfrac{Min(12\%; -s) - 4\%}{0{,}7\%} \cdot \dfrac{v_m - 20}{100} & voor\ s < -4\% \\ 0 & voor -4\% \le s \le 0\% \\ \dfrac{Min(12\%, s)}{1\%} \cdot \dfrac{v_m}{100} & voor\ s > 0\% \end{cases} \quad (2.2.10)$$

Voor *m*=3

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=3}(v_m) = \begin{cases} \dfrac{Min(12\%; -s) - 4\%}{0{,}5\%} \cdot \dfrac{v_m - 10}{100} & voor\ s < -4\% \\ 0 & voor -4\% \le s \le 0\% \\ \dfrac{Min(12\%, s)}{0{,}8\%} \cdot \dfrac{v_m}{100} & voor\ s > 0\% \end{cases} \quad (2.2.11)$$

Voor m=4

$$\Delta L_{WP,grad,i,m=4} = 0 \quad (2.2.12)$$

De correctie $\Delta L_{WP,grad,m}$ houdt impliciet rekening met het effect van de helling op de snelheid.

2.2.5. Effect van de versnelling en vertraging van voertuigen

Voor en na kruispunten met verkeerslichten en rotondes wordt een correctie toegepast voor het effect van versnelling en vertraging zoals hieronder beschreven.

De correctietermen voor rolgeluid – $\Delta L_{WR,acc,m,k}$ – en voor aandrijfgeluid – $\Delta L_{WP,acc,m,k}$ – zijn lineaire functies van de afstand x (in m) van de puntbron tot het dichtstbijzijnde snijpunt van de respectieve bronlijn met een andere bronlijn. De correctietermen worden in gelijke mate aan alle octaafbanden toegeschreven:

$$\Delta L_{WR,acc,m,k} = C_{R,m,k} \cdot Max\left(1 - \frac{|x|}{100}; 0\right) \quad (2.2.13)$$

$$\Delta L_{WP,acc,m,k} = C_{P,m,k} \cdot Max\left(1 - \frac{|x|}{100}; 0\right) \quad (2.2.14)$$

De coëfficiënten $C_{R,m,k}$ en $C_{P,m,k}$hangen af van de aard van het kruispunt k (k = 1 voor een kruispunt met verkeerslichten, k = 2 voor een rotonde) en worden voor elke voertuigcategorie vermeld. De correctie omvat het effect van snelheidsverandering bij het naderen of wegrijden van een kruispunt of rotonde.

Opgemerkt wordt dat op een afstand |x| ≥ 100 m, $\Delta L_{WR,acc,m,k} = \Delta L_{WP,acc,m,k} = 0$.

2.2.6. Effect van het type wegdek

Algemene beginselen

Voor een wegdek met akoestische eigenschappen die afwijken van de akoestische eigenschappen van het referentiewegdek, wordt een spectrale correctieterm voor zowel rolgeluid als aandrijfgeluid toegepast.

De wegdekcorrectieterm voor de rolgeluidsemissie wordt verkregen door:

$$\Delta L_{WR,road,i,m} = \alpha_{i,m} + \beta_m \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right) \quad (2.2.15)$$

waarbij

$\alpha_{i,m}$ de spectrale correctie in dB op referentiesnelheid v_{ref} voor categorie m (1, 2 of 3) en spectrale band i is,

β_m het effect van de snelheid op de vermindering van het rolgeluid voor categorie m (1, 2 of 3) is, en voor alle frequenties gelijk is.

De wegdekcorrectieterm voor de aandrijfgeluidsemissie wordt verkregen door:

$$\Delta L_{WP,road,i,m} = \min(\alpha_{i,m}; 0) \quad (2.2.16)$$

Absorberende wegdekken verminderen het aandrijfgeluid, terwijl niet-absorberende oppervlakken het niet vergroten.

Leeftijdseffect op de eigenschappen van het wegdekgeluid

De geluidskenmerken van wegdekken variëren naar gelang de leeftijd en het onderhoudsniveau, en worden na verloop van tijd luider. In deze methode worden die wegdekparameters afgeleid die

representatief zijn voor de akoestische prestaties van het type wegdek, evenredig verdeeld over de representatieve levensduur en uitgaande van goed onderhoud.

2.2.7. Emissiekentallen wegverkeer

Tabel 2.2.b Coëfficiënten $A_{R,i,m}$ en $B_{R,i,m}$ voor rolgeluid en $A_{P,i,m}$ en $B_{P,i,m}$ voor voortstuwingslawaai

Categorie	Coëfficiënt	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
1	A_R	83,4	86,8	86,1	92,5	99,8	96,6	85,8	76,2
	B_R	39,2	37,5	32,2	18,4	24,9	25,8	32,1	35,1
	A_P	98,0	90,3	89,7	88,3	86,8	89,7	85,1	78,0
	B_P	2,8	6,1	5,6	5,4	5,1	3,5	5,3	6,3
2	A_R	88,2	91,4	91,0	99,2	100,2	94,3	86,6	82,2
	B_R	27,7	23,7	16,6	18,3	28,8	32,6	31,0	28,2
	A_P	105,3	99,4	98,5	99,4	101,5	98,6	91,7	84,6
	B_P	–2,4	–0,6	–1,0	3,8	5,9	5,0	3,3	1,3
3	A_R	90,4	93,2	94,4	104,6	105,3	98,4	89,3	83,8
	B_R	30,3	26,9	22,1	26,1	33,7	35,2	35,6	34,0
	A_p	107,8	102,2	102,2	104,9	104,6	100,1	93,5	86,7
	B_P	0,8	0,3	0,3	5,6	6,2	4,4	3,9	2,3
4a	A_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	B_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	A_P	93,0	93,0	93,5	95,3	97,2	100,4	95,8	90,9
	B_P	4,2	7,4	9,8	11,6	15,7	18,9	20,3	20,6
4b	A_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	B_R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	A_P	99,9	101,9	96,7	94,4	95,2	94,7	92,1	88,6
	B_P	3,2	5,9	11,9	11,6	11,5	12,6	11,1	12,0

Tabel 2.2.c Coëfficiënten $C_{R,m,k}$ en $C_{P,m,k}$ voor versnelling en vertraging

Categorie	k	C_R	C_P
1	1=kruising	–4,5	5,5
	2=rotonde	–4,4	3,1
2	1=kruising	–4,0	9,0
	2=rotonde	–2,3	6,7
3	1=kruising	–4,0	9,0
	2=rotonde	–2,3	6,7
4a/4b	1=kruising	0,0	0,0
	2=rotonde	0,0	0,0

Tabel 2.2.d Wegdekcorrecties

Beschrijving	Minimum snelheid [km/u]	Maximum snelheid [km/u]	Categorie	α_m (63 Hz)	α_m (125 Hz)	α_m (250 Hz)	α_m (500 Hz)	α_m (1 kHz)	α_m (2 kHz)	α_m (4 kHz)	α_m (8 kHz)	β_m
Referentiewegdek	–	–	1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1-laags Zoab	50	130	1	0,0	5,4	4,3	4,2	-1,0	-3,2	-2,6	0,8	-6,5
			2	7,9	4,3	5,3	–0,4	–5,2	–4,6	–3,0	–1,4	0,2
			3	9,3	5,0	5,5	–0,4	–5,2	–4,6	–3,0	–1,4	0,2
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Akoestisch geoptimaliseerd 1L ZOAB	50	130	1	–0,7	0,5	1,4	3,7	–5.2	–6,3	–5,9	–4,7	–5,9
			2	–1,2	–0,3	3,6	–0,9	–7,6	–6,0	–5,2	–4,9	–5,5
			3	–1,2	–0,3	3,6	–0,9	–7,6	–6,0	–5,2	–4,9	–5,5
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-laags Zoab	50	130	1	1,6	4,0	0,3	–3,0	–4,0	–6,2	–4,8	–2,0	–3,0

			2	7,3	2,0	–0,3	–5,2	–6,1	–6,0	–4,4	–3,5	4,7
			3	8,3	2,2	–0,4	–5,2	–6,2	–6,1	–4,5	–3,5	4,7
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-laags Zoab (fijn)	80	130	1	–1,0	3,0	–1,5	–5,3	–6,3	–8,5	–5,3	–2,4	–0,1
			2	7,9	0,1	–1,9	–5,9	–6,1	–6,8	–4,9	–3,8	–0,8
			3	9,4	0,2	–1,9	–5,9	–6,1	–6,7	–4,8	–3,8	–0,9
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMA-NL5	40	80	1	10,3	–0,9	0,9	1,8	–1,8	–2,7	–2,0	–1,3	–1,6
			2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
SMA-NL8	40	80	1	6,0	0,3	0,3	0,0	–0,6	–1,2	–0,7	–0,7	–1,4
			2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Akoestisch geoptimaliseerd SMA	40	80	1	6,1	–0,9	–1,1	–0,1	–2,9	–3,2	–3,2	–3,0	–2,2
			2	–3,0	–2,4	1,6	–2,2	–3,0	–3,0	–3,0	–4,0	–2,3
			3	–3,0	–2,4	–1,6	–2,2	–3,0	–3,0	–3,0	–4,0	–2,3
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Uitgeborsteld beton	70	120	1	8,2	–0,4	2,8	2,7	2,5	0,8	–0,3	–0,1	1,4
			2	0,3	4,5	2,5	–0,2	–0,1	–0,5	–0,9	–0,8	5,0
			3	0,2	5,3	2,5	–0,2	–0,1	–0,6	–1,0	–0,9	5,5
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Geoptimaliseerd. uitgeborsteld beton	70	80	1	–0,2	–0,7	1,4	1,2	1,1	–1,6	–2,0	–1,8	1,0
			2	–0,7	3,0	–2,0	–1,4	–1,8	–2,7	–2,0	–1,9	–6,6
			3	–0,5	4,2	–1,9	–1,3	–1,7	–2,5	–1,8	–1,8	–6,6
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fijn gebezemd beton	70	120	1	8,0	–0,7	4,8	2,2	1,2	2,6	1,5	–0,6	7,6
			2	0,2	8,6	7,1	3,2	3,6	3,1	0,7	0,1	3,2
			3	0,1	9,8	7,4	3,2	3,1	2,4	0,4	0,0	2,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Oppervlakte bewerking	50	130	1	8,3	2,3	5,1	4,8	4,1	0,1	–1,0	–0,8	–0,3
			2	0,1	6,3	5,8	1,8	–0,6	–2,0	–1,8	–1,6	1,7
			3	0,0	7,4	6,2	1,8	–0,7	–2,1	–1,9	–1,7	1,4
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Elementen-verharding in keperverband	30	60	1	27,0	16,2	14,7	6,1	3,0	–1,0	1,2	4,5	2,5
			2	29,5	20,0	17,6	8,0	6,2	–1,0	3,1	5,2	2,5
			3	29,4	21,2	18,2	8,4	5,6	–1,0	3,0	5,8	2,5
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Elementen-verharding in dwarsverband	30	60	1	31,4	19,7	16,8	8,4	7,2	3,3	7,8	9,1	2,9
			2	34,0	23,6	19,8	10,5	11,7	8,2	12,2	10,0	2,9
			3	33,8	24,7	20,4	10,9	10,9	6,8	12,0	10,8	2,9
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Stille elementen-verharding	30	60	1	26,8	13,7	11,9	3,9	–1,8	–5,8	–2,7	0,2	–1,7
			2	9,2	5,7	4,8	2,3	4,4	5,1	5,4	0,9	0,0
			3	9,1	6,6	5,2	2,6	3,9	3,9	5,2	1,1	0,0
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dunne deklagen A	40	130	1	10,4	0,7	–0,6	–1,2	–3,0	–4,8	–3,4	–1,4	–2,9
			2	13,8	5,4	3,9	–0,4	–1,8	–2,1	–0,7	–0,2	0,5
			3	14,1	6,1	4,1	–0,4	–1,8	–2,1	–0,7	–0,2	0,3
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dunne deklagen B	40	130	1	6,8	–1,2	–1,2	–0,3	–4,9	–7,0	–4,8	–3,2	–1,8
			2	13,8	5,4	3,9	–0,4	–1,8	–2,1	–0,7	–0,2	0,5
			3	14,1	6,1	4,1	–0,4	–1,8	–2,1	–0,7	–0,2	0,3
			4a/4b	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

2.3. Spoorweglawaai

2.4.

2.3.1. Bronbeschijving

Indeling van voertuigen

Definitie van voertuig en trein

Ten behoeve van deze berekeningsmethode voor geluidsbelasting wordt een voertuig gedefinieerd als een afzonderlijk deel van een trein (doorgaans een locomotief, zelf-aangedreven rijtuig, getrokken rijtuig of goederenwagon) dat onafhankelijk kan worden verplaatst en van de rest van de trein kan worden losgemaakt. Sommige specifieke omstandigheden kunnen optreden voor delen van een trein die deel uitmaken van een niet-afkoppelbare set, bijvoorbeeld die samen één draaistel delen. Ten behoeve van deze berekeningsmethode worden al deze delen in één voertuig samengebracht. Ten behoeve van deze berekeningsmethode bestaat een trein uit een reeks gekoppelde voertuigen.

Tabel 2.3.a1 definieert een gemeenschappelijke taal voor de beschrijving van de voertuigtypen die in de brondatabank zijn opgenomen. Zij geeft de relevante descriptoren die moeten worden gebruikt om de voertuigen in hun geheel te classificeren. Deze descriptoren stemmen overeen met de eigenschappen van het voertuig die invloed hebben op het akoestische richtingsafhankelijk geluidsvermogen per meter lengte van de equivalente gemodelleerde bronlijn.

Het aantal voertuigen per type wordt vastgesteld op elk van de baanvakken voor elk van de tijdsperioden die in de berekening van geluidsbelasting worden gebruikt. Het wordt uitgedrukt als een gemiddeld aantal voertuigen per uur, dat wordt verkregen door het totaal aantal voertuigen in een bepaalde periode te delen door de duur van deze periode in uren (bijvoorbeeld 24 voertuigen in vier uur betekent 6 voertuigen per uur). Alle voertuigtypen die op elk baanvak rijden, worden gebruikt.

Tabel 2.3.a1 Indeling en descriptoren voor spoorvoertuigen

Cijfer	**1**	**2**	**3**	**4**
Descriptor	**Voertuigtype**	**Aantal assen per voertuig**	**Type rem**	**Wielmaatregel**
Verklaring van de descriptor	**Een letter die het type beschrijft**	**Het werkelijk aantal assen**	**Een letter die het type rem beschrijft**	**Een letter die het type lawaaiverminderings maatregel beschrijft**
Mogelijke descriptoren	**h** hogesnelheidsvoertuig (> 200 km/h)	1	**c** gietijzeren blok	**n** geen maatregel
	m zelf-aangedreven reizigersrijtuigen	2	**k** blok van composiet metaal of sintermetaal	**d** dempers
	p getrokken reizigersrijtuigen	3	**n** niet op het loopvlak remmend, zoals schijf, trommel, magnetisch	**s** schermen
	c stadstram of lichte metro zelf-aangedreven en niet-zelf-aangedreven rijtuig	4		**o** overige
	d diesellocomotief	enz		
	e elektrische locomotief			
	a algemeen vrachtvoertuig			
	o andere (dat wil zeggen onderhoudsvoertuigen enz.)			

In Nederland worden als voertuigtypen de voertuigcategorieën toegepast uit bijlage IVf, paragraaf 1.2.1, bij de Omgevingsregeling, waarbij de descriptoren horen zoals aangegeven in tabel 2.3.a2.

Tabel 2.3.a2 Descriptoren van voertuigcategorieën

Cat 1	m4cn
Cat 2	m4cn, p4cn, m4nn, p4nn
Cat 3	m4nn, p4nn, m4kn, p4kn
Cat 4	a4cn
Cat 5	d4cn
Cat 6	d4nn
Cat 7	c6nn
Cat 8	m3nn, p3nn
Cat 9	h3nn, h3kn, h3cn
Cat 10	c3nn
Cat 11	a4kn
Cat 12	m2nn, m3nn

Classificatie van railtypen
De bestaande railtypen kunnen verschillen, omdat verscheidene elementen bijdragen aan hun akoestische eigenschappen en deze karakteriseren. De railtypen die in deze methode worden gebruikt, staan vermeld in onderstaande tabel 2.3.b. Sommige elementen hebben een grote invloed op de akoestische eigenschappen, terwijl andere slechts een bijkomend effect hebben. In het algemeen zijn de meest relevante elementen die de emissie van het spoorweglawaai beïnvloeden: ruwheid van de railkop, stijfheid van de onderlegplaatjes, spoorbed, voegen en boogstraal. Als alternatief kunnen de algemene eigenschappen van het spoor worden gedefinieerd en in dit geval zijn de ruwheid van de railkop en de mate van afstandsdemping volgens ISO 3095 de meest essentiële akoestische parameters, plus de boogstraal.

Een baanvak wordt gedefinieerd als een deel van een enkel spoor, op een spoorlijn, station of depot, waarop de fysieke kenmerken en basiscomponenten van het spoor niet veranderen.

Tabel 2.3.b1 definieert een gemeenschappelijke taal voor de beschrijving van de railtypen die in de brondatabank zijn opgenomen.

Tabel 2.3.b1 Descriptoren voor railtypen

Cijfer	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Descriptor	**Spoorbed**	**Ruwheid van de railkop**	**Type onderleg-plaat**	**Aanvullende maatregelen**	**Voegen**	**Boogstraal**
Verklaring van de descriptor	**Type spoorbed**	**Indicator voor ruwheid**	**Geeft een indicatie van de 'dynamische' stijfheid weer**	**Een letter die de akoestische inrichting beschrijft**	**Aanwezigheid van voegen en onderlinge afstand**	**Geeft de boogstraal aan in m**
Toegestane codes	**B** Ballast	**E** Goed onderhouden en zeer glad	**S** Zacht (150–250 MN/m)	**N** Geen	**N** Geen	**N** Recht spoor
	S Betonplaten spoor	**M** Normaal onderhouden	**M** Gemiddeld (250 tot 800 MN/m)	**D** Raildemper	**S** Enkele voeg of wissel	**L** Laag (1.000-500 m)
	L Brug volgestort met ballast	**N** Niet goed onderhouden	**H** Stijf (800–1.000 MN/m)	**B** Minischerm	**D** Twee voegen of wissels per 100 m	**M** Gemiddeld (minder dan 500 m en meer dan 300 m)
	N Brug zonder	**B** Niet		**A** Absorberende	**M** Meer dan twee	**H** Hoog

	ballast	onderhouden en slechte conditie	plaat op betonplaten- spoor	voegen of wissels per 100 m	(minder dan 300 m)
	T Ingegoten spoor		**E** Ingegoten spoorstaaf		
	O Overige		**O** Overige		

In Nederland worden als railtypen de bovenbouwconstructies toegepast uit bijlage IVf, paragraaf 2.2, bij de Omgevingsregeling, waarbij de descriptoren horen zoals aangegeven in tabel 2.3.b2:

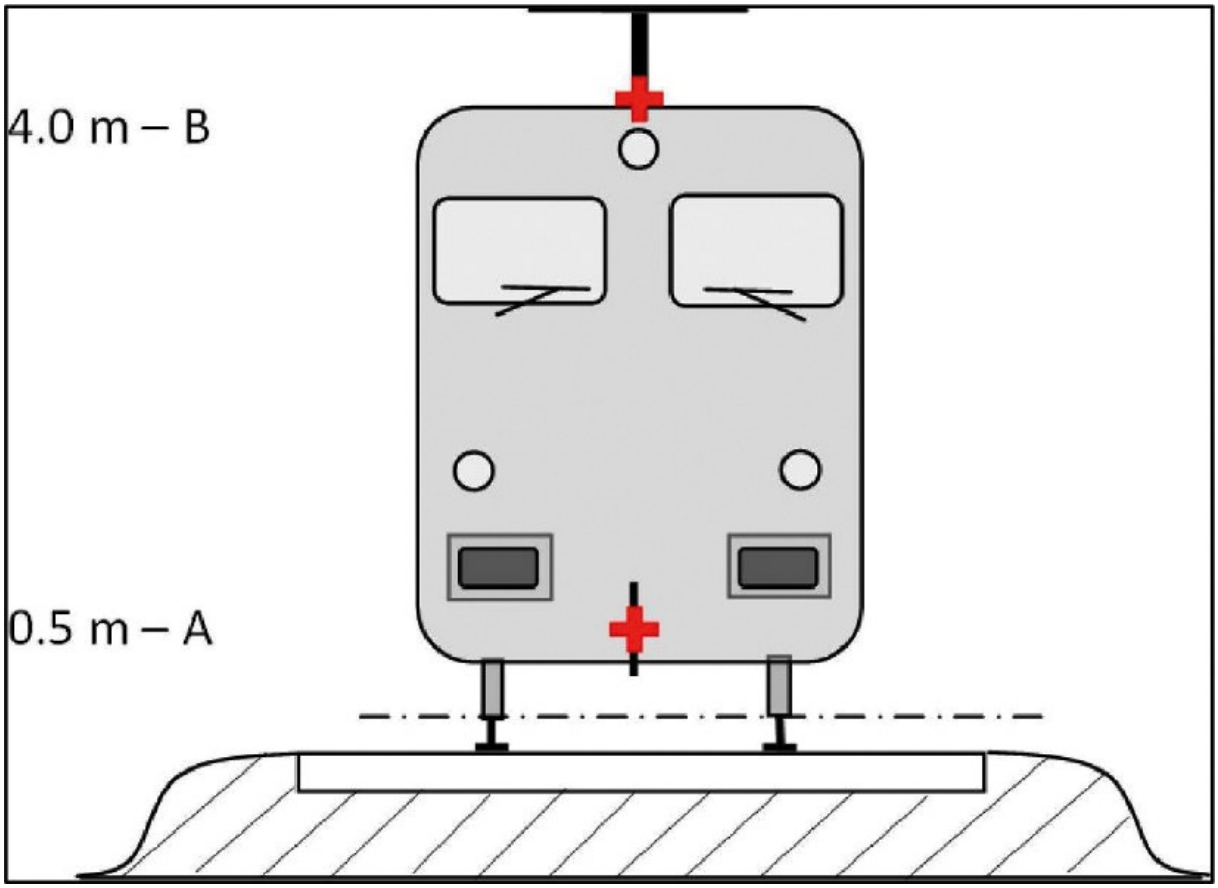
Tabel 2.3.b2 Meest voorkomende descriptorcombinaties per bovenbouwtypen voor doorgaand spoor

bb=1	BMHNNN
bb=2	BMHNNN
bb=3	BMHNSN, BMHNDN
bb=4	SMHNNN
bb=5	BMHNNN
bb=6	SMMNNN/NMMNNN
bb=7	BMMNNN
bb=8	TM_ENN
bb=9	SMHNNN
bb=10	BMHDNN
bb=11	OMHNNN
bb=12	OMHDNN

Tabel 2.3.b2 Meest voorkomende descriptorcombinaties per bovenbouwtypen voor wisseldelen

bb=1	BMHNDL
bb=2	BMHNDL
bb=3	BMHNDL
bb=9	SMHNDL
bb=11	OMHNDL

Aantal en plaats van de equivalente geluidsbronnen



Figuur 2.3.a, Plaats van equivalente geluidsbronnen

De verschillende equivalente geluidsbronlijnen worden op verschillende hoogten en in het midden van het spoor geplaatst. Alle hoogten worden gerekend vanaf de raaklijn van de twee bovenste oppervlakken van de twee spoorstaven.

De equivalente bronnen omvatten verschillende fysieke bronnen (index p). Deze fysieke bronnen zijn onderverdeeld in verschillende categorieën, afhankelijk van het generatiemechanisme, en omvatten: 1) rolgeluid (waaronder niet alleen trillingen van rails en spoorbedding en wielen, maar ook, waar aanwezig, geluid van de wagenbovenbouw van de vrachtvoertuigen), 2) tractiegeluid, 3) aerodynamisch geluid, 4) stootgeluid (van overgangen, wissels en knooppunten), 5) booggeluid en 6) geluid door extra effecten zoals bruggen en viaducten.

1. De wiel- en railkopruwheid genereren langs drie transmissiepaden naar de afstralende oppervlakken (spoorstaven, wielen en bovenbouw), het rolgeluid. Dit wordt toegewezen aan h = 0,5 m (afstralende oppervlakken A) om de bijdrage van het spoor weer te geven, waaronder de invloed van het oppervlak van de spoorstaven, vooral betonplatenspoor (in overeenstemming met het voortplantende deel), om de bijdrage van de wielen weer te geven, en om de bijdrage van de wagenbovenbouw van het voertuig aan het geluid weer te geven (in goederentreinen).
2. De equivalente bronhoogten voor tractiegeluid variëren tussen 0,5 m (bron A) en 4,0 m (bron B), afhankelijk van de fysieke plaatsing van de component in kwestie. Bronnen zoals tandwieloverbrengingen en elektromotoren bevinden zich vaak op een ashoogte van 0,5 m (bron A). Louvres en koeleruitlaten kunnen zich op verschillende hoogten bevinden. Motoruitlaten voor dieselvoertuigen bevinden zich vaak op een dakhoogte van 4,0 m (bron B). Andere tractiebronnen zoals ventilatoren of dieselmotorblokken kunnen zich op een hoogte van 0,5 m (bron A) of 4,0 m (bron B) bevinden. Als de exacte bronhoogte zich tussen de modelhoogten bevindt, wordt de geluidsenergie proportioneel over de dichtstbijzijnde aangrenzende bronhoogten verdeeld. Om deze reden voorziet de methode twee bronhoogten op 0,5 m (bron A) en 4,0 m (bron B) en wordt het equivalente geluidsvermogen van beide tussen de twee verdeeld, afhankelijk van de specifieke configuratie van de bronnen op het type eenheid.
3. Aerodynamische geluidseffecten houden verband met de bron op 0,5 m (mantels en schermen, bron A) en de bron op 4,0 m (alle inrichtingen op het dak en de stroomafnemer, bron B). De keuze

van 4,0 m voor de effecten van de stroomafnemer staat bekend als een eenvoudig model, en moet zorgvuldig worden overwogen als het doel de keuze van een correcte hoogte voor geluidsschermen is.
4. Stootgeluid houdt verband met de bron op 0,5 m (bron A).
5. Booggeluid houdt verband met de bronnen op 0,5 m (bron A).
6. Bruggeluid houdt verband met de bron op 0,5 m (bron A).

2.3.2. Geluidsvermogensemissie

Algemene vergelijking

Individueel voertuig
Het model voor spoorweglawaai, dat analoog is aan wegverkeerslawaai, beschrijft de geluidsvermogensemissie van een specifieke combinatie van voertuigtype en spoortype die aan een aantal eisen voldoet die in de voertuig- en spoorclassificatie zijn beschreven, uitgedrukt in een reeks geluidsvermogens voor elk voertuig ($L_{w,0}$).

Verkeersstroom
De geluidsemissie van een verkeersstroom op elk spoor wordt weergegeven met een set van twee bronlijnen die zijn gekenmerkt door hun gerichte geluidsvermogen per meter per frequentieband. Dit komt overeen met de som van de geluidsemissies als gevolg van de afzonderlijke voertuigen die in de verkeersstroom passeren en houdt, in het specifieke geval van stilstaande voertuigen, rekening met de tijd die de voertuigen in het baanvak in kwestie verblijven.

Het richtingsafhankelijke geluidsvermogen per meter per frequentieband, als gevolg van alle voertuigen die elk baanvak op het spoortype (j) passeren, wordt gedefinieerd:
- voor elke frequentieband (i)
- voor elk gegeven bronhoogte (h) (voor bronnen op 0,5 m h = 1, op 4,0 m h = 2),

en is de energiesom van alle bijdragen van alle voertuigen die op het specifieke baanvak (j) rijden. Deze bijdragen zijn:
- van alle voertuigentypen (t)
- op verschillende snelheden (s)
- onder de specifieke rijcondities (constante snelheid) (c)
- voor elk fysiek brontype (rollen, contact, booggeluid, tractie, aerodynamische en overige bronnen, zoals bruggeluid) (p).

Voor de berekening van het gerichte geluidsvermogen per meter (invoer in het voortplantende deel) als gevolg van de gemiddelde mix van verkeer op het baanvak (j), wordt het volgende gebruikt:

$$L_{W',eq,T,dir,i} = 10\lg\left(\sum_{x=1}^{X} 10^{L_{W',eq,lijn,x}/10}\right) \quad (2.3.1)$$

waarbij
- T_{ref} de referentieperiode waarvoor het gemiddelde verkeer wordt beschouwd is;
- x het totaal aantal bestaande combinaties van i, t, s, c, p voor elk j-de baanvak is;
- t de index voor voertuigtypen op het j-de baanvak is;
- s de index voor de treinsnelheid is: er zijn net zo veel indexen als het aantal verschillende gemiddelde treinsnelheden op het j-de baanvak;
- c de index voor rijcondities is: 1 (voor constante snelheid), 2 (stationair draaien);
- p de index voor de fysieke brontypen is: 1 (voor rol- en stootgeluid), 2 (booggeluid), 3 (tractiegeluid), 4 (aerodynamisch geluid), 5 (overige bronnen);
- $L_{W',eq,lijn,x}$ het x-de richtingsafhankelijke geluidsvermogen is per meter voor een bronlijn van één combinatie van t, s, c, p op elk j-de baanvak.

Als wordt uitgegaan van een constante stroom van Q voertuigen per uur, met een gemiddelde snelheid v, dan is er gemiddeld op elk tijdstip een equivalent aantal Q/v voertuigen per lengte-eenheid van het baanvak. De geluidsemissie van de voertuigstroom uitgedrukt in richtingsafhankelijke

geluidsvermogen per meter $L_{W',eq,lijn}$ uitgedrukt in dB/m (re. 10^{-12} W) wordt geïntegreerd door:

$$L_{W',eq,lijn}(\Psi,\varphi) = L_{W,0,dir,i}(\Psi,\varphi) + 10\lg\left(\frac{Q}{1000v}\right)(voor\ c = 1) \quad (2.3.2)$$

waarbij

- Q het gemiddelde aantal voertuigen per uur op het *j*-de baanvak voor voertuigtype *t*, gemiddelde treinsnelheid *s* en rijconditie *c* is,
- v hun snelheid [km/u] op het *j*-de baanvak voor voertuigtype *t* en gemiddelde treinsnelheid *s* is,
- $L_{W0,dir}$ het niveau van het richtingsafhankelijke geluidsvermogen is van het specifieke geluid (rol-, stoot-, boog-, rem-, tractie-, aerodynamisch geluid en geluid van andere bronnen) van een enkel voertuig in de richtingen ψ,φ gedefinieerd met betrekking tot de bewegingsrichting van het voertuig (zie figuur 2.3.b).

Bij een stationaire bron, net als tijdens stationair draaien, wordt ervan uitgegaan dat het voertuig gedurende een totale tijd T_{idle} op een locatie binnen een baanvak met lengte L blijft. Dat betekent dat met T_{ref} als de referentieperiode voor de beoordeling van geluidsbelasting (bijvoorbeeld 12 uur, 4 uur, 8 uur), het richtingsafhankelijk geluidsvermogen per lengte eenheid op dat baanvak wordt bepaald door:

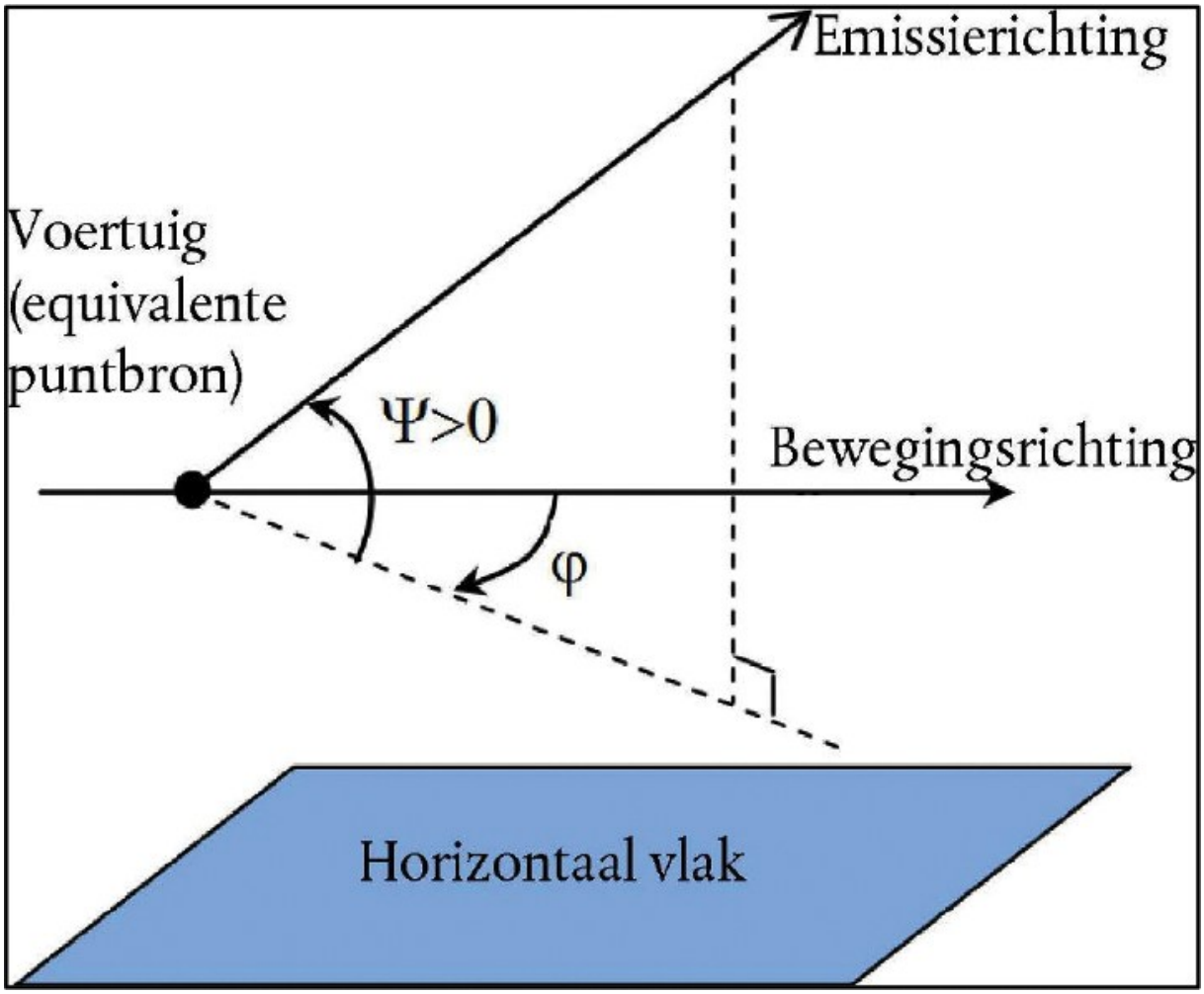
$$L_{W',eq,lijn,i}(\Psi,\varphi) = L_{W,0,dir,i}(\Psi,\varphi) + 10\lg\left(\frac{T_{idle}}{T_{ref}L}\right) \quad (voor\ c = 2) \quad (2.3.3)$$

In het algemeen wordt gericht geluidsvermogen uit elke specifieke bron verkregen als:

$$L_{W,0,dir,i}(\psi,\varphi) = L_{W,0,} + \Delta L_{W,dir,vert,i} + \Delta L_{W,dir,hor,i} \quad (2.3.4)$$

waarbij

- $\Delta L_{W,dir,vert,i}$ de correctiefunctie is voor verticaal richteffect (dimensieloos) van Ψ (figuur 2.3.b)
- $\Delta L_{W,dir,hor,i}$ de correctiefunctie is voor horizontaal richteffect (dimensieloos) van φ (figuur 2.3.b),
- $L_{W,0\ dir,i}$ (Ψ,φ), afgeleid in 1/3-octaafbanden, wordt uitgedrukt in octaafbanden door elke bijbehorende 1/3-octaafband energetisch in de overeenkomstige octaafband toe te voegen.



Figuur 2.3.b, Geometrische definitie

Ten behoeve van de berekeningen wordt de bronsterkte vervolgens specifiek uitgedrukt in richtingsafhankelijk geluidsvermogen per 1 m spoorlengte $L_{W',tot,dir,i}$ om het richteffect van de bronnen in hun verticale en horizontale richting in aanmerking te nemen door middel van aanvullende correcties.

Verscheidene $L_{W,0,dir,i}$ (ψ,φ) worden voor elke combinatie van voertuig-spoor-snelheid-rijconditie beschouwd:

- voor een 1/3-octaafbandfrequentie (*i*),
- voor elk baanvak (*j*),
- bronhoogte (*h*) (voor bronnen op 0,5 m *h*= 1, op 4,0 m *h*= 2),
- richteffect (*d*) van de bron.

Een reeks $L_{W,0,dir,i}(\psi,\varphi)$ wordt beschouwd voor elke combinatie van voertuig-spoor-snelheid-rijconditie, elk baanvak, de hoogten die met $h = 1$ en $h = 2$ overeenstemmen, en het richteffect.

Rolgeluid

De bijdragen van het voertuig en het spoor aan rolgeluid worden in vier essentiële elementen verdeeld: wielruwheid, railruwheid, voertuigoverdrachtsfunctie naar de wielen en de wagenbovenbouw (voertuigen) en de spooroverdrachtsfunctie. Wiel- en railruwheid geven de oorzaak van de excitatie van de trilling op het contactpunt tussen rail en wiel weer. De overdrachtsfuncties zijn twee empirische of gemodelleerde functies die alle complexe verschijnselen van de generatie van mechanische trilling en geluid op de oppervlakken van de wielen, rails, dwarsliggers en onderbouw van het spoor weergeven. Deze verdeling stemt overeen met het fysieke bewijs dat ruwheid op een rail de trilling van de rail kan exciteren, maar ook de trilling van het wiel zal exciteren en omgekeerd. Het niet opnemen van een van deze vier parameters zou het ontkoppelen van de classificatie van sporen en treinen verhinderen.

Wiel en railruwheid
Rolgeluid wordt voornamelijk door de rail- en wielruwheid in het golflengtegebied van 5–500 mm geëxciteerd.

Definitie
Het ruwheidsniveau L_r wordt gedefinieerd als tienmaal de logaritme met grondgetal 10 van de kwadratisch gemiddelde waarde r^2 van de ruwheid van het loopvlak van een rail of wiel in de bewegingsrichting (longitudinaal niveau), gemeten in µm over een bepaalde raillengte of de gehele wieldiameter, gedeeld door het kwadraat van de referentiewaarde r_0^2:

$$L_r = 10 \lg \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \quad \text{dB} \tag{2.3.5}$$

waarbij
- r_0 = 1 µm
- r = kwadratisch gemiddelde van het verschil van de verticale verplaatsing van het contactoppervlak naar het gemiddelde niveau.

Het ruwheidsniveau L_r wordt gewoonlijk verkregen als een spectrum van golflengte λ en wordt geconverteerd naar een frequentiespectrum $f = v/\lambda$, waarbij f de middenfrequentie van een bepaalde 1/3-octaafband in Hz, λ de golflengte in m, en v de treinsnelheid in m/s is. Het ruwheidsspectrum als een functie van frequentie verschuift langs de frequentie-as voor verschillende snelheden. In algemene gevallen dienen na conversie naar het frequentiespectrum door middel van de snelheid, nieuwe waarden voor 1/3-octaafbandspectra te worden verkregen met gemiddelden die tussen twee overeenstemmende 1/3-octaafbanden in het golflengtedomein liggen. Om het frequentiespectrum van de totale effectieve ruwheid te schatten dat met de relevante treinsnelheid overeenkomt, wordt het gemiddelde van de twee overeenkomstige, in het golflengtedomein gedefinieerde, 1/3-octaafbanden energetisch en proportioneel berekend.

De railruwheid (ruwheid van de kant van het spoor) voor het golfgetal (i) wordt gedefinieerd als $L_{r,TR,i}$

Overeenkomstig wordt *de wielruwheid* (ruwheid van de kant van het voertuig) voor het golfgetal (i) gedefinieerd als $L_{r,VEH,i}$

De totale en effectieve ruwheid voor golfgetal i($L_{R,TOT,i}$) wordt gedefinieerd als de energetische som van de ruwheid van de rail en die van het wiel, vermeerderd met het A_3 (λ) contactfilter om de filterende werking van de contactplaats tussen de spoorstaaf en het wiel in aanmerking te nemen, en is in dB:

$$L_{R,TOT,i} = 10 \lg \left(10^{\frac{L_{r,TR,i}}{10}} + 10^{\frac{L_{r,VEH,i}}{10}} \right) + A_{3,1} \tag{2.3.6}$$

waar het wordt uitgedrukt als een functie van het i-de golfgetal dat overeenkomt met de golflengte λ. Het contactfilter is afhankelijk van het rail- en wieltype en de belasting.

De totale effectieve ruwheid voor het j-de baanvak en elk t-de voertuigtype op de overeenkomstige snelheid v, wordt in de methode gebruikt.

Overdrachtsfunctie van voertuig, spoor en wagenbovenbouw
Drie snelheidsonafhankelijke overdrachtsfuncties, $L_{H,TR,i}$, $L_{H,VEH,i}$ en $L_{H,VEH,SUP,i}$, worden gedefinieerd: de eerste voor elk j-de baanvak en de twee volgende voor elk t-de voertuigtype. Zij relateren de totale effectieve ruwheid aan het geluidsvermogen van respectievelijk het spoor, de wielen en de wagenbovenbouw.

De bijdrage van de wagenbovenbouw wordt alleen voor goederenwagons in aanmerking genomen, dus alleen voor voertuigtype ‘a’.

Daardoor worden voor rolgeluid de bijdragen van het spoor en van het voertuig volledig beschreven door deze overdrachtsfuncties en de totale effectieve ruwheid. Bij stationair draaien van een trein wordt rolgeluid uitgesloten.

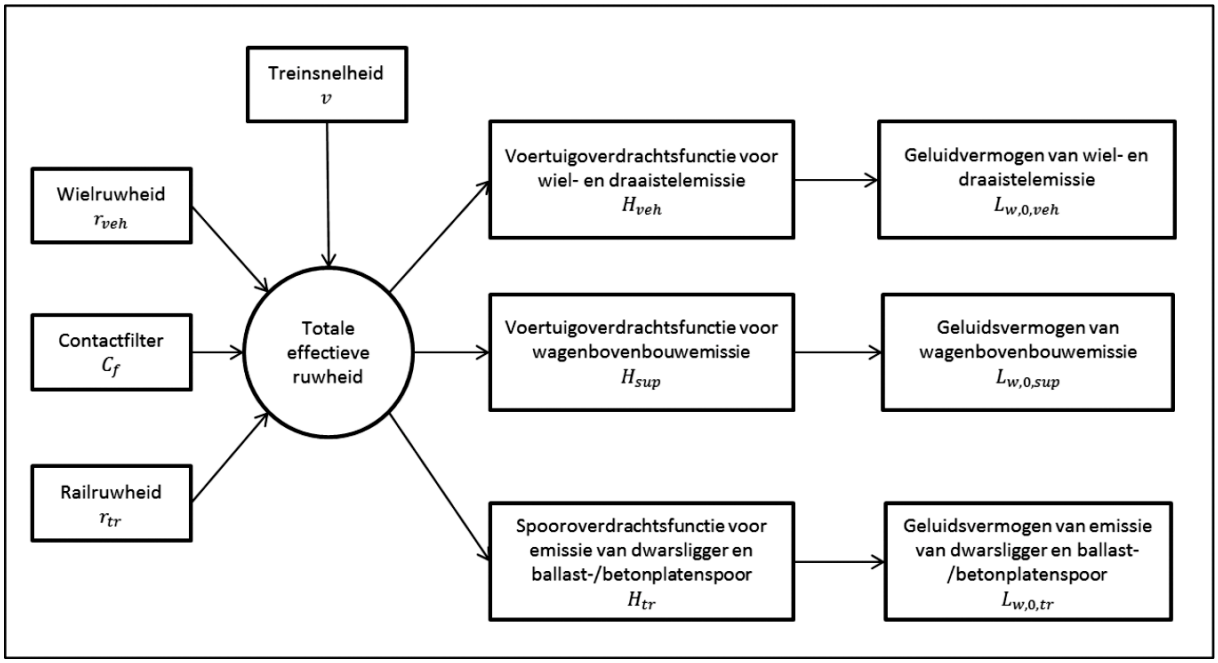
Voor geluidsvermogen per voertuig wordt het rolgeluid op ashoogte berekend, en heeft dit als invoer de totale effectieve ruwheid $L_{R,TOT,i}$ als functie van de voertuigsnelheid v, de overdrachtsfuncties van het spoor, het voertuig en de wagenbovenbouw $L_{H,TR,i}$, $L_{H,VEH,i}$ en $L_{H,VEH,SUP,i}$, en het totale aantal assen N_α:

voor h=1: $L_{W,0,TR,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,TR,i} + 10lg(N_\alpha)$ (2.3.7)

$L_{W,0,VEH,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,i} + 10lg(N_\alpha)$ (2.3.8)

$L_{W,0,VEH,SUP,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,SUP,i} + 10lg(N_\alpha)$ (2.3.9)

waarbij N_α het aantal assen per voertuig voor het t-de voertuigtype is.



Figuur 2.3.c, Regeling van het gebruik van de verschillende definities van ruwheid en overdrachtsfunctie

Een minimumsnelheid van 50 km/h (30 km/h alleen voor trams en lichte metro) wordt gebruikt om de totale effectieve ruwheid en dus het geluidsvermogen van de voertuigen te bepalen (deze snelheid heeft geen invloed op de berekening van de voertuigstroom) ter compensatie van de potentiële fout als gevolg van de vereenvoudiging van de definitie van rolgeluid, van remgeluid en van stootgeluid van overgangen en wissels.

Stootgeluid (overgangen, wissels en knooppunten)
Stootgeluid kan worden veroorzaakt door overgangen, wissels en voegen of puntstukken. Het kan variëren in grootte en kan rolgeluid overheersen. Stootgeluid wordt voor sporen met uitzetvoegen in aanmerking genomen. Voor stootgeluid door wissels, overgangen en voegen in baanvakken op een snelheid van minder dan 50 km/h (30 km/h voor trams en lichte metro) wordt modellering vermeden, omdat de minimumsnelheid van 50 km/h (30 km/h voor trams en lichte metro) wordt gebruikt om meer effecten op te nemen in overeenstemming met de beschrijving van het hoofdstuk over rolgeluid. Daarnaast wordt modellering van stootgeluid ook onder rijconditie c = 2 (stationair draaien) vermeden.

Stootgeluid wordt in de term rolgeluid opgenomen door een aanvullende fictieve contactruwheid (energetisch) toe te voegen aan de totale effectieve ruwheid op elk specifiek j-de baanvak waar dit

aanwezig is. In dit geval wordt een nieuw $L_{R,TOT+IMPACT,i}$ in plaats van $L_{R,TOT,i}$ gebruikt en wordt dan:

$$L_{R,TOT+IMPACT,i} = 10\lg\left(10^{L_{R,TOT,i}/10} + 10^{L_{R,IMPACT,i}/10}\right) \quad (2.3.10)$$

$L_{R,IMPACT,i}$ is een 1/3-octaafbandspectrum (als een functie van frequentie). Om dit frequentiespectrum te verkrijgen, wordt een spectrum als een functie van golflengte λ gegeven en naar het gewenste spectrum als een functie van frequentie geconverteerd met behulp van de verhouding $\lambda = v/f$, waarbij f de middenfrequentie van de 1/3-octaafband in Hz en v de s-de voertuigsnelheid van het t-de voertuigtype in m/s is.

Stootgeluid hangt af van het aantal en de hardheid van de contacten per lengte-eenheid of voegdichtheid, dus in het geval waar meerdere contacten worden gegeven, wordt de impactruwheid die in de bovenstaande vergelijking wordt gebruikt als volgt berekend:

$$L_{R,IMPACT,i} = L_{R,IMPACT-SINGLE,i} + 10\lg\left(\frac{n_l}{0{,}01}\right) \quad (2.3.11)$$

waarbij $L_{R,IMPACT\text{-}SINGLE,i}$ de contactruwheid zoals gegeven voor een enkel contact is en n_l de lasdichtheid is.

Het standaardniveau van contactruwheid wordt voor een voegdichtheid n_l = 0,01 m^{-1} gegeven, ofwel één voeg per elke 100 m spoor. Situaties met verschillende aantallen voegen worden benaderd door de dichtheid van het aantal lassen n_l aan te passen. Opgemerkt wordt dat bij de modellering van de spoorligging en segmentatie, de dichtheid van het aantal voegen in aanmerking wordt genomen, dat wil zeggen het kan nodig zijn om een afzonderlijk bronsegment voor een stuk spoor met meer voegen te gebruiken. De $L_{W,0}$ van de bijdragen van het spoor, wiel/draaistel en de wagenbovenbouw wordt door middel van de $L_{R,IMPACT,i}$ voor +/- 50 m vóór en na de spoorstaaflas verhoogd. Bij een reeks voegen wordt de verhoging uitgebreid naar tussen – 50 m vóór de eerste voeg en + 50 m na de laatste voeg.

De toepasbaarheid van deze geluidsvermogensspectra wordt normaliter ter plaatse gecontroleerd. Voor gelaste sporen wordt een standaard nl van 0,01 gebruikt.

Booggeluid
Booggeluid is een bijzondere bron die alleen relevant is voor bogen en is daarom een lokaal effect. Booggeluid hangt in het algemeen af van boogkromming, wrijvingscondities, treinsnelheid, rail-wielgeometrie en -dynamiek. Omdat het aanzienlijk kan zijn, is een passende beschrijving vereist. Op locaties waar booggeluid optreedt, meestal in bogen en wisselbogen (in afbuigende richting bereden), moeten geschikte spectra voor overtollig geluidsvermogen worden toegevoegd aan het bronvermogen. De geluidtoeslag kan specifiek zijn voor elk type rollend materieel, aangezien bepaalde wiel- en draaisteltypen aanzienlijk minder gevoelig zijn voor booggeluid dan andere. Als er metingen van de geluidtoeslag beschikbaar zijn die voldoende rekening houden met het stochastische karakter van het booggeluid, kunnen deze worden gebruikt.

Als er geen geschikte metingen beschikbaar zijn, kan een eenvoudige benadering worden gevolgd. Bij deze benadering wordt het booggeluid in aanmerking genomen door de volgende toeslagen aan de geluidsvermogensspectra van rolgeluid voor alle frequenties toe te voegen.

Tabel 2.3.b2 Meest voorkomende descriptorcombinaties per bovenbouwtypen voor wisseldelen

Trein	5 dB voor bogen met 300 m ‹ R ≤ 500 m en l_{track} ≥ 50 m 8 dB voor bogen met R ≤ 300 m en l_{track} ≥ 50 m 8 dB voor wisselbogen met R ≤ 300 m 0 dB anders
Trein	5 dB voor bogen en wisselbogen met R ≤ 200 m 0dB anders

waarbij l_{track} de lengte van het spoor langs de boog is en R de straal van de boog.

De toepasbaarheid van deze geluidsvermogensspectra of overtollige waarden wordt normaal gesproken ter plaatse gecontroleerd, met name voor trams en voor locaties waar bogen of wisselbogen worden behandeld met maatregelen tegen booggeluid.

Tractiegeluid
Hoewel tractiegeluid in het algemeen eigen is aan elke kenmerkende bedrijfsconditie, waaronder constante snelheid, vertragen, versnellen en stationair draaien, zijn de enige twee gemodelleerde condities constante snelheid (dat geldt ook wanneer de trein vertraagt of versnelt) en stationair draaien. De gemodelleerde bronsterkte komt alleen overeen met maximale belasting en dit leidt tot de hoeveelheden $L_{W,0,const,i} = L_{W,0,idling,i}$. Bovendien stemt $L_{W,0,idling,i}$ overeen met de bijdrage van alle fysieke bronnen van een bepaald voertuig die toe te schrijven is aan een bepaalde hoogte, zoals beschreven in 2.3.1.

$L_{W,0,idling,i}$ wordt uitgedrukt als een statische geluidsbron bij stationair draaien voor de duur van de stationaire toestand, en wordt gebruikt als een model van een vaste puntbron zoals beschreven in het volgende hoofdstuk over industrielawaai. Dit wordt alleen in aanmerking genomen indien treinen langer dan 0,5 uur stationair draaien.

Deze hoeveelheden kunnen van metingen van alle bronnen bij elke bedrijfsconditie worden verkregen, of de gedeeltelijke bronnen kunnen afzonderlijk worden aangemerkt om hun parameterafhankelijkheid en de relatieve sterkte te bepalen. Dit kan door middel van metingen op een stationair voertuig worden gedaan door assnelheden van de tractie-uitrusting te variëren, in navolging van ISO 3095:2005. Voor zover relevant moeten meerdere tractiegeluidsbronnen worden gekenmerkt die mogelijk niet alle van de treinsnelheid afhankelijk zijn:

- geluid van de aandrijflijn, zoals dieselmotoren (waaronder inlaat, uitlaat en motorblok), tandwieltransmissie, elektrische generatoren, grotendeels afhankelijk van het toerental van de motor (omw./min.), en elektrische bronnen zoals omvormers, die voornamelijk van de lading afhankelijk kunnen zijn;
- geluid van ventilatoren en koelsystemen, afhankelijk van het toerental van de ventilator. In sommige gevallen kunnen ventilatoren rechtstreeks aan de aandrijflijn worden gekoppeld;
- periodieke bronnen zoals compressoren, kleppen en andere met een karakteristieke bedrijfsduur en overeenkomstige bedrijfscycluscorrectie voor de geluidsemissie.

Omdat elk van deze bronnen zich bij elke bedrijfsconditie anders kan gedragen, wordt het tractiegeluid dienovereenkomstig gespecificeerd. De bronsterkte wordt verkregen van metingen onder gecontroleerde omstandigheden. In het algemeen vertonen locomotieven meer variatie in belasting, omdat het aantal voertuigen dat wordt getrokken, en daardoor het uitgangsvermogen, aanzienlijk kan variëren, terwijl de vaste treinsamenstellingen zoals met elektrische motoren aangedreven meervoudige eenheden (EMU's), dieseltreinstellen (DMU's) en hogesnelheidstreinen een beter gedefinieerde belasting hebben.

Er is geen a priori toewijzing van het brongeluidsvermogen aan de bronhoogte, en deze keuze hangt af van de beoordeling van het specifieke geluid en specifieke voertuig. Het wordt gemodelleerd om zich op bron A (h = 1) en bron B (h = 2) te bevinden.

Aerodynamisch geluid
Aerodynamisch geluid is alleen relevant op hoge snelheden van meer dan 200 km/h. Daarom moet eerst worden nagegaan of het voor de toepassingsdoeleinden werkelijk noodzakelijk is. Als de functies rolgeluid, ruwheid en overdracht bekend zijn, kan het naar hogere snelheden worden geëxtrapoleerd en kan een vergelijking worden gemaakt met bestaande gegevens van hogesnelheidslijnen om na te gaan of aerodynamisch geluid hogere niveaus oplevert. Als de treinsnelheden op een netwerk hoger dan 200 km/h maar niet meer dan 250 km/h zijn, is het in sommige gevallen niet nodig om aerodynamisch geluid ook op te nemen, afhankelijk van het voertuigontwerp.

De bijdrage van aerodynamisch geluid wordt gegeven als een functie van snelheid:

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,1,i}(v_0) + \alpha_{1,i} \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \qquad \text{voor } h = 1 \tag{2.3.12}$$

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,2,i}(v_0) + \alpha_{2,i}\lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \qquad \text{voor } h = 2 \tag{2.3.13}$$

waarbij
v_0 een snelheid is waarop aerodynamisch geluid dominant is en op 300 km/h is vastgesteld,
$L_{W,0,1,i}$ een referentiegeluidsvermogen is dat wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld op het eerste draaistel,
$L_{W,0,2,i}$ een referentiegeluidsvermogen is dat wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld de hoogte van de uitsparing van de stroomafnemer,
$\alpha_{1,i}$ een coëfficiënt is die wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld op het eerste draaistel,
$\alpha_{2,i}$ een coëfficiënt is die wordt bepaald op basis van twee of meer meetpunten voor bronnen op een bekende bronhoogte, bijvoorbeeld de hoogte van de uitsparing van de stroomafnemer.

Richteffect van de bron
Het horizontale richteffect $\Delta L_{W,dir,hor,i}$ in dB wordt in het horizontale vlak gegeven en kan als standaard worden aangenomen een dipool te zijn voor rolgeluid, stootgeluid (voegen enz.), booggeluid, remmen, ventilatoren en aerodynamische effecten, en wordt voor elke *i*-de frequentieband als volgt berekend:

$$\Delta L_{W,dir,hor,i} = 10\lg\,(0{,}01 + 0{,}99 * \sin^2\varphi) \tag{2.3.14}$$

Bruggeluid wordt gemodelleerd bij bron A (*h*=1), waarbij wordt uitgegaan van omni-directionaliteit.

Het verticale richteffect $\Delta L_{W,dir,ver,i}$ in dB wordt in het verticale vlak gegeven voor bron A (*h* = 1), als een functie van de middenfrequentie $f_{c,i}$ van elke *i*-de frequentieband, en:

voor $0 < \psi < \pi/2$ is (2.3.15)

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} = \left(\left|\frac{40}{3}\cdot\left[\frac{2}{3}\sin(2*\psi) - \sin(\psi)\right]\cdot\lg\left[\frac{f_{c,i}+600}{200}\right]\right|\right)$$

voor $-\pi/2 < \psi < 0$ is $\Delta L_{W,dir,ver,i} = 0$

Voor bron (h=2) voor het aerodynamisch effect:

$\Delta L_{W,dir,ver,i} = 10\lg(\cos^2(\psi))$	voor $\psi < 0$	(2.3.16)
$\Delta L_{W,dir,ver,i} = 0$	elders	

Richteffect $\Delta L_{W,dir,ver,i}$ wordt niet in aanmerking genomen voor bron B (*h* = 2) voor overige geluidbronnen, omdat voor deze bronnen in deze positie omnidirectionaliteit wordt aangenomen.

2.3.3. Aanvullende effecten

Correctie voor geluid van kunstwerken (bruggen en viaducten)
In het geval dat het baanvak zich op een brug bevindt, is het noodzakelijk om het extra geluid dat wordt geproduceerd door de trilling van de brug als gevolg van de excitatie die door de aanwezigheid van de trein wordt veroorzaakt, in aanmerking te nemen. Het bruggeluid is gemodelleerd als een extra bron waarvan het geluidsvermogen per voertuig wordt verkregen door

$$\Delta L_{w,0,bridge,i} = \Delta L_{R,TOT,i} + \Delta L_{H,bridge,i} + 10\lg(N_\alpha) \tag{2.3.17}$$

waarbij $L_{H,bridge,i}$ de brugoverdrachtsfunctie is. Het bruggeluid $\Delta L_{W,0,bridge,i}$ vertegenwoordigt alleen het geluid dat door de structuur van de brug wordt uitgestraald. Het rolgeluid van een voertuig op de brug wordt berekend met behulp van de formules 2.3.8 tot en met 2.3.10, door de spooroverdrachtsfunctie te kiezen die overeenkomt met het spoorsysteem dat op de brug aanwezig is. Er wordt over het algemeen geen rekening gehouden met geluidschermen of obstakels aan de randen van de brug.

Correctie voor andere spoorgerelateerde geluidsbronnen
Diverse bronnen zoals opslagplaatsen, laad- en losplaatsen, stations, bellen, stationsluidsprekers enz., kunnen aanwezig zijn en houden verband met het spoorgeluid. Deze bronnen worden als bronnen van industrielawaai (vaste geluidsbronnen) behandeld en, indien van toepassing, overeenkomstig het volgende hoofdstuk over industrielawaai gemodelleerd.

2.3.4. Emissies

Tabel 2.3.c Terminologie

Parameter	**Parameters**
Spooroverdrachtsfunctie	$L_{H,TR}$
Voertuigoverdrachtsfunctie	$L_{H,VEH}$
Wagenopbouw-overdrachtsfunctie	$L_{H,VEH,SUP}$
Brugoverdrachtsfunctie	$L_{H,bridge}$
Tractiegeluid	$L_{W,0,idling}$
Aerodynamisch geluid	$\alpha_1, L_{W,0,1}, \alpha_2, L_{W,0,2}$
Railruwheid	$L_{r,TR}$
Wielruwheid	$L_{r,VEH}$
Stootgeluid (voegruwheid)	$L_{R,IMPACT}$
Contactfilter	A_3

Tabel 2.3.d Spooroverdrachtsfuncties $L_{H,TR}$ voor hoofd- en metrospoorwegen

Frequentie [Hz]	**bb=1 'mono | medium'**	**bb=2**	**bb=3**	**bb=4**	**bb=5**	**bb=6**	**bb=7**	**bb=8**	**bb=9**	**bb=10**	**bb=11**	**bb=12**
50	50,9	69,6	Neem 'mono | Medium' en pas 'Impact Noise' toe. Zie Tabel 2.3.e voor de *nl* waarde en zie Tabel 2.3.h voor de voegruw-heid 'NL'	80,2	80,2	75,4	80,2	78,8	81,5	50,9	50,9	50,9
63	57,8	71,7		82,1	82,1	77,4	82,1	80,7	83,4	57,8	57,8	57,8
80	66,5	75,9		86,0	86,0	81,4	86,0	84,7	87,3	66,5	66,5	66,5
100	76,8	81,0		92,2	92,2	87,1	81,0	87,1	83,5	76,8	76,8	76,8
125	80,9	83,2		92,8	92,8	88,0	83,2	88,0	85,1	80,9	80,9	80,9
160	83,3	85,3		94,4	94,4	89,7	85,3	89,7	87,0	83,3	83,3	83,3
200	85,8	87,6		95,4	96,5	83,4	85,8	90,6	87,6	83,4	85,8	83,8
250	90,0	91,8		99,6	100,7	87,7	90,0	94,8	91,8	87,7	90,0	88,0
315	91,6	93,2		100,4	101,5	89,8	91,6	95,8	93,2	89,8	91,6	89,6
400	93,9	99,8		105,0	104,0	97,5	93,9	100,8	98,7	90,0	100,9	97,9
500	95,6	101,2		106,3	105,3	99,0	95,6	102,2	100,1	91,0	102,6	99,6
630	97,4	103,0		108,1	107,1	100,8	97,4	104,0	101,9	92,0	104,4	101,4
800	101,7	103,9		110,1	103,9	104,9	101,7	103,9	109,1	94,0	108,7	106,7
1.000	104,4	106,6		112,8	106,6	111,8	104,4	106,6	111,8	96,0	111,4	109,4
1.250	106,0	108,4		114,9	108,4	113,9	106,0	108,4	113,9	97,0	113,0	111,0
1.600	106,8	108,3		113,3	108,3	115,5	106,8	108,3	117,6	97,0	109,8	101,8
2.000	108,3	110,4		116,1	110,4	114,9	108,3	110,4	120,7	98,0	111,3	103,3
2.500	108,9	112,5		119,6	112,5	118,2	108,9	112,5	124,4	98,0	111,9	103,9
3.150	109,1	112,7		118,3	112,7	118,3	109,1	109,1	119,7	97,0	111,1	106,1
4.000	109,4	112,8		118,4	112,8	118,4	109,4	109,4	119,8	96,0	111,4	106,4
5.000	109,9	113,3		118,9	113,3	118,9	109,9	109,9	120,3	95,0	111,9	106,9

6.300	109,9	113,4	109,9	113,4	117,5	109,9	109,9	113,4	94,7	109,9	105,9
8.000	110,3	113,8	110,3	113,8	117,9	110,3	110,3	113,8	95,1	110,3	106,3
10.000	111,0	114,5	111,0	114,5	118,6	111,0	111,0	114,5	95,8	111,0	107,0

Tabel 2.3.e Stootgeluid vanwege voegen

Bb	**m**	**Spoor**	**$L_{R,IMPACT}$**	**n_I**
<>3	1	Voegloos	**Leeg**	**0,01** (of n.v.t.)
3	2	Voegenspoor (1 per 30 m)	**'NL'** (Tabel 2.3.h)	**0,033**
3	3	intern-voegloos wissel (1/lengte)	**'NL'** (Tabel 2.3.h)	1/wissellengte
3	4	niet-voegloos wissel (3/lengte)	**'NL'** (Tabel 2.3.h)	3/wissellengte

Tabel 2.3.f Spooroverdrachtsfuncties $L_{H,TR}$ voor tramspoorwegen

Frequentie [Hz]	**In ballast 'duo| medium'**	**Grasbaan**	**In asfalt**	**Trambaanplaten**	**In klinkers met Ortec klemplaat**
50	50,0	83,4	76,9	82,5	77,2
63	56,1	85,3	78,8	84,5	79,1
80	64,1	89,2	82,7	88,3	83,0
100	72,5	88,4	74,8	84,8	85,4
125	75,8	87,8	73,6	84,4	84,9
160	79,1	89,1	77,9	85,9	86,4
200	83,6	87,9	88,3	85,5	83,6
250	88,7	92,3	92,7	90,2	88,7
315	89,6	93,4	93,8	91,2	89,6
400	89,7	95,9	87,4	90,5	84,2
500	90,6	97,2	87,9	91,5	83,3
630	93,8	98,5	92,5	94,3	91,2
800	100,6	104,4	106,0	105,5	101,2
1.000	104,7	108,3	109,9	109,4	105,2
1.250	106,3	109,9	111,5	111,0	106,8
1.600	107,1	107,8	109,2	108,1	106,4
2.000	108,8	109,6	111,0	109,9	108,0
2.500	109,3	110,2	111,8	110,6	108,3
3.150	109,4	96,0	107,5	106,6	105,0
4.000	109,7	98,4	106,8	105,2	100,9
5.000	110,0	98,8	107,0	105,3	100,4
6.300	109,8	98,8	96,1	106,2	97,7
8.000	110,0	99,1	96,4	106,2	98,0
10.000	110,5	99,7	97,0	106,6	98,6

Bodemfactor

Voor de G_s-waarde in de in deze bijlage opgenomen rekenmethode geldt een modelleervoorschrift. De gebruiker van de rekensoftware moet de bodemfactor kiezen die bij de afleiding van de Nederlandse bovenbouwcorrrectie gebruikt is. Deze is in tabel 2.3.g opgenomen.

Tabel 2.3.g Bodemfactor G_s voor hoofdspoorwegen, metrospoor en tramspoor

Bovenbouw	**G_s**	**Bovenbouw**	**G_s**
bb=1	1	*bb*=10	1
bb=2	1	*bb*=11	1
bb=3	1	*bb*=12	1
bb=4	0	Tramspoor:	
bb=5	1	in ballast	1
bb=6	0	grasbaan	1
bb=7	1	in asfalt	0
bb=8	0	tramplaten	0
bb=9	0	in klinkers	0

Ruwheid
In tabel 2.3.h zijn de railruwheid $L_{r,TR}$, de voegruwheid voor stootgeluid $L_{R,IMPACT}$ en de relevante contactfilters A_3 opgenomen.

Tabel 2.3.h Railruwheid, voegruwheid (stootgeluid), contactfilters

Golflengte [mm]	$L_{r,TR,i}$	$L_{R,IMPACT,i}$ **'NL'**	A_3 **'100 kN | 920 mm'**	A_3 **'50 kN | 680 mm'**
2.000	35,0	22,0	0,0	0,0
1.600	31,0	22,0	0,0	0,0
1.250	28,0	22,0	0,0	0,0
1.000	25,0	22,0	0,0	0,0
800	23,0	22,0	0,0	0,0
630	20,0	20,0	0,0	0,0
500	17,0	16,0	0,0	0,0
400	13,5	15,0	0,0	0,0
315	10,5	14,0	0,0	0,0
250	9,0	15,0	0,0	0,0
200	6,5	14,0	0,0	0,0
160	5,5	12,0	–0,1	0,0
125	5,0	11,0	–0,2	0,0
100	3,5	10,0	–0,3	–0,1
80	2,0	9,0	–0,6	–0,2
63	0,1	8,0	–1,0	–0,3
50	–0,2	6,0	–1,8	–0,7
40	–0,3	3,0	–3,2	–1,2
31,5	–0,8	2,0	–5,4	–2,0
25	–3,0	–3,0	–8,7	–4,1
20	–5,0	–8,0	–12,2	–6,0
16	–7,0	–13,0	–16,7	–9,2
12,5	–8,0	–17,0	–17,7	–13,8
10	–9,0	–19,0	–17,8	–17,2
8	–10,0	–22,0	–20,7	–17,7

6,3	–12,0	–25,0	–22,1	–18,6
5	–13,0	–26,0	–22,8	–21,5
4	–14,0	–32,0	–24,0	–22,3
3,15	–15,0	–35,0	–24,5	–23,1
2,5	–16,0	–40,0	–24,7	–24,4
2	–17,0	–43,0	–27,0	–24,5
1,6	–18,0	–45,0	–27,8	–25,0
1,25	–19,0	–47,0	–28,6	–28,0
1	–19,0	–49,0	–29,4	–28,8
0,8	–19,0	–50,0	–30,2	–29,6

Bruggeluid

De brugoverdrachtsfunctie $L_{H,bridge}$ en spooroverdrachtsfunctie $L_{H,TR}$ die voor een stalen spoorbrug worden gehanteerd, hangen enkel af van de voor die spoorbrug vastgestelde toeslagwaarden in de 500 Hz en 1.000 Hz octaafband. De voor spoorvoertuigcategorie 8 vastgestelde waarden in die octaafbanden worden daartoe rekenkundig gemiddeld en afgerond op een geheel getal.

Tabel 2.3.i1 Geluidemissie bij betonnen en stalen bruggen

Afgerond gemiddelde van de toeslag in de 500 Hz en 1.000 Hz octaafband	**Spooroverdrachtsfunctie van tabel 2.3.d**	**Brugoverdrachtsfunctie volgens spectrumnummer sn van tabel 2.3.i2**
0 dB of minder	bb=1	sn=1
1 dB	bb=1	sn=2
2 dB	bb=1	sn=3
3 dB	bb=1	sn=4
4 dB	bb=1	sn=5
5 dB	bb=1	sn=6
6 dB	bb=8	sn=4
7 dB	bb=8	sn=5
8 dB	bb=8	sn=6
9 dB	bb=6	sn=5
10 dB	bb=6	sn=7
11 dB	bb=6	sn=8
12 dB of meer	bb=6	sn=9

Tabel 2.3.i2 Brugoverdrachtsfuncties $L_{H,bridge}$

Frequentie [Hz]	**sn=1**	**sn=2**	**sn=3**	**sn=4**	**sn=5**	**sn=6**	**sn=7**	**sn=8**	**sn=9**
50	76,2	78,2	80,2	82,2	83,2	84,2	85,2	87,2	89,2
63	78,1	80,1	82,1	84,1	85,1	86,1	87,1	89,1	91,1
80	82,0	84,0	86,0	88,0	89,0	90,0	91,0	93,0	95,0
100	85,0	87,0	89,0	91,0	92,0	93,0	94,0	96,0	98,0
125	85,4	87,4	89,4	91,4	92,4	93,4	94,4	96,4	98,4
160	87,0	89,0	91,0	93,0	94,0	95,0	96,0	98,0	100,0

200	83,5	85,5	87,5	89,5	90,5	91,5	92,5	94,5	96,5
250	87,7	89,7	91,7	93,7	94,7	95,7	96,7	98,7	100,7
315	88,4	90,4	92,4	94,4	95,4	96,4	97,4	99,4	101,4
400	90,4	92,4	94,4	96,4	97,4	98,4	99,4	101,4	103,4
500	91,7	93,7	95,7	97,7	98,7	99,7	100,7	102,7	104,7
630	93,5	95,5	97,5	99,5	100,5	101,5	102,5	104,5	106,5
800	98,1	100,1	102,1	104,1	105,1	106,1	107,1	109,1	111,1
1.000	100,8	102,8	104,8	106,8	107,8	108,8	109,8	111,8	113,8
1.250	103,0	105,0	107,0	109,0	110,0	111,0	112,0	114,0	116,0
1.600	98,2	100,2	102,2	104,2	105,2	106,2	107,2	109,2	111,2
2.000	97,8	99,8	101,8	103,8	104,8	105,8	106,8	108,8	110,8
2.500	98,3	100,3	102,3	104,3	105,3	106,3	107,3	109,3	111,3
3.150	90,3	92,3	94,3	96,3	97,3	98,3	99,3	101,3	103,3
4.000	82,4	84,4	86,4	88,4	89,4	90,4	91,4	93,4	95,4
5.000	77,9	79,9	81,9	83,9	84,9	85,9	86,9	88,9	90,9
6.300	70,7	72,7	74,7	76,7	77,7	78,7	79,7	81,7	83,7
8.000	66,1	68,1	70,1	72,1	73,1	74,1	75,1	77,1	79,1
10.000	61,8	63,8	65,8	67,8	68,8	69,8	70,8	72,8	74,8

Voor betonnen bruggen wordt de brugoverdrachtsfunctie van sn=1 gebruikt in combinatie met de spooroverdrachtsfunctie horende bij bovenbouw die op de brug aanwezig is.
Voertuigparameters

Tabel 2.3.j Overzichtstabel parameterwaarden per voertuigtype

Voertuigtype	**Voertuiglengte**	N_a**/voertuig**	$L_{H,VEH}$	$L_{W,0,idling}$	A_3	$L_{r,VEH}$
Cat 1	26	4	‘920 mm’	‘cat1 | A’	‘100 kN | 920 mm’	De wielruwheid is voor elke categorie apart bepaald. De parameterwaarden staan in tabel 2.3 m
Cat 2	26,6	4	‘920 mm’	nvt	‘100 kN | 920 mm’	
Cat 3	26,1	4	‘920 mm’	‘cat3 | A’	‘100 kN | 920 mm’	
Cat 4	15	4	‘920 mm’	nvt	‘100 kN | 920 mm’	
Cat 5	15	4	‘920 mm’	‘cat5 | AB’	‘100 kN | 920 mm’	
Cat 6	26,2	4	‘920 mm’	‘cat6 | AB’	‘100 kN | 920 mm’	
Cat 7	30	6	‘680 mm’	nvt	‘50 kN | 680 mm’	
Cat 8	27	4	‘920 mm’	‘cat8 | A’	‘100 kN | 920 mm’	
Cat 9*	199	25	‘920 mm’	‘cat9 | AB’	‘100 kN | 920 mm’	
Cat 10	15	3	‘A32’	‘cat10 | A’	‘50 kN | 680 mm’	
Cat 11	15	4	‘920 mm’	nvt	‘100 kN | 920 mm’	
Cat 12	19,2	2,6	‘840 mm’	‘cat12 | A’	‘100 kN | 920 mm’	
Trams	29	6	‘680 mm’	nvt	‘50 kN | 680 mm’	

* Enkel voor cat. 9 zijn ook aerodynamische bronvermogens beschikbaar: zie tabel 2.3.n

Tabel 2.3.k Voertuigoverdrachtsfuncties $L_{H,VEH}$

Frequentie [Hz]	**‘920 mm’**	**‘840 mm’**	**‘680 mm’**	**‘A32’**

50	75,4	75,4	75,4	62,7
63	77,3	77,3	77,3	67,6
80	81,1	81,1	81,1	70,6
100	84,1	84,1	84,1	80,4
125	83,3	82,8	82,8	84,4
160	84,3	83,3	83,3	89,0
200	86,0	84,1	83,9	87,9
250	90,1	86,9	86,3	87,7
315	89,8	87,9	88,0	81,4
400	89,0	89,9	92,2	77,6
500	88,8	90,9	93,9	85,6
630	90,4	91,5	92,5	89,1
800	92,4	91,5	90,9	90,9
1.000	94,9	93,0	90,4	96,1
1.250	100,4	98,7	93,2	98,0
1.600	104,6	101,6	93,5	108,0
2.000	109,6	107,6	99,6	112,0
2.500	114,9	111,9	104,9	113,0
3.150	115,0	114,5	108,0	105,0
4.000	115,0	114,5	111,0	107,0
5.000	115,5	115,0	111,5	103,0
6.300	115,6	115,1	111,6	99,9
8.000	116,0	115,5	112,0	100,3
10.000	116,7	116,2	112,7	101,0

Tabel 2.3.I Tractiegeluid $L_{W,0,idling}$ per categorie

Frequentie [Hz]	**'cat1 | A'**		**'cat3 | A'**		**'cat5 | AB'**		**'cat6 | AB'**		**'cat8 | A'**		**'cat9 | AB'**		**'cat10 | A'**		**'cat12 | A'**	
50	0,0	0	0,0	0	109,0	109,0	0,0	0,0	99,6	0	98,0	98,0	0,0	0	0	0
63	0,0	0	0,0	0	109,0	109,0	0,0	0,0	99,6	0	98,0	98,0	0,0	0	0	0
80	0,0	0	0,0	0	109,0	109,0	0,0	0,0	99,6	0	98,0	98,0	0,0	0	0	0
100	0,0	0	97,0	0	95,0	95,0	93,1	93,1	86,6	0	98,0	98,0	95,7	0	100,6	0
125	0,0	0	97,0	0	95,0	95,0	93,1	93,1	86,6	0	98,0	98,0	95,7	0	100,6	0
160	0,0	0	97,0	0	95,0	95,0	93,1	93,1	86,6	0	98,0	98,0	95,7	0	100,6	0
200	98,1	0	107,0	0	103,0	103,0	103,1	103,1	95,6	0	101,0	98,7	0,0	0	86,6	0
250	98,1	0	107,0	0	103,0	103,0	103,1	103,1	95,6	0	101,0	98,7	0,0	0	86,6	0
315	98,1	0	107,0	0	103,0	103,0	103,1	103,1	95,6	0	101,0	98,7	0,0	0	86,6	0
400	0,0	0	0,0	0	103,0	103,0	0,0	0,0	101,6	0	106,0	103,7	0,0	0	98,6	0
500	0,0	0	0,0	0	103,0	103,0	0,0	0,0	101,6	0	106,0	103,7	0,0	0	98,6	0
630	0,0	0	0,0	0	103,0	103,0	0,0	0,0	101,6	0	106,0	103,7	0,0	0	98,6	0
800	0,0	0	0,0	0	94,0	94,0	0,0	0,0	96,6	0	104,0	101,7	0,0	0	0	0
1.000	0,0	0	0,0	0	94,0	94,0	0,0	0,0	96,6	0	104,0	101,7	0,0	0	0	0

1.250	0,0	0	0,0	0	94,0	94,0	0,0	0,0	96,6	0	104,0	101,7	0,0	0	0	0
1.600	0,0	0	0,0	0	96,0	96,0	0,0	0,0	0,0	0	94,0	91,7	0,0	0	0	0
2.000	0,0	0	0,0	0	96,0	96,0	0,0	0,0	0,0	0	94,0	91,7	0,0	0	0	0
2.500	0,0	0	0,0	0	96,0	96,0	0,0	0,0	0,0	0	94,0	91,7	0,0	0	0	0
3.150	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	95,0	92,7	0,0	0	0	0
4.000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	95,0	92,7	0,0	0	0	0
5.000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	95,0	92,7	0,0	0	0	0
6.300	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	92,0	89,7	0,0	0	0	0
8.000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	92,0	89,7	0,0	0	0	0
1.0000	0,0	0	0,0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0	92,0	89,7	0,0	0	0	0

Tabel 2.3.m Wielruwheid $L_{r,VEH}$ per voertuigtype

Golflengte [mm]	**Cat 1**	**Cat 2**	**Cat 3**	**Cat 4**	**Cat 5**	**Cat 6**	**Cat 7**	**Cat 8**	**Cat 9**	**Cat 10**	**Cat 11**	**Cat 12**	**Trams**
2.000	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	29,9	24,8	25,1	24,8	24,8	24,0	12,3
1.600	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	29,9	24,8	25,1	24,8	24,8	24,0	12,3
1.250	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	28,5	24,8	22,1	24,8	24,8	24,0	12,3
1.000	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	27,6	24,8	20,0	24,8	24,8	24,0	12,3
800	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	24,8	27,2	24,8	19,0	24,8	24,8	24,0	12,3
630	23,3	23,3	23,3	24,7	24,7	23,3	25,4	23,3	14,0	24,0	23,3	24,0	12,3
500	14,7	21,7	14,7	17,0	17,0	14,7	19,7	14,7	9,0	14,0	14,7	22,0	12,3
400	11,0	17,6	14,0	11,0	11,0	12,4	16,9	9,7	7,0	11,0	9,7	20,0	12,3
315	10,0	14,6	12,0	10,0	10,0	9,4	13,2	6,7	1,4	10,0	15,9	21,0	12,3
250	7,0	13,7	11,0	10,0	10,0	6,7	9,1	6,7	3,1	8,0	16,3	17,0	12,3
200	6,0	14,3	11,0	8,0	8,0	7,4	8,4	5,4	5,4	6,0	13,0	14,0	12,9
160	5,2	14,6	10,1	9,1	9,1	9,7	8,9	8,3	6,6	4,0	13,1	12,0	10,9
125	8,3	14,7	9,3	12,2	12,2	7,1	6,1	8,6	6,4	2,0	12,2	11,0	8,0
100	7,4	15,0	4,9	13,3	13,3	4,9	7,0	8,4	4,6	–3,4	9,4	10,0	5,2
80	5,6	14,3	6,2	12,2	12,2	6,2	6,5	6,5	5,6	–4,7	8,5	9,0	1,4
63	6,5	13,8	4,7	10,6	10,6	4,7	3,6	7,5	6,5	–6,4	5,3	8,0	–1,7
50	7,6	10,4	4,6	10,4	9,6	4,6	–0,4	4,7	0,9	–6,9	4,7	0,0	–3,9
40	8,2	10,9	5,1	8,6	7,2	5,1	–0,9	4,4	1,8	–6,5	0,9	–6,0	–6,1
31,5	8,9	8,9	1,3	8,9	8,0	1,3	–0,9	1,2	3,5	–7,2	1,3	–8,0	–7,2
25	10,1	10,5	3,9	9,2	9,2	3,9	0,1	2,3	3,8	–6,2	3,1	–2,0	–6,2
20	11,3	12,3	4,7	8,4	8,4	4,7	0,5	4,7	3,9	–7,3	2,2	–2,0	–7,6
16	12,3	12,3	7,6	12,3	12,3	7,6	0,5	5,4	4,1	–7,6	3,3	5,0	–7,8
12,5	7,6	6,6	5,5	8,4	8,4	5,5	2,1	1,2	2,3	–6,2	5,7	1,0	–6,2
10	3,5	5,3	4,7	4,4	4,4	4,7	5,6	–1,3	0,3	–4,6	3,5	–2,0	–4,7
8	4,6	4,3	4,6	5,2	5,2	4,6	0,9	–1,8	–0,2	–5,6	2,4	–2,0	–5,7
6,3	–0,2	–0,2	0,8	2,7	2,7	0,8	–0,1	–2,9	0,3	–7,6	1,9	–1,0	–7,8
5	–1,5	–1,5	0,7	0,4	0,4	0,7	2,0	–5,3	–1,5	–8,1	–1,3	–2,0	–8,3

4	–5,6	–5,6	–0,2	–4,1	–0,8	–0,2	–1,4	–7,1	–4,1	–8,0	–4,1	–6,0	–8,2
3,15	–7,2	–8,4	–2,8	–5,7	–2,4	–2,8	–2,6	–9,3	–6,0	–8,8	–5,7	–5,0	–8,8
2,5	–12,1	–11,6	–7,9	–9,1	–6,0	–7,9	–2,3	–11,7	–6,8	–9,0	–9,1	–5,0	–8,9
2	–11,4	–9,8	–7,5	–9,1	–5,6	–7,5	–4,2	–11,0	–5,3	–11,1	–9,1	–7,0	–11,0
1,6	–12,5	–9,8	–7,6	–10,3	–6,7	–7,6	–5,8	–12,5	–5,4	–12,6	–10,3	–10,0	–12,6
1,25	–13,5	–10,5	–8,1	–11,6	–8,0	–8,1	–4,1	–13,9	–5,9	–11,2	–11,6	–13,0	–11,4
1	–13,8	–10,8	–8,3	–12,4	–9,8	–8,3	–4,3	–14,7	–6,1	–11,5	–12,4	–15,0	–11,6
0,8	–13,9	–10,9	–8,4	–12,5	–11,3	–8,4	–4,5	–15,2	–6,2	–11,7	–12,5	–15,0	–11,9

Tabel 2.3.n Aerodynamisch geluid $L_{W,0}$ voor voertuigtype categorie 9

Frequentie [Hz]	**'Cat9 aero'** $L_{W,0,1}$ | $L_{W,0,2}$		**Frequentie [Hz]**	**'Cat9 aero'** $L_{W,0,1}$ | $L_{W,0,2}$	
alpha	*50*	*50*			
50	135,0	129,0	800	125,5	119,5
63	135,0	129,0	1.000	125,5	119,5
80	135,0	129,0	1.250	125,5	119,5
100	128,0	122,0	1.600	128,0	125,0
125	128,0	122,0	2.000	128,0	125,0
160	128,0	122,0	2.500	128,0	125,0
200	127,0	121,0	3.150	123,0	117,0
250	127,0	121,0	4.000	123,0	117,0
315	127,0	121,0	5.000	123,0	117,0
400	125,5	119,5	6.300	119,0	113,0
500	125,5	119,5	8.000	119,0	113,0
630	125,5	119,5	10.000	119,0	113,0

2.5. Industrielawaai

2.4.1. Bronbeschrijving

Classificatie van brontypen (punt, lijn, diffuus)

De afmetingen van de industriebronnen zijn zeer uiteenlopend. Ze kunnen zowel grote industriële fabrieken als kleine geconcentreerde bronnen zijn, zoals klein gereedschap of fabrieksmachines. Daarom moet voor de specifieke ter beoordeling voorliggende bron een relevante modelleringstechniek worden gebruikt. Afhankelijk van de omvang en de wijze waarop verschillende individuele bronnen zich over een gebied uitstrekken, waarbij elke bron tot hetzelfde industrieterrein behoort, kunnen deze als puntbronnen, bronlijnen of diffuse bronnen worden gemodelleerd. In de praktijk worden de berekeningen van het geluidseffect altijd op puntbronnen gebaseerd, maar verschillende puntbronnen kunnen worden gebruikt om een bijzonder complexe bron weer te geven, die zich hoofdzakelijk over een lijn of gebied uitstrekt.

Aantal en plaats van equivalente geluidsbronnen

De werkelijke geluidsbronnen worden gemodelleerd door middel van equivalente geluidsbronnen die door een of meer puntbronnen worden weergegeven zodat het totale geluidsvermogen van de werkelijke bron overeenkomt met de som van de individuele geluidsvermogens die toe te schrijven zijn aan de verschillende puntbronnen.

De algemene regels die bij de bepaling van het aantal te gebruiken puntbronnen worden toegepast, zijn:

- lijn- of oppervlaktebronnen waarvan de grootste diameter minder dan de helft van de afstand tussen de bron en het waarneempunt is, kunnen als individuele puntbronnen worden gemodelleerd;
- bronnen waarvan de grootste afmeting meer dan de helft van de afstand tussen de bron en het waarneempunt is, moeten als een reeks incoherente puntbronnen in een lijn of als een reeks incoherente puntbronnen over een gebied worden gemodelleerd, zodanig dat voor elk van deze bronnen aan de voorwaarde van de halve afstand wordt voldaan. De verdeling over een gebied kan een verticale verdeling van puntbronnen omvatten;
- voor bronnen waarvan de grootste hoogteafmetingen meer dan 2 m bedragen of die vlakbij de grond zijn, moet bijzondere aandacht aan de hoogte van de bron worden besteed. Verdubbeling van het aantal bronnen, door ze alleen in de z-component te herverdelen, leidt niet noodzakelijkerwijs tot aanzienlijk betere resultaten voor deze bron;
- voor elke bron geldt dat een verdubbeling van het aantal bronnen over het brongebied (in alle dimensies) niet noodzakelijkerwijs tot aanzienlijk betere resultaten leidt.

Een vaste positie van de equivalente geluidsbronnen is niet mogelijk, gezien het grote aantal configuraties dat een industrieterrein kan hebben. Goede praktijken zijn normaliter van toepassing.

Geluidsvermogensemissie
Algemeen
De volgende informatie omvat de volledige reeks invoergegevens voor berekeningen van geluidsvoortplanting met de methoden die voor geluidskartering worden gebruikt:
- uitgestraald geluidsvermogensspectrum in octaafbanden,
- bedrijfstijden (overdag, 's avonds, 's nachts, op basis van jaarlijks gemiddelde),
- locatie (coördinaten *x*, *y*) en hoogte (*z*) van de geluidsbron,
- soort bron (punt, lijn, diffuus),
- afmetingen en oriëntatie,
- bedrijfscondities van de bron,
- richteffect van de bron.

Het geluidsvermogen van de puntbron en diffuse bron moet worden gedefinieerd als:
- voor een puntbron, geluidsvermogen L_W en richteffect als een functie van de drie orthogonale coördinaten (*x*,*y*,*z*),
- voor een diffuse bron, geluidsvermogen per vierkante meter L_w/m^2, en geen richteffect (kan horizontaal of verticaal zijn).

Het geluidsvermogen van twee typen bronlijnen moet worden gedefinieerd als:
- bronlijnen die transportbanden, pijpleidingen enz., weergeven, geluidsvermogen per meter lengte $L_{W'}$ en richteffect als een functie van de twee orthogonale coördinaten op de as van de bronlijn,
- bronlijnen die rijdende voertuigen weergeven, worden berekend volgens formule 2.2.1.

De invoer van de bedrijfsuren is essentieel voor de berekening van geluidsniveaus. De bedrijfsuren worden voor de dag-, avond- en nachtperiode gegeven en, als de voortplanting afwijkende meteorologische categorieën gebruikt die tijdens elke dag-, nacht- en avondperiode zijn gedefinieerd, wordt een verfijnde verdeling van de bedrijfsuren gegeven in deelperioden die congrueren met de verdeling van meteorologische categorieën. Deze informatie berust op een jaarlijks gemiddelde.

De correctie voor de bedrijfsuren, die aan het brongeluidsvermogen wordt toegevoegd om het gecorrigeerde geluidsvermogen te bepalen dat voor de berekeningen over elke tijdsperiode C_W in dB wordt gebruikt, wordt als volgt berekend:

$$C_W = 10\lg\left(\frac{T}{T_{ref}}\right) \qquad (2.4.1)$$

waarbij:
T de actieve brontijd per periode is op basis van een jaarlijks gemiddelde situatie, in uren;
T_{ref} de referentieperiode in uren is (bv. dag is 12 uur, avond is 4 uur, nacht is 8 uur).

Voor de dominantere bronnen wordt de correctie van de jaarlijkse gemiddelde bedrijfsuren binnen minstens 0,5 dB tolerantie geschat om een aanvaardbare nauwkeurigheid (die gelijk is aan een onzekerheid van minder dan 10% in de definitie van de actieve brontijd) te verkrijgen.

Richteffect van de bron
Het richteffect van de bron is nauw verbonden met de positie van de equivalente geluidsbron naast of vlakbij oppervlakken. Omdat de voortplantingsmethode met de reflectie van het nabijgelegen oppervlak en de geluidsabsorptie ervan rekening houdt, is het noodzakelijk om de locatie van de nabijgelegen oppervlakken zorgvuldig in aanmerking te nemen. In het algemeen worden de volgende twee gevallen altijd onderscheiden:

- brongeluidsvermogen en richteffect worden ten opzichte van een bepaalde werkelijke bron bepaald en gegeven wanneer die zich in vrij veld bevindt (exclusief het terreineffect). Dit is in overeenstemming met de definities met betrekking tot de voortplanting, indien aangenomen wordt dat er zich geen nabijgelegen oppervlak op minder dan 0,01 m van de bron bevindt en dat oppervlakken op een afstand van 0,01 m of meer in de berekening van de voortplanting worden opgenomen;
- brongeluidsvermogen en richteffect worden ten opzichte van een bepaalde werkelijke bron bepaald en gegeven wanneer die in een specifieke locatie is geplaatst, en daarom zijn brongeluidsvermogen en richteffect in feite 'equivalent' omdat ze de modellering van het effect van de nabijgelegen oppervlakken bevatten. Dit wordt bepaald in het 'half-vrije veld' volgens de definities met betrekking tot de voortplanting. In dit geval worden de gemodelleerde nabijgelegen oppervlakken van de berekening van de voortplanting uitgesloten.

Het richteffect wordt in de berekening uitgedrukt als een factor $\Delta L_{W,dir,xyz}(x, y, z)$ die aan het geluidsvermogen wordt toegevoegd om het juiste richtingsafhankelijke geluidsvermogen van een referentiegeluidsbron te verkrijgen, zoals gezien door de geluidsvoortplanting in de gegeven richting. e factor kan worden gegeven als een functie van de richtingsvector gedefinieerd door (x, y, z) met

$$\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = 1$$

Dit richteffect kan ook worden uitgedrukt door middel van andere coördinatensystemen zoals hoekige coördinatenstelsels.

2.5. Berekening van geluidsvoortplanting voor weg-, spoor- en industriebronnen

2.5.1. Omvang en toepasselijkheid methode

Dit document omschrijft een methode voor de berekening van de geluidsdemping tijdens de voortplanting ervan buitenshuis. Met de bekende kenmerken van de bron voorspelt deze methode het equivalente constante geluidsniveau op een waarneempunt dat overeenstemt met twee bepaalde soorten van atmosferische omstandigheden:

- voortplantingscondities met neerwaartse breking (positieve verticale gradiënt van effectieve geluidssnelheid) van de bron naar het waarneempunt,
- homogene atmosferische omstandigheden (geen verticale gradiënt van effectieve geluidssnelheid) over het gehele voortplantingsgebied.

De in dit document beschreven berekeningsmethode is van toepassing voor weg-, spoor- en industriebronnen. Deze methode is daarom met name van toepassing op de infrastructuur van wegen en spoorlijnen. Luchtvervoer wordt alleen in het toepassingsgebied van de methode opgenomen voor het lawaai dat tijdens grondoperaties wordt voortgebracht, waarbij de start en landing worden uitgesloten.

Industriële infrastructuren die impulsieve of sterk tonale geluiden voortbrengen zoals beschreven in ISO 1996-2: 2007, vallen niet onder het toepassingsgebied van deze methode.

De berekeningsmethode levert geen resultaten voor voortplantingscondities met opwaartse breking (negatieve verticale gradiënt van de effectieve geluidssnelheid), maar deze condities worden bij de berekening van L_{den} door homogene condities benaderd.

Voor de berekening van de demping door atmosferische absorptie in het geval van

vervoersinfrastructuur, worden de temperatuur en vochtigheid volgens ISO 9613-1:1996 berekend.

De methode levert resultaten per octaafband van 63 Hz tot 8 000 Hz. De berekeningen worden voor elk van de middenfrequenties verricht.

Objecten die meer dan 15° aflopen in verhouding tot de verticaal worden niet als reflecterende objecten beschouwd, maar worden in aanmerking genomen bij alle andere aspecten van de voortplanting, zoals grondeffecten en diffractie.

Een enkel scherm wordt als een enkele diffractieberekening berekend, twee of meer schermen in een enkel pad worden als een volgende set van enkele diffracties behandeld door toepassing van de procedure die nader wordt omschreven.

2.5.2. Gebruikte definities

Alle afstanden, hoogten, afmetingen in dit document worden in meter (m) uitgedrukt. De notatie *MN* staat voor de afstand in 3 dimensies (3D) tussen de punten *M* en *N*, gemeten volgens een rechte lijn die deze punten verbindt.

Het is gebruikelijk dat werkelijke hoogten verticaal worden gemeten in een richting loodrecht op het horizontale vlak. Hoogten van punten boven de plaatselijke grond worden aangeduid met h, absolute hoogten van punten en de absolute hoogte van de grond worden aangeduid met de letter *H*.

Om het werkelijke reliëf van de grond langs een voortplantingspad in aanmerking te nemen, is het begrip ‘equivalente hoogte’ ingevoerd, aangeduid met de letter *z*. Dit vervangt de werkelijke hoogten in de vergelijkingen van het grondeffect.

De geluidsniveaus, aangeduid met de hoofdletter *L*, worden uitgedrukt in decibel (dB) per frequentieband wanneer index *A* wordt weggelaten. De geluidsniveaus in decibel dB(A) krijgen de index *A*.

De som van de geluidsniveaus als gevolg van wederzijds incoherente bronnen wordt aangeduid met het teken



in overeenstemming met de volgende definitie:

$$L_1 \oplus L_2 = 10\lg\left[10^{L_1/10}+10^{L_2/10}\right] \qquad (2.5.1)$$

2.5.3. Geometrische overwegingen

Segmentatie van de bron

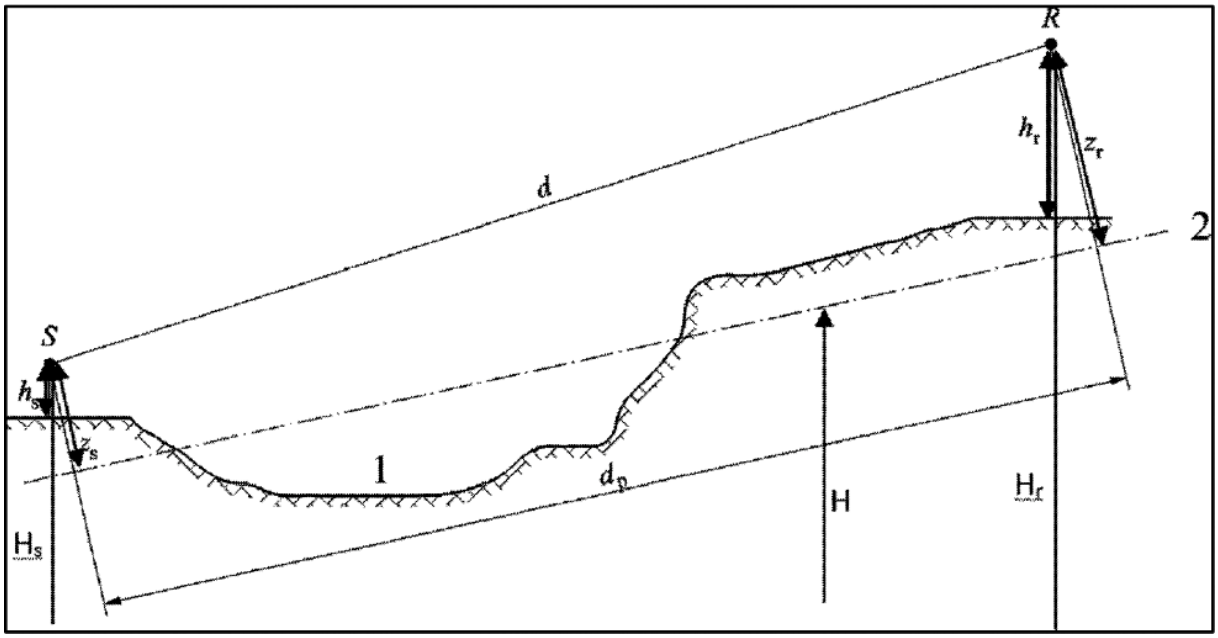
Werkelijke bronnen worden beschreven door een reeks puntbronnen of, bij spoorverkeer en wegverkeer, door incoherente bronlijnen. De voortplantingsmethode gaat ervan uit dat lijn- of diffuse bronnen voorafgaand zijn gesplitst om door een aantal equivalente puntbronnen te worden weergegeven. Dit kan bij voorbewerking van de brongegevens zijn opgetreden of in de pathfinder-component van de berekeningssoftware zijn ontstaan. De wijze waarop dit is gebeurd, valt buiten het toepassingsgebied van de onderhavige methode.

Voortplantingspaden

De methode werkt op een geometrisch model dat bestaat uit een reeks verbonden grond- en obstakeloppervlakken. Een verticaal voortplantingspad wordt op een of meerdere verticale vlakken ten opzichte van het horizontale vlak ingezet. Voor trajecten die reflecties op verticale vlakken omvatten die niet orthogonaal op het incidentvlak zijn, wordt daarna een ander verticaal vlak in aanmerking genomen, waaronder het gereflecteerde deel van het voortplantingspad. In deze gevallen, waar meerdere verticale vlakken worden gebruikt om het gehele traject van de bron naar het waarneempunt te beschrijven, worden de verticale vlakken vervolgens afgevlakt, net als een

uitvouwend Chinees kamerscherm.

Aanmerkelijke hoogten boven de grond
De equivalente hoogten worden verkregen van het gemiddelde grondvlak tussen de bron en het waarneempunt. Dit vervangt de werkelijke grond met een fictief vlak dat het gemiddelde profiel van de grond weergeeft.



Figuur 2.5.a, Equivalente hoogten in verhouding tot de grond

1: Werkelijk reliëf
2: Gemiddeld vlak

De equivalente hoogte van een punt is zijn orthogonale hoogte in verhouding tot het gemiddelde grondvlak. De equivalente bronhoogte z_s en de equivalente hoogte van het waarneempunt z_r kan daarom worden gedefinieerd. De afstand tussen de bron en het waarneempunt geprojecteerd over het gemiddelde grondvlak wordt aangeduid met d_p.

Als de equivalente hoogte van een punt negatief wordt, dat wil zeggen als het punt zich onder het gemiddelde grondvlak bevindt, wordt een hoogte van nul aangehouden en dan is het equivalente punt identiek aan zijn eventuele spiegelpunt.

Berekening van het gemiddelde grondvlak
In het vlak van het pad kan de topografie (waaronder terrein, heuvels, spoortaluds en andere kunstmatige obstakels, gebouwen,...) aan de hand van een geordende verzameling van afzonderlijke punten (x_k, H_k); $k \in$,..., $n$worden beschreven. Deze reeks punten definieert een polylijn of, op gelijke wijze, een reeks rechtlijnige segmenten $H_k = a_k x + b_k$, $x \in [x_k, x_k+1]$; $k \in$, ..., n, waarbij:

$$\begin{cases} a_k = {(H_{k+1} - H_k)}/{(x_{k+1} - x_k)} \\ b_k = {(H_k \cdot x_{k+1} - H_{k+1} \cdot x_k)}/{(x_{k+1} - x_k)} \end{cases} \quad (2.5.2)$$

Het gemiddelde vlak wordt weergegeven door de rechte lijn $Z = ax + b$; $x \in [x_1, x_n]$, die aan de polylijn is aangepast door middel van een benadering van het kleinste kwadraat. De vergelijking van de gemiddelde lijn kan analytisch worden uitgewerkt.

Met behulp van:

$$\begin{cases} A = \frac{2}{3}\sum_{k=1}^{n-1} a_k\left(x_{k+1}^3 - x_k^3\right) + \sum_{k=1}^{n-1} b_k\left(x_{k+1}^2 - x_k^2\right) \\ B = \sum_{k=1}^{n-1} a_k\left(x_{k+1}^2 - x_k^2\right) + 2\sum_{k=1}^{n-1} b_k\left(x_{k+1} - x_k\right) \end{cases} \quad (2.5.3)$$

worden de coëfficiënten van de rechte lijn verkregen door:

$$\begin{cases} a = \frac{3(2A - B(x_n + x_1))}{(x_n - x_1)^3} \\ b = \frac{2(x_n^3 - x_1^3)}{(x_n - x_1)^4} B - \frac{3(x_n + x_1)}{(x_n - x_1)^3} A \end{cases} \quad (2.5.4)$$

waarbij segmenten met $x_{k+1} = x_k$ buiten beschouwing worden gelaten bij de beoordeling van vergelijking 2.5.3.

Reflecties door gevels en andere verticale obstakels
Bijdragen van reflectie worden in aanmerking genomen door de invoering van spiegelbronnen, zoals hieronder beschreven.

2.5.4. Model voor geluidsvoortplanting

Voor een waarneempunt R worden de berekeningen uitgevoerd in overeenstemming met de volgende stappen:

1) op elk voortplantingspad:
   - berekening van de demping in gunstige omstandigheden,
   - berekening van de demping in homogene omstandigheden,
   - berekening van langdurig geluidsniveau voor elk pad.
2) accumulatie van de langdurige geluidsniveaus voor alle paden die invloed hebben op een specifiek waarneempunt, zodat het totale geluidsniveau op het waarneempunt kan worden berekend.

Opgemerkt wordt dat alleen demping ten gevolge van het grondeffect (A_{ground}) en diffractie (A_{dif}) door meteorologische omstandigheden wordt beïnvloed.

2.5.5. Berekeningsproces

Voor een puntbron S van richtingsafhankelijk geluidsvermogen $L_{W,0,dir}$ en voor een specifieke frequentieband wordt het equivalente constante geluidsniveau op het waarneempunt *R* in de gegeven atmosferische omstandigheden volgens de onderstaande vergelijkingen verkregen.

Geluidsniveau in gunstige omstandigheden (L_F) voor een pad (S,R)

$$L_F = L_{W,0,dir} - A_F \quad (2.5.5)$$

De term A_F geeft de totale demping weer langs het voortplantingspad in gunstige omstandigheden, en wordt als volgt uitgesplitst:

$$A_F = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,F} \quad (2.5.6)$$

waarbij
A_{div} de demping door geometrische divergentie is;
A_{atm} de demping door atmosferische absorptie is;
$A_{boundary,F}$ de demping door de grens van het voortplantingsmedium in gunstige omstandigheden is.

De volgende termen kunnen erin vervat zijn:

- $A_{ground,F}$, de demping door de grond in gunstige omstandigheden;

- $A_{dif,F}$, de demping door diffractie in gunstige omstandigheden.

Voor een bepaald pad en bepaalde frequentieband zijn de volgende twee scenario's mogelijk:
- – ofwel $A_{ground,F}$ wordt zonder diffractie ($A_{dif,F}$ = 0 dB) en $A_{boundary,F}$ = $A_{ground,F}$ berekend;
- – ofwel $A_{dif,F}$ wordt berekend. Het grondeffect wordt in aanmerking genomen in de $A_{dif,F}$vergelijking zelf ($A_{ground,F}$ = 0 dB). Dit levert dus $A_{boundary,F}$ = $A_{dif,F}$ op.

Geluidsniveau in homogene omstandigheden (L_H) voor een pad (S,R)
De procedure is volkomen identiek aan het geval van gunstige omstandigheden in het vorige gedeelte.

$$L_H = L_{W,\ 0,\ dir} - A_H \qquad (2.5.7)$$

De term A_H geeft de totale demping weer langs het voortplantingspad in homogene omstandigheden, en wordt als volgt uitgesplitst:

$$A_H = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,H} \qquad (2.5.8)$$

waarbij
A_{div} de demping door geometrische divergentie is;
A_{atm} de demping door atmosferische absorptie is;
$A_{boundary,H}$ de demping door de grens van het voortplantingsmedium in homogene omstandigheden is.

De volgende termen kunnen erin vervat zijn:
$A_{ground,H}$, de demping door de grond in homogene omstandigheden;
$A_{dif,H}$, de demping door diffractie in homogene omstandigheden.

Voor een bepaald pad en bepaalde frequentieband zijn de volgende twee scenario's mogelijk:
- ofwel $A_{ground,H}$($A_{dif,H}$ = 0 dB) wordt zonder diffractie en $A_{boundary,H}$ = $A_{ground,H}$ berekend;
- ofwel $A_{dif,H}$($A_{ground,H}$= 0 dB) wordt berekend. Het grondeffect wordt in de vergelijking $A_{dif,H}$ zelf in aanmerking genomen. Dit levert dus $A_{boundary,H}$= $A_{dif,H}$ op.

Statistische benadering in stedelijke gebieden voor een pad (S,R)
In stedelijke gebieden is een statistische benadering van de berekening van de geluidsvoortplanting achter de eerste lijn gebouwen eveneens toegestaan, mits deze methode naar behoren wordt gedocumenteerd, met inbegrip van relevante informatie over de kwaliteit van de methode. Deze methode kan de berekening van $A_{boundary,H}$ en $A_{boundary,F}$ vervangen door een benadering van de totale demping voor het rechtstreekse pad en alle reflecties. De berekening wordt op de gemiddelde dichtheid en gemiddelde hoogte van alle gebouwen in het gebied gebaseerd.

Langdurig geluidsniveau voor een pad (S,R)
Het 'langdurige' geluidsniveau langs een pad, uitgaande van een bepaalde puntbron, wordt verkregen uit de logaritmische som van de gewogen geluidsenergie in homogene omstandigheden en de geluidsenergie in gunstige omstandigheden.

Deze geluidsniveaus worden gewogen door het gemiddelde optreedfrequentie *p* van gunstige omstandigheden in de richting van het pad (*S,R*):

$$L_{LT} = 10\lg\left(p10^{L_F/10} + (1-p)10^{L_H/10}\right) \qquad (2.5.9a)$$

NB: De gebeurteniswaarden voor *p* worden in fracties uitgedrukt. Dus als de frequentie van optreden 82% is, krijgt de vergelijking (2.5.9a) *p* = 0,82.

Optreedfrequentie per richting en periode
De gebeurteniswaarden voor p zijn richtingsafhankelijk en periode afhankelijk. De waarden p worden berekend met de volgende formules:

$$p = \begin{cases} 0{,}34 - 0{,}1\sin(\xi + 35) + 0{,}045\sin^2(\xi + 35) & \text{voor de dagperiode} \\ 0{,}40 - 0{,}1\sin(\xi + 60) + 0{,}035\sin^2(\xi + 60) & \text{voor de avond en nachtperiode} \end{cases} \quad (2.5.9b)$$

De voortplantingsrichting ξ is als volgt gedefinieerd:

Tabel 2.5.a Voorplantingsrichting

Hoek (ξ)	Van	Naar
0	Noord	Zuid
90	Oost	West
180	Zuid	Noord
270	West	Oost

Langdurig geluidsniveau op punt R voor alle paden
Het totale langdurige geluidsniveau op het waarneempunt voor een frequentieband wordt verkregen aan de hand van de energetische optelling van bijdragen van alle N paden, met inbegrip van alle typen:

$$L_{tot,LT} = 10lg\left(\sum_n 10^{\frac{L_{n,LT}}{10}}\right) \quad (2.5.10)$$

waarbij:
n de index van de paden tussen *S* en *R* is.

Het in aanmerking nemen van reflectie door middel van spiegelbronnen wordt hieronder beschreven. De procentuele frequentie van gunstige omstandigheden bij reflectie van een pad op een verticaal obstakel wordt geacht identiek te zijn aan de frequentie van het rechtstreekse pad.

Als *S*' de spiegelbron van *S* is, wordt het optreedfrequentie *p*' van het pad (*S*', *R*) beschouwd als gelijk te zijn aan optreedfrequentie *p*van het pad (S_i, *R*).

Langdurig geluidsniveau op punt R in decibels A (dBA)
Het totale geluidsniveau in decibels A (dBA) wordt verkregen door de niveaus in elke frequentieband op te tellen:

$$L_{Aeq,LT} = 10\lg\sum_i 10^{\frac{(L_{tot,LT} + AWC_{f,i})}{10}} \quad (2.5.11)$$

waarbij *i* de index van de frequentieband is. *AWC* is de A-gewogen correctie als volgt:

Frequentie [Hz]	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
$AWC_{f,i}$ [dB]	–26,2	–16,1	–8,6	–3,2	0	1,2	1,0	–1,1

Dit niveau $L_{Aeq,LT}$ vormt het eindresultaat, d.w.z. het A-gewogen geluidsdrukniveau over lange termijn op het waarneempunt op een bepaald referentietijdsinterval (bijvoorbeeld dag, avond, nacht of een kortere periode tijdens de dag, avond of nacht).

2.5.6. Berekening van geluidsvoortplanting voor weg-, spoor-, industriebronnen

Geometrische divergentie
De demping door geometrische divergentie, A_{div}, komt overeen met een vermindering van het geluidsniveau door de voortplantingsafstand. Voor een puntbron in vrij veld wordt de demping in dB verkregen door:

$$A_{div} = 20\lg(d) + 11 \quad (2.5.12)$$

waarbij *d* de rechtstreekse schuine afstand in 3D tussen de bron en het waarneempunt is.

Atmosferische absorptie
De demping door atmosferische absorptie A_{atm} tijdens voortplanting over een afstand *d* wordt verkregen in dB door de vergelijking:

$$A_{atm} = \alpha_{atm} \cdot {}^{d}/_{1.000} \quad (2.5.13)$$

waarbij:
d de rechtstreekse 3D schuine afstand tussen de bron en het waarneempunt is;
α_{atm} de coëfficiënt van atmosferische demping in dB/km op de nominale middenfrequentie voor elke frequentieband is, in overeenstemming met ISO 9613-1.

De waarden van de α_{atm} coëfficiënt worden gegeven voor een temperatuur van 15 °C, een relatieve luchtvochtigheid van 70% en een atmosferische druk van 101 325 Pa. Zij worden met de nauwkeurige middenfrequenties van de frequentieband berekend. Deze waarden voldoen aan ISO 9613-1. Het meteorologische gemiddelde op lange termijn wordt gebruikt indien meteorologische gegevens beschikbaar zijn.

Tabel 2.5.b De luchtdempingscoëfficiënt δ_{lucht} als functie van de octaafband

Octaafband	**α_{atm} [dB/km]**
63	0,105
125	0,376
250	1,124
500	2,358
1.000	4,079
2.000	8,777
4.000	26,608
8.000	94,962

Grondeffect
De demping door het grondeffect is hoofdzakelijk het gevolg van de interferentie tussen het gereflecteerde geluid en het geluid dat zich rechtstreeks van de bron naar het waarneempunt voortplant. Het is fysiek verbonden aan de akoestische absorptie van de grond waarboven de geluidsgolf zich voortplant. Het is echter ook sterk afhankelijk van atmosferische omstandigheden tijdens voortplanting, omdat straalafbuiging de hoogte van het pad boven de grond wijzigt en de effecten van de grond en het land in de buurt van de bron meer of minder versterkt.

In het geval dat de voortplanting tussen de bron en het waarneempunt door een obstakel in het voortplantingsvlak wordt beïnvloed, wordt het grondeffect aan de kant van de bron en het waarneempunt afzonderlijk berekend. In dit geval verwijzen zs en zr naar de equivalente positie van de bron en/of het waarneempunt, zoals aangegeven hieronder waar de berekening van de diffractie A_{dif} wordt gepresenteerd.

Akoestische karakterisering van grond
De akoestische absorptie-eigenschappen van de grond houden voornamelijk verband met zijn porositeit. Compacte grond is in het algemeen reflecterend en poreuze grond is absorberend.

Voor operationele berekeningen wordt de akoestische absorptie van een grond weergegeven met een dimensieloze coëfficiënt *G*, tussen 0 en 1. *G* is onafhankelijk van de frequentie. Tabel 2.5.c geeft de *G*-waarden voor de grond in de openlucht. Het gemiddelde van de coëfficiënt *G* over een pad krijgt in het algemeen waarden tussen 0 en 1.

Tabel 2.5.c *G*-waarden voor verschillende soorten grond

Beschrijving	Type	(kPa • s/m^2)	*G*-waarde
Zeer zacht (sneeuw of mosachtig)	A	12,5	1
Zachte bosgrond (kort, dicht heideachtig of dik mos)	B	31,5	1
Niet-compacte, losse grond (veen, gras, losse aarde)	C	80	1
Normale niet-compacte grond (bosbodem, weiden)	D	200	1
Compact land en grind (compacte gazons, parkland)	E	500	0,7
Compacte dichte grond (grindweg, parkeer plaats)	F	2.000	0,3
Harde oppervlakken (veelal normaal asfalt, beton)	G	20.000	0
Zeer harde en dichte oppervlakken (dicht asfalt, beton, water)	H	200.000	0

G_{path} wordt gedefinieerd als de fractie van absorberende grond die over het gehele pad aanwezig is.

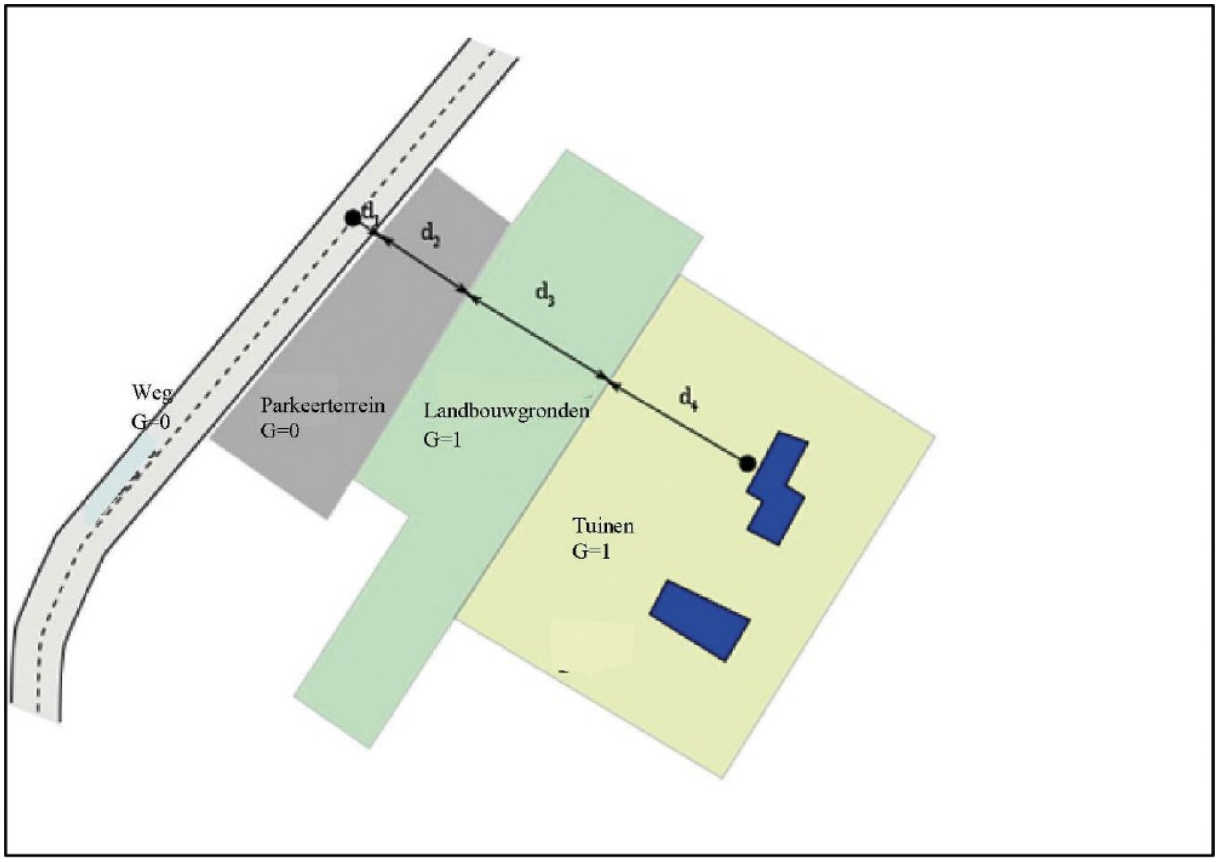
Wanneer de bron en het waarneempunt vlakbij elkaar zijn zodat $d_p \leq 30(z_s + z_r)$, is het verschil tussen de grondsoort nabij de bron en de grondsoort nabij het waarneempunt te verwaarlozen. Daarom wordt om met deze opmerking rekening te houden de grondfactor G_{path} uiteindelijk als volgt gecorrigeerd:

$$G'_{path} = \begin{cases} G_{path}\frac{d_p}{30(z_s+z_r)} + G_s\left(1 - \frac{d_p}{30(z_s+z_r)}\right) & als\ d_p \leq 30(z_s+z_r) \\ G_{path} & anders \end{cases} \quad (2.5.14)$$

waarbij G_s de grondfactor van het brongebied is. $G_s = 0$ voor wegdekken[1], betonplatenspoor. $G_s = 1$ voor sporen in ballastbed. Er is geen algemeen antwoord in het geval van industriële bronnen en fabrieken.

[1] De absorptie van poreuze wegdekken wordt in het emissiemodel in aanmerking genomen.

G kan worden gerelateerd aan de stromingsweerstand.



$$d_p = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$G_{path} = \left.(0 \cdot d_1 + 0 \cdot d_2 + 1 \cdot d_3 + 1 \cdot d_4)\right/_{d_p} = \left.(d_3 + d_4)\right/_{d_p}$$

Figuur 2.5.b, Bepaling van de grondcoëfficiënt G_{path} over een voortplantingspad

De afstanden d_n worden bepaald door een 2D-projectie op het horizontale vlak.

De volgende twee subsecties over berekeningen in homogene en gunstige omstandigheden introduceren de generieke $\bar{G}_w$ en $\bar{G}_m$ notaties voor de absorptie van de grond. Tabel 2.5.d geeft het verband tussen deze notaties en de variabelen G_{path} en G'_{path}.

Tabel 2.5.d Verband tussen $\bar{G}_w$ en $\bar{G}_m(G_{path},G'_{path})$

	Homogene omstandigheden			**Gunstige omstandigheden**		
	A_{ground}	**$\Delta_{ground(S,O)}$**	**$\Delta_{ground(O,R)}$**	**A_{ground}**	**$\Delta_{ground(S,O)}$**	**$\Delta_{ground(O,R)}$**
$\bar{G}_w$		G'_{path}			G_{path}	
$\bar{G}_m$		G'_{path}	G_{path}		G'_{path}	G_{path}

Berekeningen in homogene omstandigheden
De demping door het grondeffect in homogene omstandigheden wordt berekend op basis van de volgende vergelijkingen:

indien $G_{path} \neq 0$

$$A_{ground,H} = max\left(-10log\left[4\frac{k^2}{d_p^2}\left(z_s^2 - \sqrt{\frac{2C_f}{k}}z_s + \frac{C_f}{k}\right)\left(z_r^2 - \sqrt{\frac{2C_f}{k}}z_r + \frac{C_f}{k}\right)\right], A_{ground,H,min}\right) \quad (2.5.15)$$

waarbij

$$k = \frac{2\pi f_m}{c}$$

f_m de nominale middenfrequentie is van de frequentieband in kwestie, in Hz, c de snelheid van het geluid in de lucht is, gelijk aan 340 m/s, en c_f wordt bepaald door:

$$C_f = d_p \frac{1 + 3wd_p e^{-\sqrt{wd_p}}}{1 + wd_p} \quad (2.5.16)$$

waarbij de waarden van w worden verkregen door de onderstaande vergelijking:

$$w = 0{,}0185 \frac{f_m^{2,5} \bar{G}_w^{2,6}}{f_m^{1,5} \bar{G}_w^{2,6} + 1{,}3 \cdot 10^3 f_m^{0,75} \bar{G}_w^{1,3} + 1{,}16 \cdot 10^6} \quad (2.5.17)$$

$\bar{G}_w$kan gelijk zijn aan G_{path} *of* G'_{path}, afhankelijk van het feit of het grondeffect met of zonder diffractie wordt berekend, en volgens de aard van de grond onder de bron (werkelijke of afgebogen bron). Dit wordt in de volgende subsecties vermeld en is in tabel 2.5.d samengevat.

$$A_{ground,H,\,min} = -3(1 - \bar{G}_m) \quad (2.5.18)$$

is de ondergrens van $A_{ground,H}$.

Voor een pad (S_i, R) in homogene omstandigheden zonder diffractie:
$\bar{G}_w = G'_{path}$
$\bar{G}_m = G'_{path}$

Met diffractie, raadpleeg de sectie over diffractie voor de definities van $\bar{G}_w$ en $\bar{G}_m$.
indien $G_{path} = 0$: $A_{ground} = -3$ dB

De term $-3(1 - \bar{G}_m)$ houdt rekening met het feit dat wanneer de bron en het waarneempunt ver van elkaar liggen, het eerste reflectievlak zich niet langer op het platform maar op natuurlijke grond bevindt.

Berekening in gunstige omstandigheden
Het grondeffect in gunstige omstandigheden wordt berekend met de vergelijking van $A_{ground,H}$, mits de volgende wijzigingen worden gemaakt:
Indien $G_{path} \neq 0$

a) In de vergelijking 2.5.15 ($A_{ground,H}$) worden de hoogten z_s en z_r vervangen door respectievelijk $z_s + \delta z_s + \delta z_T$ en $z_r + \delta z_r + \delta z_T$, waarbij

$$\begin{cases} \delta z_s = a_0 \left(\frac{z_s}{z_s + z_r}\right)^2 \frac{d_p^2}{2} \\ \delta z_r = a_0 \left(\frac{z_r}{z_s + z_r}\right)^2 \frac{d_p^2}{2} \end{cases} \quad (2.5.19)$$

$a_0 = 2 \times 10^{-4}$ m^{-1} is het omgekeerde van de kromtestraal

$$\delta z_T = 6 \cdot 10^{-3} \frac{d_p}{z_s + z_r}$$

b) De ondergrens van $A_{ground,F}$ (berekend met ongewijzigde hoogten) is afhankelijk van de geometrie van het pad:

$$A_{ground,F,min} = \begin{cases} -3(1-\bar{G}_m) & als\ d_p \le 30(z_s+z_r) \\ -3(1-\bar{G}_m)\left(1+2\left(1-\frac{30(z_s+z_r)}{d_p}\right)\right) & anders \end{cases} \quad (2.5.20)$$

Indien $G_{path} = 0$: $A_{ground,F} = A_{ground,F,min}$

De hoogtecorrecties δz_s en δz_r brengen het effect van de afbuiging van de geluidstralen over. δz_T verdisconteert het effect van de turbulentie.

$\bar{G}_m$ kan ook gelijk zijn aan of G_{path} of G'_{path}, afhankelijk van het feit of het grondeffect met of zonder diffractie wordt berekend, en volgens de aard van de grond onder de bron (werkelijke of afgebogen bron). Dit wordt in de volgende subsecties nader bepaald.

Voor een pad ($S_i R$) in gunstige omstandigheden zonder diffractie:
$\bar{G}_w = G_{path}$ in vergelijking (*2.5.17*)
$\bar{G}_m = G'_{path}$

Met diffractie, raadpleeg de volgende sectie voor de definities van $\bar{G}_w$en $\bar{G}_m$

Diffractie
Gewoonlijk wordt de diffractie aan de bovenkant van elk obstakel op het voortplantingspad onderzocht. Als het pad 'hoog genoeg' over de diffractierand loopt, kan $A_{dif} = 0$ worden vastgesteld en een rechtstreeks zicht worden berekend, met name door de beoordeling van A_{ground}.

In de praktijk worden de volgende specificaties in aanmerking genomen in het unieke verticale vlak dat zowel de bron als het waarneempunt bevat (een uitvouwend Chinees kamerscherm in het geval van een traject met reflecties). De rechtstreekse straal van de bron naar het waarneempunt is een rechte lijn onder homogene voortplantingscondities en een gebogen lijn (boog waarvan de straal afhankelijk is van de lengte van de rechtstreekse straal) onder gunstige voortplantingscondities.

Als de rechtstreekse straal niet is geblokkeerd, wordt de rand D gezocht die het grootste padverschil δ oplevert (de kleinste absolute waarde, omdat deze padverschillen negatief zijn). Diffractie wordt in aanmerking genomen als
- dit padverschil groter is dan – λ/20; en
- als aan het 'Rayleigh criterium' is voldaan.

Dit is het geval als δ groter is dan λ/4 – δ*, waarbij δ* het padverschil is dat met deze zelfde rand D is berekend, maar is gerelateerd aan de gespiegelde bron S*, berekend met het gemiddelde grondvlak aan de bronkant en aan het gespiegelde waarneempunt R*, berekend met het gemiddelde grondvlak aan de waarneemkant. Om δ* te berekenen worden alleen de punten S*, D en R* in aanmerking genomen – andere randen die het pad S*->D->R* blokkeren, worden verwaarloosd. Voor de bovenstaande overwegingen wordt de golflengte λ berekend met behulp van de nominale middenfrequentie en een geluidssnelheid van 340 m/s.

Als aan deze twee voorwaarden is voldaan, wordt de bronkant door rand D van de waarneemkant gescheiden, worden twee afzonderlijke gemiddelde grondvlakken berekend en wordt A_{dif} berekend zoals beschreven in de rest van deze paragraaf. Anders wordt voor dit pad geen demping door diffractie overwogen, wordt een gemeenschappelijk gemiddeld grondvlak voor het pad S -> R berekend en wordt A_{ground} zonder diffractie (A_{dif} = 0 dB) berekend. Deze regel geldt zowel in homogene als in gunstige omstandigheden.

Wanneer voor een specifieke frequentieband een berekening volgens de in deze sectie beschreven procedure wordt gemaakt, wordt A_{ground} vastgesteld als gelijk te zijn aan 0 dB voor de berekening van de totale demping. Het grondeffect wordt rechtstreeks in de vergelijking van de algemene diffractieberekening in aanmerking genomen.

De hier voorgestelde vergelijkingen worden gebruikt om de diffractie op dunne schermen, dikke schermen, gebouwen, bermen (natuurlijke of kunstmatige) en door de randen van dijken, ingravingen

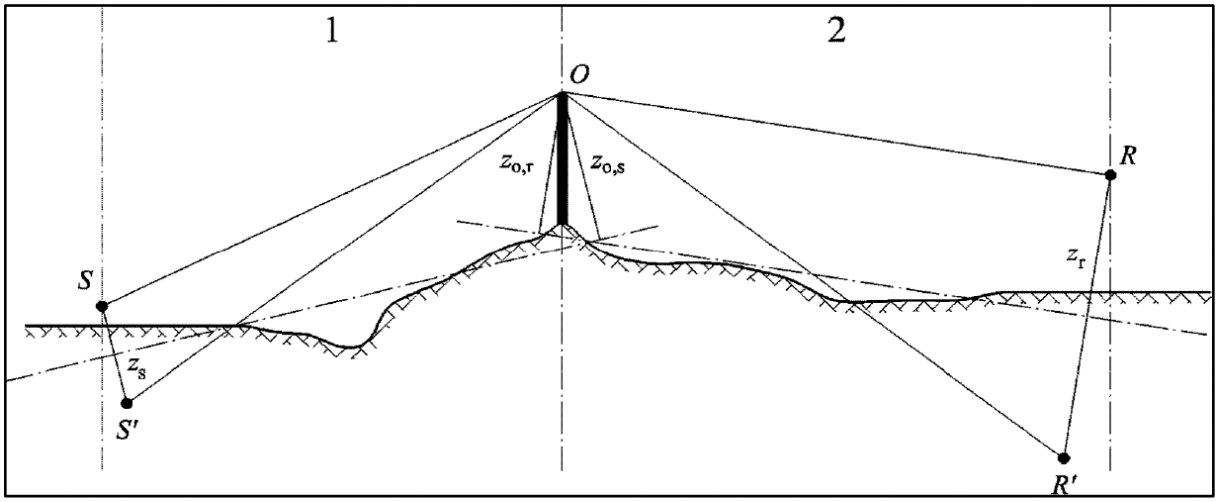
en viaducten te verwerken.

Wanneer verscheidene diffractie-obstakels op een voortplantingspad worden aangetroffen, worden ze behandeld als een meervoudige diffractie door toepassing van de procedure die in de volgende sectie over de berekening van het padverschil wordt beschreven.

De hier gepresenteerde procedures worden voor de berekening van dempingen in zowel homogene als gunstige omstandigheden gebruikt. Bij de berekening van het padverschil en voor de berekening van de grondeffecten voor en na diffractie wordt rekening gehouden met straalbuiging.

Algemene beginselen
Figuur 2.5.c illustreert de algemene methode voor berekening van de demping door diffractie. Deze methode is gebaseerd op het opsplitsen van het voortplantingspad in twee delen: het pad van de 'bronkant', gelegen tussen de bron en het diffractiepunt, en het pad van 'waarneemkant', gelegen tussen het diffractiepunt en het waarneempunt.

Het volgende wordt berekend:
- een grondeffect, bronkant, Δ*ground(S,O)*
- een grondeffect, waarneemkant, Δ*ground(O,R)*
- en drie diffracties:
- tussen de bron *S*en het waarneempunt *R*: Δ*dif(S,R)*
- tussen de spiegelbron *S'*en *R*: Δ*dif(S',R)*
- tussen *S*en de spiegelontvanger *R'*: Δ*dif(S,R')*.



Figuur 2.5.c, Geometrie van een berekening van de demping door diffractie

1: Bronkant
2: Waarneemkant

waarbij:
S de bron is;
R het waarneempunt is;
S' de spiegelbron is in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de bronkant;
R' de spiegelontvanger is in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de waarneemkant;
O het diffractiepunt is;
z_s de equivalente hoogte is van de bron *S*in verhouding tot het gemiddelde vlak aan de bronkant;
$z_{o,s}$ de equivalente hoogte is van het diffractiepunt *O*in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de bronkant;
z_r de equivalente hoogte is van het waarneempunt *R*in verhouding tot het gemiddelde vlak aan de waarneemkant;
$z_{o,r}$ de equivalente hoogte is van het diffractiepunt *O*in verhouding tot het gemiddelde grondvlak aan de waarneemkant.

De onregelmatigheid van de grond tussen de bron en het diffractiepunt en tussen het diffractiepunt en

het waarneempunt wordt in aanmerking genomen door middel van equivalente hoogten berekend in verhouding tot het gemiddelde grondvlak, eerst de bronkant en vervolgens de waarneemkant (twee gemiddelde grondvlakken), volgens de methode beschreven in de subsectie over aanmerkelijke hoogten boven de grond (figuur 2.5.a).

Zuivere diffractie
Voor zuivere diffractie, zonder grondeffecten, wordt de demping verkregen door:

$$\Delta_{diff} = \begin{cases} 10\lg\left(3 + \frac{40}{\lambda} C''\delta\right) & als \frac{40}{\lambda} C''\delta \geq -2 \\ 0 & anders \end{cases} \quad (2.5.21)$$

λ de golflengte is op de nominale middenfrequentie van de frequentieband in kwestie;
δ het padverschil is tussen het gebogen pad en het rechtstreekse pad (zie de volgende subsectie over de berekening van het padverschil);
C″ een coëfficiënt is die wordt gebruikt om rekening te houden met meervoudige diffracties:
C″ = 1 voor een enkele diffractie.

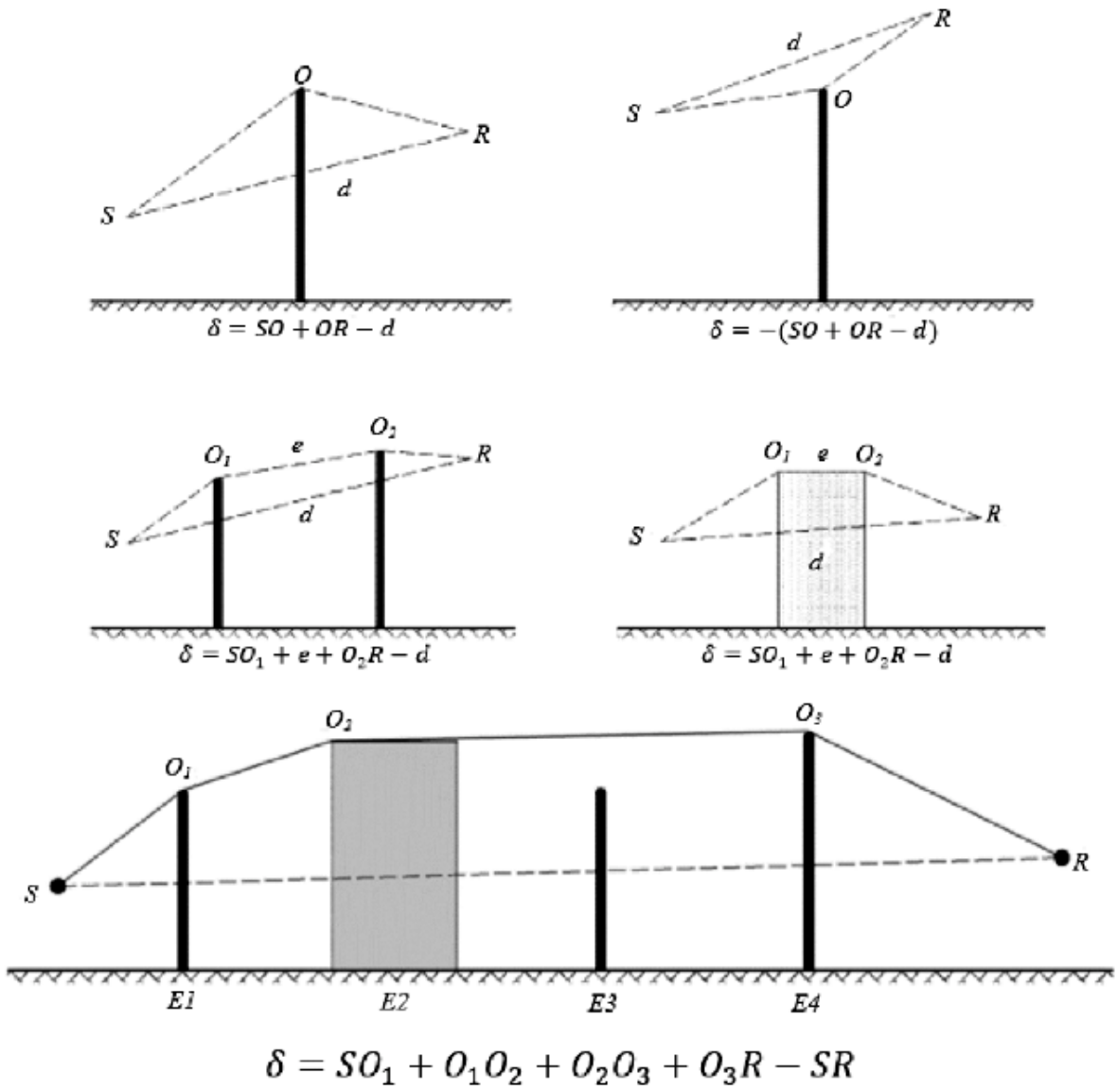
Voor meervoudige diffractie, als *e* de totale afstand langs het pad is tussen het eerste en het laatste diffractiepunt (gebruik bij gunstige omstandigheden gebogen stralen) en als *e*hoger is dan 0,3 m (anders geldt *C″* = 1), wordt deze coëfficiënt gedefinieerd door:

$$C'' = \frac{1 + \left(\frac{5\lambda}{e}\right)^2}{\frac{1}{3} + \left(\frac{5\lambda}{e}\right)^2} \quad (2.5.22)$$

De waarden van Δ_{dif} worden vastgelegd:
- indien $\Delta_{dif} < 0$: $\Delta_{dif} = 0$ dB
- indien $\Delta_{dif} > 25$: $\Delta_{dif} = 25$ dB voor een diffractie op een horizontale rand en alleen op de term Δ_{dif} die in de berekening van A_{dif} voorkomt. Deze bovengrens wordt niet toegepast in de Δ_{dif}-termen die in de berekening van Δ_{ground} worden gebruikt, of voor een diffractie op een verticale rand (laterale diffractie) in het geval van kartering van industrielawaai.

Berekening van het padverschil
Het padverschil δ wordt berekend in een verticaal vlak dat de bron en het waarneempunt bevat. Dit is een benadering met betrekking tot het beginsel van Fermat. De benadering blijft hier van toepassing (bronlijnen). Het padverschil δ wordt zoals in de volgende figuren berekend, op basis van de aangetroffen situaties.

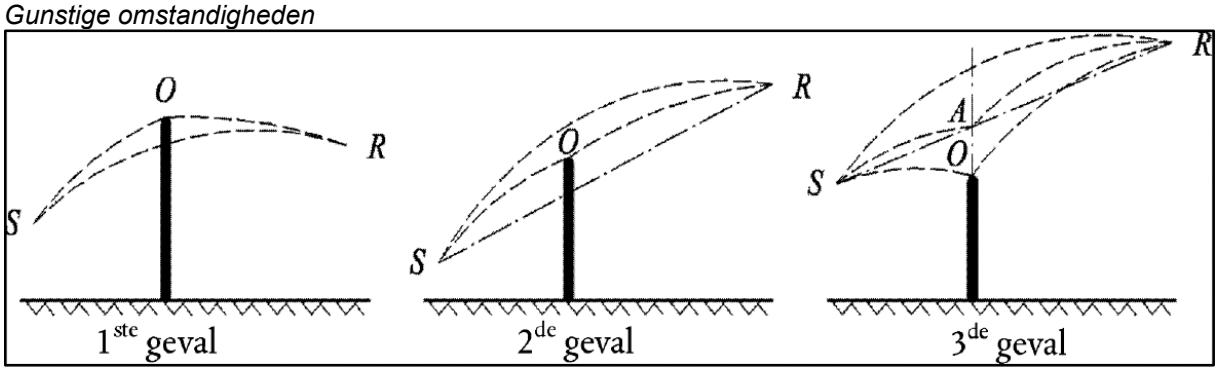
Homogene omstandigheden



Figuur 2.5.d, Berekening van het padverschil in homogene omstandigheden. O, O1, O2 en O3 zijn de diffractiepunten

Opmerking: voor elke configuratie wordt de uitdrukking van δ gegeven.

Gunstige omstandigheden



Figuur 2.5.e, Berekening van het padverschil in gunstige omstandigheden (enkele diffractie)

In gunstige omstandigheden hebben de drie gebogen geluidsstralen *SO*, *OR* en *SR* een identieke kromtestraal *Γ*, gedefinieerd door:

$\Gamma = \max(1.000, 8d)$ (2.5.23)

Waarbij *d* wordt gedefinieerd door de 3D-afstand tussen de bron en het waarneempunt van het opengevouwen pad.
De lengte van de kromming van een geluidsstraal *MN* wordt in gunstige omstandigheden aangeduid als

$\widehat{MN}$

Deze lengte is gelijk aan:

$$\widehat{MN} = 2\,\Gamma \arcsin\left(\frac{MN}{2\Gamma}\right) \quad (2.5.24)$$

In beginsel dienen drie scenario's in aanmerking te worden genomen in de berekening van het padverschil in gunstige omstandigheden δ_F (zie figuur 2.5.e). In de praktijk volstaan twee vergelijkingen:

– als de rechte geluidstraal SR door het obstakel (1e en 2e geval in figuur 2.5.e) wordt gemaskeerd:

$\delta_F = \hat{S}O + \hat{O}R - \hat{S}R$ (2.5.25)

– als de rechte geluidstraal *SR* niet door het obstakel (3e geval in figuur 2.5.e) wordt gemaskeerd:

$\delta_F = 2\hat{S}A + 2\hat{A}R - \hat{S}O - \hat{O}R - \hat{S}R$ (2.5.26)

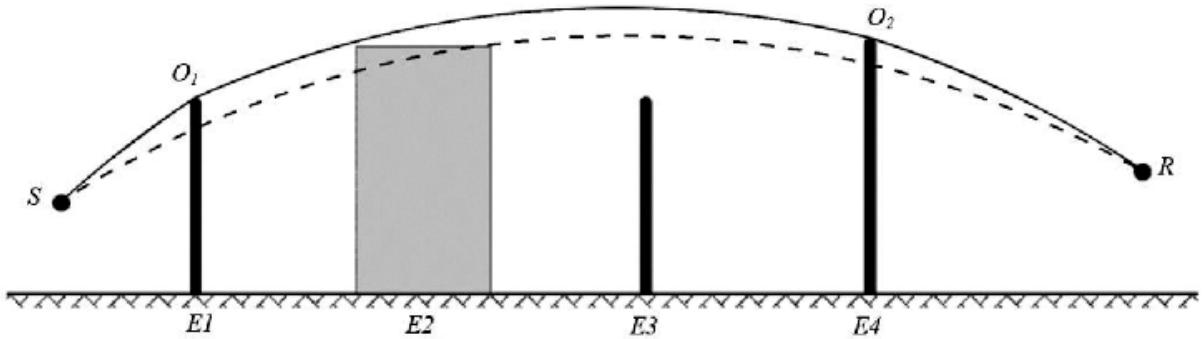
waarbij *A*het snijpunt van de rechte geluidstraal *SR*en het verlengde van het diffractie veroorzakende obstakel is.

Voor de meervoudige diffracties in gunstige omstandigheden:

- bepaal het convexe omhulsel gedefinieerd door de verschillende mogelijke diffractieranden;
- elimineer de diffractieranden die zich niet op de grens van het convexe omhulsel bevinden;
- bereken δ_F op basis van de lengten van de gebogen geluidsstraal door het gebogen pad in net zo veel gebogen segmenten te verdelen als er nodig zijn (zie figuur 2.5.f)

$$\delta_F = \hat{S}O + \sum_{i=1}^{n-1} O_i\hat{O}_{i+1} + \hat{O}_nR - \hat{S}R \quad (2.5.27)$$

Onder gunstige omstandigheden bestaat het voortplantingspad in het verticale voortplantingsvlak altijd uit segmenten van een cirkel waarvan de straal wordt verkregen door de 3D-afstand tussen de bron en het waarneempunt, dat wil zeggen alle segmenten van een voortplantingspad hebben dezelfde kromtestraal. Als de directe-boogverbinding tussen de bron en het waarneempunt is geblokkeerd, wordt het voortplantingspad gedefinieerd als de kortste convexe combinatie van bogen die alle obstakels omhult. Convex betekent in dit verband dat op elk diffractiepunt het uitgaande straalsegment naar beneden wordt afgebogen ten opzichte van het inkomende straalsegment.



Figuur 2.5.f, Voorbeeld van berekening van het padverschil in gunstige omstandigheden, in het geval van meervoudige diffracties

In het scenario dat in figuur 2.5.f wordt afgebeeld is het padverschil:

$$\delta_F = \hat{S}O_1 + O_1\hat{O}_2 + \hat{O}_2R - \hat{S}R \quad (2.5.28)$$

Berekening van de demping A_{dif}
De demping door diffractie, waarbij de grondeffecten aan de bronkant en waarneemkant in aanmerking worden genomen, wordt berekend op basis van de volgende algemene vergelijkingen:

$$A_{dif} = \Delta_{dif(S,R)} + \Delta_{ground(S,O)} + \Delta_{ground(On,R)} \quad (2.5.29)$$

waarbij:
- $\Delta_{dif(S,R)}$ de demping is door de diffractie tussen de bron *S*en het waarneempunt *R*,
- $\Delta_{ground(S,O)}$ de demping is door het grondeffect aan de bronkant, gewogen door de diffractie aan de bronkant. Daarbij wordt er van uitgegaan dat $O = O_1$ in het geval van meervoudige diffracties zoals in figuur 2.5.f,
- $\Delta_{ground(On,R)}$ de demping is door het grondeffect aan de waarneemkant, gewogen door de diffractie aan de waarneemkant (zie de volgende subsectie over de berekening van de term $\Delta_{ground(On,R)}$).

Berekening van de term $\Delta_{ground(S,O)}$

$$\Delta_{ground(S,O)} = -20lg\left(1 + \left(10^{-A_{ground(S,O)}/20} - 1\right)10^{-\left(\Delta_{dif(S',R)} - \Delta_{dif(S,R)}\right)/20}\right) \quad (2.5.30)$$

waarbij:
- $A_{ground(S,O)}$ de demping is door het grondeffect tussen de bron *S*en het diffractiepunt *O*. Deze term wordt berekend zoals aangegeven in de vorige subsectie over berekeningen in homogene omstandigheden en in de vorige subsectie over berekening in gunstige omstandigheden, met de volgende hypothesen:
- $z_r = z_{o,s,}$
- G_{path} tussen *S* en *O* wordt berekend,
- In homogene omstandigheden: $\bar{G}_w = G'_{path}$ in vergelijking (2.5.17), $\bar{G}_m = G'_{path}$ in vergelijking (2.5.18)
- In gunstige omstandigheden: $\bar{G}_w = G_{path}$ in vergelijking (2.5.17), $\bar{G}_m = G'_{path}$ in vergelijking (2.5.20)
- $\Delta_{dif(S',R)}$ is de demping door de diffractie tussen de spiegelbron *S'*en *R*, berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie,
- $\Delta_{dif(S,R)}$ is de demping door de diffractie tussen *S*en *R*, berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie.

In het bijzondere geval dat de bron onder het gemiddelde grondvlak ligt: $\Delta_{dif(S',R)} = \Delta_{dif(S,R)}$ en $\Delta_{ground(S,O)} = A_{ground(S,O)}$.

Berekening van de term $\Delta_{ground(O,R)}$

$$\Delta_{ground(O,R)} = -20lg\left(1+\left(10^{-A_{ground(O,R)}/20}-1\right)10^{-\left(\Delta_{dif(S,R')}-\Delta_{dif(S,R)}\right)/20}\right) \quad (2.5.31)$$

waarbij:

- $A_{ground(O,R)}$ de demping is door het grondeffect tussen het diffractiepunt *O* en het waarneempunt *R*. Deze term wordt berekend zoals aangegeven in de vorige subsectie over berekening in homogene omstandigheden en in de vorige subsectie over berekening in gunstige omstandigheden, met de volgende hypothesen:
- $z_s = z_{o,r}$
- G_{path} wordt berekend tussen *O* en *R*.

De correctie G'_{path} hoeft hier niet in aanmerking te worden genomen omdat de bron in kwestie het diffractiepunt is. Daarom wordt G_{path} wel in de berekening van grondeffecten gebruikt, inclusief voor de ondergrensterm van de vergelijking die dan $-3(1 - G_{path})$ wordt.

- In homogene omstandigheden: $\bar{G}_w = G_{path}$ in vergelijking (2.5.17), $\bar{G}_m = G_{path}$ in vergelijking (2.5.18);
- In gunstige omstandigheden: $\bar{G}_w = G_{path}$ in vergelijking (2.5.17), $\bar{G}_m = G_{path}$ in vergelijking (2.5.20);
- $\Delta_{dif(S,R')}$ is de demping door de diffractie tussen *S* en de spiegelontvanger *R'*, berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie;
- $\Delta_{dif(S,R)}$ is de demping door de diffractie tussen *S* en *R*, berekend als in de vorige subsectie over zuivere diffractie.

Scenario's met verticale rand

Vergelijking (2.5.21) kan worden gebruikt voor de berekening van de diffracties op verticale randen (laterale diffracties) in het geval van industrielawaai. In dit geval wordt $A_{dif} = \Delta_{dif(S,R)}$ weggenomen en blijft de term A_{ground} behouden. Bovendien worden A_{atm} en A_{ground} berekend op basis van de totale lengte van het voortplantingspad. A_{div} wordt nog steeds berekend vanaf de rechtstreekse afstand *d*. De vergelijkingen (2.5.8) en (2.5.6) worden respectievelijk:

$$A_H = A_{div} + A_{atm}^{path} + A_{ground,H}^{path} + \Delta_{dif,H(S,R)} \quad (2.5.32)$$

$$A_F = A_{div} + A_{atm}^{path} + A_{ground,F}^{path} + \Delta_{dif,H(S,R)} \quad (2.5.33)$$

Laterale diffractie wordt alleen in aanmerking genomen in gevallen waarin aan de volgende voorwaarden wordt voldaan:

- De bron is een echte puntbron – niet geproduceerd door segmentatie van een uitgebreide bron zoals een bronlijn of diffuse bron.
- De bron is geen gespiegelde bron die is geconstrueerd om een reflectie te berekenen.
- De rechtstreekse straal tussen de bron en het waarneempunt ligt volledig boven het terreinprofiel.
- In het verticale vlak met S en R is het padverschil δ groter dan 0, dat wil zeggen de rechtstreekse straal wordt geblokkeerd. Daarom kan in sommige situaties laterale diffractie in aanmerking worden genomen onder homogene voortplantingscondities, maar niet onder gunstige voortplantingscondities.

Als aan al deze voorwaarden is voldaan, wordt naast het gebogen voortplantingspad in het verticale vlak met de bron en het waarneempunt rekening gehouden met ten hoogste twee lateraal gebogen voortplantingspaden. Het laterale vlak is gedefinieerd als het vlak dat loodrecht staat op het verticale vlak en ook de bron en het waarneempunt bevat. De snijvlakken met dit laterale vlak zijn opgebouwd uit alle obstakels die door de rechtstreekse straal van de bron naar het waarneempunt worden doorsneden. In het laterale vlak bepaalt de kortste convexe verbinding tussen de bron en het waarneempunt, bestaande uit rechtlijnige segmenten en die deze snijvlakken omvat, de verticale randen die in aanmerking worden genomen bij de constructie van het lateraal gebogen voortplantingspad.

Om de demping door het grondeffect voor een lateraal gebogen voortplantingspad te berekenen, wordt het gemiddelde grondvlak tussen de bron en het waarneempunt berekend, rekening houdend

met het grondprofiel dat verticaal onder het voortplantingspad ligt. Als in de projectie op een horizontaal vlak een lateraal voortplantingspad de projectie van een gebouw doorsnijdt, wordt dit in aanmerking genomen in de berekening van G_{path} (meestal met $G = 0$) en in de berekening van het gemiddelde grondvlak met de verticale hoogte van het gebouw.

Reflecties op verticale obstakels

Demping door absorptie
De reflecties op verticale obstakels worden door middel van spiegelbronnen behandeld. Reflecties op gevels van gebouwen en geluidweringen worden dus op deze wijze behandeld.

Oppervlakken van objecten worden alleen als reflecterend beschouwd als ze minder dan 15° aflopen in verhouding tot de verticaal. Reflecties worden alleen in aanmerking genomen voor paden in het verticale voortplantingsvlak, dus niet voor lateraal gebogen paden. Voor de invallende en gereflecteerde paden, en in de veronderstelling dat het reflecterend oppervlak verticaal is, wordt het punt van reflectie (dat op het reflecterende object ligt) geconstrueerd met behulp van rechte lijnen onder homogene, en gebogen lijnen onder gunstige voortplantingscondities. De hoogte van het reflecterende object moet, gemeten door het punt van reflectie en gezien vanuit de richting van de invallende straal, ten minste 0,5 m bedragen. Na projectie op een horizontaal vlak moet de breedte van het reflecterend object, gemeten door het punt van reflectie en gezien vanuit de richting van de invallende straal, ten minste 0,5 m bedragen.

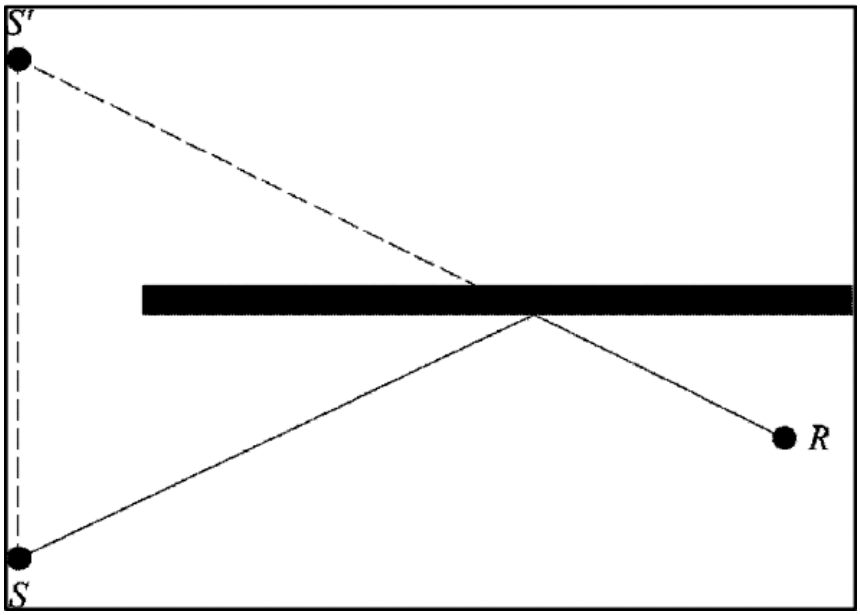
*NB:*reflecties op de grond worden hier niet behandeld. Deze worden bij de berekeningen van demping door de grens (grond, diffractie) in aanmerking genomen.

Als L_{WS} het vermogensniveau van de bron *S*is, en *α*rde absorptiecoëfficiënt van het oppervlak van het obstakel is zoals gedefinieerd door EN1793-1:2013, dan is het vermogensniveau van de spiegelbron *S'* gelijk aan:

$$L_{WS'} = L_{WS} + 10\lg(1 - \alpha_r) = L_{WS} + A_{refl} \qquad (2.5.34)$$

waarbij $0 \leq \alpha_r < 1$

De hierboven beschreven voortplantingsdempingen worden dan op dit pad (spiegelbron, waarneempunt) als voor een rechtstreeks pad toegepast.



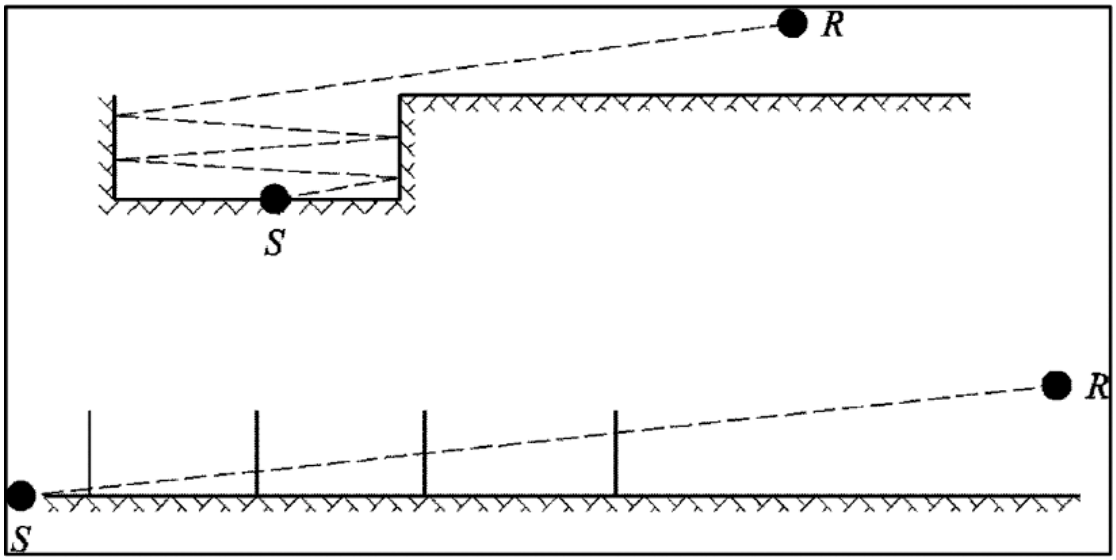
Figuur 2.5.g, Spiegelende reflecties op een obstakel behandeld volgens de spiegelbronmethode (S: bron, S': spiegelbron, R: waarneempunt)

Demping door retro-diffractie

In het geometrische onderzoek van geluidspaden hangt het aandeel van de energie dat door een verticaal obstakel (muur, gebouw) wordt gereflecteerd af van de afstand van het punt waar de straal aankomt tot de bovenste rand van het obstakel. Dit verlies van akoestische energie wanneer de straal wordt gereflecteerd, wordt demping door retro-diffractie genoemd.

In het geval van mogelijk meerdere reflecties tussen twee verticale wanden wordt ten minste de eerste reflectie in aanmerking genomen.

Bij een open tunnelbak (zie bijvoorbeeld figuur 2.5.h) wordt de demping door retro-diffractie toegepast op elke reflectie op de steunmuren.



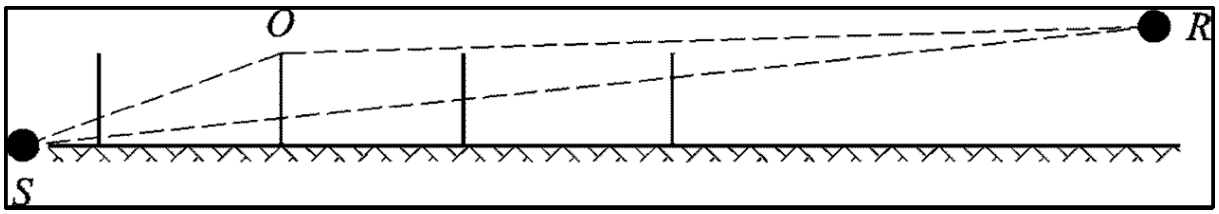
Figuur 2.5.h, Geluidsstraal die vier keer in een baan in een open tunnelbak wordt gereflecteerd: werkelijk dwarsprofiel (boven), opengevouwen dwarsdoorsnede (onder)

In deze afbeelding bereikt de geluidsstraal het waarneempunt ‘door achtereenvolgens door de steunmuren van de open tunnelbak te gaan’, die daarom met openingen kunnen worden vergeleken.

Bij de berekening van voortplanting door een opening is het geluidsveld op het waarneempunt de som van het directe veld en het door de randen van de opening gediffracteerde veld. Dit gediffracteerde veld zorgt voor de continuïteit van de overgang tussen het gebied met direct zicht en het schaduw gebied. Wanneer de straal de rand van de opening nadert, wordt het directe veld gedempt. De berekening is identiek aan die van de demping door een geluidscherm in het vrije gebied.

Het padverschil δ′ in verband met elke retro-diffractie is het tegenovergestelde van het padverschil tussen *S* en *R* relatief op elke bovenrand *O*, en dit in een weergave volgens een ingezette dwarsdoorsnede (zie figuur 2.5.i).

$$\delta' = -(SO + OR - SR) \qquad (2.5.35)$$



Figuur 2.5.i, Het padverschil voor de tweede reflectie

Het ‘min’-teken van vergelijking (*2.5.35*) betekent dat het waarneempunt hier in het gebied met direct zicht in aanmerking wordt genomen.

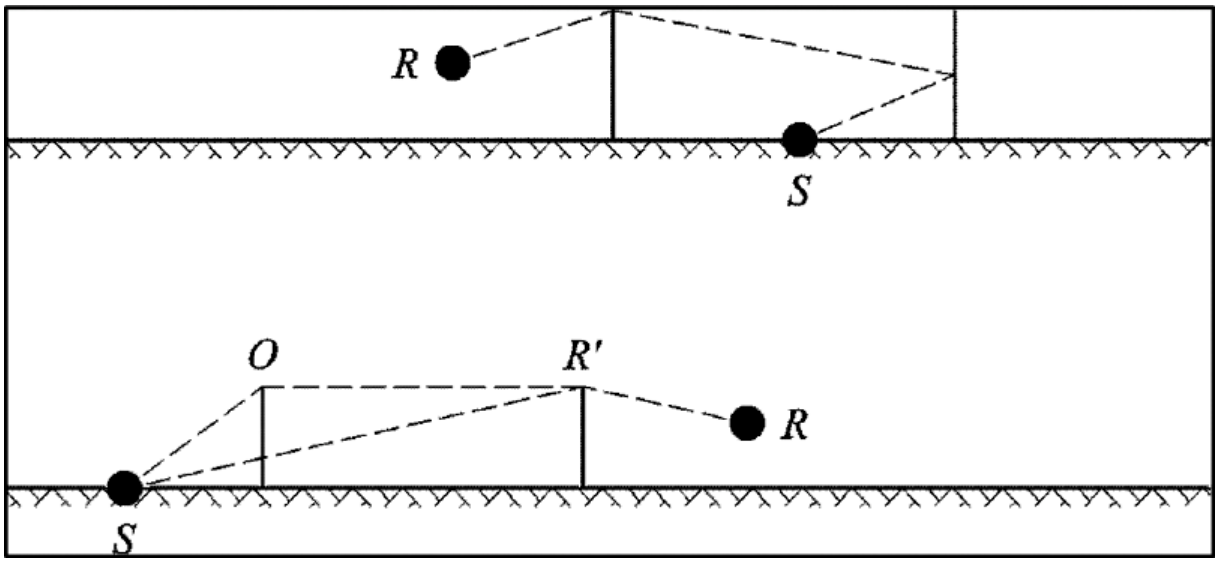
Demping via retro-diffractie $\Delta_{retrodif}$ wordt verkregen met behulp van vergelijking (*2.5.36*), die lijkt op vergelijking (*2.5.21*) met bewerkte notaties.

$$\Delta_{retrodif} = \begin{cases} 10lg\left(3 + \frac{40}{\lambda}\delta'\right) & als\ \frac{40}{\lambda}\delta' \geq -2 \\ 0 & anders \end{cases} \quad (2.5.36)$$

Deze demping wordt toegepast op de rechtstreekse straal telkens wanneer die 'door' een muur of gebouw gaat (reflecteert). Het vermogensniveau van de spiegelbron *S'* wordt dus:

$$L_{W'} = L_W + 10lg(1 - \alpha_r) - \Delta_{retrodif} \quad (2.5.37)$$

In complexe voortplantingsconfiguraties kunnen diffracties tussen reflecties of tussen het waarneempunt en de reflecties bestaan. In dit geval wordt de retro-diffractie door de wanden geschat door het pad tussen de bron en het eerste diffractiepunt *R'* (dat derhalve in vergelijking (*2.5.35*) als het waarneempunt wordt beschouwd) in aanmerking te nemen. Dit beginsel wordt weergegeven in figuur 2.5.j.



Figuur 2.5.j, Het padverschil in de aanwezigheid van een diffractie: werkelijke dwarsdoorsnede (boven), opengevouwen dwarsdoorsnede (onder)

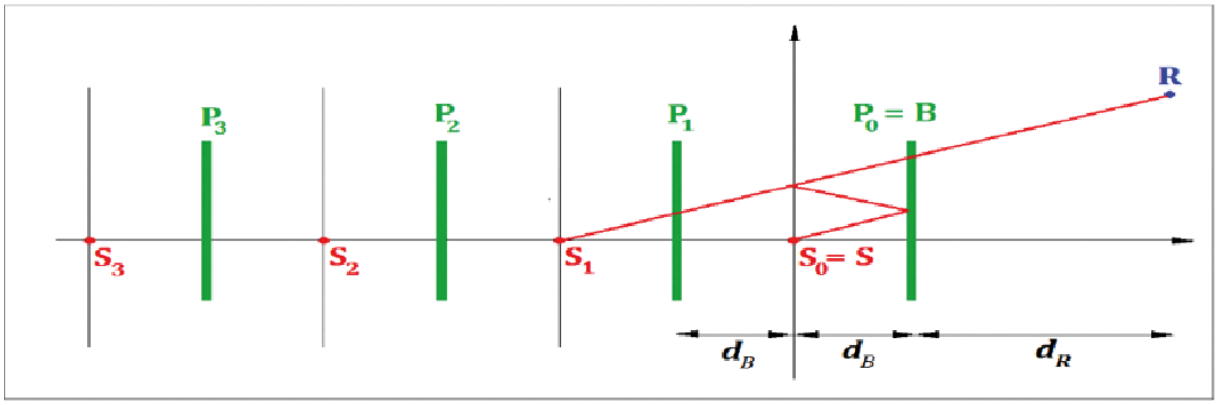
In het geval van meerdere reflecties worden de reflecties door elke individuele reflectie toegevoegd. Wanneer er een reflecterend geluidscherm of een reflecterend obstakel in de buurt van het spoor is, worden de geluidsstralen van de bron achtereenvolgens gereflecteerd door dit obstakel en door het zijvlak van het spoorvoertuig. Onder deze omstandigheden gaan de geluidsstralen tussen het obstakel en de carrosserie van het spoorvoertuig door voordat ze van de bovenrand van het obstakel worden afgebogen.

Om rekening te houden met meerdere reflecties tussen een spoorwegvoertuig en een nabijgelegen obstakel, wordt het geluidsvermogen van een enkele equivalente bron berekend. In deze berekening worden grondeffecten genegeerd.

Voor het afleiden van het geluidsvermogen van de equivalente bron gelden de volgende definities:
- De oorsprong van het coördinatensysteem is de linker railkop
- Een echte bron bevindt zich op S (d_s = *0,* h_s), waarbij h_s de hoogte van de bron ten opzichte van de railkop is
- Het vlak *h = 0* definieert de carrosserie van het voertuig
- Een verticaal obstakel met de bovenkant bij B (d_B, h_b)
- Een waarneempunt dat zich bevindt op een afstand $d_R > 0$ achter het obstakel waar R de coördinaten (d_B+ d_R, h_R) heeft.

De binnenzijde van het obstakel heeft absorptiecoëfficiënten *α(f)* per octaafband. De carrosserie van het spoorvoertuig heeft een equivalente reflectiecoëfficiënt C_{ref}. Normaal gesproken is C_{ref} gelijk aan 1. Alleen in het geval van open, platte goederenwagons kan een waarde van 0 worden gebruikt. Als $d_B > 5h_B$ of $\alpha(f) > 0{,}8$ is, wordt er geen rekening gehouden met de interactie van de trein en het scherm.

In deze configuratie kunnen meerdere reflecties tussen de carrosserie van het spoorvoertuig en het obstakel worden berekend met behulp van spiegelbronnen die zich op $S_n(d_n = -2n \cdot d_B,\ h_n = h_s)$, n = 0,1,2,..N bevinden; zoals weergegeven in figuur 2.5.k.



Figuur 2.5.k, Weergave van de modellering van meervoudige reflecties tussen trein en geluidscherm.
Het geluidsvermogen van de equivalente bron wordt uitgedrukt door:

$$L_{W,eq} = 10\lg\left(\sum_{n=0}^{N} 10^{L_{W,n}/10}\right) \qquad (2.5.38)$$

Waar het geluidsvermogen van de gedeeltelijke bronnen wordt verkregen door:

$$L_{W,n} = L_W + \Delta L_{geo,n} + \Delta L_{dif,n} + \Delta L_{abs,n} + \Delta L_{ref,n} + \Delta L_{retrodif,n} \qquad (2.5.39)$$

Met:
L_W het geluidsvermogen van de echte bron
$\Delta L_{geo,n}$ een correctieterm voor geometrische uitbreiding
$\Delta L_{dif,n}$ een correctieterm voor diffractie door de bovenkant van het obstakel
$\Delta L_{abs,n}$ een correctieterm voor de absorptie aan de binnenzijde van het obstakel
$\Delta L_{ref,n}$ een correctieterm voor de reflectie van de carrosserie van het spoorvoertuig
$\Delta L_{retrodif,n}$ een correctieterm voor de eindige hoogte van het obstakel als een reflecterend object.

De correctie voor geometrische uitbreiding wordt verkregen door:

$$\Delta L_{geo,n} = 20\lg\left(\frac{r_0}{r_n}\right) \qquad (2.5.40)$$

$$r_n = |S_n R| = \sqrt{\left(d_n - (d_b + d_R)\right)^2 + (h_n - h_R)^2} \qquad (2.5.41)$$

De correctie voor diffractie door de bovenkant van het obstakel wordt verkregen door (2.5.42):

$$\Delta L_{dif,n} = D_0 - D_n \qquad (2.5.42)$$

Waarbij D_n de demping door diffractie is, berekend met formule (2.5.21) waarin C' = 1 voor het pad

dat de bron S_n verbindt met het waarneempunt R, rekening houdend met diffractie aan de bovenkant van het obstakel B:

$$\delta_n = \pm(|S_nB| + |BR| - |S_nR|) \quad (2.5.43)$$

De correctie voor absorptie aan de binnenzijde van het obstakel wordt verkregen door:

$$\Delta L_{abs,n} = 10 \cdot n \cdot \lg(1 - \alpha) \quad (2.5.44)$$

De correctie voor de reflectie van de carrosserie van het spoorvoertuig wordt verkregen door:

$$\Delta L_{ref,n} = 10 \cdot n \cdot \lg(C_{ref}) \quad (2.5.45)$$

De correctie voor de eindige hoogte van het reflecterend obstakel wordt door middel van retro-diffractie in aanmerking genomen. Het straalpad dat overeenkomt met een afbeelding in de orde van N > 0 wordt n maal gereflecteerd door het obstakel. In de dwarsdoorsnede vinden deze reflecties plaats op de afstanden $di = -(2i - q)d_b$, $i = 1,2,..n$, met P_i ($d = di$, $h = h_b$), $i = 1,2,..n$ als de bovenkant van deze reflecterende oppervlakken. Op elk van deze punten wordt een correctieterm berekend als:

$$\Delta L_{retrodif,n} = \begin{cases} -\sum_{i=1}^{n} \Delta L_{retrodif,n,i} & als\ n > 0 \\ 0 & als\ n = 0 \end{cases} \quad (2.5.46)$$

Waarbij $\Delta L_{retrodif,n,i}$ wordt berekend voor een bron op positie S_n, de bovenkant van een obstakel op P_i en een waarneempunt op positie R'. De positie van het equivalente waarneempunt R' wordt verkregen door $R' = R$ als het waarneempunt zich boven de zichtlijn van S_n van naar B bevindt; anders wordt de positie van het equivalente waarneempunt ingenomen op de zichtlijn verticaal boven het echte waarneempunt; dat zijn

$$d_{R'} = d_R \quad (2.5.47)$$

$$h_{R'} = max\left(h_R, h_B \frac{d_B + d_R - d_n}{d_B - d_n}\right) \quad (2.5.48)$$

2.6 Blootstelling aan lawaai

Bepaling van het aan lawaai blootgestelde gebied

De beoordeling van het aan lawaai blootgestelde gebied is gebaseerd op geluidsbeoordelingspunten op 4 m ± 0,2 m boven de grond, die overeenkomen met de in paragraaf 2.5 gedefinieerde waarneempunten, berekend op een raster voor afzonderlijke bronnen

Voor de rasterpunten die zich binnen een gebouw bevinden wordt een geluidniveau toegekend dat gelijk is aan dat van het stilste nabijgelegen geluidswaarneempunt buiten dat gebouw.

Afhankelijk van de rasterresolutie wordt aan elk berekeningspunt in het raster het bijbehorende oppervlak toegewezen. Bijvoorbeeld, met een raster van 10 m x 10 m vertegenwoordigt elk beoordelingspunt een oppervlakte van 100 m^2 die wordt blootgesteld aan het berekende geluidsniveau.

Toewijzing van geluidsbeoordelingspunten aan gebouwen die geen woningen bevatten

De beoordeling van de blootstelling aan lawaai van gebouwen die geen woningen bevatten, zoals scholen en ziekenhuizen, is gebaseerd op geluidsbeoordelingspunten op 4 m ± 0,2 m boven de grond, die overeenkomen met de in paragraaf 2.5 bepaalde waarneempunten.

Voor de beoordeling van gebouwen die geen woningen bevatten worden de waarneempunten op ongeveer 0,1 m voor de gevels van de gebouwen geplaatst. Reflecties van de desbetreffende gevel wordt bij de berekening buiten beschouwing gelaten. Het gebouw wordt vervolgens in verband gebracht met het waarneempunt op de gevels met de hoogste geluidsbelasting.

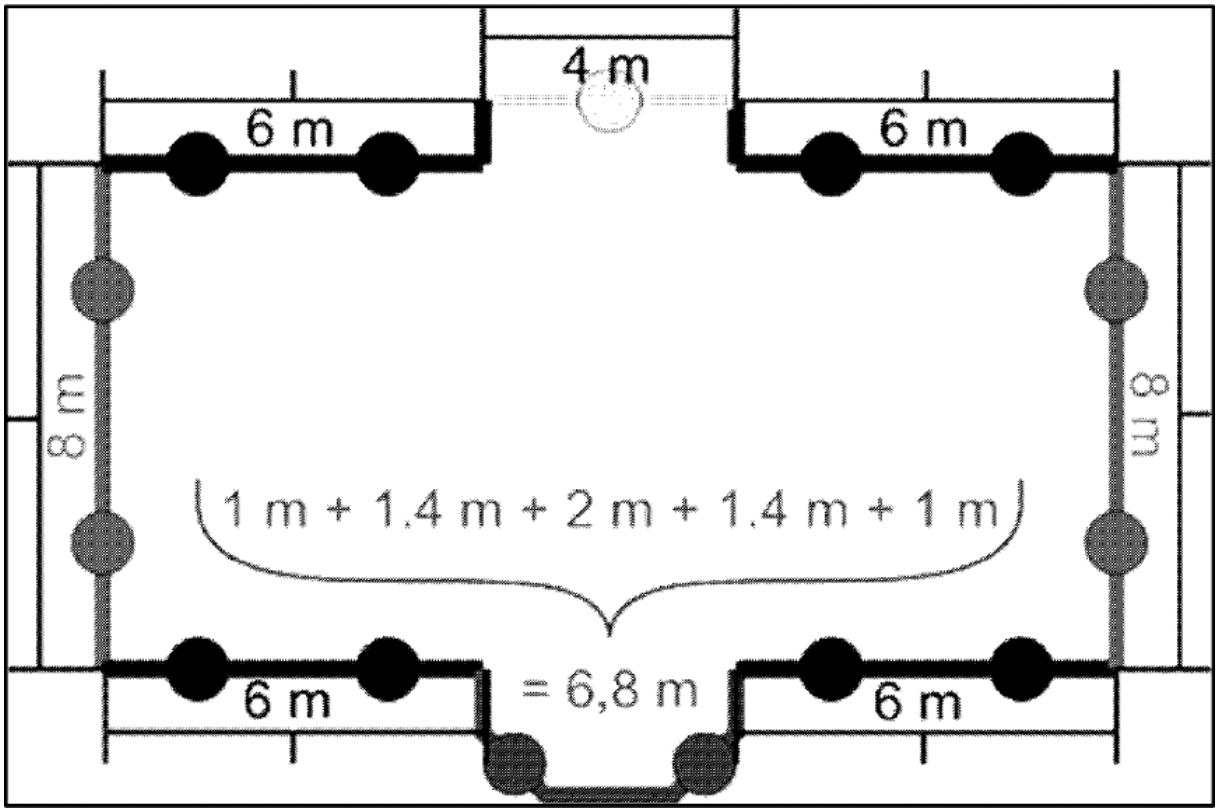
Bepaling van de geluidsbelasting waaraan woningen en bewoners worden blootgesteld
Voor de beoordeling van de geluidsbelasting van de bevolking worden alleen woongebouwen in aanmerking genomen. Er worden geen personen toegewezen aan andere gebouwen die niet als woning worden gebruikt, zoals scholen, ziekenhuizen, kantoorgebouwen of fabrieken.

Bepaling van het aantal inwoners van een gebouw
Het aantal inwoners per wooneenheid is gelijk aan de 'gemiddelde huishoudensgrootte' volgens de meest recente publicatie van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Het aantal inwoners per gebouw is de som van het aantal inwoners van alle wooneenheden in het gebouw.

Toewijzing van geluidsbeoordelingspunten aan woningen en bewoners
De beoordeling van de blootstelling aan geluidsbelasting van woningen en bewoners is gebaseerd op geluidsbeoordelingspunten op 4 m ± 0,2 m boven de grond, die overeenkomen met de in paragraaf 2.5, gedefinieerde waarneempunten.

Om voor de geluidsbronnen wegen, spoorwegen en industrie het aantal woningen en bewoners te berekenen, worden waarneempunten op ongeveer 0,1 m voor de gevels van woongebouwen geplaatst. Reflecties van de desbetreffende gevel worden bij de berekening buiten beschouwing gelaten. Voor het plaatsen van de waarneempunten wordt een van onderstaande twee procedures gebruikt.

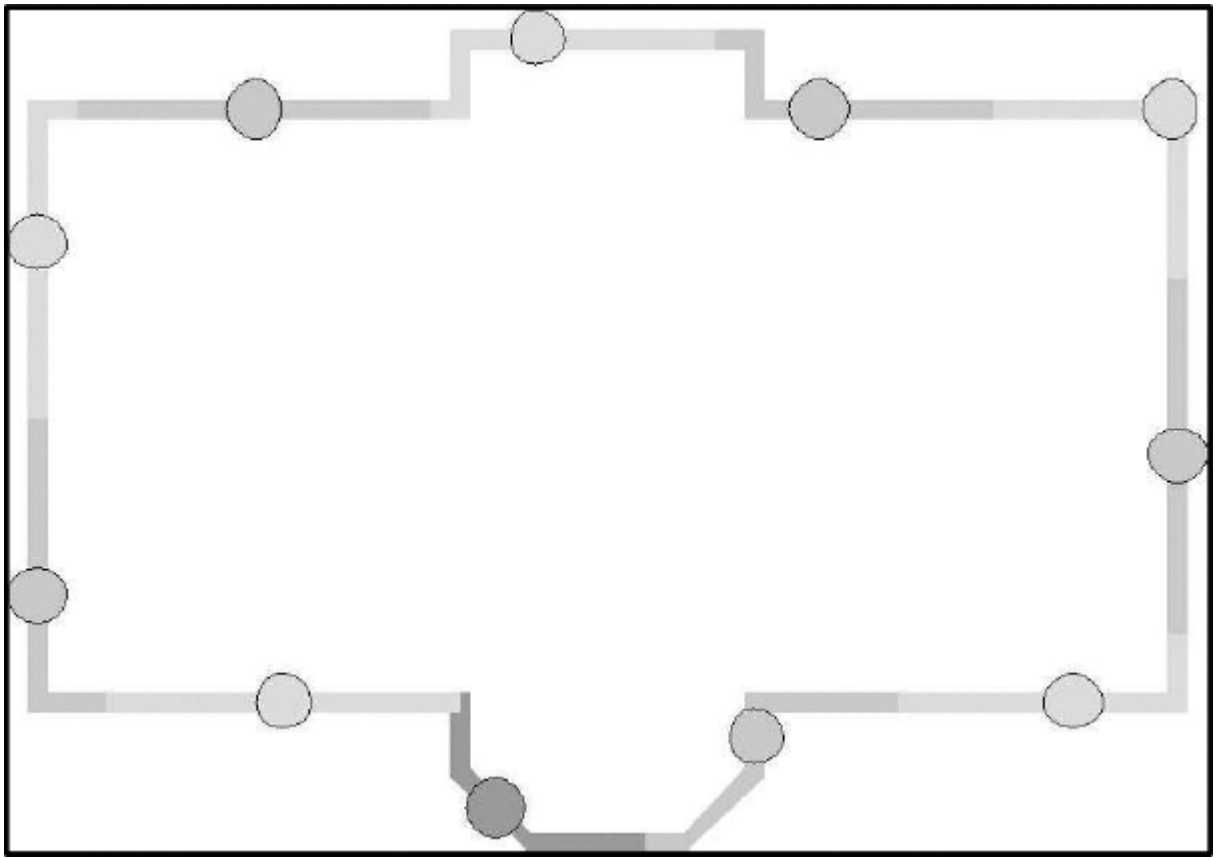
Geval 1: gevels die in regelmatige intervallen zijn verdeeld op elke gevel



Figuur 2.6.a, Voorbeeld van waarneemlocaties in de omgeving van een gebouw volgens de geval-1-procedure

a) Segmenten van meer dan 5 m lengte worden verdeeld in regelmatige intervallen met de langst mogelijke lengte, maar minder dan of gelijk aan 5 m. Waarneempunten worden in het midden van elk regelmatig interval geplaatst.
b) Overige segmenten van meer dan 2,5 m lengte worden door één waarneempunt in het midden van elk segment weergegeven.
c) Overige aangrenzende segmenten met een totale lengte van meer dan 5 m worden als polylijn-objecten behandeld op een wijze die vergelijkbaar is met die welke in a) en b) wordt beschreven.

Geval 2: gevels op vaste afstand verdeeld van het begin van de veelhoek



Figuur 2.6.b, Voorbeeld van waarneemlocaties in de omgeving van een gebouw volgens de geval-2-procedure

a) Gevels worden afzonderlijk beschouwd of vanaf de startpositie om de 5 m verdeeld, waarbij een waarneempositie halverwege de gevel of het 5 m-segment wordt geplaatst.
b) Het waarneempunt van het resterende deel bevindt zich in het middelpunt daarvan.

Toewijzing van woningen en bewoners aan waarneempunten

Wanneer informatie over de locatie van woningen binnen de voetafdruk van het gebouw beschikbaar is, worden die woningen en bewoners toegewezen aan het waarneempunt op de meest blootgestelde gevel van die woning. Het kan hierbij bijvoorbeeld gaan om vrijstaande woningen, twee-onder-een-kap- en terraswoningen, of flatgebouwen, waarbij de interne indeling van het gebouw bekend is, of voor gebouwen met een vloeroppervlakte die een enkele woning per verdieping aangeeft, of voor gebouwen met een vloeroppervlakte en -hoogte die een enkele woning per gebouw aangeeft.

Wanneer er geen informatie beschikbaar is over de locatie van woningen binnen de voetafdruk van het gebouw, zoals hierboven uitgelegd, wordt een van de twee volgende methoden gebruikt om per gebouw de blootstelling aan lawaai van de woningen en de bewoners in de gebouwen te schatten.

a) a) Uit de beschikbare informatie blijkt dat de woningen in een flatgebouw zo zijn ingedeeld dat ze een enkele gevel hebben die aan lawaai wordt blootgesteld.

In dit geval wordt de toewijzing van het aantal woningen en bewoners aan waarneempunten gewogen op basis van de lengte van de vertegenwoordigde gevel volgens de procedure van geval 1 of geval 2, zodat de som van alle waarneempunten het totale aantal woningen en bewoners die aan het gebouw zijn toegewezen, vertegenwoordigt.

b) b) Uit de beschikbare informatie blijkt dat woningen in een flatgebouw zo zijn ingedeeld dat er meer dan een enkele gevel aan lawaai wordt blootgesteld, of dat er geen informatie beschikbaar is over het aantal gevels van de woningen dat aan lawaai wordt blootgesteld.

In dit geval wordt voor elk gebouw de reeks van bijbehorende waarneemlocaties verdeeld in een onderste en bovenste helft op basis van de mediaanwaarde[1] van de berekende beoordelingsniveaus

voor elk gebouw. In het geval van een oneven aantal waarneempunten wordt de procedure toegepast met uitzondering van de waarneemlocatie met het laagste geluidsniveau.
Voor elk waarneempunt in de bovenste helft van de gegevensreeks wordt het aantal woningen en de bewoners gelijkelijk verdeeld, zodat de som van alle waarneempunten in de bovenste helft van de gegevensreeks het totale aantal woningen en bewoners vertegenwoordigt. Er worden geen woningen of bewoners toegewezen aan de waarneempunten in de onderste helft van de gegevensreeks[2].

[1] De mediaanwaarde is de waarde die de bovenste helft (50%) van een gegevensreeks scheidt van de onderste helft (50%).
[2] De onderste helft van de gegevensreeks kan worden gelijkgesteld met de aanwezigheid van relatief rustige gevels. Als vooraf bekend is, bijvoorbeeld op basis van de locatie van gebouwen ten opzichte van de dominante geluidsbronnen, welke meetpuntlocaties plaats zullen maken voor de hoogste/laagste geluidsniveaus, is het niet nodig om het geluid voor de onderste helft te berekenen.

3. Meetmethoden

Eventuele metingen, om welke reden dan ook, worden verricht in overeenstemming met de beginselen voor gemiddelde lange termijn metingen zoals vermeld in ISO 1996-1: 2003 en ISO 1996-2: 2007.

Bijlage XXXIV (kostenverhaal met tijdvak)

Tabel 1. Producten en activiteiten en de berekeningswijze van de ten hoogste te verhalen plankosten per kostenverhaalsgebied

	Product of activiteit	Onderdeel	Berekeningswijze (hoeveelheid x prijs)			Nadere bepalingen	Complexiteitsfactor kostenverhaal van toepassing? (tabellen 4 en 5)
			Aantallen eenheden en werkuren per kostenverhaalsgebied		Tariefgroep die van toepassing is (uurtarieven in tabel 3) of vaste prijs exclusief BTW		
1	**Omgevingsplan, projectbesluit of omgevingsvergunning voor het kostenverhaalsgebied**						
1.1a	Opstellen en vaststellen gedetailleerd omgevingsplan	Opstellen en vaststellen omgevingsplan	Uitwerken omgevingsplan, met inbegrip van digitalisering en kaartmateriaal	100% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 3: Omgevingsrecht	De plankosten zijn het resultaat van de vermenigvuldiging aantal x percentage x uurtarief.	Ja, algemene complexiteitsfactor
			Projectmanagement	7,5% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Stedenbouw	10% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 2: Stedenbouw		
			Planeconomie	1% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Beleidsafdelingen	10% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 4: Beleidsafdelingen		
			Communicatie	5% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 6: Communicatie		
		Opstellen regels kostenverhaal	Grondzaken en Planeconomie	100% van het aantal werkuren volgens tabel 2, derde kolom	Tariefgroepen 1 en 8: Grondzaken en Planeconomie	De plankosten zijn het resultaat van de vermenigvuldiging aantal x percentage x uurtarief.	Ja, algemene complexiteitsfactor
			Projectmanagement	10% van het aantal werkuren volgens tabel 2, derde kolom	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
1.1b	Opstellen en vaststellen projectbesluit of verlenen omgevingsvergunning	Opstellen en vaststellen projectbesluit of verlenen omgevingsvergunning voor een buitenplanse omgevingsplanactiviteit	Uitwerken projectbesluit of omgevingsvergunning, met inbegrip van digitalisering en kaartmateriaal	100% van het aantal werkuren volgens tabel 2, vierde kolom	Tariefgroep 3: Omgevingsrecht	De plankosten zijn het resultaat van de vermenigvuldiging aantal x percentage x uurtarief.	Ja, algemene complexiteitsfactor

	voor een buitenplanse omgevingsplanactiviteit		Projectmanagement	7,5% van het aantal werkuren volgens tabel 2, vierde kolom	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Stedenbouw	10% van het aantal werkuren volgens tabel 2, vierde kolom	Tariefgroep 2: Stedenbouw		
			Planeconomie	1% van het aantal werkuren volgens tabel 2, vierde kolom	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Beleidsafdelingen	10% van het aantal werkuren volgens tabel 2, vierde kolom	Tariefgroep 4: Beleidsafdelingen		
			Communicatie	5% van het aantal werkuren volgens tabel 2, vierde kolom	Tariefgroep 6: Communicatie		
		Opstellen regels kostenverhaal	Grondzaken en Planeconomie	100% van het aantal werkuren volgens tabel 2, vijfde kolom	Tariefgroepen 1 en 8: Grondzaken en Planeconomie	De plankosten zijn het resultaat van de vermenigvuldiging aantal x percentage x uurtarief.	Ja, algemene complexiteitsfactor
			Projectmanagement	10% van het aantal werkuren volgens tabel 2, vijfde kolom	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
1.2	Stedenbouwkundig plan	Opstellen stedenbouwkundig plan	Per woonfunctie	2,5 uur	Tariefgroep 2: Stedenbouw		Ja, complexiteitsfactor Stedenbouw
			Per 100 m^2 uitgeefbare grond met een lichte industriefunctie en per 100 m2 bruto vloeroppervlak voor andere kostenverhaalsplichtige bouwactiviteiten dan woningbouw	0,5 uur	Tariefgroep 2: Stedenbouw		
			Opslag bij kostenverhaalsgebied met maatschappelijke functies	40 uur	Tariefgroep 2: Stedenbouw		
			Projectmanagement	15% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal uren, met inbegrip van de eventuele	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		

				opslag voor maatschappelijke functies			
			Planeconomie	10% van het aantal op basis van het bouwprogramma berekende uren, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Communicatie	7,5% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal uren, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 6: Communicatie		
			Civiele techniek	10% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal uren, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal uren, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
1.3	Beeldkwaliteitsplan	Opstellen beeldkwaliteitsplan	Per gebouw met een woonfunctie	1 uur	Tariefgroep 2: Stedenbouw		Nee
			Per 100 m^2 uitgeefbare grond met een lichte industriefunctie en per 100 m^2 bruto vloeroppervlak voor andere kostenverhaalsplichtige	0,25 uur	Tariefgroep 2: Stedenbouw		

			bouwactiviteiten dan woningbouw				
			Opslag bij maatschappelijk programma	40 uur	Tariefgroep 2: Stedenbouw		
			Projectmanagement	10% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal uren, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Planeconomie	2,5% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal uren, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal uren, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
2	**Werkzaamheden ten behoeve van het uitvoeren van het omgevingsplan**						
2.1	Taxatie inbrengwaarde percelen	Eerste taxatie inbrengwaarde via onafhankelijke taxatie	Per onbebouwd perceel	1 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken	Ambtelijke begeleiding meetellen. In het totaal minimaal 20 uren.	Nee
			Per bebouwd perceel	2 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		
			Begeleiding planeconoom	16 uur	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Begeleiding projectmanage	5% van het berekende aantal uren, met inbegrip van de uren van de planeconoom	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het berekende aantal uren, met inbegrip van de uren van de planeconoom	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
		Eerste taxatie inbrengwaarde via Wet	Per onbebouwd perceel	0,25 uur	Tariefgroepen 1 en 8: Grondzaken en Planeconomie		Nee

		waardering onroerende zaken	Per bebouwd perceel	0,25 uur	Tariefgroepen 1 en 8: Grondzaken en Planeconomie		
			Projectmanagement	5% van het berekende aantal uren, met inbegrip van de uren van de planeconoom	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het totaal aantal uren, met inbegrip van de uren van de planeconoom	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
		Hertaxatie inbrengwaarde	100% van de werkuren van de eerste taxatie; bij onafhankelijke taxatie inclusief de ambtelijke begeleidingsuren, projectmanagement, planeconomie en landmeten/vastgoedinformatie		n.v.t.	Uitgangspunt is dat gedurende de looptijd één maal per 5 jaar een hertaxatie plaatsvindt.	Nee
2.2	Taxatie en aankopen onroerende zaken		Per onbebouwd perceel	24 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		Nee
			Per gebouw met een woonfunctie	48 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		
			Per te ontbinden huur of pachtovereenkomst	48 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		
			Per gebouw met een industriefunctie, winkelfunctie of kantoorfunctie	80 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		
			Per bijzonder object	80 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		
			Per gebouw met een industriefunctie, winkelfunctie of kantoorfunctie of een bijzonder object in een herstructureringsgebied	100 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		
			Begeleiding projectmanager	10% van het totaal berekende aantal uren	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Begeleiding planeconoom	5% van het totaal berekende aantal uren	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het totaal berekende aantal uren	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
2.3	Onteigening van onroerende zaken	Onteigening	Per administratieve procedure	134 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		Nee
			Per gerechtelijke procedure	50 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		
			Advocaatkosten		Vaste prijs van € 38.532 per gerechtelijke procedure		

			Begeleiding projectmanager	10% van het aantal berekende werkuren voor de administratieve en gerechtelijke procedure	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Begeleiding planeconoom	5% van het berekende aantal werkuren voor de administratieve en gerechtelijke procedure	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het berekende aantal werkuren voor de administratieve en gerechtelijke procedure	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
2.4	Vestigen voorkeursrecht	Vestigen voorkeursrecht	Per kostenverhaalsgebied met één of meer voorkeursrechten	60 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		Nee
			Begeleiding projectmanager	10% van het totaal aantal berekende uren	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Begeleiding planeconoom	5% van het totaal aantal berekende uren	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het totaal aantal berekende werkuren	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
2.5	Inrichtingsplan openbare ruimte	Ontwerpen inrichtingsplan	Per 100 m^2 verharding	1,5 uur	Tariefgroepen 2 en 9: Stedenbouw en Civieltechnisch projectleiden		Nee
			Per 100 m^2 groenvoorzieningen of water	1 uur	Tariefgroepen 2 en 9: Stedenbouw en Civieltechnisch projectleiden		
			Begeleiding projectmanager	5% van het totaal aantal uren voor verharding, groenvoorzieningen of water	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Begeleiding planeconoom	2,5% van het totaal aantal uren voor verharding, groenvoorzieningen of water	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het totaal aantal uren voor	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		

				verharding, groenvoorzieningen of water			
			Communicatie	5% van het totaal aantal uren voor verharding, groenvoorzieningen of water	Tariefgroep 6: Communicatie		
2.6	**Voorbereiding, toezicht en directievoering bij civieltechnische werken**						
2.6a	Slopen	Voorbereiding, aanbesteding en gunning	Per bestek	12 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 11: Bestek schrijven/calculeren	Het bevoegd gezag bepaalt hoeveel bestekken nodig zijn.	Ja, algemene complexiteitsfactor
		Directievoeren	Per week uitvoeringstijd	1 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactoren aanbestedingsvorm, type te slopen onroerende zaak en aanwezigheid van asbest uit tabel 6	Tariefgroep 13: Directievoeren	De uitvoeringstijd is 8 uur per 300 m^3 te slopen vastgoed. Een werkweek heeft 40 uren.	
		Toezichthouden	Per week uitvoeringstijd	4 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactoren aanbestedingsvorm, type te slopen onroerende zaak en aanwezigheid asbest uit tabel 6	Tariefgroep 14: Toezichthouden	De uitvoeringstijd is 8 uur per 300 m^3 te slopen vastgoed. Een werkweek heeft 40 uren.	
		Projectleiding: aanbesteding	Per bestek	4 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden	Het bevoegd gezag bepaalt hoeveel bestekken nodig zijn.	
		Projectleiding: begeleiding werkzaamheden tijdens de uitvoering	Per week gedurende uitvoeringstijd	0,25 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactor en type te slopen onroerende zaak en aanwezigheid asbest uit tabel 6	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden	De uitvoeringstijd is 8 uur per 300 m^3 te slopen vastgoed.	

2.6b	Integraal ophogen en voorbelasten	Bestek schrijven	Zie tabel 7			Het minimumbedrag is vermeld in tabel 7.	Nee
		Rapportage	Zie tabel 7			Het minimumbedrag is vermeld in tabel 7.	
		Veldonderzoek	Per hectare		€ 2.569	Het minimumbedrag is € 5.137,- per omgevingsplan, projectbesluit of omgevingsvergunning voor een buitenplanse omgevingsplan-activiteit.	
		Inmeten	Per hectare		€ 642	Het minimumbedrag is € 1.285,- per omgevingsplan, projectbesluit of omgevingsvergunning voor een buitenplanse omgevingsplan-activiteit.	
		Directievoeren	Per week gedurende de aanbreng- en verwijdertijd	4 uur	Tariefgroep 13: Directievoeren	Het aantal weken aanbreng- en verwijdertijd bedraagt 1/5.000 van het aantal m^3 grond dat wordt opgebracht of verwijderd.	
		Toezichthouden	Per week aanbreng- en verwijdertijd	4 uur	Tariefgroep 14: Toezichthouden	Het aantal weken aanbreng- en verwijdertijd bedraagt 1/5.000 van het aantal m^3 grond dat wordt opgebracht of verwijderd.	
		Monitoren	Per jaar zettingstijd per hectare		€ 1.606	Het minimumbedrag is € 3.211,- per omgevingsplan, projectbesluit of omgevings-vergunning.	
2.6c	Partieel ophogen en voorbelasten	Bestek schrijven	150% van de kosten van bestek bij integraal ophogen en voorbelasten			Het minimumbedrag is 150% van het minimum dat is vermeld in tabel 7.	Nee
		Rapportage	100% van de kosten van rapportage bij integraal ophogen en voorbelasten			Het minimumbedrag is 100% van het minimum dat is vermeld in tabel 7.	
		Veldonderzoek	35% van de kosten van veldonderzoek bij integraal ophogen en voorbelasten			Het minimumbedrag is 35% van het minimum bij integraal ophogen en voorbelasten.	
		Inmeten	35% van de kosten van inmeten bij integraal ophogen en voorbelasten			Het minimumbedrag is 35% van het minimum bij integraal ophogen en voorbelasten.	
		Directievoeren	35% van de kosten van directievoeren bij integraal ophogen				
		Toezichthouden	35% van de kosten van toezichthouden bij integraal ophogen en voorbelasten				
		Monitoren	35% van de kosten van monitoren bij integraal ophogen en voorbelasten			Het minimumbedrag is 35% van het minimum bij	

						integraal ophogen en voorbelasten.	
2.6c	Bouw- en woonrijp maken	Opstellen voorlopig en definitief ontwerp (VO en DO)	Per ontwerp voor een kostenverhaalsdeelgebied	160 uur	Tariefgroep 10: Civieltechnisch ontwerpen	Het VO en DO zijn samen een ontwerp.Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden is 2,5 per hectare kostenverhaalsgebied. In een kostenverhaalsgebied met meer dan 40% openbaar gebied wordt het aantal kostenverhaalsdeelgebieden verhoogd zoals aangegeven in tabel 8.	Ja, algemene complexiteitsfactor
		Opstellen rioleringsplan	Per hectare kostenverhaalsgebied	7,5 uur	Tariefgroep 10: Civieltechnisch ontwerpen		
		Aanbesteden en gunnen	Per bestek	40 uur bestek schrijven/calculeren en 24 uur tekenen vermenigvuldigd met de verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroepen 11 en 12: Bestek schrijven/Calculeren en Tekenen	Bij uitleg- en uitbreidingslocaties 2 bestekken per kostenverhaalsdeelgebied en bij overige gebieden 1,5 bestek.Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden wordt berekend zoals aangegeven in tabel 8.	
		Tekenen	Per bestek	24 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 12: Tekenen	Er zijn 2 bestekken per kostenverhaalsdeelgebied openbaar gebied op uitleg- en uitbreidingslocaties en 1,5 bestek per kostenverhaalsdeelgebied openbaar gebied in overige gebieden. Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden per ha. openbaar gebied wordt berekend zoals aangegeven in tabel 8	
		Directievoeren	Per week uitvoeringstijd	5 uur vermenigvuldigd met verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 13: Directievoeren	De uitvoeringstijd is 24 weken per bestek. Als bodemsanering nodig is, wordt de uitvoeringstijd maximaal 32 weken per bestek. Het aantal bestekken is 2 bij uitleg- en uitbreidingslocaties en 1,5 bestek bij de overige locaties.	

		Toezichthouden	Per week uitvoeringstijd	10 uur vermenigvuldigd met verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 14: Toezichthouden	De uitvoeringstijd is 24 weken per bestek. Als bodemsanering nodig is, wordt de uitvoeringstijd maximaal 32 weken per bestek. Het aantal bestekken is 2 bij uitleg- en uitbreidingslocaties en 1,5 bestek bij de overige locaties.	
		Projectleiding: begeleiding ontwerpwerkzaamheden	Per ontwerp voor een kostenverhaalsdeelgebied	24 uur	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden	Het VO en DO zijn samen een ontwerp. Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden wordt berekend zoals is aangegeven in tabel 8.	
		Projectleiding: begeleiding aanbesteding	Per bestek	16 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden	Bij uitbreiding en uitleg 2 bestekken per kostenverhaalsdeelgebied en bij overige gebieden 1,5 bestek.Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden wordt berekend zoals is aangegeven in tabel 8.	
		Projectleiding: begeleiding uitvoeringswerkzaamheden	Per week uitvoeringstijd	1 uur	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden	De uitvoeringstijd is 24 weken per bestek. Als bodemsanering nodig is, wordt de uitvoeringstijd maximaal 32 weken per bestek. Het aantal bestekken is 2 bij uitleg- en uitbreidingslocaties en 1,5 bestek bij de overige locaties.	
2.7	Algemene financiële verantwoording en aansturing van het project, inclusief bestuurlijke besluitvorming	Projectmanager	Per jaar gedurende de looptijd van het project	30 uur	Tariefgroep 7a: Projectmanagement	De looptijd is het aantal jaren vanaf de vaststelling van het besluit door het bevoegd gezag plus de historische looptijd. De historische looptijd is afhankelijk van de complexiteit van het project, minimaal 2 jaar en maximaal 4 jaar.	Ja, algemene complexiteitsfactor
		Projectmanagementassistent	Per jaar gedurende de looptijd van het project	100 uur	Tariefgroep 7b: Projectmanagementassistent	De werkuren voor de projectmanagementassistent zijn alleen van toepassing als de algemene	

						complexiteitsfactor hoger is dan 130%. De looptijd is het aantal jaren vanaf de vaststelling van het besluit door het bevoegd gezag plus de historische looptijd. De historische looptijd is afhankelijk van de complexiteit van het project, minimaal 2 jaar en maximaal 4 jaar.	
		Planeconoom	Per jaar gedurende de looptijd van het project	64 uur	Tariefgroep 8: Planeconomie	De looptijd is het aantal jaren vanaf de vaststelling van het besluit door het bevoegd gezag plus de historische looptijd. De historische looptijd is afhankelijk van de complexiteit van het project, minimaal 2 jaar en maximaal 4 jaar.	

Tabel 2. Aantal werkuren omgevingsplan, projectbesluit en kostenverhaalregels

Oppervlakte kostenverhaalsgebied	**Aantal werkuren omgevingsplan voor omgevingsrecht, inclusief digitalisering en kaartmateriaal**	**Aantal werkuren regels kostenverhaal omgevingsplan voor grondzaken en planeconomie**	**Aantal werkuren projectbesluit en omgevingsvergunning voor jurist omgevingsrecht, inclusief digitalisering en kaartmateriaal**	**Aantal werkuren regels kostenverhaal omgevingsplan voor planeconoom en Grondzaken bij projectbesluit en omgevingsvergunning voor een buiteplanse omgevingsplanactiviteit**
< 0,5 ha	100 uur	38 uur	60 uur	25 uur
0,5 – 1 ha	200 uur	75 uur	120 uur	50 uur
1 – 3 ha	300 uur	113 uur	200 uur	75 uur
3 – 5 ha	400 uur	150 uur	300 uur	100 uur
5 – 10 ha	450 uur	173 uur	350 uur	115 uur
10 – 15 ha	500 uur	188 uur	400 uur	125 uur

15 – 20 ha	550 uur	300 uur	450 uur	200 uur
20 – 50 ha	600 uur	375 uur	500 uur	250 r
> 50 ha	700 uur	450 uur	550 uur	300 uur

Tabel 3. Tarieven

Tariefgroep	**Deskundigheid**	**€ per uur van 1 januari 2024 tot 1 oktober 2024**	**Salarisschaal Cao Gemeenten**
1	Grondzaken	151	11
2	Stedenbouw	151	11
3	Omgevingsrecht	151	11
4	Beleidsafdelingen	151	11
5	Landmeten/Vastgoedinformatie	119	9
6	Communicatie	132	10
7a	Projectmanagement	171	12
7b	Projectmanagementassistentie	119	9
8	Planeconomie	151	11
9	Civieltechnisch projectleiden	151	11
10	Civieltechnisch ontwerpen	151	11
11	Bestek schrijven/Calculeren	119	9
12	Tekenen	107	8
13	Directievoeren	132	10
14	Toezichhouden	107	8

Tabel 4. Samenstelling Complexiteitsfactoren

Algemene complexiteitsfactor	**Complexiteitsfactor Stedenbouw**
Ligging kostenverhaalsgebied	Ligging kostenverhaalsgebied
Type opgave	Type opgave
Verwervingssituatie	Onderzoeken
Type programma	Woon- en werkmilieu
Onderzoeken	

Tabel 5. Indicatoren voor complexiteit

Indicator en categorieën	**Opslagpercentage**

I. Ligging kostenverhaalsgebied	
Uitleglocatie (locatie buiten de bebouwde kom, waar ten minste 70% van de grondoppervlakte onbebouwd is, waarbij kassen als onbebouwd gebied worden beschouwd)[1]	0 %
Uitbreidingslocatie (locatie buiten de bebouwde kom, waar minder dan 70% van de grondoppervlakte onbebouwd is, waarbij kassen als onbebouwd gebied worden beschouwd)[1]	0 %
Inbreidingslocatie (locatie binnen de bebouwde kom, waar ten minste 70% van de grondoppervlakte onbebouwd is)[1]	25 %
Binnenstedelijke locatie (locatie binnen de bebouwde kom, waar minder dan 70% van de grondoppervlakte onbebouwd is)[1]	50 %
Historische locatie waarvan: a. meer dan 10% van de grondoppervlakte behoort tot monumenten of archeologische monumenten, of b. de grondoppervlakte die ander cultureel erfgoed betreft, voor zover dat is beschermd op grond van artikel 4.2 of artikel 2.34, vierde lid, van de Omgevingswet, tezamen met de grondoppervlakte die behoort tot monumenten of archeologische monumenten, meer dan 50% van de totale grondoppervlakte omvat.	100 %
II. Type opgave	
Geen herstructureringsgebied	0 %
Herstructureringsgebied: kostenverhaalsgebied waarin voor meer dan 50% van de grondoppervlakte, waarop kostenverhaalplichtige bouwactiviteiten worden gerealiseerd, sprake is van functieverandering van de bestaande bebouwing, van sloop met vervangende nieuwbouw of van ingrijpende renovatie van de bebouwing, waarbij ook de verkaveling en de openbare ruimte worden gewijzigd.	150 %
III. Verwervingssituatie	
Geen bekrachtigingsprocedure onteigeningsbeschikking	0 %
Bekrachtigingsprocedure onteigeningsbeschikking	10% per bekrachtigingsprocedure met een maximum van 20%.
IV. Ruimtelijk programma	
Alleen bedrijvigheid	*- 25 %*
Alleen woningbouw	0 %
Bijeenkomstfunctie/kantoorfunctie/logiesfunctie/sportfunctie/winkelfunctie[2]	10 %
Celfunctie/gezondheidszorgfunctie/onderwijsfunctie[2]	25 %
Bedrijvigheid of woningbouw samen met een of meer van de voornoemde gebruiksfuncties	10% plus het percentage van de van de van toepassing zijnde functie(s)
V. Onderzoeken	

Geen van de hierna genoemde onderzoeken	0 %
Het hoogste van toepassing zijnde percentage van:	
Milieueffectrapportage	50 %
Nader onderzoek luchtkwaliteit	40 %
Nader archeologisch onderzoek	30 %
Bodemsanering	20 %
VI. Woon- en werkmilieu[3]	
0 - 30 woningen per hectare (suburbaan)	0 %
30 - 100 woningen per hectare (stedelijk)	- 100 %
> 100 woningen per hectare (hoogstedelijk)	- 150 %

[1] Alleen van toepassing als geen sprake is van een historische locatie.
[2] Deze percentages worden bij elkaar opgeteld als ze van toepassing zijn op het project.
[3] In kostenverhaalsgebieden waar ook andere functies dan wonen voorkomen, wordt het bruto vloeroppervlak daarvan omgerekend in woonequivalenten. Daarbij geldt dat 1 woonequivalent gelijk staat aan 100 vierkante meter bruto vloeroppervlak en 100 m^2 uitgeefbare grond.

Tabel 6. Verrekenfactoren bij slopen en bouw- en woonrijp maken

$verrekenfactor\ aanbestedingsvorm\ = 1 + \frac{(\text{procentueel aandeel onderhands x 0\%}) + (\text{procentueel aandeel openbaar x 25\%}) + (\text{procentueel aandeel Europees x 100 \%})}{3}$
Verrekenfactor type te slopen onroerende zaak = 100% - (0,5 x percentage agrarische bedrijfsgebouwen en kassen)
Verrekenfactor aanwezigheid asbest = 100% + het percentage asbestvervuiling afgerond op gehele getallen
Verrekenfactor slopen = verrekenfactor aanbestedingsvorm x verrekenfactor type te slopen onroerende zaak x verrekenfactor asbest

Tabel 7. Bestek en rapportage bij ophogen en voorbelasten

Grootte van het op te hogen of voor te belasten gebied*			**Bestek**			**Rapportage**		
Ten minste opp. in ha	**Ten hoogste opp. in ha**	**Percentage**	**Ten minste**	**Ten hoogste**	**Per ha**	**Ten minste**	**Ten hoogste**	**Per ha**
Groter dan 0	10	100	€ 12.844	€ 12.844	€ 1.300	€ 6.422	€ 6.422	€ 650
Groter dan 10	15	90	€ 12.844	€ 17.550	€ 1.175	€ 6.422	€ 8.775	€ 600
Groter dan 15	50	75	€ 17.550	€ 48.750	€ 975	€ 8.775	€ 24.375	€ 500
Groter dan 50	100	50	€ 48.750	€ 65.000	€ 650	€ 24.375	€ 32.500	€ 325

Groter dan 100	Geen limiet	Vast bedrag	€ 65.000	€ 65.000		€ 32.500	€ 32.500	
***** Als sprake is van kostenverhaalsdeelgebieden, wordt onder de grootte verstaan de gemiddelde grootte van de kostenverhaalsdeelgebieden die wordt berekend door de totale oppervlakte van het kostenverhaalsgebied te delen door het feitelijke aantal kostenverhaalsdeelgebieden.								

Tabel 8. Verhoging aantal deelgebieden bij bouw- en woonrijp maken in kostenverhaalsgebieden met meer dan 40% openbaar gebied

Norm: 1 deelgebied per 2,5 hectare kostenverhaalsgebied **Als het openbaar gebied meer dan 40% van het oppervlak van het kostenverhaalsgebied omvat:1 procentpunt meer openbaar gebied = 1% meer deelgebieden**	
Percentage openbaar gebied	*Verrekenfactor aantal kostenverhaalsdeelgebieden*
40 %	1,00
41 %	1,01
42 %	1,02
…	…
≥ 60%	1,20

Bijlage XXXIVa (kostenverhaal zonder tijdvak)

Tabel 1. Prodcucten en de berekeningswijze van de ten hoogste te verhalen plankosten per kostenverhaalsgebied

	Product of activiteit	Onderdeel	Berekeningswijze (hoeveelheid x prijs)			Nadere bepalingen	Complexiteitsfactor kostenverhaal van toepassing? (tabellen 4 en 5)
			Aantallen eenheden en werkuren per kostenverhaalsgebied		Uurtarief dat van toepassing is op basis van tabel 3 of vaste prijs exclusief BTW		
1	**Omgevingsplan**						
1.1	Scenario ten behoeve van vaststellen kostenplafond	Opstellen scenario	Kostenverhaalsgebied < 5 ha	56 uur als een stedenbouwkundig plan beschikbaar is,132 uur zonder stedenbouwkundig plan	Tariefgroepen 2, 3 en 9: Stedenbouw, Jurist Omgevingsrecht en Civieltechnisch projectleiden	De plankosten zijn het resultaat van de vermenigvuldiging aantal x percentage x uurtarief	Ja, algemene complexiteitsfactor
			Kostenverhaalsgebied 5 - 20 ha	84 uur als een stedenbouwkundig plan beschikbaar is,160 uur zonder stedenbouwkundig plan			
			Kostenverhaalsgebied > 20 ha	100 uur als een stedenbouwkundig plan beschikbaar is,192 uur zonder stedenbouwkundig plan			
			Projectmanagement	10% van het aantal werkuren op basis van de omvang van het kostenverhaalsgebied	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het aantal werkuren op basis van de omvang van het kostenverhaalsgebied	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
1.2	Opstellen en vaststellen omgevingsplan	Opstellen omgevingsplan	Uitwerken omgevingsplan, met inbegrip van digitalisering en kaartmateriaal	100% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 3: Omgevingsrecht		Ja, algemene complexiteitsfactor
			Projectmanagement	7,5% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	ariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Stedenbouw	10% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 2: Stedenbouw		
			Planeconomie	1% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 8: Planeconomie		

			Beleidsafdelingen	10 % van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 4: Beleidsafdelingen		
			Communicatie	5% van het aantal werkuren volgens tabel 2, tweede kolom	Tariefgroep 6: Communicatie		
		Opstellen regels kostenverhaal	Planeconomie en Grondzaken	100% van het aantal werkuren volgens tabel 2, derde kolom	Tariefgroepen 1 en 8: Grondzaken en Planeconomie		Ja, algemene complexiteitsfactor
			Projectmanagement	10% van het aantal werkuren volgens tabel 2, derde kolom	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
1.3	Stedenbouwkundig plan	Opstellen stedenbouwkundig plan	Per woonfunctie	1,5 uur	Tariefgroep 2: Stedenbouw		Ja, complexiteitsfactor Stedenbouw
			Per 100 m^2 uitgeefbare grond met een lichte industriefunctie en per 100 m^2 bruto vloeroppervlak voor andere kostenverhaalsplichtige bouwactiviteiten dan woningbouw	0,25 uur	Tariefgroep 2: Stedenbouw		
			Opslag bij kostenverhaalsgebied met maatschappelijke functies	40 uur	Tariefgroep 2: Stedenbouw		
			Projectmanagement	15% van het aantal werkuren op basis van het bouwprogramma, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Planeconomie	10% van het aantal werkuren op basis van het bouwprogramma, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Communicatie	7,5% van het aantal werkuren op basis van het bouwprogramma, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 6: Communicatie		

			Civiele techniek	10% van het aantal werkuren op basis van het bouwprogramma, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal werkuren, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
1.4	Beeldkwaliteitsplan	Opstellen beeldkwaliteitsplan	Per woonfunctie	0,5 uur	Tariefgroep 2: Stedenbouw		Nee
			Per 100 m^2 uitgeefbare grond met een lichte industriefunctie en per 100 m^2 bruto vloeroppervlak voor andere kostenverhaals-plichtige bouwactiviteiten dan woningbouw	0,25 uur			
			Opslag bij maatschappelijk programma	40 uur			
			Projectmanagement	10% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal werkuren, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Planeconomie	2,5% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal werkuren, met inbegrip van de eventuele opslag voor maatschappelijke functies	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het op basis van het bouwprogramma berekende aantal werkuren, met inbegrip van de eventuele opslag	Tariefgroep 5: Landmeten/ vastgoedinformatie		

				voor maatschappelijke functies			
2	**Verwerving**						
2.1	Taxatie inbrengwaarde percelen	Eerste taxatie inbrengwaarde via onafhankelijke taxatie	Per onbebouwd perceel	1 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken	Ambtelijke begeleiding meetellen; in het totaal ten minste 20 uren.	Nee
			Per bebouwd perceel	2 uur			
			Ambtelijke begeleiding door planeconoom	16 uur	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Projectmanagement	5% van het berekende aantal werkuren, met inbegrip van de ambtelijke begeleiding	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het berekende aantal werkuren, met inbegrip van de ambtelijke begeleiding door de planeconoom	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
		Eerste taxatie inbrengwaarde via Wet waardering onroerende zaken	Per onbebouwd perceel	0,25 uur	Tariefgroepen 1 en 8: Grondzaken en Planeconomie		Nee
			Per bebouwd perceel	0,25 uur	Tariefgroepen 1 en 8: Grondzaken en Planeconomie		
			Projectmanagement	5% van het berekende aantal werkuren	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het berekende aantal werkuren	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
		Hertaxatie inbrengwaarde	100% van de werkuren van de eerste taxatie van bebouwde en onbebouwde percelen; bij onafhankelijke taxatie inclusief de ambtelijke begeleidingsuren, projectmanagement en landmeten/vastgoedinformatie		tariefgroepen als vermeld bij de eerste taxaties	Uitgangspunt is dat gedurende de looptijd één maal per 5 jaar een hertaxatie plaatsvindt.	Nee
2.2	Taxatie en aankopen onroerende zaken		Per onbebouwd perceel	24 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		Nee
			Per gebouw met een woonfunctie	48 uur			
			Per te ontbinden huur of pachtovereenkomst	48 uur			
			Per gebouw met een industriefunctie, winkelfunctie of kantoorfunctie	80 uur			
			Per bijzonder object	80 uur			
			Per gebouw met een industriefunctie, winkelfunctie of kantoorfunctie of een bijzonder object in een herstructureringsgebied	100 uur			

			Projectmanagement	10% van het aantal werkuren per verwerving	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Planeconomie	5% van het aantal werkuren per verwerving	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het aantal werkuren per verwerving	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
2.3	Onteigening van onroerende zaken	Onteigening	Per procedure van de voorbereiding van een onteigeningsbeschikking	134 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		Nee
			Per gerechtelijke procedure	50 uur			
			Advocaatkosten		Vaste prijs van € 38.532 per gerechtelijke procedure		
			Projectmanagement	10% van het aantal werkuren voor de voorbereiding van de onteigeningsbeschikking en de gerechtelijke procedure	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Planeconomie	5% van het aantal werkuren voor de voorbereiding van de onteigeningsbeschikking en de gerechtelijke procedure	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het aantal werkuren voor de voorbereiding van de onteigeningsbeschikking en de gerechtelijke procedure	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
2.4	Vestigen voorkeursrecht	Vestigen voorkeursrecht	Per kostenverhaalsgebied met één of meer voorkeursrechten	60 uur	Tariefgroep 1: Grondzaken		Nee
			Begeleiding projectmanager	10% van het totaal aantal berekende werkuren per voorkeursrecht	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Begeleiding planeconoom	5% van het totaal aantal berekende werkuren per voorkeursrecht	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het totaal aantal berekende werkuren per voorkeursrecht	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		

2.5	Inrichtingsplan openbare ruimte	Ontwerp inrichtingsplan voor openbare voorzieningen die door de gemeente worden aangelegd	Per 100 m^2 verharding	1,5 uur	Tariefgroepen 2 en 9: Stedenbouw en Civieltechnisch projectleiden		Nee
			Per 100 m^2 groen en water	1 uur	Tariefgroepen 2 en 9: Stedenbouw en Civieltechnisch projectleiden		
			Projectmanagement	5% van het totaal aantal werkuren voor verharding, groenvoorzieningen of water	Tariefgroep 7a: Projectmanagement		
			Planeconomie	2,5% van het totaal aantal werkuren voor verharding, groenvoorzieningen of water	Tariefgroep 8: Planeconomie		
			Communicatie	5% van het totaal aantal werkuren voor verharding, groenvoorzieningen of water	Tariefgroep 6: Communicatie		
			Landmeten en vastgoedinformatie	1% van het totaal aantal werkuren voor verharding, groenvoorzieningen of water	Tariefgroep 5: Landmeten/vastgoedinformatie		
2.6	**Voorbereiding, directievoering en toezicht, inclusief civieltechnische werken**						
2.6a	Slopen	Voorbereiding, aanbesteding en gunning	Per bestek	12 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 11: Bestek schrijven/calculeren	Het bevoegd gezag bepaalt hoeveel bestekken nodig zijn.	Ja, algemene complexiteitsfactor
		Directievoeren	Per week gedurende deuitvoeringstijd	1 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactoren aanbestedingsvorm, type te slopen onroerende zaak en aanwezigheid van asbest uit tabel 6	Tariefgroep 13: Directievoeren	De uitvoeringstijd is 8 uur per 300 m^3 te slopen vastgoed. Een werkweek heeft 40 werkuren.	
		Toezichthouden	Per week gedurende de uitvoeringstijd	4 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactoren aanbestedingsvorm, type te slopen onroerende zaak en aanwezigheid asbest uit tabel 6	Tariefgroep 14: Toezichthouden	De uitvoeringstijd is 8 uur per 300 m^3 te slopen vastgoed. Een werkweek heeft 40 werkuren.	
		Projectleiding: begeleiding en aanbesteding	Per bestek	4 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactor	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden	Het bevoegd gezag bepaalt hoeveel bestekken nodig zijn.	

				aanbestedingsvorm uit tabel 6			
		Projectleiding: begeleiding werkzaamheden tijdens de uitvoering	Per week gedurende uitvoeringstijd	0,25 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactoren type te slopen onroerende zaak en aanwezigheid asbest uit tabel 6	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden	De uitvoeringstijd is 8 uur per 300 m^3 te slopen vastgoed.	
2.6b	Ophogen en voorbelasten	Bestek schrijven	Zie tabel 7			Het minimumbedrag is vermeld in tabel 7.	Nee
		Rapportage	Zie tabel 7			Het minimumbedrag is vermeld in tabel 7.	
		Veldonderzoek	Per hectare		€ 2.569	Het minimumbedrag is € 5.137,- per omgevingsplan, projectbesluit of omgevingsvergunning.	
		Inmeten	Per hectare		€ 642	Het minimumbedrag is € 1.285,- per omgevingsplan, projectbesluit of omgevingsvergunning.	
		Directievoeren	Per week gedurende de aanbreng- en verwijdertijd	4 uur	Tariefgroep 13: Directievoeren	Het aantal weken aanbreng- en verwijdertijd bedraagt 1/5.000 van het aantal m^3 grond dat wordt opgebracht of verwijderd.	
		Toezichthouden	Per week aanbreng- en verwijdertijd	4 uur	Tariefgroep 14: Toezichthouden	Het aantal weken aanbreng- en verwijdertijd bedraagt 1/5.000 van het aantal m^3 grond dat wordt opgebracht of verwijderd.	
		Monitoren	Per jaar zettingstijd per hectare		€ 1.606	Het minimumbedrag is € 3.211,- per omgevingsplan, projectbesluit of omgevings-vergunning.	
2.6c	Bouw- en woonrijp maken	Opstellen voorlopig en definitief ontwerp (VO en DO)	Per ontwerp voor een kostenverhaalsdeelgebied openbaar gebied	160 uur	Tariefgroep 10: Civieltechnisch ontwerpen	Het voorlopig en definitief ontwerp worden samen als één ontwerp aangemerkt. Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden openbaar gebied wordt berekend zoals aangegeven in tabel 8.	Ja, algemene complexiteitsfactor
		Opstellen rioleringsplan	Per hectare kostenverhaalsgebied	7,5 uur	Tariefgroep 10: Civieltechnisch ontwerpen		Ja, algemene complexiteitsfactor
		Aanbesteden en gunnen	Per bestek	40 uur bestek schrijven/calculeren en 24 uur tekenen	Tariefgroepen 11 en 12: Bestek schrijven/Calculeren en Tekenen	Er zijn 2 bestekken per kostenverhaalsgebied openbaar gebied op uitleg- en	Ja, algemene complexiteitsfactor

				vermenigvuldigd met de verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6		uitbreidingslocaties en 1,5 bestek per kostenverhaalsgebied in overige gebieden. Het aantal kostenverhaalsgebieden per hectare openbaar gebied wordt berekend zoals aangegeven in tabel 8.	
		Tekenen	Per bestek	24 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 12: Tekenen		
		Directievoeren	Per week uitvoeringstijd	5 uur vermenigvuldigd met verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 13: Directievoeren	De uitvoeringstijd is 24 weken per bestek. Als bodemsanering nodig is, is de uitvoeringstijd maximaal 32 weken per bestek. Het aantal bestekken is 2 per kostenverhaalsdeelgebied openbaar gebied op uitleg- en uitbreidingslocaties en 1,5 bestek op andere locaties. Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden per hectare openbaar gebied wordt berekend zoals aangegeven in tabel 8.	Ja, algemene complexiteitsfactor
		Toezichthouden	Per week uitvoeringstijd	10 uur vermenigvuldigd met verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 14: Toezichthouden	Het aantal weken uitvoeringstijd bedraagt 24 weken per bestek. Als bodemsanering nodig is, is de uitvoeringstijd maximaal 32 weken extra per bestek. Het aantal bestekken is 2 per kostenverhaalsdeelgebied openbaar gebied voor uitleg- en uitbreidingslocaties en 1,5 bestek bij andere locaties. Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden openbaar gebied wordt berekend zoals is aangegeven in tabel 8.	Ja, algemene complexiteitsfactor
		Projectleiding: Begeleiding ontwerpwerkzaamheden	Per ontwerp voor een kostenverhaalsdeelgebied	24 uur	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden	Het voorlopig en het definitief ontwerp worden samen als één ontwerp aangemerkt. Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden wordt berekend zoals is aangegeven in tabel 8.	Ja, algemene complexiteitsfactor

		Projectleiding: Begeleiding aanbesteding	Per bestek	16 uur vermenigvuldigd met de verrekenfactor aanbestedingsvorm uit tabel 6	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden	Het aantal weken uitvoeringstijd bedraagt 24 weken per bestek en ten hoogste 8 weken extra bij bodemsanering. Het aantal bestekken is 2 per kostenverhaalsdeelgebied openbaar gebied voor uitleg- en uitbreidingslocaties en 1,5 bestek bij andere locaties. Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden openbaar gebied wordt berekend zoals aangegeven in tabel 8.	Ja, algemene complexiteitsfactor
		Projectleiding: Begeleiding uitvoeringswerkzaamheden	Per week uitvoeringstijd	1 uur	Tariefgroep 9: Civieltechnisch projectleiden	Het aantal weken uitvoeringstijd bedraagt 24 weken per bestek en ten hoogste 8 weken extra bij bodemsanering. Het aantal bestekken is 2 per kostenverhaalsdeelgebied openbaar gebied voor uitleg- en uitbreidingslocaties en 1,5 bestek bij andere locaties. Het aantal kostenverhaalsdeelgebieden openbaar gebied wordt berekend zoals aangegeven in tabel 8.	Ja, algemene complexiteitsfactor
2.7	**Algemene financiële aansturing en verantwoording van het project, inclusief bestuurlijke besluitvorming**						
2.7	Projectmanagement	Vaste jaarlijkse kosten	Per jaar gedurende de looptijd	30 uur	Tariefgroep 7a: Projectmanagement	De looptijd is het aantal jaren vanaf de vaststelling van het besluit door het bevoegd gezag plus de historische looptijd. De historische looptijd is afhankelijk van de complexiteit van het project, minimaal 2 jaar en maximaal 4 jaar.	Ja, algemene complexiteitsfactor
	Projectmanagementassistentie	Vaste jaarlijkse kosten	Per jaar gedurende de looptijd	100 uur	Tariefgroep 7b: Projectmanagementassistent	De werkuren voor de projectmanagementassistentie zijn alleen van toepassing als de algemene complexiteitsfactor hoger is dan 130%. De looptijd van het	

						project wordt door het bevoegd gezag bepaald. De looptijd is het aantal jaren vanaf de vaststelling van het besluit door het bevoegd gezag plus de historische looptijd. De historische looptijd is afhankelijk van de complexiteit van het project, minimaal 2 jaar en maximaal 4 jaar.	
	Planeconomie	Vaste jaarlijkse kosten	Per jaar gedurende de looptijd	64 uur	Tariefgroep 8: Planeconomie	De looptijd is het aantal jaren vanaf de vaststelling van het besluit door het bevoegd gezag plus de historische looptijd. De historische looptijd is afhankelijk van de complexiteit van het project, minimaal 2 jaar en maximaal 4 jaar.	

Tabel 2. Aantal werkuren omgevingsplan

Oppervlakte kostenverhaalsgebied	**Aantal werkuren omgevingsplan voor omgevingsrecht, inclusief digitalisering en kaartmateriaal**	**Aantal werkuren regels kostenverhaal omgevingsplan voor grondzaken en planeconomie**
< 0,5 ha	60 uur	38 uur
0,5 – 1 ha	120 uur	75 uur
1 – 3 ha	200 uur	113 uur
3 – 5 ha	300 uur	150 uur
5 – 10 ha	350 uur	173 uur
10 – 15 ha	400 uur	188 uur
15 – 20 ha	450 uur	300 uur
20 – 50 ha	500 uur	375 uur
> 50 ha	550 uur	450 uur

Tabel 3. Tarieven

Tariefgroep	Deskundigheid	€ per uur van 1 januari 2024 tot 1 oktober 2024	Salarisschaal Cao Gemeenten
1	Grondzaken	151	11
2	Stedenbouw	151	11
3	Omgevingsrecht	151	11
4	Beleidsafdelingen	151	11
5	Landmeten/Vastgoedinformatie	119	9
6	Communicatie	132	10
7a	Projectmanagement	171	12
7b	Projectmanagementassistentie	119	9
8	Planeconomie	151	11
9	Civieltechnisch projectleiden	151	11
10	Civieltechnisch ontwerpen	151	11
11	Bestek schrijven/Calculeren	119	9
12	Tekenen	107	8
13	Directievoeren	132	10
14	Toezichhouden	107	8

Tabel 4. omplexiteitsfactoren

Algemene complexiteitsfactor	Complexiteitsfactor Stedenbouw
Ligging kostenverhaalsgebied	Ligging kostenverhaalsgebied
Type opgave	Type opgave
Verwervingssituatie	Onderzoeken
Type programma	Woon- en werkmilieu
Onderzoeken	

Tabel 5. Indicatoren voor complexiteit

Indicator en categorieën	Opslagpercentage
I. Ligging kostenverhaalsgebied	
Uitleglocatie (locatie buiten de bebouwde kom, waar ten minste 70% van de grondoppervlakte onbebouwd is, waarbij kassen als onbebouwd gebied worden beschouwd)[1]	0 %

Uitbreidingslocatie (locatie buiten de bebouwde kom, waar minder dan 70% van de grondoppervlakte onbebouwd is, waarbij kassen als onbebouwd gebied worden beschouwd)[1]	0 %
Inbreidingslocatie (locatie binnen de bebouwde kom, waar ten minste 70% van de grondoppervlakte onbebouwd is)[1]	25 %
Binnenstedelijke locatie (locatie binnen de bebouwde kom, waar minder dan 70% van de grondoppervlakte onbebouwd is)[1]	50 %
Historische locatie waarvan: a. meer dan 10% van de grondoppervlakte behoort tot monumenten of archeologische monumenten, of b. de grondoppervlakte die ander cultureel erfgoed betreft, voor zover dat is beschermd op grond van artikel 4.2 of artikel 2.34, vierde lid, van de Omgevingswet, tezamen met de grondoppervlakte die behoort tot monumenten of archeologische monumenten, meer dan 50% van de totale grondoppervlakte omvat.	100 %
II. Type opgave	
Geen herstructureringsgebied	0 %
Herstructureringsgebied: kostenverhaalsgebied waarin voor meer dan 50% van de uitgeefbare grondoppervlakte sprake is van functieverandering van de bestaande bebouwing, van sloop met vervangende nieuwbouw of van ingrijpende renovatie van de bebouwing, waarbij ook de verkaveling en de openbare ruimte worden gewijzigd.	150 %
III. Verwervingssituatie	
Geen bekrachtigingsprocedure onteigeningsbeschikking	0 %
Bekrachtigingsprocedure onteigeningsbeschikking	10% per bekrachtigingsprocedure met een maximum van 20%.
IV. Ruimtelijk programma	
Alleen bedrijvigheid	*- 25 %*
Alleen woningbouw	0 %
Bijeenkomstfunctie/kantoorfunctie/logiesfunctie/sportfunctie/winkelfunctie[2]	10 %
Celfunctie/gezondheidszorgfunctie/onderwijsfunctie[2]	25 %
Bedrijvigheid of woningbouw samen met een andere functie met een of meer van de voornoemde gebruiksfuncties als bedoeld in bijlage I bij het Besluit bouwwerken leefomgeving	10% plus het percentage van de van de van toepassing zijnde functie(s)
V. Onderzoeken	
Geen van de hierna genoemde onderzoeken	0 %
Het hoogste van toepassing zijnde percentage van:	
Milieueffectrapportage	50 %
Nader onderzoek luchtkwaliteit	40 %

Nader archeologisch onderzoek	30 %
Bodemsanering	20 %
VI. Woon- en werkmilieu[3]	
0 - 30 woningen per hectare (suburbaan)	0 %
30 - 100 woningen per hectare (stedelijk)	- 100 %
> 100 woningen per hectare (hoogstedelijk)	- 150 %

[1] Alleen van toepassing als geen sprake is van een historische locatie.
[2] Deze percentages worden bij elkaar opgeteld als ze van toepassing zijn op het project.
[3] In kostenverhaalsgebieden waar ook andere functies dan wonen voorkomen, wordt het bruto vloeroppervlak daarvan omgerekend in woonequivalenten. Daarbij geldt dat 1 woonequivalent gelijk staat aan 100 vierkante meter bruto vloeroppervlak en 100 m^2 uitgeefbare grond.

Tabel 6. Verrekenfactoren bij slopen en bouw- en woonrijp maken

$$verrekenfactor\ aanbestedingsvorm = 1 + \frac{(\text{procentueel aandeel onderhands x 0\%}) + (\text{procentueel aandeelopenbaar incl. opslag x 25\%}) + (\text{procentueel aandeel Europees x 100\%})}{3}$$
Verrekenfactor type te slopen onroerende zaak = 100% - (0,5 x percentage agrarische bedrijfsgebouwen en kassen)
Verrekenfactor aanwezigheid asbest = 100% + het percentage asbestvervuiling afgerond op gehele getallen
Verrekenfactor slopen = verrekenfactor aanbestedingsvorm x verrekenfactor type te slopen onroerende zaak x verrekenfactor asbest

Tabel 7. Bestek en rapportage bij ophogen en voorbelasten

Grootte van het op te hogen of voor te belasten gebied*			**Bestek**			**Rapportage**		
Ten minste opp. in ha	**Ten hoogste opp. in ha**	**Percentage**	**Ten minste**	**Ten hoogste**	**Per ha**	**Ten minste**	**Ten hoogste**	**Per ha**
Groter dan 0	10	100	€ 12.844	€ 12.844	€ 1.300	€ 6.422	€ 6.422	€ 650
Groter dan 10	15	90	€ 12.844	€ 17.550	€ 1.175	€ 6.422	€ 8.775	€ 600
Groter dan 15	50	75	€ 17.550	€ 48.750	€ 975	€ 8.775	€ 24.375	€ 500
Groter dan 50	100	50	€ 48.750	€ 65.000	€ 650	€ 24.375	€ 32.500	€ 325
Groter dan 100	Geen limiet	Vast bedrag	€ 65.000	€ 65.000		€ 32.500	€ 32.500	

* Als sprake is van kostenverhaalsdeelgebieden, wordt onder de grootte verstaan de gemiddelde grootte van de kostenverhaalsdeelgebieden die wordt berekend door de totale oppervlakte van het kostenverhaalsgebied te delen door het feitelijke aantal kostenverhaalsdeelgebieden.

Tabel 8. Verhoging aantal deelgebieden bij bouw- en woonrijp maken in kostenverhaalsgebieden met meer dan 40% openbaar gebied

Norm: 1 kostenverhaalsdeelgebied heeft 2 hectare openbaar gebied **Als het openbaar gebied meer dan 40% van het oppervlak van het kostenverhaalsgebied omvat: 1 procentpunt meer openbaar gebied = 1% meer kostenverhaalsdeelgebieden**	
Percentage openbaar gebied	*Verrekenfactor aantal kostenverhaalsdeelgebieden*
40 %	1,00
41 %	1,01
42 %	1,02
…	…
≥ 60%	1,20

Bijlage XXXV. (alarmeringswaarden hoogwaterstanden)

Tabel 1. Alarmeringswaarden primaire waterkeringen: kust- en benedenrivierengebied

Kust- en benedenrivierengebied: waterstand (m+NAP)						
Kleurcode	Vlissingen	Hoek van Holland	Den Helder	Harlingen	Delfzijl	Dordrecht
Geel	3,30	2,20	1,90	2,70	3,00	2,00
Oranje	3,70	2,80	2,60	3,30	3,80	2,50
Rood	4,10	3,65	3,45	3,90	4,75	2,75

Tabel 2. Alarmeringswaarden primaire waterkeringen: rivierengebied

Rivierengebied: waterstand (m+NAP) en afvoer (m^3/s)					
Kleurcode	Rijn, Lek, waal		Benedenmaas	Limburgse Maas	
	Lobith		Sambeek Beneden	St. Pieter	
	Waterstand	Afvoer	Waterstand	Waterstand	Afvoer
Geel	12,00 (zomer) 13,00 (winter)	4.200 (zomer) 5.260 (winter)	11,70	45,00 bereikt*) of 45,25 binnen 12 uur	1.250 bereikt*) of 1.500 binnen 12 uur
Oranje	15,00	8.073	12,65	46,15 bereikt*) of 46,60 binnen 12 uur	2.000 bereikt*) of 2.250 binnen 12 uur
Rood	16,50	11.689	13,40	47,25 bereikt*) of 47,60 binnen 12 uur	2.600 bereikt*) of 2.850 binnen 12 uur

*) en verdere stijging of aanhoudende hoge standen verwacht

Bijlage XXXVI. (standaard toepasbare regels)

Deze bijlage wordt beschikbaar gesteld via: https://iplo.nl/digitaal-stelsel/aansluiten/standaarden/sttr-imtr/

Bijlage XXXVII. (standaard aanvragen en meldingen)

Deze bijlage wordt beschikbaar gesteld via: https://iplo.nl/digitaal-stelsel/aansluiten/standaarden/sttr-imtr/

Bijlage XXXVIII [Vervallen]

Bijlage XXXIX. (gewijzigde actuele ligging of configuratie van een spoorweg)

Rekening houden met de actuele ligging of configuratie van een spoorweg bij wijziging van geluidproductieplafonds op grond van artikel 12.5 van het Besluit kwaliteit leefomgeving (eerste geluidproductieplafonds voor hoofdspoorwegen met het geluid door spoorvoertuigen op spoorwegemplacementen)

1. Als de ligging of configuratie van een spoorweg, zoals deze blijkt uit de geluidbrongegevens die zijn opgenomen in het geluidregister, afwijkt van de daadwerkelijke of geprojecteerde ligging of configuratie van die spoorweg, kan bij berekening van geluidproductieplafonds met toepassing van artikel 12.5 van het Besluit kwaliteit leefomgeving gebruik worden gemaakt van gegevens die overeenkomen met die daadwerkelijke of geprojecteerde ligging of configuratie van de spoorweg.
2. Als gebruik wordt gemaakt van gegevens die overeenkomen met die daadwerkelijke of geprojecteerde ligging of configuratie van de spoorweg, worden op nieuwe of veranderde geluidbronregisterlijnen de overige relevante geluidbrongegevens op de hieronder beschreven wijze aangepast of toegevoegd.
3. Er zijn drie situaties waarin deze werkwijze van toepassing kan zijn:
    a. verwijdering van geluidbronregisterlijnen;
    b. toevoeging van geluidbronregisterlijnen; en
    c. gewijzigde ligging van geluidbronregisterlijnen.
4. In de hierboven genoemde situaties worden de volgende te wijzigen geluidbrongegevens in het akoestisch onderzoek meegenomen:
    a. de geluidbrongegevens, bedoeld in artikel 3.19, onder a, c, f en i;
    b. de geluidbrongegevens, bedoeld in artikel 3.19, onder a, b, c, d, e, f en i;
    c. de geluidbrongegevens, bedoeld in artikel 3.19, onder c en i.
    Hierbij geldt dat de intensiteitsgegevens bij de bestaande geluidproductieplafonds worden herverdeeld over de daadwerkelijke of geprojecteerde geluidbronregisterlijnen.
5. Als de gebruikmaking van gewijzigde geluidbrongegevens, die overeenkomen met die daadwerkelijke of geprojecteerde ligging of configuratie van de spoorweg, leidt tot een toename van de geluidproductie op een of meer referentiepunten ten opzichte van het geldende geluidproductieplafond, wordt deze toename gecompenseerd door de plafondcorrectiewaarde zodanig naar beneden bij te stellen dat niet langer sprake is van een dergelijke toename op de betreffende referentiepunten.
6. Nadat de plafondcorrectiewaarde is bepaald, worden de intensiteitsgegevens die horen bij het toegestane geluid door spoorvoertuigen op het emplacement, verdeeld over de daadwerkelijke of geprojecteerde geluidbronregisterlijnen, en worden de geluidproductieplafonds berekend.
7. Het rapport van het akoestisch onderzoek voor het besluit tot vaststelling van geluidproductieplafonds als omgevingswaarden bevat tenminste de geluidbrongegevens uit stap 4, 5 en 6 die op grond van deze bijlage zijn toegepast bij het berekenen van de geluidproductieplafonds.