

Onderbouwing LAC-2006 waarden en overzicht van bodem – plant relaties ten behoefte van de Risicotoolbox

Een overzicht van gebruikte data en toegepaste methoden

P.F.A.M. Römken
J.E. Groenenberg
R.P.J.J. Rietra
W. de Vries

Alterra-rapport 1442, ISSN 1566-7197



Onderbouwing LAC2006-waarden en overzicht van bodem-plant relaties ten
behoefte van de Risicotoolbox

Onderbouwing LAC-2006 waarden en overzicht van bodem – plant relaties ten behoeve van de Risicoolbox

Een overzicht van gebruikte data en toegepaste methoden

P.F.A.M. Römken

J.E. Groenenberg

R.P.J.J. Rietra

W. de Vries

Alterra-rapport 1442

Alterra, Wageningen, 2007

REFERAAT

Römkens, P.F.A.M., J.E. Groenenberg, R.P.J.J. Rietra, J.E. Groenenberg, en W. de Vries, 2007. *Onderbouwing LAC2006-waarden en overzicht van bodem-plant relaties ten behoeve van de Risicotoolbox; een overzicht van gebruikte data en toegepaste methoden*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1442. 103 blz.; 4 fig.; 6 tab.; 39 ref.

Op basis van velddata zijn bodem – plant relaties afgeleid voor cadmium, zink, koper en lood. Voor de overige metalen zijn geen significante relaties gevonden. Met behulp van de bodem – plant relatie en, voor veeteelt, overdrachtcoëfficiënten naar dier, zijn grenswaarden voor de bodem bepaald die aangeven bij welk niveau in de bodem de geldende gewas-, en of orgaan normen niet meer gerealiseerd kunnen worden. Deze bodem – plant relaties dienen als hulpmiddel bij het afleiden van LAC2006 waarden (het voorstel daartoe). Criteria voor de afleiding van de LAC2006 zijn warenwetnormen voor voedsel (plantaardig en dierlijk, veevoedernormen (voor akkerbouw/maïs en grasland), diergezondheidsnormen en fytotoxiciteitsgrenzen. Voor cadmium, zink en koper wijkt het voorstel voor de nieuwe LAC op punten af van de bestaande LAC waarden. De bodem – plant relaties dienen ook als hulpmiddel om in de Risicotoolbox de lokale maximale waarden voor landbouw vast te stellen. Behalve voor cadmium zijn voor de afleiding van de LAC2006 alleen gegevens uit de 80-er jaren gebruikt. Voor cadmium in zandgronden zijn recente data uit de Kempen gebruikt. Ook voor organische contaminanten is een voorstel voor LAC2006 waarden opgenomen maar de betrouwbaarheid van de modellen om deze af te leiden is beperkt. Voor deze groep van stoffen worden daarom geen nieuwe LAC2006 waarden vastgesteld.

Trefwoorden: bodem –plant relaties, diergezondheid, gewaskwaliteit, LAC-signaalwaarden, LAC2006-waarden, normstelling bodem, risicotoolbox, warenwet, zware metalen

ISSN 1566-7197

Dit rapport is digitaal beschikbaar via www.alterra.wur.nl. Een gedrukte versie van dit rapport, evenals van alle andere Alterra-rapporten, kunt u verkrijgen bij Uitgeverij Cereales te Wageningen (0317 46 66 66). Voor informatie over voorwaarden, prijzen en snelste bestelwijze zie www.boomblad.nl/rapportenservice.

© 2007 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	11
2 Criteria voor de afleiding van LAC2006-waarden	15
2.1 Algemeen	15
2.2 Criteria voor de afleiding van LAC2006-waarden	15
2.3 Concepten voor de afleiding van LAC2006-waarden	16
2.3.1 LAC2006 op basis van eindnorm/gehalte in plant	17
2.3.2 LAC2006 gebaseerd op totale inname door dier (diergezondheid)	18
2.3.3 LAC2006 gebaseerd op intern kritisch gehalte in dierlijk orgaan	19
2.3.4 Onderscheiden vormen van landgebruik en relevante criteria	20
2.4 Criteria per landgebruiksvorm voor de afleiding van LAC2006 waarden	21
2.5 LAC2006 in relatie tot achtergrondwaarde (AW2000) en Interventiewaarde (IW)	22
2.6 Bodem- en gewasdata	24
2.7 Bodem – plant relaties voor de afleiding van LAC2006-waarden	26
2.8 Afleiding van LAC2006-waarden indien er geen bodem - plant relatie is	28
2.9 Afleiding van LAC2006-waarden gerelateerd aan de kwaliteit van dierlijke producten en/of diergezondheid	28
2.10 Verdere aannames die van belang zijn	30
3 Resultaten	31
3.1 Bodem – plant relaties en criteria	31
3.2 Getalsmatige invulling van de LAC2006-waarden: metalen	32
3.3 Voorstel voor LAC2006-waarden: organische contaminanten	38
Conclusies	41
Literatuur	43

Bijlagen

1 LAC2006 Cadmium: een overzicht van bodem – plant relaties en afleidingsmethoden voor de LAC2006 voor gewaskwaliteit en diergezondheid	47
2 Berekening van cadmium gehalten in gras	63
3 Overzicht van gehalten in de bodem in vergelijking met landelijke en provinciale meetnetten	67
4 Overzicht van de gehalten in gewassen in verhouding tot geldende gewasnormen	69
5 Overzicht van gebruikte normen in dierlijke producten	71
6 Overzicht van grenswaarden in gewas mbt fytotoxiciteit	73
7 Beleidsmatige betekenis van de LAC2006	75

8	Overzicht van toegepaste bodem – plant relaties voor de afleiding van de LAC2006-waarden	77
9	Overzicht van criteria per metaal en gebruiksvorm	81
10	Overzicht van data gebruikt voor de afleiding van bodem – plant relaties	91

Woord vooraf

In het kader van het Besluit Bodemkwaliteit vindt een herziening plaats van de normstelling voor bodem. Dit betreft niet alleen een deels herziene getalsmatige invulling van de interventiewaarden en afleiding van generieke en lokale maximale waarden, maar ook een nieuwe indeling in bodemgebruiksfuncties. Doel van deze herziening is om waar mogelijk meer rekening te houden met de relatie tussen het gehalte aan een stof in de bodem en de risico's die dit gehalte mogelijk veroorzaakt. Onder risico's vallen hier humane risico's, landbouwkundige risico's, verspreidingsrisico's en ecologische risico's.

Tot op heden is normstelling slechts in beperkte mate gebaseerd op de relatie tussen een gehalte en een daarmee samenhangend risico. Toetsing van de bodemkwaliteit gebeurt nog steeds op basis van het totaalgehalte. Uit wetenschappelijk en praktijkonderzoek is echter gebleken dat voor een aantal stoffen waaronder metalen, risico's in hoge mate afhangen van bodemeigenschappen als zuurgraad, textuur en het organische stofgehalte.

Het streven is dan ook meer recht te doen aan de invloed van bodemeigenschappen op de hoogte van de norm of advieswaarde voor stoffen in de bodem.

Dit rapport gaat vooral in op de onderbouwing van de methoden die gebruikt kunnen worden om *landbouwkundige* risico's te kwantificeren door middel van eenvoudige (op landelijke schaal toepasbare) modelconcepten die recht doen aan de verschillen in risico's tussen verschillende bodems en gebruiksfuncties

Onder landbouwkundige risico's wordt, analoog aan de randvoorwaarden voor de LAC-signaalwaarden verstaan:

- i. Risico's voor de productkwaliteit (plantaardig en dierlijk); gekoppeld aan vastgestelde richtlijnen voor de kwaliteit van producten (oa warenwet en veevoederwet)
- ii. Bescherming diergezondheid, gebaseerd op de TDI (toelaatbare dagelijkse inname), en
- iii. Risico's van oogstderving als gevolg van fytotoxische effecten, gebaseerd op interne kritische gehalten in het gewas.

Op basis van de in dit rapport vermelde concepten wordt een voorstel gedaan voor de herziening van de LAC-signaalwaarden tot LAC2006-waarden. De LAC-signaalwaarden uit 1991 zijn weliswaar enigszins afhankelijk van bodemtype (aparte waarden voor zand, klei en veen), maar de invloed van pH is niet meegenomen.

Ook in het nieuwe normstelsel zullen deze LAC2006-waarden blijven dienen als advieswaarden zonder bindende (wettelijke) status.

Daarnaast maken de hier gepresenteerde modelconcepten deel uit van de risicotoolbox die door lokale overheden gebruikt moet worden om de zogenaamde Lokale Maximale Waarden af te leiden. Deze zijn functiespecifiek en de modellen die hier afgeleid worden, dienen om de verschillende landbouwkundige risico's te bepalen bij de afleiding van de Lokale Maximale Waarden.

Samenvatting

LAC-signaalwaarden (1991) zijn afgeleid als richtlijn voor de beoordeling van de bodemkwaliteit voor landbouwkundige doeleinden. Het realiseren van een goede gewaskwaliteit, het voorkómen van effecten op diergezondheid alsook voorkómen van fytotoxiciteit zijn daarbij de uitgangspunten. In het kader van het nieuwe Besluit Bodemkwaliteit is behoefte om bestaande kennis op het gebied van risico's van stoffen ook toe te passen bij het afleiden van nieuwe normen en streefwaarden. Ook voor de LAC'91 waarden geldt dat deze herzien kunnen worden op basis van nieuwe kennis en, voor een klein deel, op basis van nieuwe data. Het beter gebruiken van specifieke bodemeigenschappen als pH, organische stof en textuur kan leiden tot beter onderbouwde advieswaarden voor de landbouw.

Het gebruik van zogenaamde bodem – plant relaties gebaseerd op velddata leidt voor cadmium, zink en in mindere mate lood en koper tot beter onderbouwde advieswaarden voor de verschillende bodemgebruiksfuncties in de landbouw (akkerbouw, groente etc.). Voor andere metalen blijkt dat er geen relatie tussen bodemkwaliteit en gewas bestaat. Voor de afleiding van advieswaarden gerelateerd aan dierlijke productkwaliteit zijn lineaire overdrachtfactoren gebruikt. De nieuwe advieswaarden voor landbouw, LAC2006 genoemd, hebben in het nieuwe Besluit Bodemkwaliteit landelijk gezien geen wettelijke status. Het blijven advieswaarden voor de individuele landbouwer om de kwaliteit van de bodem voor een bepaald gebruik te evalueren. Wel kunnen de hier beschreven bodem – plant relaties toegepast worden om lokale Maximale Waarden af te leiden voor de functie landbouw.

De getalsmatige veranderingen van de LAC2006 ten opzichte van de LAC'91 zijn niet groot. Voor cadmium zijn de LAC2006 waarden voor een aantal functies soepeler dan de LAC'91 waarden (o.a. voor akkerbouw en grasland voor veeteelt). Voor een aantal metalen, o.a. koper en chroom ligt de oude LAC'91 boven de herziene interventiewaarde. Uitgangspunten voor afleiding van de LAC2006 waren echter onder andere dat LAC2006 waarden niet lager kunnen zijn dan de nieuwe achtergrondwaarden op basis van AW2000, maar ook niet hoger kunnen zijn dan de interventiewaarden. De LAC2006 voor chroom, koper, lood en nikkel is daarom voor een aantal vormen van landbouwkundig gebruik naar beneden bijgesteld.

Voor sommige vormen van landbouw zijn meerdere criteria van toepassing (warenwet, veevoedernorm en fytotoxiciteit bijvoorbeeld in geval van beweide grasland). In die gevallen zal het meest strenge criterium geldend worden tenzij dat slecht onderbouwd is of lager ligt dan de achtergrondwaarde. In de meeste gevallen liggen de kritische bodemgehalten voor criteria gerelateerd aan fytotoxiciteit en diergezondheid echter ruim boven die gebaseerd op de warenwet of veevoedernormen.

Geconstateerd is wel dat de kwaliteit van de (gewas)data, die met uitzondering van cadmium voor een groot deel uit de 80-er jaren stammen waarschijnlijk niet representatief zijn voor de huidige kwaliteit. Door de afname van de bijdrage van atmosferische depositie zijn de gehalten aan lood en in mindere mate cadmium in het gewas nu vaak lager dan in de 80-er jaren. Verder zijn er bepaalde gebruiksvormen (o.a. sierteelt, fruit) waarvoor nauwelijks of geen data beschikbaar zijn. Tenslotte kan ook voor andere dan de 8 'klassieke' metalen (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb en Zn) geen LAC2006 afgeleid worden omdat ook daar geen gegevens voorhanden zijn.

1 Inleiding

Achtergrond

In het kader van de herziening van het bestaande normstelsel voor de beoordeling van bodemkwaliteit op landelijk (generiek) en gebiedsspecifiek niveau is in het beleidsmatige overleg Normstelling van Bodemkwaliteitsbeoordeling (NoBo) besloten een voorstel in te dienen voor de herziening van de huidige LAC signaalwaarden (LAC, 1991). De LAC signaalwaarden zijn in 1991 door het Ministerie van LNV ingevoerd en dienen als advieswaarde voor de gewenste kwaliteit van de grond bij landbouwkundig gebruik. De LAC signaalwaarden zijn gebaseerd op de bescherming van de productkwaliteit van levensmiddelen van plantaardige en dierlijke oorsprong. Een overschrijding van de LAC signaalwaarde geldt enkel als signaal voor nader onderzoek, bijvoorbeeld naar het voorkomen van chemische contaminanten in gewassen. Afkeuring van levensmiddelen is op basis van een overschrijding van de LAC signaalwaarde niet mogelijk. De LAC waarden hebben dus geen juridische status.

In het gebiedsspecifieke spoor van het nieuwe bodembeleid bestaat behoefte aan een systeem dat in staat is om op basis van bodemeigenschappen een mogelijke overschrijding van productnormen in te schatten. De bestaande LAC signaalwaarden houden echter slechts beperkt rekening met factoren die de beschikbaarheid van contaminanten in de bodem sturen. De laatste jaren is het inzicht gegroeid dat verschillen in bodemeigenschappen, zoals zuurgraad, organische stof en textuur, in hoge mate bepalend zijn voor verschillen in opname van bepaalde metalen en het resulterende gehalte van de contaminanten in levensmiddelen.

Daarom is door het beleidsoverleg NoBo voorgesteld de in dit rapport omschreven systematiek voor de herziening van de LAC signaalwaarden over te nemen voor de vaststelling van Lokale Maximale Waarden voor de bodemkwaliteit bij landbouwkundig gebruik.

Aan Alterra is vervolgens gevraagd een voorstel te doen om te komen tot een herziening van de LAC waarden op basis van de huidige data en kennis van de relatie tussen bodem en levensmiddelen die van die bodems afkomstig zijn, met in achtneming van de huidige wetgeving voor levensmiddelen en diervoeders. Deze systematiek zal daarom ook ingepast worden in de risicotoolbox die als instrument ingezet kan worden om lokale maximale waarden af te leiden.

Naamgeving en toepassing

In het beleidsoverleg NoBo is besloten om de naam 'LAC' te handhaven vanwege de herkenbaarheid van de naam LAC. Ook omdat de functie op landelijk niveau als LAC signaalwaarden gehandhaafd blijft (als advies voor landbouwers). Wel wordt deze voorzien van de toevoeging '2006' om onderscheid te kunnen maken met de bestaande LAC signaalwaarden. Het toepassingsbereik van de LAC2006 wordt echter groter, niet zozeer in de vorm van norm of doelwaarde, maar in termen van de toepassing van de methodiek. Deze methodiek komt zoals gezegd namelijk ook terug

in de risicotoolbox (de Nijs et al., 2007). Deze heeft als doel om op lokaal niveau de maximale waarde (in een eerdere fase “gebiedsspecifieke referenties” geheten) vast te stellen voor verschillende vormen van bodemgebruik. De systematiek van de LAC2006 zal daarom toegepast worden om de gebiedsspecifieke maximale waarde voor landbouw af te leiden. Voor een nadere omschrijving van de verschillende beleidsmatig vastgestelde termen (maximale waarden) wordt verwezen naar het Concept Besluit Bodemkwaliteit (VROM, 2006) en een daarbij behorende toelichting (SenterNovem, 2007)

Een randvoorwaarde voor de afleiding van LAC2006-waarden is dat de informatie die noodzakelijk is voor de beoordeling van de bodemkwaliteit op lokaal niveau moet stroken met informatie die op een redelijke wijze verkregen moet kunnen worden. Eigenschappen als pH, organische stof en klei zijn in de meeste gevallen direct voorhanden op het gewenste schaalniveau, gemeten op perceelsniveau of af te leiden via de bodemkaart. Methodieken gebaseerd op directe metingen in extracten of poriewater zijn wellicht nog beter in staat de beschikbaarheid vast te stellen, maar zijn niet robuust. Bovendien is er onvoldoende informatie over wat kritische limieten in dergelijke media zouden moeten zijn.

Beleidsmatige positie van de LAC2006 en relatie met de Risicotoolbox

De beleidsmatige betekenis of status van de LAC2006 zal niet veranderen ten opzichte van de LAC-signaalwaarden uit 1991. De LAC2006 dient als indicatie van een mogelijk risico gebaseerd op overschrijding van productnormen (warenwet, veevoeder). Het zijn waarden, uitgedrukt in een gehalte in de bodem waarbij de kans reëel wordt dat landbouwproducten (zowel plantaardig als dierlijk) niet meer voldoen aan bestaande normen voor de kwaliteit van die producten, diergezondheid en fytotoxiciteit. Het is aan de gebruiker om al dan niet maatregelen te overwegen. Bij overschrijding van de LAC2006 bestaat er geen verplichting tot nader onderzoek, sanering of andere maatregelen. Voor een meer uitgebreide definitie van de beleidsmatige betekenis van de LAC2006 wordt verwezen naar Bijlage 5 waarin deze omschreven wordt.

In de herziening van het bodembeleid speelt de risicotoolbox een grote rol bij de beoordeling van de gevolgen (in termen van risico's) van gekozen Lokale Maximale Waarden. Omdat de LAC2006-waarden bedoeld zijn voor de gebiedsspecifieke beoordeling van landbouwgebieden zullen zij gepositioneerd worden in de risicotoolbox. De methodiek om LAC2006-waarden af te leiden wordt dan ook in de risicotoolbox, die onderdeel is van het instrumentarium waarmee het Besluit bodemkwaliteit wordt geïmplementeerd, opgenomen. Daarmee kunnen dan vervolgens lokatiespecifieke maximale waarden voor landbouw afgeleid worden ten behoeve van het lokale beleid. Afstemming tussen de LAC2006 en de risicotoolbox is zeer gewenst omdat het niet logisch is om voor eenzelfde beschermingsfunctie (gewaskwaliteit) verschillende methodieken te gebruiken.

Inhoud van deze notitie en leeswijzer

In het vervolg van dit rapport komen de volgende zaken aan de orde:

1. Principes en achtergrond van de afleiding van de LAC-2006 waarden (Hoofdstuk 2)
2. Technische afleiding van LAC2006 voor metalen, welke methoden zijn gebruikt, wat zijn de achterliggende criteria, data en randvoorwaarden (normen in gewas en dierlijke product). Daarnaast komen de verdere aannames en standpunten die in NoBo zijn ingenomen aan de orde (Hoofdstuk 3).
3. Resultaten: getalsmatig overzicht van de LAC2006-waarden voor metalen en organische verontreinigingen, per metaal/organische verontreiniging. Hier komt ook de vergelijking met de bestaande LAC (1991) waarden en de interventiewaarde aan de orde. Voor organische microverontreinigingen worden de resultaten van modelberekeningen gepresenteerd.

In een aantal bijlagen wordt alle technische informatie gegeven die gebruikt is bij de getalsmatige afleiding van de LAC2006-waarden. Dat betreft een overzicht van de gebruikte data, modelconcepten, bodem – plant relaties en toegepaste normen. Daarbij wordt deels verwezen naar een rapport (de Vries et al., 2007) waarin meer details over de methodiek en aannames staan. Als zodanig bevat dit rapport echter alle informatie die nodig is om de beschreven methodiek te kunnen toepassen. Bijlagen 1 en 2 bevatten een meer gedetailleerde beschrijving voor de bodem plant relaties en afleiding van LAC2006 waarden voor cadmium. Deze informatie is toegevoegd omdat voor cadmium de onderbouwing van de LAC2006 waarden vrijwel geheel gebaseerd is op de nieuwe modelaanpak.

2 Criteria voor de afleiding van LAC2006-waarden

2.1 Algemeen

Dit hoofdstuk gaat in op de methodiek die is toegepast om te komen tot de LAC2006-waarden. De basisgedachte is om daar waar mogelijk gebruik te maken van de relatie tussen bodemkwaliteit (samenstelling en gehalte) enerzijds en de gewaskwaliteit anderzijds.

Achtereenvolgens komen in dit hoofdstuk aan de orde:

1. Achterliggende criteria die zijn gebruikt; meer specifiek de randvoorwaarden (kwaliteitseisen) waaraan landbouwkundige producten moeten voldoen (warenwet, veevoedernormen, etc., par. 2.2)
2. Relatiediagrammen die weergeven hoe de relatie tussen bodem, gewas en dier is bepaald (par. 2.3)
3. Keuze van uiteindelijke LAC uit verschillende criteria per bodemgebruiksvorm (par. 2.4)
4. Afstemming van de hoogte van de LAC2006 in relatie tot Achtergrondwaarden (AW2000) en Interventiewaarden (par. 2.5)
5. Data die zijn gebruikt om de relatie tussen bodem en gewas/dier kwaliteit te bepalen (par. 2.6)
6. Bodem - plant relaties die zijn gebruikt. Dit betreft als eerste de criteria waaraan een dergelijke relatie moet voldoen om voor gebruik in aanmerking te komen en ten tweede een overzicht van de relaties die bij de afleiding van de LAC2006 gebruikt zijn (par. 2.7 en 2.8)
7. LAC2006 gebaseerd op kwaliteit van dierlijke producten en diergezondheid (par. 2.9)
8. Verdere aannames die van belang zijn (o.a. keuze van gehalte in het gewas indien geen bodem - plant relatie aanwezig is, par. 2.10)

2.2 Criteria voor de afleiding van LAC2006-waarden

Met criteria worden hier in de eerste plaats de achterliggende randvoorwaarden bedoeld die bepalend zijn voor de hoogte van de uiteindelijke LAC2006 waarden. Dit zijn geen gehalten in de bodem, maar juist gehalten in producten die aan bepaalde kwaliteitseisen moeten voldoen.

Op dit moment zijn de volgende randvoorwaarden leidend:

1. Een consumeerbaar product (voor menselijke consumptie) moet voldoen aan de **Warenwet** indien die voor dat product of productgroep en metaal bestaat. Op dit moment bestaan er warenwetnormen voor Cd, Pb en Hg terwijl in het verleden ook voor As warenwetnormen afgeleid waren (deze laatste zijn gebruikt). De producten waarvoor warenwetnormen bestaan, zijn zowel plantaardige producten (groenten, granen etc.) als ook dierlijke producten (vlees,

eieren, melk, organen als nier en lever etc.). Dit betekent dat er in eerste instantie gewasspecifieke LAC2006-waarden afgeleid kunnen worden. Deze zijn geclusterd op basis van typen landgebruik (akkerbouw, vollegrondsgroente, beweide grasland etc.) Als richtlijn voor de warenwetnormen gelden de getallen uit EU richtlijn 466/2001 voor Cd, Hg en Pb en de gedeeltelijke herziening daarvan in richtlijn 1881/2006 (EU, 2001, 2006)

- 2 Een product bedoeld voor consumptie door dieren moet aan de geldende **Veevoedernorm** voldoen. Voor een aantal metalen (Cd, Cu, Zn) bestaan normen of indicaties voor een maximaal toelaatbaar gehalte in het veevoer (o.a. in ruwvoer). Hiervoor gelden de getallen zoals gepubliceerd in EU richtlijn 2002/32/EG voor As, Cd, Pb en Hg. Voor Cu en Zn gelden daarbij maximale toevoegingen zoals omschreven in Verordening (EG) Nr. 479/2006.
- 3 Een product mag niet zodanig veel metalen opnemen dat daardoor **groeiremming** of andere aan de metalen gerelateerde effecten optreden (fytoxiciteit). Daarbij is een criterium van maximaal 10% opbrengstdaling gehanteerd.
- 4 Dieren die op landbouwgrond (dit geldt uitsluitend voor de categorie beweide grasland) verblijven mogen geen **gezondheidseffecten** oplopen door inname van voer en de daaraan hechtende grond. Hiervoor zijn voor een aantal metalen zogenaamde ADI (Acceptable Daily Intake) of TDI (Tolerable Daily Intake) voor landbouwhuisdieren afgeleid. Voor zover aanwezig zullen de waarden die gepubliceerd zijn in van Wezel et al. (2003) gebruikt worden.

In bijlage 4, 5 en 6 staan overzichten van alle in deze studie gebruikte normen (warenwet en veevoedernorm) als ook eisen voor veegezondheid.

Verdere aannames en standpunten (voor de meer technische aspecten gerelateerd aan de bodem - plant relaties zie hoofdstuk 3):

- 1 Voor de geldende normen (warenwet en veevoeder) die dienen als randvoorwaarde wordt gebruik gemaakt van de geldende EU normen en regelgeving.
- 2 Voor de blootstelling van landbouwhuisdieren wordt voor zover beschikbaar gebruik gemaakt van de waarden en modelconcepten zoals gepubliceerd in het rapport over de BodemGebruiksWaarden (van Wezel et al., 2003).
- 3 Voor fytoxiciteit wordt gebruik gemaakt van data uit de literatuur verzameld door RIVM en Alterra.
- 4 Voor een aantal metalen bestaat geen warenwetnorm (Cu, Ni, Cr, en Zn) en kan dus ook geen LAC-2006 voor productkwaliteit afgeleid worden.
- 5 Voor die metalen waarvoor geen veevoedernorm en TDI bestaat kan geen LAC2006 voor grasland dan wel akkerbouw (maïs) afgeleid worden volgens de hier gebruikte methode. In die gevallen wordt de oude LAC (1991) gehandhaafd.

2.3 Concepten voor de afleiding van LAC2006-waarden

In onderstaande schema's wordt geïllustreerd hoe de relatie tussen bodem en gewas/dier gelegd wordt. Het idee is dat de kwaliteit van een product (gewas of dierlijk orgaan) gerelateerd kan worden aan de bodemkwaliteit. Daartoe moet er wel

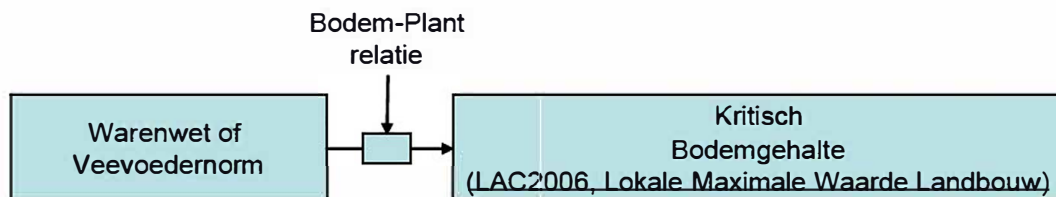
een verband bestaan tussen de bodemkwaliteit enerzijds en de gewaskwaliteit (lees het gehalte van een bepaalde stof in het gewas of dierlijk orgaan) anderzijds. Het model dat daarvoor gebruikt wordt is nader toegelicht in paragraaf 2.7 en 2.8. De berekening van de LAC2006-waarden vindt plaats door vanuit de norm (gehalte in het gewas/dier/orgaan) terug te rekenen naar een corresponderend gehalte in de bodem. Dat gehalte in de bodem komt dan overeen met die waarde waarbij de norm in het gewas of dierlijk orgaan net bereikt wordt.

1. In onderstaande schema's worden de drie mogelijke scenario's voor de afleiding van de LAC2006 toegelicht:
2. een LAC2006 gebaseerd op een eindnorm in het gewas (*waremwetnorm*, *veevoedernorm* of plantgehalte waarbij *fytoxiciteit* optreedt);
3. een LAC2006 gebaseerd op de maximaal toelaatbare inname voor dieren gebaseerd op *diergezondheid*;
4. een LAC2006 gebaseerd op een intern kritisch gehalte in een dierlijk orgaan (gebaseerd op *waremwetnorm* voor dierlijke producten)

Deze drie 'scenario's' zijn in onderstaande diagrammen schematisch weergegeven. Hierbij geldt dus steeds dat de uiteindelijke LAC2006 afgeleid wordt door vanuit het eindpunt (norm in gewas/product) terug te rekenen naar een kritisch gehalte in de bodem waarbij die norm in gewas of product bereikt wordt (zie ook figuren 2.1 – 2.3).

2.3.1 LAC2006 op basis van eindnorm/gehalte in plant

In dit geval zijn de criteria *interne gehalten* in de plant zelf. Dat kunnen zowel warenwetnormen, veevoedernormen of interne kritische gehalten waarbij fytoxiciteit optreedt (fytoxiciteit kan daarnaast ook direct aangegeven worden op basis van gemeten gehalten in bodem). Voor deze groep geldt dus dat alleen LAC2006-waarden afgeleid kunnen worden indien er een verband tussen bodem en gewas bestaat in de vorm van een bodem plant relatie. Met behulp van de bodem – plant relatie kunnen generieke LAC2006-waarden, die gelden voor de algemene bodemtypen (zand, klei, veen), bepaald worden, maar ook Lokale Maximale Waarden (risicotoolbox). Deze laatste worden berekend op basis van de werkelijk gemeten lokale bodemeigenschappen. Op basis van de bodem – plant relatie (zie hoofdstuk 3) wordt een “kritisch” bodemgehalte uitgerekend waarbij deze gewasnorm overschreden wordt. Wanneer het actuele gehalte in de bodem (op een locatie) hoger is dan het aldus berekende kritische gehalte is de kans aanwezig dat de productnorm overschreden wordt.



Figuur 2.1 LAC2006 of Lokale Maximale Waarde voor landbouw gebaseerd op productnorm in plantaardig product (hetzij consumeerbaar dan wel veevoer).

Indien er *geen* bodem plant relatie bestaat (voor de criteria voor het al dan niet gebruiken van bodem – plant relaties, zie paragraaf 2.7) kan er nog steeds een indicatieve LAC2006 worden afgeleid die gebaseerd is op de data in de database. Indien in dat geval de geldende gewasnorm in de database niet overschreden wordt, geldt het hoogste gemeten *bodem*gehalte als indicatie voor een veilige bovengrens. Indien er wel gewasnorm overschrijdingen vóórkomen in de dataset (maar geen bodem plant relatie), dan zal dit apart vermeld worden. Daarbij wordt dan ook het laagste gehalte (in de bodem) waarbij de betreffende gewasnorm overschreden wordt gerapporteerd.

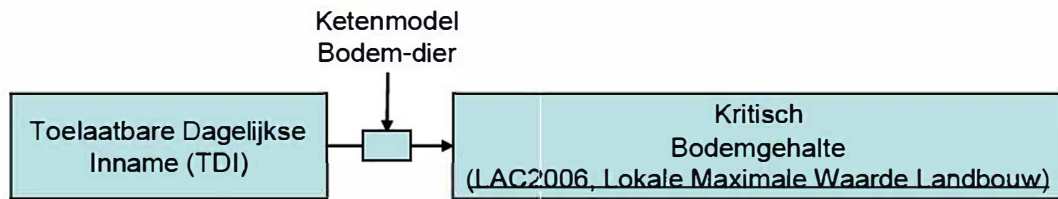
2.3.2 LAC2006 gebaseerd op totale inname door dier (diergezondheid)

Voor diergezondheid zijn er TDI's afgeleid (maximaal aanvaardbare inname) gebaseerd op effecten op dieren. Deze inname is uitgedrukt in de hoeveelheid van een verontreiniging die een dier via voedsel en grond per dag inneemt. De hoeveelheid die een dier in dat geval via gewas binnenkrijgt, kan gebaseerd zijn op een berekende waarde indien er voor dat gewas (en metaal) een bodem - plant relatie bestaat. Wanneer die er niet is, wordt de inname berekend op basis van constante gehalten aan metalen in het gewas (in dit geval de mediane waarde van het gemeten gewasgehalte in de database). Daarbij kan er nog onderscheid gemaakt worden naar zand, klei en veen indien de data aantonen dat er verschillen in het gewasgehalte tussen deze bodemtypen bestaan. Indien de verschillen in het gemeten gehalte in het gewas tussen de bodemtypen niet significant is, zal de resulterende LAC2006 bodem onafhankelijk zijn, er komt in dat geval slechts één LAC2006 voor inname door dieren. De aannames wat betreft hoeveelheden geconsumeerd voer en de inname via grond zijn gebaseerd op eerder gerapporteerde hoeveelheden (van Wezel et al., 2003).

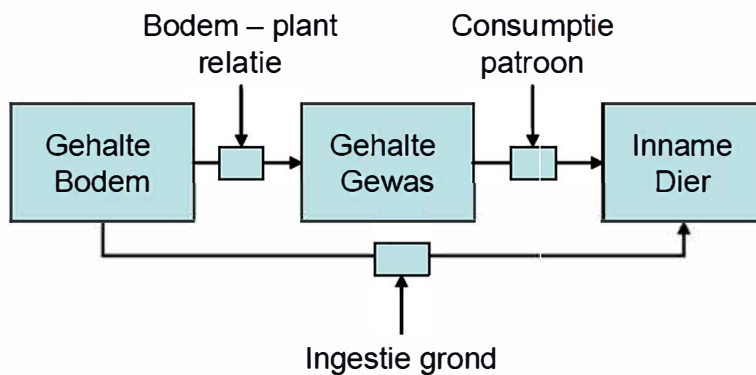
De inname via water is daarbij niet meegenomen omdat deze voor de meeste stoffen te verwaarlozen is t.o.v. de inname via voer, mogelijk met uitzondering van gebieden als de Kempen.

Figuur 2.2a toont de algemene berekeningswijze van een kritisch bodem gehalte op basis van een TDI. Hiervoor is het nodig om de maximaal toelaatbare inname te vertalen naar een maximaal aanvaardbaar gehalte in de bodem. De inname wordt bepaald door de hoeveelheid voer en aanhangende grond die een dier eet. In hoofdstuk 3 wordt verder ingegaan op de kwantificering van deze berekening. In

figuur 2.2.b staat de schematische weergave van het ketenmodel dat in deze stap gebruikt wordt.



Figuur 2.2a. LAC2006 gebaseerd op totale inname door dieren via voer en grond



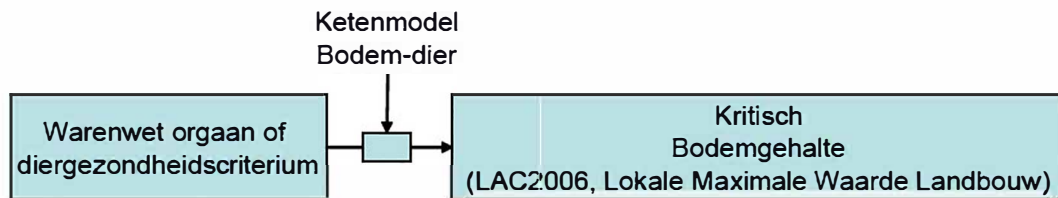
Figuur 2.2b. Koppeling tussen het gehalte in de bodem en de inname door dieren via consumptie van gewassen en inname van grond.

2.3.3 LAC2006 gebaseerd op intern kritisch gehalte in dierlijk orgaan

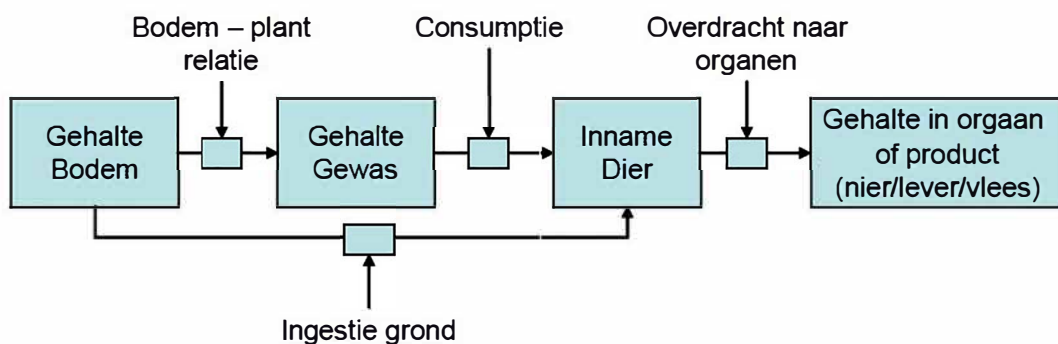
Voor deze groep geldt in grote lijnen dezelfde aanpak als bij 2.3.2. Uiteindelijk wordt de totale inname door dieren dan nog verder vertaald naar een intern gehalte in bepaalde organen (nieren, lever, vlees, melk etc.). Voor deze overdracht (van inname naar gehalte in het betreffende orgaan) worden dezelfde modelcoëfficiënten gebruikt als eerder gerapporteerd in Van Wezel et al. (2003). Dit betreft in de meeste gevallen lineaire overdrachtcoëfficiënten die de verhouding tussen inname en gehalte in orgaan berekenen (bioaccumulatiefactoren). Uiteraard verschillen deze per dier/metaal/orgaan combinatie.

Voor de berekening van dit kritische bodemgehalte gebaseerd op een orgaan- of product norm (zie figuur 2.3a) wordt in principe hetzelfde ketenmodel toegepast als bij 2 (zie figuur 2.3b). Het kritische gehalte in het dier kan zowel een warenwet norm zijn (bijvoorbeeld voor cadmium in lever en/of nier) of een gehalte in het orgaan waarbij de diergezondheid in gevaar komt. Dit laatste is relevant omdat voor een groot aantal metalen geen warenwet in dierlijke organen bestaat. In dat geval wordt het interne kritische gehalte waarbij diergezondheid in het geding is als enige criterium gebruikt. Bij de berekening van het kritische gehalte in de grond wordt de totale inname van grond en voer meegeteld (figuur 2.3b). Uiteindelijk resulteert de

berekening in een kritisch gehalte in de grond waarbij de totale inname via grond en voer een niveau bereikt waarbij de norm in het orgaan bereikt wordt.



Figuur 2.3a LAC2006 gebaseerd op intern kritisch gehalte in dierlijk orgaan of warenwet voor orgaanvlees of ander dierlijk product (vlees, melk)



Figuur 2.3b Ketenmodel voor de koppeling van bodemkwaliteit en intern gehalte in een orgaan

2.3.4 Onderscheiden vormen van landgebruik en relevante criteria

Uiteraard is het zo dat niet alle scenario's in elke onderscheiden landgebruiksvorm relevant zijn. In de uiteindelijke LAC2006 zijn waarden afgeleid voor de volgende gebruiksvormen:

1. Akkerbouw (exclusief groente)
2. Akkerbouw voor veevoeder (maïs, bieten)
3. Beweid grasland
4. Vollegrondsgroente
5. Fruitteelt
6. Niet consumptief (sierteelt, bomen en bollen)

In tabel 2.1 is te zien welke criteria voor welke landgebruiksvorm meegenomen zijn.

Daarbij worden voor drie bodemtypen en de standaardbodem waarden voor de LAC2006 afgeleid. Verschillen tussen bodemtypen ontstaan alleen indien er gebruik gemaakt is van een bodem - plant relatie of mediane waarden in het gewas die verschillen per bodemtype. Indien er geen bodem - plant relatie is, en er geen verschillen zijn tussen de gewasgehalten per bodemtype volgt daaruit dat er per

onderscheiden landgebruiksvorm en criterium ook maar één LAC2006 waarde kan worden afgeleid. Dit is het geval voor de metalen kwik en arseen waarvoor geen bodem - plant relatie aangetoond kan worden en de gemeten gewasgehalten niet verschillen per bodemtype.

Tabel 2.1 Overzicht van onderscheiden landgebruiksvormen en daarvoor geldende criteria

<i>Landgebruik</i>	<i>Criteria</i>			
	Warenwet	Veevoedernorm	Diergezondheid	Fytotox
Akkerbouw	gewas	-	-	gewas
Akkerbouw Veevoer	-	gewas	-	gewas
Vollegrondsgroente	gewas	-	-	gewas
Beweid Grasland	dierl. prod.	gewas	dier	gewas
Fruit	gewas	-	-	gewas
Sierteelt	-	-	-	gewas

2.4 Criteria per landgebruiksvorm voor de afleiding van LAC2006 waarden

Voor de afleiding van de uiteindelijke LAC2006-waarden voor een bepaalde landgebruiksvorm, moet soms een keuze gemaakt worden uit verschillende criteria (zie tabel 2.1). Zo is voor de categorie beweid grasland zowel de warenwetnorm (voor lever en nier van koeien), diergezondheid (inname), de veevoedernorm als de fytotoxische grens relevant. In principe is de redenering dat de uiteindelijke LAC2006 het minimum is van de criteria als er voor de betreffende landgebruiksvorm meerdere criteria zijn (soms is er maar 1 criterium geldig en dan is er dus geen sprake van het minimum vaststellen).

Bij de uiteindelijke afweging moet wel bedacht worden dat de waarden gebaseerd op warenwet en veevoedernorm ‘hard’ zijn, d.w.z. gebaseerd op wettelijke criteria. Dit in tegenstelling tot randvoorwaarden voor fytotoxiciteit en diergezondheid die aan de hand van literatuurgegevens zijn verzameld en omgerekend naar kritische gehalten in hetzij organen of gewassen.

De afleiding van een grens op basis van diergezondheid (TDI) is niet alleen minder goed onderbouwd (zeker wat betreft de overdracht coëfficiënten van voer naar dierlijk orgaan), maar is ook minder ‘hard’ (niet gebaseerd op wettelijke eindnormen). Uiteraard zijn warenwetnormen deels gebaseerd op dezelfde relatief zwak onderbouwde voer – dier overdrachtconcepten, maar omdat warenwetnorm een wettelijke status hebben, geldt dit criterium toch als ‘hard’.

Ook LAC-2006 waarden die afgeleid zijn van fytotoxiciteitsgegevens kunnen om meerdere redenen niet als hard beschouwd worden; vaak zijn de gegevens afkomstig uit de literatuur en hebben soms betrekking op andere soorten of gewasvariëteiten. Bovendien geldt voor fytotoxiciteit dat de bodem – plant relaties in vrijwel alle gevallen een te beperkt bereik hebben wat betreft de gehalten in het gewas. De maximale gemeten gewasgehalten liggen vaak ver beneden de fytotoxische grenzen (in gewas). Terugrekenen naar een kritisch bodemgehalte vanuit deze extreme gewasgehalten betekent dat er sterke extrapolatie plaatsvindt van de bodem – plant relatie.

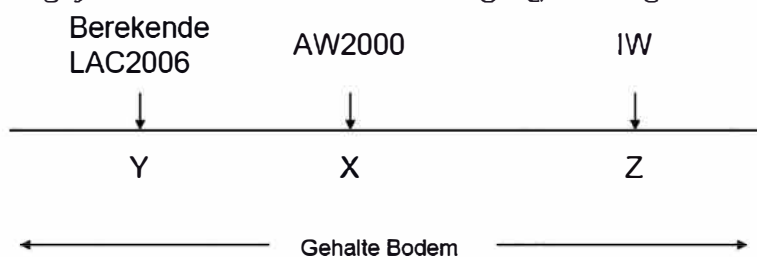
Bij de uiteindelijke keuze verdient het daarom aanbeveling om de waarden gebaseerd op warenwet en veevoedernorm een zwaarder gewicht toe te kennen en die gebaseerd op diegezondheid en fytotoxiciteit een lager gewicht. Deze aanbeveling is door NoBo overgenomen. Indien de uiteindelijke LAC2006 niet het minimum is van de relevante criteria zal worden toegelicht waarom daarvan is afgeweken.

Uiteindelijk geldt daarbij wel dat dit alleen tot een nieuwe LAC (LAC-2006) leidt als er warenwet normen en/of veevoedernormen zijn. Voor een aantal metalen (Ni, Cr etc.) zijn die er namelijk niet. Ook indien er geen goed verband tussen bodem en gewas (voor Hg, Pb, Cr etc.) bestaat kan er geen LAC-2006 afgeleid worden volgens de hier beschreven methode. In die gevallen wordt de oude LAC (1991) gehandhaafd. Tenslotte leiden de TDI waarden voor diegezondheid, maar ook fytotoxiciteitsgegevens, vaak tot extreem hoge kritische waarden in de bodem (hoger dan de interventiewaarde). Daarmee hebben ze feitelijk geen of slechts een indicatieve betekenis, want dan zijn automatisch andere criteria (normen) sturend. Het toont alleen aan dat voor de gegeven functies zelfs op het niveau van de interventiewaarde geen landbouwkundig risico bestaat (mbt de TDI en fytotoxiciteit), overschrijding van dergelijke hoge kritische bodemgehalte komt in het landelijk gebied dan ook zelden voor.

2.5 LAC2006 in relatie tot achtergrondwaarde (AW2000) en Interventiewaarde (IW)

Eén van de beleidsmatige standpunten voor het afleiden van LAC2006-waarden is dat deze nooit lager mogen zijn dan de generieke referenties (AW2000), noch hoger dan de interventiewaarden. Het uitgangspunt is dat er bij gehalten lager dan AW2000 sprake is van een “duurzame” bodem en alle gebruiksvormen mogelijk moeten zijn. Om de uitkomsten te ‘stroomlijnen’ worden hier de mogelijke uitkomsten en afkapniveaus weergegeven. Deze bepalen uiteindelijk wat de LAC2006 wordt. Bij de getalsmatige afleiding van de LAC2006 kunnen zich 3 mogelijkheden voordoen:

Mogelijkheid 1. De berekende LAC2006 ligt lager dan de generieke referenties (AW2000)

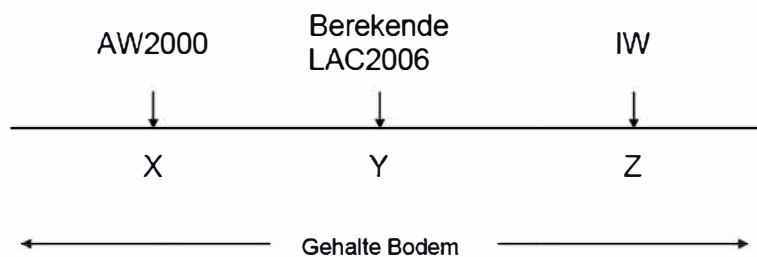


Ofwel: $LAC2006 < AW2000$ en daarmee automatisch $LAC2006 < IW$

In dat geval is beleidsmatig besloten dat de waarde van LAC2006 op het niveau van AW2000 komt te liggen (niveau X in de figuur). Voor de metalen waar dit het geval is, zal wel nagegaan worden of een dergelijke keuze leidt tot risico's. Dit is namelijk

het geval voor koper op zand voor schapen (LAC: 30, AW2000: 21, LAC2006: 20). In dat geval wordt toch AW2000 gebruikt als ondergrens. Voor koper geldt bovendien dat de LAC2006 (evenals de oude LAC) op een relatief laag niveau ligt in verhouding tot de gemeten gehalten in de bodem van het landelijk gebied. Een recente studie naar effecten van koper op de gezondheid van schapen (meest gevoelig) heeft uitgewezen dat ook bij overschrijding van de (oude) LAC'91 waarden geen effecten waarneembaar zijn die aan de verhoogde kopergehalten in de bodem toe te wijzen zijn (Straetmans et al., 2005).

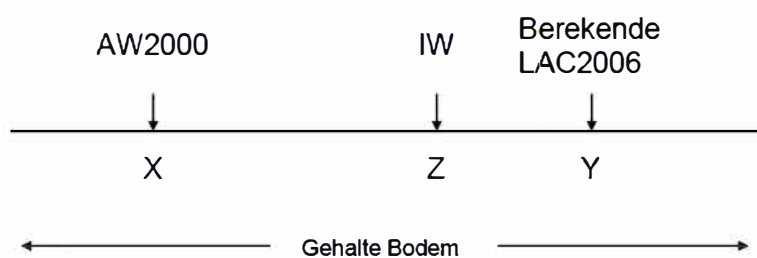
Mogelijkheid 2. De berekende LAC2006 ligt tussen de AW2000 en IW in:



Ofwel: $LAC2006 > AW2000$ maar $LAC2006 < IW$

In dat geval wordt de uiteindelijke LAC2006 gelijk aan niveau Y. Het is mogelijk dat de LAC2006 in dezelfde orde van grootte ligt als de LAC'91, in dat geval verandert er niets ($LAC2006 = LAC'91$). LAC2006 kan echter ook hoger of lager worden dan LAC'91. Uit de resultaten (zie hoofdstuk 3) zal blijken dat indien er veranderingen t.o.v. LAC'91 zijn, deze meestal resulteren in minder strenge waarden voor de LAC2006.

Mogelijkheid 3. De berekende LAC2006 ligt hoger dan de IW:



Ofwel: $LAC2006 > AW2000$ én $LAC2006 > IW$

In dit geval wordt de LAC2006 afgekapt op IW niveau. De uiteindelijke LAC2006 waarde komt dus op niveau Z in het bovenstaande schema. Daarbij wordt wel opgemerkt dat voor landbouwkundig gebruik de IW niet beperkend is, want de berekende LAC2006 ligt feitelijk nog boven de IW.

In tabel 2.2 staan de huidige Achtergrondwaarden (AW2000) en interventiewaarden. Bij de uiteindelijke getalsmatige afleiding van de LAC2006 gelden deze als ondergrens (AW2000) en bovengrens (IW) voor elke gebruiksvorm. In tabel 2.2 zijn de waarden voor de AW en IW tevens omgerekend naar de drie bodemtypen waar LAC2006-waarden voor afgeleid worden. Dit is gebeurd op basis van de standaard bodemtype correctie.

Tabel 2.2 Overzicht van Achtergrond- en Interventiewaarden (niet afgerond) voor droge bodem voor de standaardbodem en na correctie voor bodemtype op basis van de standaard bodemtype correctie.

Bodemtype:	Achtergrondwaarde				Interventiewaarde			
	standaard	zand	klei	veen	standaard	zand	klei	veen
OS (%):	10	3	3	30	10	3	3	30
Klei (%):	25	3	25	15	25	3	25	15
As	20	12	18	23	76	46	69	86
Cd	0.6	0.4	0.5	0.9	13	8	11	19
Cr	55	31	55	44	180	101	180	144
Cu	40	21	35	47	190	98	168	222
Hg	0.15	0.11	0.14	0.15	36	26	35	36
Ni	30	11	30	21	95	35	95	68
Pb	50	33	46	56	530	349	486	592
Zn	140	64	130	140	720	327	666	720

2.6 Bodem- en gewasdata

Voor de afleiding van de LAC2006 is gebruik gemaakt van twee landelijke databestanden en een regionale dataset: het Landelijk bestand (Wiersma et al., 1985), data uit het Maasoever onderzoek (van Driel et al., 1987a,b, 1988) en data uit de Kempen (Rietra et al., 2004). Voorwaarde voor gebruik was dat het bestand is opgebouwd uit gepaarde waarnemingen, dat wil zeggen er moeten bodem- en gewasmonsters van dezelfde plek genomen zijn. In principe zijn er nog veel meer data van metingen aan contaminanten in gewassen (net zoals er duizenden data zijn van gehalten in de bodem) maar die zijn niet terug te voeren naar metingen in de bodem. Voor cadmium gebruiken we ook data uit een niet gepubliceerd IB bestand. (IB-6306). De gebruikte data uit deze dataset zijn in een aparte bijlage (annex 10) in deze rapportage opgenomen.

In alle genoemde datasets zijn de benodigde metingen (gehalte in bodem, gewas, en bodemeigenschappen klei (% < 2µm), % organische stof en pH-KCl) aanwezig voor een breed scala aan gewassen (voor metalen zie tabel in 2.3). In het landelijk bestand zijn echter alleen metingen verricht aan Cd, Pb, Hg en As (omdat daar warenwetnormen voor zijn, of waren, in geval van As) terwijl in het Maasoever bestand ook data voor Cu en Zn aanwezig zijn (naast de eerder genoemde elementen). Daarmee is de dekking voor deze beide laatste metalen (Cu en Zn) minder groot wat betreft de spreiding in bodemtype (zie bijlage 1 voor een overzicht van de range aan metaalgehalten in de bodem). Omdat voor beide elementen echter

geen warenwetnormen bestaan is dat voor de meeste landgebruiksvormen (akkerbouw, groente) niet zo'n probleem (zie tabel 2.3). De data uit de Kempen tenslotte zijn alleen voor zandgronden bij de gebruiksfunctie beweid grasland en veevoer (maïs) gebruikt.

Tabel 2.3 Overzicht van bodem en gewas gegevens m.b.t. landelijke datasets.

(bronnen: Wiersma et al., 1985; Van Driel et al., 1987a, b; Van Driel et al., 1988).

Categorie	gewas	Metaal							
		Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Cr	As	Hg
Beweid grasland	Gras	J	J	J	J	N	N	J	J
Veevoer	Maïs	J	J	J	J	N	N	J	J
	Suikerbiet	J	J	J	J	N	N	J	J
Akkerbouw	Tarwe	J	J	J	J	N	N	J	J
	Aardappel	J	J	J	J	N	N	J	J
Groenteteelt	Sla	J	J	J	J	N	N	J	J
	Andijvie	J	J	J	J	N	N	J	J
Fruit	Appel	J	J	N	N	N	N	J	J
Sierteelt	Bomen/bollen	N	N	N	N	N	N	N	N

Een kanttekening die hier gemaakt moet worden is dat de data, met uitzondering van die uit de Kempen, uit de 80-er jaren stammen. In die tijd was de bijdrage van atmosferische depositie beduidend groter dan nu. Voor Pb en in mindere mate voor Cd werd het plantgehalte beïnvloed door atmosferische depositie. Uit recente metingen in de Kempen (Rietra et al., 2004) en in het veenweidegebied in de provincies Zuid-Holland en Utrecht (Rietra en Römken, 2007) blijkt bijvoorbeeld al dat de waarden voor lood en cadmium in gras en maïs nu lager liggen dan metingen in het landelijk bestand (waar de bodem niet specifiek belast was met Cd of Pb) in de 80-er jaren hetgeen niet of slechts zeer ten dele verklaard kan worden uit een afname in het gehalte in de bodem (Rietra et al., 2005) en/of kunstmest.

Als gevolg van hoge atmosferische depositie zijn de gemeten gewasgehalten voor lood en deels ook voor cadmium hoger dan op grond van bodemeigenschappen en de daaruit volgende beschikbaarheid verwacht mag worden. Dat betekent in feite dat de uiteindelijk daaruit afgeleide LAC2006-waarden strenger (meer beschermend) zijn dan op grond van de huidige omgevingskwaliteit zou kunnen blijken. Uit de resultaten blijkt dat dit voor Pb in tarwe leidt tot LAC2006-waarden die waarschijnlijk te streng zijn. Deze liggen deels zelfs lager dan de AW2000 waarden. Bij het afleiden van LAC2006-waarden zijn in eerste de data uit datasets gecombineerd (dit betreft Cd, Pb, As, en Hg). Voor Cu en Zn zijn daarom alleen data uit het Maasoever bestand gebruikt. Methodologisch (monsternamen, analyse methoden) bestaan er tussen beide datasets geen of nauwelijks verschillen. Uiteindelijk gebruiken we echter niet altijd de gecombineerde dataset indien blijkt dat het combineren van data leidt tot slechtere bodem – plant relaties. In de tabellen in Hoofdstuk 3 en annex 1 is aangegeven welke data zijn gebruikt voor de combinatie van bodemtype en landgebruik.

2.7 Bodem – plant relaties voor de afleiding van LAC2006-waarden

Voor het afleiden van de LAC2006-waarden en toepassing in de RTB is gekozen om empirische bodem – plant relaties te gebruiken. Qua complexiteit en proceskennis vormen ze een intermediair tussen eenvoudige modelconcepten als bioconcentratiefactoren (BCF) en mechanistische modellen (zie ook Versluis en Otte, 2001). Het BCF concept is weliswaar praktisch zeer toepasbaar maar heeft een beperkte toepassingsrange. Meer mechanistische modellen doen wellicht meer recht aan de processen die zich in de bodem en plant afspelen, maar zijn onvoldoende beschikbaar om op dit moment toe te passen. Niet alleen bestaan ze slechts voor een enkel metaal en gewas, de meeste modellen vergen ook te veel invoer gegevens die op het gewenste schaalniveau niet voorhanden zijn. Tenslotte zijn er geen mechanistische modellen die nu reeds op veldschaal toegepast worden.

De algemene vorm van een bodem plant relatie is weergegeven in vergelijking 1.

$$\begin{aligned} {}^{10}\log[\text{metaal gehalte plant}] = & \text{Constante} + \\ & b \cdot \text{pH} + \\ & c \cdot {}^{10}\log[\text{organische stof}] + \\ & d \cdot {}^{10}\log[\text{klei}] + \\ & e \cdot {}^{10}\log[\text{metaalgehalte bodem}] \end{aligned} \quad [1]$$

In vergelijking [1] zijn organische stof en klei in procent uitgedrukt en de metaalgehalten in bodem en gewas in mg.kg^{-1} op droge stof basis. pH is pH-KCl (indien een andere pH waarde gemeten is, bijvoorbeeld pH water of CaCl_2 dient deze omgerekend te worden naar pH-KCl). De constante en de coëfficiënten b, c, d, en e worden via regressie afgeleid. Als basis dienen data uit de eerder genoemde datasets waarvoor de daarop gebaseerde relatie (en de data zelf) aan de volgende voorwaarden voldoen:

- i. De gehalten in bodem en gewas zijn gemeten op dezelfde locatie en hetzelfde tijdstip (dus geen bodem data uit jaar 1 en gewas data uit jaar 2)
- ii. De metingen zijn gebeurd in velden die in gebruik zijn voor reguliere landbouw zonder additie van metalen (geen proefvelden waarbij metalen in de vorm van zouten zijn toegevoegd bijvoorbeeld)
- iii. De bijdrage van bodemeigenschappen moet statistisch significant ($p < 0.05$) zijn om meegenomen te worden;
- iv. De regressie vergelijking zelf moet significant zijn ($p < 0.05$) om te worden gebruikt;
- v. De coëfficiënten in het model moeten 'logisch' zijn. Daarmee wordt bedoeld dat de bijdrage van de bodemeigenschappen moet voldoen aan proces gebaseerde kennis. De coëfficiënt van het metaalgehalten in de bodem (e in vergelijking 1) moet bijvoorbeeld positief zijn. Indien een dergelijke coëfficiënt namelijk negatief zou zijn betekent dat het metaalgehalte in de plant daalt naarmate er meer metaal in de bodem zitten. Eenzelfde redenering geldt voor pH (b moet negatief zijn) en organische stof en klei (ofschoon deze laatste in veel gevallen veel minder significant zijn dan pH en het metaalgehalte in de bodem);

- vi. De range (meer specifiek de maximale waarden in het gewas) in de gemeten gewasgehalten moet minimaal in dezelfde orde van grootte liggen als de gewasnorm (idealiter komt er dus een aantal normoverschrijdingen in de database voor). Wanneer namelijk de gehalten in het gewas (database) veel lager zijn dan de norm (gehalte gewas < 0.5 keer de norm) betekent het toepassen van deze methode een extrapolatie buiten het bereik van de dataset. Omdat hier gewerkt wordt met niet lineaire relaties betekent dat mogelijk geen reële LAC2006. In bijlage 2 staat een overzicht per metaal van de hoogste waarde en de bijbehorende norm voor verschillende vormen van landgebruik. Uit deze tabel blijkt dat de aangetroffen gehalten in de gewassen vooral voor metalen als Hg, As en Zn (veel) lager zijn dan de norm.

Wanneer voor een bepaald gewas en metaal een relatie is bepaald die aan deze voorwaarden voldoet, kan deze gebruikt worden om de LAC2006 (of de Lokale Maximale Waarde) voor dat gewas/metaal/landgebruik af te leiden. Deze wordt berekend door voor het gehalte in het gewas de geldende norm in te vullen (warenwetnorm of veevoedernorm, zie bijlage 2) evenals de algemene bodemeigenschappen (hetzij voor een bodemtype zand, klei of veen of de lokale specifieke waarden voor pH, organische stof en textuur):

$$^{10}\log[\text{LAC2006}] = \{^{10}\log[\text{gewas-norm}] - (\text{Constante} + b \cdot \text{pH} + c \cdot ^{10}\log[\text{org.stof}] + d \cdot ^{10}\log[\text{klei}])\} / e \quad [2]$$

In bijlage 8 zijn de aldus afgeleide en toegepaste bodem plant relaties per metaal gerangschikt weergegeven.

De uit vergelijking [2] teruggerekende bodemnorm is in feite een 50 percentiel waarde. Daarmee lijkt deze niet erg beschermend. In principe kan met deze vergelijking ook een 80, 90 of 95 percentiel berekend worden. Dat is dan een niveau (van het metaalgehalte in de bodem) waarbij met 80, 90 of 95% zekerheid gesteld kan worden dat de gewasnorm niet overschreden wordt. Een nog niet afgerond onderzoek in de Nederlandse en Belgische Kempen in opdracht van OVAM toont echter aan dat de 80, 90 of 95 percentielen (voor Cd) in vrijwel alle gevallen onder de generieke nieuwe referentiewaarden (AW2000) uit zullen komen. Dat is deels een gevolg van de onzekerheid van het model, maar anderzijds ook een normale verwachting horende bij dergelijke betrouwbaarheidsintervallen. Zeker wanneer de onzekerheid van de bodem - plant relatie groot is, geldt dat het betrouwbaarheidsinterval van de voorspelling ook groot is. En daarmee wordt het 80, 90 of 95 percentiel extreem laag. Voor gewassen als schorseneer is bijvoorbeeld aangetoond dat de kans op normoverschrijding in het gewas al aanwezig is bij cadmiumgehalten in de bodem lager dan 0.1 mg kg⁻¹. Een van de beleidsmatige randvoorwaarden voor het afleiden van LAC2006-waarden is echter dat deze niet lager kunnen zijn dan de generieke referenties (AW2000) omdat die gehalten gelden als “altijd” waarden, dwz bij gehalten in de bodem lager of gelijk aan de AW2000 is elke vorm van landbouw mogelijk.

Besloten is dan ook om voor de LAC2006 uit te gaan van de mediane modelvoorspelling, met andere woorden die waarde in de bodem die volgens vergelijking [2] berekend wordt bij de relevante gewasnorm en bodemeigenschappen.

2.8 Afleiding van LAC2006-waarden indien er geen bodem - plant relatie is

Indien geen bodem - plant relatie afgeleid kan worden die aan de genoemde criteria voldoet, kunnen er voor die gevallen waar een norm in het gewas het eindpunt is (situatie 1, zie figuur 2.1) geen LAC2006 waarden afgeleid worden volgens de hier geschetste methodiek. Dit is bijvoorbeeld het geval voor kwik waar wel warenwet normen voor bestaan, maar er geen bodem - plant relatie is.

In dat geval kunnen zich twee situaties voordoen:

- i. in de dataset wordt deze (gewas)norm niet overschreden
- ii. in de dataset wordt deze gewasnorm wel overschreden.

In het eerste geval zal een indicatieve waarde voor de LAC2006 worden bepaald aan de hand van de maximaal gemeten bodemgehalten in de database voor dat gewas. De gedachte is dat bij lagere gehalten de kans gering is dat er een (gewas) normoverschrijding voorkomt. Uiteraard geldt dat alleen indien de database voldoende representatief is voor de bodentypen die in Nederland voorkomen (voor kwik is dat het geval, voor koper bijvoorbeeld niet). Deze hoogste waarde is daarmee niet gelijk een LAC2006 waarde voor dat metaal/gewas, want er is niet aangetoond of bóven deze waarde normoverschrijdingen voorkomen. Voor kwik is dit veelvuldig het geval. In de gemeten range aan kwik in de bodem worden voor de meeste akkerbouw en groente gewassen geen normoverschrijdingen gevonden. Als indicatie wordt daarom het hoogst gemeten kwik gehalte in de bodem gerapporteerd voor die gewassen en landgebruikscombinaties.

Indien er wél normoverschrijdingen in de database voorkomen, is de situatie lastiger. Voor kwik bijvoorbeeld (maar ook in een enkel geval voor As en Cu) komen vooral voor suikerbiet veelvuldig gewasnormoverschrijdingen (veevoer) voor. Dit treedt zelfs al op bij kwikgehalten in de bodem van minder dan 0.05 mg kg^{-1} hetgeen gelijk of lager is aan de mediane waarde van kwik in de bodem (en lager dan AW2000). De LAC2006 kan in dat geval niet gekoppeld worden aan de laagste waarden waarbij al een normoverschrijding optreedt. In dat geval zal de AW2000 waarde als LAC-2006 gehanteerd worden (voor die functie), maar met een verwijzing naar de vaargenomen productnormoverschrijding.

2.9 Afleiding van LAC2006-waarden gerelateerd aan de kwaliteit van dierlijke producten en/of diergezondheid

Voor het afleiden van een LAC2006 voor diergezondheid en/of gebaseerd op warenwet normen in dierlijke producten (par. 2.3.2 en 2.3.3) is zowel de inname van

het gewas als die van grond relevant. De totale inname is namelijk de som van de inname via gewas en die van grond:

$$\text{Inname-dier (mg dag}^{-1}\text{)} = M_p \cdot Q_p + M_b \cdot Q_b \quad [3]$$

Waarbij M staat voor de hoeveelheid (in kg dag⁻¹) en Q voor het gehalte (in mg kg⁻¹ droge stof). De toevoeging ‘p’ staat voor plant, ‘b’ voor bodem. In bijlage 3 (tabel B3.2) staan de gebruikte waarden voor M voor runderen en schapen. Wanneer er een bodem plant relatie bestaat kan Q_p weer berekend worden uit Q_b volgens vergelijking [1]. Vereenvoudigd levert dat vergelijking [4] op. Wanneer de TDI de maximaal toegestane hoeveelheid is die een dier in mag nemen, is het daaruit berekende gehalte in de bodem het ‘kritieke’ bodemgehalte (of wel de LAC2006), aangeduid met “crit”:

$$K_{bp} \cdot Q_{b(crit)}^n \cdot M_p + Q_{b(crit)} \cdot M_b = TDI \quad [4]$$

Waarin $K_{bp} \cdot Q_{b(crit)}^n$ de bodem plant relatie is (vergelijking [2]). Vergelijking [4] kan opgelost worden om Q_{b(crit)} te berekenen. Q_{b(crit)} komt dan overeen met die waarde in de bodem waarbij de TDI overschreden wordt.

Indien er geen bodem plant relatie bestaat (bijv. voor As in maïs of gras) dan worden voor de berekening van de inname de mediane (P50) waarden van het gemeten gehalte in het betreffende gewas gebruikt. Daaruit kan dan de kritische waarde in de bodem (LAC2006, lokale maximale waarde) eenvoudig berekend worden:

$$Q_{b(crit)} = (TDI - Q_p \cdot M_p) / M_b \quad [5]$$

Voor een TDI op basis van een kritisch gehalte in een orgaan (bijvoorbeeld de lever) moet de inname nog vertaald worden naar een intern gehalte in het betreffende orgaan. Op basis van de beschikbare informatie wordt op dit moment een lineaire overdrachtscoëfficiënt (BAF_{pd}) gebruikt:

$$BAF_{pd} = [Q_{orgaan}] / [\text{totale inname uit grond en gewas}] \quad [6]$$

Waarin Q_{orgaan} het gehalte in een specifiek orgaan is. Wanneer hiervoor een norm bestaat (warenwet) kan uit de volgende vergelijking het kritische bodemgehalte waarboven deze norm overschreden wordt berekend worden:

$$Q_{orgaan(crit)} = \left(\frac{Q_{p(crit)} \cdot M_p + Q_{b(crit)} \cdot M_b}{M_p + M_b} \right) \cdot BAF_{pd} \quad [7]$$

Ook in deze vergelijking kan voor het gehalte in de plant de bodem – plant relatie ingevuld worden of de mediane waarde van het metaalgehalte in het gewas indien geen bodem plant relatie aanwezig is.

De in dit rapport gebruikte waarden voor de BAF_{pd} staan in bijlage 3 (tabel B3.3). Wanneer er dus geen bodem – plant relatie bestaat, kan op basis van de inname van grond en gewas ook een LAC2006 voor het betreffende metaal en landgebruikstype (in dit geval alleen relevant voor beweide grasland) afgeleid worden. Soms blijkt uit de data dat er ondanks het ontbreken van een bodem plant relatie wel verschillen in de mediane waarde van het metaal in het gewas bestaat voor de 3 onderscheiden bodem typen (zand, klei, veen). In dat geval worden per onderscheiden bodemtype (zand, klei, veen) LAC2006-waarden bepaald. In dat geval geldt dat voor de standaard bodem de waarde zoals afgeleid voor klei het meest relevant is.

2.10 Verdere aannames die van belang zijn

In NoBo verband zijn een aantal besluiten genomen die van invloed zijn op de uiteindelijke LAC2006 waarde. Dit betreft ook de keuze voor eventueel andere modelconcepten voor de afleiding van een LAC2006 waarde zoals de BioConcentratiefactor (BCF) of Bioaccumulatiefactor (BAF). Dit is de verhouding tussen het gehalte in de plant en dat in de bodem:

$$BCF \text{ of } BAF = [\text{metaal-plant}]/[\text{metaal-bodem}] \quad [8]$$

De BCF wordt onder meer in CSOIL gebruikt om de blootstelling als gevolg van consumptie van gewassen te bepalen. In feite is de BCF een sterk vereenvoudigde bodem-plant relatie; het veronderstelt namelijk een lineair verband tussen het gehalte in de plant en dat in de bodem. Het plantgehalte neemt daarbij lineair toe met het gehalte in de bodem.

Het probleem van toepassing van een BCF is echter dat voor een groot aantal combinaties van metalen en gewassen zo'n verband waarschijnlijk niet bestaat. Voor Hg, Pb, As, en Cr is er op basis van de nu beschikbare data geen aantoonbare relatie tussen het gehalte in de bodem en dat in de plant.

In NoBo verband is daarom besloten deze methode in het kader van de afleiding van de LAC2006 niet toe te passen. In alle gevallen waar geen bodem - plant relatie aangetoond kan worden, wordt indien relevant, een mediane waarde van het plantgehalte gebruikt.

De belangrijkste reden hiervoor is dat indien er geen relatie tussen het gehalte in de bodem en de plant aangetoond kan worden in de database, het gebruik van een BCF/BAF dat wel suggereert.

3 Resultaten

3.1 Bodem – plant relaties en criteria

In bijlage 8 (tabel B8.1 t/m B8.4) zijn alle in dit rapport gebruikte bodem – plant relaties weergegeven. Voor de volledigheid is hier ook een aantal gewassen in opgenomen die bij de afleiding van de LAC2006 niet zijn gebruikt. Deze komen echter wel weer in de Risicotoolbox aan bod

Uiteindelijk is voor de afleiding van de uiteindelijke getalsmatige waarde van de LAC2006 één criterium leidend. In tabel 3.1 is te zien welk criterium dat is voor de betreffende functie. Indien er geen wijziging is ten opzichte van de bestaande LAC is dat aangeduid met “LAC’91”. Uit tabel 3.1 blijkt dat de LAC’91 voor een aantal functies (oa bollen/sierteelt, fruitteelt) ook de nieuwe LAC-2006 wordt. Dit komt omdat er voor deze functies geen nieuwe gegevens of modelconcepten (opname van metalen bijvoorbeeld) zijn die toepasbaar zijn om een LAC-2006 af te leiden. Bovendien zijn er voor die genoemde categorieën ook geen productnormen, en is het enige criterium dat toepasbaar is het fytotoxiciteitscriterium. Dit is niet alleen zwak onderbouwd (getalsmatig) maar leidt ook (indien er al een overdrachtsmodel tussen bodem en plant is) tot LAC-2006 waarden die ver boven de interventiewaarde liggen. Daarom is in die gevallen gekozen de LAC’91 te handhaven. Dit uiteraard alleen indien die lager ligt dan de herziene interventiewaarde.

Tabel 3.1 Overzicht van functiegerichte toetsingscriteria per metaal.

Functie	toetsingscriterium	metalen	Te gebruiken relaties
Akkerbouw	warenwetnorm tarwe LAC’91	Cd, Pb As, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn	bodem-plant ¹ -
Akkerbouw voor veevoer	veevoedernorm maïs/gras LAC’91	Cd, Cu, Pb, Zn As, Cr, Hg, Ni	bodem-plant ¹ -
Veeteelt	veevoedernorm gras warenwet	Cd ¹⁾ , Zn, Cu Cd ¹ , Pb, Hg	bodem-plant ¹ plant-dier ³ + bodem-plant ^{1,2}
Vollegrondsgroente	LAC’91	Ni, As	bodem-plant ¹ -
	Warenwet andijvie LAC’91	Cd As, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb, Zn	
Bollen en sierteelt	LAC’91	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	-
Fruitteelt	LAC’91	As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	-

¹ voor veeteelt (beweid grasland) zijn zowel de veevoedernorm als de warenwet voor gehalten in de nier beide van belang

² alleen voor Cd wordt gehalte in gras geschat met een bodem-plant relatie voor Pb en Hg worden mediane waarden gebruikt.

³ Op basis van lineaire overdrachtcoëfficiënten

3.2 Getalsmatige invulling van de LAC2006-waarden: metalen

In tabel 3.2 zijn de resultaten voor de afzonderlijke metalen en de onderscheiden categorieën (landgebruik) per bodemtype weergegeven. De bij die bodemtypen horende eigenschappen (klei en organische stof) zijn conform eerder gebruikte indelingen (van Wezel et al., 2003)

Algemene opmerkingen:

1. voor de eisen mbt fytotoxiciteit zijn weinig betrouwbare gegevens of de interne kritische plantgehalten zijn zo hoog dat de daaruit resulterende LAC2006 ver boven de interventiewaarde zou uitkomen. Voor al deze gevallen wordt voorgesteld om de interventiewaarde als afkapgrens aan te houden.
2. voor diergezondheid zijn de uit de kritische interne gehalten berekende LAC2006 waarden ook altijd hoog tot zeer hoog en vallen buiten het bereik van de normale gehalten in de bodem.
3. voor een aantal metaal-gewascombinaties worden normoverschrijdingen aangetroffen zonder dat er een bodem - plant relatie aanwezig is. Voor een deel (Hg in suikerbiet) vallen deze in het normale traject van gehalten in de bodem. Omdat daarmee de LAC2006 ruim onder de AW2000 (gecorrigeerd voor bodemtype) zou vallen zijn deze data (combinatie Hg/suikerbiet) niet meegenomen bij de uiteindelijke vaststelling van de LAC2006 voor het betreffende landgebruik (akkerbouw voor veevoeder).
4. voor de categorie “Sierteelt” en in mindere mate voor fruit zijn geen (weinig) gegevens. Handhaven huidige LAC (met afkap op interventie daar waar dat aan de orde is) lijkt meest voor de hand liggend.
5. voor nikkel en chroom zijn geen data (die relevant zijn voor landbouw) voorhanden. Handhaven huidige LAC lijkt meest voor de hand liggend.

In tabel 3.2 staat een overzicht van het voorstel van de nieuwe LAC2006-waarden. Getallen die in rood zijn weergegeven geven aan dat deze gewijzigd zijn ten opzichte van LAC’91.

Voor een aantal metalen geldt dat de LAC’91 boven het niveau van de nieuwe IW ligt (oa voor lood, koper, chroom en nikkel). Voor deze metalen geldt bovendien dat er voor een deel geen betere inzichten of data zijn op basis waarvan de LAC’91 waarden herzien kunnen worden. Handhaving van de LAC’91 is dan aan de orde. De LAC2006 wordt in die gevallen echter gelijk gesteld aan de interventiewaarde en wijkt dus toch af van de LAC’91. Wel zal in die gevallen een aantekening gemaakt worden dat de landbouwkundige functie in ieder geval nog niet beperkt wordt bij deze waarde.

Voor de generieke (landelijke) LAC2006-waarden geldt dan dat deze middels de standaard bodemtype correctie afgeleid wordt van de interventiewaarde voor de standaardbodem voor de drie hier onderscheiden bodemtypen (zand, klei, veen). Bij toepassing op lokaal niveau, voor de afleiding van de lokale Maximale Waarde kan dus een waarde afgeleid worden op basis van de lokale bodemeigenschappen.

In tabel 3.2 staan alleen de uiteindelijk afgeleide LAC2006-waarden, daar waar nodig afgekapt op interventiewaarde niveau. Alle gewijzigde LAC waarden (ten opzichte van 1991) zijn in rood weergegeven en zullen toegelicht worden na de hieronder weergegeven tabel. In bijlage 7 staan per metaal de uitgesplitste tabellen waarin de criteria staan die voor de beoordeling van de betreffende gebruiksvorm relevant zijn.

In het algemeen zijn wijzigingen in de LAC2006 tov de LAC'91 op de volgende manier tot stand gekomen:

1. Toepassing van bodem – plant relaties (voor Cd, Zn en Pb) leidt tot lagere of hogere LAC waarden (verbeterd inzicht), indien ze hoger liggen dan de LAC'91 worden ze indien nodig op IW niveau afgekapt (onder meer voor zink), wanneer ze lager zouden zijn dan de achtergrondwaarde zijn, worden ze daaraan gelijk gesteld (komt in de praktijk niet voor).
2. LAC'91 waarden liggen boven de nieuwe IW, de waarde voor de LAC2006 is in dat geval altijd lager (oa voor Cr, Cu, Pb en Ni).

Voor toepassing op landelijk (generiek) niveau geldt dat er slechts 3 bodemtypen onderscheiden zijn, conform de LAC'91. De generieke LAC2006-waarden (zie tabel 3.2) worden dus, net als de LAC'91 waarden *niet* teruggerekend naar een specifieke waarde op basis van werkelijke organische stof en kleigehalten.

In de Risicoolbox kan dat wel, voor de afleiding van de lokale Maximale Waarden voor landbouw kan op basis van de gemeten bodemsamenstelling een lokale waarde berekend worden. Dat geldt zowel voor die gevallen waar een bodem – plant relatie van toepassing is, maar ook voor die gevallen waar dat niet zo is. In dat laatste geval wordt de waarde voor de standaard bodemtypen (zand, klei of veen) via de bodemtypecorrectie omgerekend naar een waarde horend bij de lokale waarden voor organische stof en klei.

Tabel 3.2 Overzicht van LAC2006-waarden per onderscheiden landgebruiksvorm en bodemtype. In rood zijn de wijzigingen weergegeven ten opzichte van de LAC'91 (Hierna toegelicht)

		landgebruik					
		Akkerbouw			Akkerbouw voor veevoer		
Bodemtype:		zand	klei	veen	zand	klei	veen
Arseen	As	30	50	50	30	50	50
Cadmium	Cd	1	2	3	1	3	2(5) ¹
Chroom	Cr	100	180	140	100	180	140
Koper	Cu	50	160	200	50	80	80
Kwik	Hg	2	2	2	2	2	2
Lood	Pb	100	200	200	100	200	200
Nikkel	Ni	15	50	60	15	50	60
Zink	Zn	150	350	350	150	660	720

		Groente			Beweid grasland		
Bodemtype:		zand	klei	veen	zand	klei	veen
Arseen	As	30	50	50	30	50	50
Cadmium	Cd	1	2	5	1	2	3
Chroom	Cr	100	180	140	100	180	140
Koper	Cu	50	160	200	30/50	30/80	30/80
Kwik	Hg	2	2	2	2	2	2
Lood	Pb	100	200	200	150	150	150
Nikkel	Ni	15	50	60	15	50	60
Zink	Zn	150	350	350	150	660	720

		Fruit			Sierteelt		
Bodemtype:		zand	klei	veen	zand	klei	Veen
Arseen	As	30	50	50	30	50	50
Cadmium	Cd	1	2	5	5	10	10
Chroom	Cr	100	180	140	100	180	140
Koper	Cu	50	160	200	50	160	200
Kwik	Hg	2	2	2	2	2	2
Lood	Pb	100	200	200	340	480	590
Nikkel	Ni	15	50	60	15	50	60
Zink	Zn	150	660	720	150	660	720

¹ waarde van 2 volgt uit de lagere advies pH voor veengronden (4.8). Bij pH waarden tussen 5 en 6 is 5 mg kg⁻¹ voldoende.

Aanvullende opmerkingen per metaal

Arseen

- LAC2006 is gelijk aan LAC'91
- Oude warenwet norm gebruik als indicatie. Metingen in bodem en gewas tonen aan dat de LAC'91 beschermend genoeg is.

Cadmium

- Voor cadmium zijn in de meeste gevallen bodem plant relaties toegepast; voor gras is daarbij gebruik gemaakt van recente data uit de Kempen (alleen voor zand). De bodem plant relatie uit het landelijk bestand/Maasoever resulteert voor Cd in gras in hoge waarden voor de LAC (LAC2006 > IW) die, zo bleek uit het veldonderzoek in de Kempen (Rietra et al., 2004) zou leiden tot overschrijding van de gewasnorm. De waarde van 2 is gerelateerd aan onderzoek in licht tot (zeer) sterk verontreinigde gronden (Römkens et al., 2006). Bij hogere waarden dan 2 (bodem – plant relatie bij pH 5) à 3 mg kg⁻¹ (veldmetingen in sterk verontreinigde gronden) blijkt de veevoedernorm te worden overschreden.
- In het algemeen geldt dat de LAC'91 waarden aan de lage kant zijn indien de kwaliteit van gewassen en veevoer als criterium geldt. Onderzoek aan gras en maïs in de Kempen laat geen normoverschrijdingen zien in gras tot 3 mg.kg⁻¹ in de bodem (Rietra et al., 2005). Verhoging naar 2 (zand) of 3 (klei, veen) lijkt beschermend genoeg. Dat zelfde geldt voor de LAC akkerbouw voor veevoer; voorstel is deze te verhogen naar 1 (zand) en 2 (klei/veen). Voor zandgrond is daarom een generieke waarde van 1 mg kg⁻¹ (muv sierteelt) het beste compromis, bovendien blijkt uit een recent onderzoek naar de accumulatie van cadmium in de nieren van runderen (Römkens et al., 2007) dat een cadmium gehalte van 2 mg kg⁻¹ in de bodem mogelijk al leidt tot normoverschrijding in de nier (warenwet). Deze berekeningen zijn gedaan met een model dat nog niet generiek toepasbaar is, daarom is voor de functie beweide grasland ook de eenvoudige benadering van de lineaire overdracht gebruikt.
- Opname van cadmium bij de functie beweide grasland leidt, itt de overige gebruiksvormen tot een *lagere* LAC2006 waarde wanneer de kwaliteit van orgaanvlees als criterium gehanteerd wordt. Bij de huidige normen voor nieren (1 mg kg⁻¹) en lever (0.5 mg kg⁻¹) volgt uit de berekeningen (zie ook annex 1 en 2) dat al bij cadmiumgehalten van 1 a 1.5 mg kg⁻¹ warenwetnormen overschreden kunnen worden. Uit metingen in de Kempen blijkt inderdaad dat al bij cadmium gehalten onder de LAC'91 waarde (2 mg kg⁻¹) warenwetnorm overschreden kunnen worden. De berekende waarde voor de LAC2006 is overigens wel gevoelig voor de gehanteerde (lineaire) modelcoëfficiënten. Deze berekening is gebaseerd op een BAF van 2.99 conform de literatuur.
- Ophoging van LAC2006 akkerbouw naar 1.0 voor zand lijkt beschermend genoeg (data tarwe waarschijnlijk beïnvloed door atmosferische depositie). Recente data uit de Kempen (Rietra en Römkens, 2007) tonen aan dat een advieswaarde van 1.0 beschermend genoeg is. Groente is in principe gevoeliger en daar is een waarde van 1.0 ook beschermend genoeg (waarde van 1 gebaseerd op sla en andijvie). Voor klei en veen eveneens voorstel om de LAC2006 voor deze bodemtypen te verhogen. *Noot:* voor enkele zeer specifieke gewassen als schorseneer, maar ook

voor prei is zelfs de bestaande LAC van 0.5 in sommige gevallen niet beschermend genoeg (normoverschrijding in prei bij cd gehalten in de bodem van 0.3 mg kg^{-1} , Rietra en Römken, 2007).

- Voor akkerbouw klei zou op basis van de bodem – plant relatie een advieswaarde van 0.7 nodig zijn. Handhaving van de huidige LAC (1.0) lijkt gezien de hoogte van de achtergrondwaarde (0.5 in klei, 0.6 in standaardbodem) reëel. Voor akkerbouw klei is de relatie voor tarwe gebruikt en die leidt tot relatief lage LAC2006-waarden, die bovendien lager zijn dan die voor groente. Of de akkerbouwgewassen inderdaad gevoeliger zijn, valt te betwijfelen. De lage LAC2006 voor akkerbouw is waarschijnlijk een gevolg van de hoge gehalten in tarwe die deels verklaard worden door hogere atmosferische depositie in de jaren 80.
- De LAC'91 waarden voor fruit zijn zeer conservatief. Opname van cadmium door groente is veelal hoger dan die voor fruit. Voorstel is dan ook om de waarden voor groente ook voor fruit over te nemen.

Chroom

- LAC'91 waarden liggen hoger dan nieuwe IW. LAC2006-waarden voor alle functies zijn gelijk gesteld aan de IW waarden voor zand, klei en veen (100, 180 en 140 mg kg^{-1} respectievelijk)
- Deze LAC2006-waarden zijn zeer indicatief, er is enerzijds geen gewasnorm of veevoedernorm en anderzijds zijn er geen gegevens die iets zeggen over de kwaliteit van de gewassen.
- Behoeft aan nieuwe data

Koper

- De oude LAC waarden liggen deels hoger dan de huidige Interventiewaarde (vooral voor klei voor akkerbouw, groente, sierteelt en fruit). LAC2006 voor deze categorieën wordt daarom gelijk aan IW (160 mg kg^{-1})
- LAC2006 voor beweide grasland komt lager uit dan huidige LAC (voor zand 20). Handhaving van de huidige waarde van 30 lijkt redelijk omdat in de praktijk blijkt dat bij deze gehalten (koper tussen 20 en 30) geen effecten van koper op schapen zijn aangetoond (Straetmans et al., 2005).
- Waarde voor veevoer op basis van norm in gewas zou van 50 naar 150 (zand) verhoogd kunnen worden. Basis is echter relatief zwak. Omdat ook voor de overige categorieën weinig informatie bestaat (Zie volgende punt) is voorstel om 50 voor Cu in zand te handhaven. Bovendien ligt 150 mg kg^{-1} boven de interventiewaarde voor koper (correctie voor zandgrond). Handhaving van 50 ligt daarmee ook voor de hand.
- Voor akkerbouw, groente fruit en sierteelt zijn weinig data die kunnen leiden tot een aanpassing van de LAC (nu 50 voor zand). De opname van koper door gewassen is gering en lijkt vrijwel onafhankelijk van het gehalte in de bodem.
- Ofschoon de LAC2006 voor beweide grasland op veen en akkerbouw veevoer volgens de berekening hoger zou kunnen worden, lijkt het redelijk om de huidige LAC te handhaven. De overdracht van bodem naar gras en dier voor koper is zwak onderbouwd (data en modelconcepten) en de huidige LAC ligt in veel

gevallen boven de gangbare gehalten in de bodem. Voor uitzonderingsgebieden zoals het veenweidegebied zijn nieuwe data essentieel om de overdracht van grond en voer naar vooral schaaap beter te kunnen onderbouwen.

Kwik

- Geen reden om huidige LAC te wijzigen, LAC'91 van 2 mg.kg^{-1} lijkt op basis van nieuwe berekeningen veilig genoeg
- Behoeftte aan nieuwe data

Nikkel

- LAC'91 voor veen (70) ligt iets hoger dan nieuwe IW voor veen. LAC2006 afronden op IW (60 mg kg^{-1})
- Gegevens voor nikkel ontbreken, bovendien zijn er geen normen voor nikkel in het gewas of dierlijk product.
- Behoeftte aan nieuwe data

Lood

- Voor lood lijkt de LAC'91 voor akkerbouw op zand en klei niet beschermend genoeg (overschrijdingen warenwetnorm in tarwe en aardappel). Probleem voor lood is dat het effect van atmosferische depositie sterk is afgenomen (maar in huidige dataset is dat niet zichtbaar, want de data zijn uit de 80-er jaren). Op basis van bestaande data zou een LAC-zand akkerbouw van 50 en 120 mg kg^{-1} voor respectievelijk zand en klei beter zijn. Gezien het gebrek aan goede data (vooral voor lood gezien de afname van de atmosferische depositie) is de technisch wetenschappelijk basis om de LAC van 100 naar 50 te verlagen echter niet sterk onderbouwd. Voor klei is de keuze om de LAC2006 te verlagen van 200 naar 120 om diezelfde reden ook matig onderbouwd. Bovendien is meermaals aangetoond dat in kleiige gronden de opname van lood zeer gering is, zelfs bij extreme gehalten aan lood in de bodem (Römkens et al., 2006). Recente data uit de Kempen (Rietra en Römkens, 2007) tonen echter aan dat voor gewassen als prei en schorseneer op zand ook bij gehalten aan lood van minder dan 50 mg kg^{-1} de warenwetnorm overschreden wordt. Er kon echter geen goede relatie tussen bodem- en gewaskwaliteit afgeleid worden. Gezien de conflicterende informatie en het feit dat de gemeten normoverschrijding al bij extreem lage loodgehalten in zand voorkomt, is het voorstel om de LAC'91 te handhaven, maar wel na te gaan of de huidige gewaskwaliteit voldoet in bodems met verhoogde loodgehalten, zeker in diffuus belaste gebieden.
- LAC'91 voor sierteelt ligt boven interventiewaarde voor klei en veen. Voorstel is om LAC2006 daarom op IW niveau te leggen (IW-lood voor zand, klei en veen zijn resp. 340, 480 en 590 mg kg^{-1})
- Voor lood lijkt het noodzakelijk nieuwe data te verzamelen, alleen al om de verandering in atmosferische depositie en de effecten daarvan op de gewaskwaliteit te onderzoeken. Daarnaast is de huidige informatie niet eenduidig.

Zink

- Voorstel om LAC-zand (alle categorieën) op te hogen naar 150. Dit is gebaseerd op de berekende waarde voor akkerbouw veevoer. Voor zink gelden alleen (indicatieve) veevoedernormen (150 of 250 mg kg⁻¹ in complete ruwvoerders). Overschrijding van deze norm bij gehalten lager dan 150 mg kg⁻¹ in de bodem zijn niet waarschijnlijk. De huidige LAC is 200 mg kg⁻¹ en die is daarmee aan de soepele kant.
- LAC klei en veen zijn relatief laag in verhouding tot risico's. Conform de uitgangspunten (aanpassen LAC'91 indien goede bodem-plant relatie bestaat), is daarom een verhoging tot IW waarde vanuit productkwaliteit redenerend geen probleem. Voorstel is daarom afkappen op IW waarde.

3.3 Voorstel voor LAC2006-waarden: organische contaminanten

In tabel 3.3 staat een overzicht van de huidige LAC waarden, AW2000 waarden (standaardbodem), Interventiewaarden (standaardbodem) en deels herberekende LAC waarden voor die stoffen waarvoor modellen voldoende geparameteriseerd waren (voor meer details wordt verwezen naar het rapport van de Vries et al., 2007).

Voor een groot aantal verbindingen voor de bestaande LAC zijn geen andere of betere gegevens. De in de tabel vermelde herberekende LAC waarden (de Vries et al., 2007) gebaseerd op de modellen van Trapp and Matthies (1995) en Travis and Arms (1988) zijn de minimumwaarden van de verschillende criteria. Per stof staan in bijlage 9 de toegepaste criteria.

Uit de berekeningen blijkt dat de herberekende LAC waarden vele malen lager (strenger) zouden zijn dan de huidige LAC waarden. Wanneer de herberekende LAC waarden met AW2000 vergeleken worden dan blijkt dat deze voor DDT, PAK en Endrin in dezelfde orde van grootte liggen. De originele LAC waarden liggen hier ver boven. Voor Aldrin en Dieldrin daarentegen zijn de herberekende LAC2006-waarden lager dan de AW2000 normwaarde.

Uiteindelijk zijn er twee alternatieven:

1. Handhaving oude LAC met correctie voor alle LAC'91 waarden die nu boven de IW liggen (o.a. drins, DDT, HCH). De onderbouwing van de berekeningen is erg afhankelijk van de gekozen rekenmethode. De eerder afgeleide LAC'91 is ook gebaseerd op berekeningen van de overdracht van bodem en gewas naar product. De discrepantie tussen beide benaderingen is echter groot.
2. Toepassen van dezelfde afweging als bij metalen, nl de berekende waarde aanhouden indien deze hoger is dan AW2000 en lager dan IW. In andere gevallen hetzij AW2000 of IW aanhouden. In tabel 3.4 is in de laatste kolom de aldus bepaalde LAC weergegeven.

Uiteindelijk blijkt het verschil tussen optie 1 en 2 gering. Optie 1 leidt alleen voor DRINS en DDT tot een iets strengere LAC2006

Tabel 3.3. Overzicht van berekende indicatieve LAC2006-waarden, LAC'91, IW en AW2000 waarden voor enkele organische verbindingen in mg kg⁻¹ ds voor de standaardbodem. Cijfers in rood wijken af van de LAC'91. Tussen haakjes de LAC2006 volgens optie 2, alleen daar waar het verschil uitmaakt met optie 1

	berekende waarde	LAC'91		AW2000	IW Std bod.	LAC2006
		gras	maïs			
Aldrin/ Dieldrin	0.0016	0.3	0.5	0.015 ¹	0.14 ¹	0.015 (0.14)
Endrin	0.056	0.2	0.4	0.015 ¹	0.14 ¹	0.056 (0.14)
DDT	0.16	2.5	4	0.2	1	0.2 (1)
α-HCH	-	0.3	0.5	0.001	17	0.3/0.5
β-HCH	-	0.1	0.2	0.002	1.6	0.1/0.2
γ-HCH	-	2.5	4	0.003	1.2	1.2
Heptachloor	-	0.1	0.2	0.0007	4	0.1/0.2
HCB	-	0.3	0.5	0.0085	2.0	0.3/0.5
PCB153	-	0.1	0.2	0.02 ²	1 ²	0.1/0.2
PCB138	-	0.1	0.2	0.02 ²	1 ²	0.1/0.2
Dioxinen	-	1 e-5 ³	1 e-5 ³	1 e-5 ³	0.00036 ³	1 e-5
PAK	3.4 ⁴	-	-	1.5 ⁴	40 ⁴	3.4

¹ som drins incl isodrin

² som 7 PCB's

³ som I-TEQ

⁴ som-PAK (10)

Conclusies

Uit de analyse van de beschikbare data blijkt dat er voor cadmium, zink en in mindere mate lood en koper een bruikbare relatie bestaat tussen het gehalte in het gewas enerzijds en het gehalte in de bodem in combinatie met bodemeigenschappen anderzijds. Voor metalen als Cr, Ni, Hg en As kunnen dergelijke relaties niet aangetoond worden op basis van de huidige gegevens.

Met behulp van een bodem – plant relatie kan vervolgens een metaalgehalte in de bodem bepaald worden waarbij van te voren gedefinieerde gewasnormen (of normen in dieren via doorvertaling naar een orgaan) niet meer gerealiseerd kunnen worden. Dit betekent dat dergelijke bodemnormen meer dan tot nu toe bodemspecifiek kunnen zijn (naast generieke LAC2006-waarden zoals vermeld in tabel 3.2 die bepaald zijn op basis van te voren bepaalde generieke waarden voor organische stof, klei en pH voor de drie onderscheiden bodemtypen).

Belangrijk om te vermelden is dat dergelijke relaties uitsluitend gebaseerd zijn op metingen in normale landbouwgewassen en bodems. Data uit potproeven, experimenten op veldschaal etc. zijn daarbij niet meegenomen. De beschikbaarheid van data is echter beperkt, sinds de 80-er jaren is er, met uitzondering van de Kempen en het Veenweidegebied, niet op systematische wijze onderzoek gedaan naar de gehalten aan metalen in gewas en bodem (de combinatie, alleen bodem en of gewasdata zijn er uiteraard wel). Omdat sinds de 80-er jaren de atmosferische depositie van uit de lucht sterk is afgenomen (vooral voor lood en in mindere mate voor cadmium) is de verwachting dat dit van invloed is op de huidige gehalten in de gewassen. Zo suggereren recente data uit de Kempen dat de gehalten in het product beïnvloed worden door atmosferische depositie: de cadmiumgehalten in gewassen nu geteeld op bodems die meer cadmium bevatten zijn lager dan die in gewassen van buiten de Kempen uit de 80-er jaren.

De voorstellen voor de LAC2006-waarden liggen veelal in dezelfde orde van grootte als de oude LAC waarden of zijn soepeler. In het bijzonder voor cadmium lijkt het versoepelen van de LAC voor een aantal gebruiksfuncties reëel. De grootste meerwaarde van het toepassen van de bodem-plant relaties om te komen tot de LAC2006 is dan ook niet dat deze sterk afwijken van de huidige LAC waarden maar dat de invloed van bodemeigenschappen meer expliciet meegenomen kan worden. Voor een aantal metalen (Cr, Cu, Pb en Ni) geldt dat de oude LAC'91 waarden hoger zijn dan de nieuwe Interventiewaarden. Voor die gebruiksvormen waar dat het geval is, zijn de LAC2006-waarden naar beneden bijgesteld.

De afgeleide bodem – plant relaties worden tevens ingepast in de risicotoolbox waardoor ook bij het afleiden van de lokale maximale waarden voor landbouw op dezelfde manier een aan risico's gerelateerd maximaal gehalte in de bodem kan worden bepaald. Een verschil met de generieke LAC2006-waarden is dat de lokale Maximale Waarden voor landbouw bepaald kunnen worden op basis van lokale

bodemeigenschappen en dus getalsmatig kunnen variëren tussen locaties binnen een gemeente of regio. Bovendien kan een lokale Maximale Waarde afgeleid worden voor een specifiek gewas (bijvoorbeeld sla) in plaats van de keuze voor een representatief gewas per bodemgebruiksvorm.

Het ontbreken van recente data op het gebied van de gewaskwaliteit in relatie tot de bodemkwaliteit vormt een beperking voor de afleiding van de LAC2006. Niet alleen is het waarschijnlijk dat de relatie tussen bodem en gewas beter wordt omdat de bijdrage van atmosferische depositie is afgenomen (die uiteraard bijdraagt aan de ruis in de bodem-plant relatie), maar het is ook waarschijnlijk dat de huidige gehalten in de gewassen lager liggen (zeker voor lood en waarschijnlijk ook voor cadmium). Daarmee zijn de nu afgeleide LAC2006-waarden zeker niet te soepel en eerder aan de conservatieve kant, ondanks dat ze voor cadmium hoger zijn dan de eerdere LAC signaalwaarden.

Buiten de in dit rapport vermelde metalen is de beschikbaarheid van informatie over andere metalen zeer gering. Voor mogelijk andere relevante (Ba, Se, Mo, V) metalen is er op landsdekkend niveau hoegenaamd geen informatie.

Literatuur

Beresford, N., R.W. Mayes, N.M.J. Crout, P.J. MacEachern, B.A. Dodd, C. Barnett and C. Stuart Lamb, 1999. Transfer of Cadmium and Mercury to Sheep Tissues. *Environ. Sci. Technol.* 33 (14), 2395-2402.

Brus, D.J., J.J. de Gruijter, D.J. Walvoort, F. de Vries, P.F.A.M. Römken en W. de Vries, 2002. Landelijke kaarten van de kans op overschrijding van kritieke zwaremetaalgehalten in de bodem van Nederland. Alterra rapport 124.

Chang, A.C., T.C. Granato and A.L. Page, 1992. A methodology for establishing phytotoxicity criteria for chromium, copper, nikkel, and zinc in agricultural land application of municipal sewage sludge. *J. Environ. Qual.* 21, 521-536.

Driel, van, W., W. Stuurmans, J.M.J. Dekkers, W. de Vries, G. Vos en M.J.J. Stienen, 1987a. Zware metalen in oevergronden en daarop verbouwde gewassen in het stroomgebied van Maas, Geul en Roer in de provincie Limburg. 1. Algemene gegevens en samenvatting van de resultaten. Rapport van de projectgroep zware metalen in oevergronden van Maas en zijrivieren, 81 pp.

Driel, Van, W., W. Stuurmans, J.M.J. Dekkers, W. de Vries, G. Vos en M.J.J. Stienen, 1987b. Zware metalen in oevergronden en daarop verbouwde gewassen in het stroomgebied van Maas, Geul en Roer in de provincie Limburg. 2. Documentatie van onderzoeksgegevens. Rapport van de projectgroep zware metalen in oevergronden van Maas en zijrivieren, 64 pp.

Driel, Van, W., B. van Luit, W. Schuurmans, W. de Vries en M.J.J. Stienen, 1988. Zware metalen in oevergronden en daarop verbouwde gewassen in het stroomgebied van Maas, Geul en Roer in de provincie Limburg. 3. Bodem-gewasrelaties. Rapport van de projectgroep zware metalen in oevergronden van Maas en zijrivieren, 51 pp.

Dijkshoorn, W., W. van Broekhoven and J.E.M. Lampe, 1979. Phytotoxicity of zinc, nickel, cadmium, lead, copper and chromium in three pasture plant species supplied with graduated amounts from the soil. *Neth. J. Agric. Sci.* 27 (3), 241-253.

EU, 2001. Verordening nr. 466/2001 van 8 maart 2001, tot vaststelling van maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen Pb EG L 77.

EU, 2006. Verordening nr. 1881/2006 van 19 december 2006, tot vaststelling van maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen.

EU, 2002. Richtlijn 2002/32/EG van het Europees parlement en de raad van 7 mei 2002 inzake ongewenste stoffen in diervoeding.

EU, 2006. Verordening (EG) Nr. 479/2006 van de commissie van 23 maart 2006 wat betreft de verlening van een vergunning voor bepaalde toevoegingsmiddelen, behorende tot de groep „Verbindingen van sporenelementen”. Publicatieblad van de Europese Unie L86/4.

Kabata-Pendias, A. and H. Pendias, 1992. Trace Elements in soils and plants. 2nd ed., CRC press, Boca Raton.

Landbouwadviescommissie, 1991. LAC-signaalwaardenrapport: signaalwaarden voor het gehalte van milieukritische stoffen in de bodem met het oog op landbouwkundige gebruiksmogelijkheden van verontreinigde gronden. Ministerie van LNV, Den Haag, december 1991.

Ma, W.C., A.T.C. Bosveld en D.B. van den Brink, 2001. Schotse hooglanders in de broekpolder? Analyse van de veterinaire-toxicologische risico's van de verontreinigde bodem voor grote grazers. Alterra rapport 260. Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte, Wageningen, 64 pp.

MacNicol, R.D. and P.H.T. Beckett, 1985. Critical tissue concentrations of potentially toxic elements. Plant Soil 85, 107-129.

Mortvedt, J.J., F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch, 1991. Micronutrients in agriculture. 2nd edition, The Soil Science Society of America Book Series, No 4, SSSA, Madison, WI, 760 pp.

Nijs, de, A.C.M., A. Wintersen, L. Posthuma, J. Lijzen, P.F.A.M. Römken, en D. de Zwart, 2007. Het webportaal: www.risicotoolboxBodem.nl. Modelbeschrijving. RIVM rapport 711701067/2007.

Puls, R., 1988. Mineral Levels in Animal Health: diagnostic Data. 2nd edn., Sherpa International, Clearbook, BC, Canada.

Rietra, R.P.J.J., P.F.A.M. Römken en J. Japenga, 2004. Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen. Onderzoek naar relatie tussen cadmium en zinkgehalte in de bodem en in het gewas in de gemeente Cranendonck. Alterra rapport 974.

Rietra, R.P.J.J., P.F.A.M. Römken en J. Japenga, 2005. Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2004; vervolgonderzoek naar relatie tussen cadmium en zinkgehalte in de bodem en in het gewas in de gemeente Cranendonck. Alterra rapport 1167..

Rietra, R.P.J.J. en P.F.A.M. Römken, 2007. Cadmium en zink in de bodem en landbouwgewassen in de Kempen 2006. Alterra rapport 1422.

Rietra, R.P.J.J. en P.F.A.M. Römken, 2007. Actief Bodembeheer Toemaakdekken. Risico's van bodemverontreiniging voor de kwaliteit van veevoer en de gehalten aan lood en cadmium in orgaanvlees in het Veenweidegebied. Alterra rapport 1433.

Römken, P.F.A.M., R.P.J.J. Rietra en F.P. Sival, 2006. Cadmium in bodem en gras in het natuurgebied in en nabij de Malpiebeemden. Onderzoek naar de kwaliteit van veevoer in relatie tot gezondheidsrisico's voor grazers. Alterra rapport 1299.

Römken, P.F.A.M., R.P.J.J. Rietra en P.F. Otte, 2006. Resultaten inventariserend onderzoek bodem en gewas in de moestuin te den Bommel, gemeente Oostflakkee. Alterra rapport 1352.

Römken, P.F.A.M., M.J. Zeilmaier, R.P.J.J. Rietra, C.A. Kan, J.C.A. van Eijkeren, L.W.D. van Raamsdonk en J.P.A. Lijzen, 2007. Blootstelling en opname van cadmium door runderen in de Kempen: een modelstudie. Alterra rapport 1438.

Sauerbeck, D., 1983. Welche Schwermetallgehalte in Pflanzen dürfen nicht überschritten werden, um Wachstumsbeeinträchtigungen zu vermeiden? Landwirtschaftliche Forschung Sonderheft 39, 108-129.

SenterNovem, 2007. Concept Handreiking Besluit bodemkwaliteit. SenterNovem Bodem⁺, Den Haag.

Sheppard, S.C., 1992. Summary of phytotoxic levels of soil arsenic. Water Air Soil Poll. 64, 539-550.

Smilde, K.W., 1976. Toxische gehalten aan zware metalen (Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, en Cd) in grond en gewas: een literatuuroverzicht. Nota Instituut voor Bodemvruchtbaarheid no. 25. I.B., Haren (Gr.).

Straetmans, E.H.F.M., P.F.A.M. Römken en C.J.H. Bes, 2005. Veel Koper, weinig wol? Bodem, 15(3): 112-114/122

Trapp, S. and M. Matthies, 1995. Generic one-compartment model for uptake of organic chemicals by foliar vegetation. Environ. Sci. Technol. 29, 2333-2338.

Travis, C.C. and A.D. Arms, 1988. Bioconcentration of organics in beef, milk, and vegetation. Environ. Sci. Technol. 22 (3), 271-274.

Van Hooft, W.F., 1995. Risico's voor de volksgezondheid als gevolg van blootstelling van runderen aan sporenelementen bij beweiding. Rapport nr. 693810 001. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Bilthoven, 123 pp.

Versluijs, C.W. en P.F. Otte, 2001. Accumulatie van metalen in planten. Een bijdrage aan de evaluatie van de interventiewaarden en locatiespecifieke risicobeoordeling van verontreinigde bodem. RIVM rapport 711701 024. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, 138 pp.

VHI, 1997. Veterinaire Milieuhygienewijzer. Veterinaire Hoofdinspectie van de Volksgezondheid, Rijswijk, 391 pp.

Vries, de, W., P.F.A.M. Römken, L.T.C. Bonten, R.P.J.J. Rietra, W.C. Ma en J. Faber, 2007. De invloed van bodemeigenschappen op kritische gehalten voor zware metalen en organische microverontreinigingen in de bodem. Alterra rapport 817 (in druk)

VROM, 2006. Besluit Bodemkwaliteit. Staatscourant, 30 maart 2006.

Wezel Van, A., W. de Vries en M. Beek (eds.), 2003. Bodemgebruikswaarden voor landbouw, natuur en waterbodan. RIVM rapport 711701031.

Wiersma, D., B.J. van Goor en N.G. van der Veen, 1985. Inventarisatie van cadmium, lood, kwik en arseen in Nederlandse gewassen en bijbehorende gronden. Rapport 8 -85. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.).

Bijlage 1 LAC2006 Cadmium: een overzicht van bodem – plant relaties en afleidingsmethoden voor de LAC2006 voor gewaskwaliteit en diergezondheid

B1.1 Inleiding

Voor cadmium is voor een groot aantal gewassen bodem - plant relaties afgeleid. In deze toelichting staat een overzicht van zowel de bodem - plant relaties als de afleiding voor de verschillende categorieën: akkerbouw, veeteelt, vollegrondsgroente. Daar waar nodig is onderscheid gemaakt tussen de directe afleiding van een LAC op basis van een norm in het gewas en de bijbehorende bodem plant relatie en die op basis van normen in dierlijke organen en of diergezondheid. In deze bijlage komt achtereenvolgens aan de orde:

1. afleiding van de kritische bodemgehalten gebaseerd op gewasnormen (warenwet en veevoedernorm)
2. afleiding van kritische bodemgehalten gebaseerd op productnormen (nieren en levers) van runderen en schapen
3. afleiding van kritische bodemgehalten gebaseerd op interne kritische gehalten in organen in relatie tot diergezondheid

B 1.2 Kritische bodemgehalten voor gewassen gebaseerd op gewasnormen en bodem- plant relaties

In Tabel B1.1 staan de bodem – plant relaties die zijn afgeleid van de 4 beschikbare datasets, het landelijk IB bestand, het bestand met resultaten van vakkenproeven met onbehandelde bodems (IB6306) met de aantekening dat hierin alleen zand- en kleigronden opgenomen zijn (geen veen), het Maasoever bestand en de data voor gras en maïs uit de Kempen uit 2004 (Rietra et al., 2004). Alle in deze studie toegepaste data staan in Annex 10 (per gewas). Het gehalte in het gewas wordt steeds als volgt berekend:

$$\text{Log}[\text{Cd-gewas}] = \alpha + \beta * \text{log}[\text{SOM}] + \gamma * \text{log}[\text{klei}] + \delta * \text{pH} + \epsilon * \text{log}[\text{Cd-bodem}] \quad [\text{B1.1}]$$

De uiteindelijke keuze van de dataset voor elk gewas is mede gebaseerd op het vóórkomen van normoverschrijdingen in het gewas. Zo komt voor gras geen normoverschrijding voor in de data uit het landelijk bestand en de maasoever hetgeen resulteert in extreem hoge kritische gehalten in de bodem bij terugrekenen vanuit een plantnorm. Voor gras is daarom de relatie uit de Kempen gebruikt, zowel voor zand, klei als veenbodem. Daarentegen komen er voor maïs geen normoverschrijdingen voor in het Landelijk en het Kempen bestand en is in dat geval de relatie gebaseerd op de data van het maasoeverbestand. Het samenvoegen van de genoemde bestanden levert soms geen betere of zelfs slechtere bodem – plant relatie op.

Aansluitend is per gewas aangegeven welke van de 4 genoemde datasets zijn gebruikt (tabel B1.2). In annex 10 staan de per gewas toegepaste data.

Tabel B1.1 Bodem – plant relaties voor cadmium

	Coëfficiënten Bodem plant relatie						se(Y)
	INT α	SOM β	Klei γ	pH δ	Q ε	R ²	
Aardappel	0.97	-0.41	-0.20	-0.21	0.81	0.78	0.26
Andijvie	2.35	-0.44	-0.18	-0.28	0.58	0.66	0.24
Gerst	-1.02	-0.14	ns	ns	0.57	0.80	0.19
Gras	1.45	ns	ns	-0.38	1.22	0.63	0.23
Maïs	0.90	ns	-0.32	-0.21	1.08	0.50	0.28
Prei	2.52	-1.22	-1.00	-0.24	1.40	0.48	0.29
Radijs	1.03	-0.39	-0.20	-0.11	0.67	0.74	0.18
Sla	2.55	-0.39	-0.19	-0.33	0.85	0.71	0.16
Spinazie	2.19	-0.4	ns	-0.29	0.77	0.49	0.2
Suikerbiet	1.33	ns	-0.13	-0.22	0.62	0.83	0.15
Tarwe	0.22	-0.33	-0.04	-0.12	0.62	0.64	0.2
Tomaat	1.52	-0.75	ns	-0.21	0.51	0.41	0.25
Waspeen	1.00	ns	ns	-0.20	0.29	0.43	0.25

Tabel B1.2. Toelichting mbt de gebruikte data voor de afleiding van de bodem – plant relaties per gewas

Gewas	gebruikte data
Aardappel	Data uit IB-6306. Toepassing op data uit landelijk/maasoever bestand levert goede fit op.
Andijvie	Data Maasoever plus IB-6306. Gecombineerd (n= 110) is de range groter dan alleen Maasoever (mn voor zand) en is de fit gelijk aan alleen Maasoever)
Gerst	Data IB-6306, data landelijk bestand gaven nauwelijks relatie.
Gras	Data Kempen, in landelijk/Maasoever geen (gewas)normoverschrijding en dientengevolge extrapolatie bij de berekening van het kritische bodemgehalte
Maïs	Data Maasoeverbestand. Data uit landelijk/Kempen bestand hebben geen normoverschrijding. Gecombineerd is de fit minder goed.
Prei Maas	Data Maasoeverbestand, landelijk bestand bevat geen data voor prei.
Sla Hoog	Combinatie van landelijk en Maasoever bestand, alleen data met cadmium-bodem > 0.8 mg kg ⁻¹ , zie opmerking aansluitend aan de tabel.
Spinazie	Data landelijk bestand, met een selectie van kalkloze gronden, zie opmerking aansluitend aan de tabel
Suikerbiet	Landelijk bestand en Maasoever, alle data
Tarwe	Landelijk bestand en Maasoever, alle data
Tomaat	Landelijk bestand, alle data
Waspeen	Landelijk bestand, alle data
Radijs	IB-6306 alle data

Toelichting voor gewassen waarbij een deel uit de dataset is gebruikt.

Voor sla en spinazie bleek dat het eenvoudigweg toepassen van alle data tot een afwijkende relatie leidt dan die gebaseerd op een deel van de data. Het uiteindelijke doel van deze bodem plant relaties is niet zozeer het berekenen van de gehalten in de plant, maar het afleiden van een kritisch bodemgehalte waarbij een plantnorm overschreden wordt. De kwaliteit van de bodem-plant relatie in het 'hogere' (lees: die datapunten met een hoog cadmium gehalte) traject is daarom in deze belangrijker dan de fit in het lage traject. Zeker wanneer blijkt dat er een sterk effect is binnen de dataset (noot: uiteindelijk is dat alleen voor sla en spinazie het geval) verdient het de

voorkeur om, in geval van normstelling, te kiezen voor die selectie die de meest reële kritische waarde voor cadmium in de bodem oplevert.

Zo bleek voor spinazie dat het meenemen in de regressie van monsters die kalk bevatten (met pH waarden hoger dan 7) leidt tot een duidelijk slechtere bodem-plant relatie. Het bleek dat in gronden met kalk de opname van cadmium (voor spinazie) niet meer varieert ongeacht de (grote) variatie in het bodemgehalte. De hier gepresenteerde bodem-plant relatie is daarom gebaseerd op de monsters met minder dan 1% kalk.

Voor sla bleek dat vooral monsters met een cadmiumgehalte in de bodem van minder dan 0.8 mg kg^{-1} de kwaliteit van de bodem-plant relatie sterk verslechteren. Dit kan te wijten zijn aan de verminderde beschikbaarheid van cadmium in het lage traject of aan een grotere ruis in de data bij lagere gehalten. Voor beide argumenten geldt echter dat het voor veel andere gewassen geen of een mindere rol speelt.

In Tabel B1.3 staan de uiteindelijke kritische cadmiumgehalten in de bodem waarbij de betreffende norm in het gewas overschreden wordt. Daarbij zijn voor zand-, klei-, en veengronden dezelfde bodemeigenschappen aangehouden als in van Wezel et al. (2003), deze staan ook in onderstaande tabel.

De daarbij gehanteerde normen in het gewas staan vermeld in Tabel B1.4. De gehanteerde droge stof percentages zijn de gemiddelden van de gemeten waarden. Voor veevoer is daarbij geen correctie gemaakt, de norm van 1 geldt voor een product dat 12% vocht bevat.

Uit de data in Tabel B1.3 blijkt dat de spreiding in het kritische cadmiumgehalte waarbij de betreffende norm overschreden wordt in zand- en kleigronden beperkt is, zeker wanneer we verschillen in opname tussen gewassen en de verschillen in de kwaliteit van de data in acht nemen.

Voor zandgronden varieert het kritische bodemgehalte van waarden rond 1 mg kg^{-1} (tarwe, suikerbiet, radijs en tomaat) tot 2 à 3 voor veevoer (gras en maïs). In kleigronden neemt het kritische bodemgehalte tot waarden van 7 à 8 voor zowel veevoer als groente. In veengronden tenslotte is de variatie in de kritische gehalten het grootst en lopen deze op tot ruim 40 mg kg^{-1} voor tomaat. In de database wordt in veengronden in sommige gevallen de gewasnorm echter niet overschreden en is tevens het bereik van de data beperkt. Daarnaast is het aantal monsters uit veengronden beperkt, zeker daar waar het groente en akkerbouw betreft. De absolute waarde van de berekende kritische gehalten in veengronden is daarom minder betrouwbaar dan die voor zand- en kleigronden, zeker daar waar het de uitschieters betreft (bijvoorbeeld tomaat, prei en andijvie).

Tabel B1.3. Berekende kritische cadmiumgehalten in de bodem waarbij de voor dat gewas geldende norm overschreden wordt

		Bodemtype			Standaard
		Zand	Klei	Veen	
	pH	5.5	6.5	6	6
	org. stof	3	3	30	10
	klei	3	25	15	25
Gewasgroep	Gewas	Kritisch cadmium gehalte bodem (mg kg ⁻¹ ds)			
Akkerbouw	Aardappel	1.3	4.0	8.4	5.5
	Tarwe	1.0	1.9	4.9	2.8
Veevoer	Gerst	1.9	1.9	3.4	2.6
	Gras ¹	3.7	7.6	5.3	5.3
	Maïs	2.5	7.2	5.0	5.8
	Suikerbiet	0.9	3.3	2.0	2.2
Groente	Andijvie	1.1	6.5	17.8	9.1
	Prei	1.3	8.5	36.0	19.9
	Radijs	0.9	2.6	7.0	4.3
	Sla	1.5	5.8	9.5	6.4
	Spinazie	1.4	3.4	7.3	4.1
	Tomaat	1.0	2.5	46.0	9.1
	Waspeen	1.2	5.8	2.6	2.6

¹ wanneer de gecombineerde Landelijk-Maasoever dataset gebruikt zou worden levert dit kritische waarden op van 23, 40 en 112 mg kg⁻¹ voor respectievelijk zand, klei en veen. De gecombineerde Kempen-Landelijk dataset leidt tot een kritische waarde van 6, 12 en 40 mg kg⁻¹ hetgeen aantoonbaar (in de Kempen) leidt tot forse gewasnormoverschrijding. Daarom is hier uiteindelijk gekozen voor toepassing van de Kempen dataset. De hier berekende kritische waarden lijken het meest reëel.

Tabel B1.4. Normen in het gewas voor de berekening van de kritische bodemgehalten voor cadmium

Gewasgroep	Gewas	Norm		ds %	geldende norm
		vers	droge stof		
Akker	Aardappel	0.1	0.42	24	warenwet
	Tarwe	0.2	0.24	85	warenwet
	Gerst	0.1	0.12	85	warenwet
Veevoer	Gras	1.0	1.10	88	veevoeder
	Maïs	1.0	1.10	88	veevoeder
	Suikerbiet	1.0	1.10	88	veevoeder
Groente	Andijvie	0.2	3.33	6	warenwet
	Prei	0.2	1.90	11	warenwet
	Radijs	0.1	1.25	8	warenwet
	Sla	0.2	4.00	5	warenwet
	Spinazie	0.2	3.33	6	warenwet
	Tomaat	0.05	1.00	5	warenwet
	Waspeen	0.1	0.83	12	warenwet

Voor tarwe en gerst is hier de warenwetnorm toegepast (meest kritisch). Indien beide gewassen als diervoeder gebruikt worden geldt uiteraard de norm van 1.0 mg kg⁻¹ (op 12% vocht). Voor beide gewassen geldt dan dat de bijbehorende kritische gehalten

(ver) boven de interventiewaarde liggen ($>> 10 \text{ mg kg}^{-1}$). Voor veevoer geldt dat de gewasnorm is uitgedrukt in een product dat 12% vocht bevat.

Voor landbouwkundige doeleinden is het echter ook relevant de advieswaarden voor de pH als basis te nemen. De berekende waarden in Tabel B1.3 zijn afgeleid bij dezelfde pH (per bodemtype verschillend uiteraard), maar de advieswaarde voor de zuurgraad is afhankelijk van het gewas en, uiteraard, het bodemtype. In Tabel B1.5 zijn nogmaals de kritische cadmiumgehalten in de bodem weergegeven, maar nu ook voor de aangegeven advieswaarde voor de pH. Hierbij is wel weer dezelfde combinatie van organische stof en textuur aangehouden omdat deze factoren ook van invloed zijn op de advieswaarde voor de zuurgraad. Waarden in groen geven aan dat het kritische gehalte voor cadmium in de bodem bij de advies-pH hoger ligt dan die afgeleid bij de generieke pH, rood betekent een lagere kritische waarde. Vooral voor veen blijkt dat de advies-pH lager is dan de generieke pH die eerder is toegepast. Dat resulteert dus veelvuldig in strengere (lagere) kritische gehalten in de bodem. Voor klei- en in mindere mate zandgrond geldt dat de verschillen tussen de advies-pH en de generiek toegepaste pH klein zijn

Tabel B1.5. Kritische waarden voor cadmium in de bodem bij de advies waarde voor de zuurgraad voor de verschillende teelten.

Gewas	Advies pH			Bodemtype					
				zand		klei		veen	
	zand	klei	veen	advies	stand.	advies	stand.	advies	stand.
Aardappel	5.3	6.5	5.3	1.2	1.3	4.0	4.0	5.6	8.4
Gerst	5.3	6.5	5.3	1.9	1.9	1.9	1.9	3.4	3.4
Tarwe	5.3	6.5	5.3	0.9	1.0	1.9	1.9	3.6	4.9
Gras	5.0	6.0	4.8	2.6	3.7	5.3	7.6	2.2	5.3
Maïs	5.0	6.0	4.8	2.0	2.5	5.8	7.2	2.9	5.0
Suikerbiet	5.3	6.5	5.3	0.8	0.9	3.3	3.3	1.1	2.0
Andijvie	5.7	6.5	5.7	1.4	1.1	6.5	6.5	12.7	17.8
Prei	5.7	6.5	5.7	1.4	1.3	8.5	8.5	31.9	36.0
Radijs	5.7	6.5	5.7	1.0	0.9	2.6	2.6	6.3	7.0
Sla	5.7	6.5	5.7	1.8	1.5	5.8	5.8	7.3	9.5
Spinazie	5.7	6.5	5.7	1.7	1.4	3.4	3.4	5.6	7.3
Tomaat	5.7	6.5	5.7	1.2	1.0	2.5	2.5	34.6	46.0
Waspeen	5.7	6.5	5.7	1.6	1.2	5.8	5.8	1.6	2.6

Keuze voor de uiteindelijke LAC2006 voor de onderscheiden gebruiksvormen

Op basis van de data in de tabellen kunnen de generieke LAC2006 waarden voor akkerbouw, vollegrondsgroente en veevoer bepaald worden voor de drie onderscheiden bodemtypen. Deze staan uiteindelijk samengevat in Tabel B1.6

Tabel B1.6. Overzicht van LAC2006 waarden voor akkerbouw, veevoer en groenteteelt

Bodemtype	Landgebruik		
	Akkerbouw	Veevoer	Groente
Zand	1.0	1.0	1.0
Klei	2.0	3.0	2.0
Veen	3.0	2.0	5.0

Akkerbouw

Voor akkerbouw is tarwe het meest gevoelige gewas. Een LAC2006 van 1.0 mg kg⁻¹ lijkt echter voldoende, zeker gezien het feit dat vooral voor tarwe de afname van de atmosferische depositie zal leiden tot gemiddeld lagere waarden in het gewas (data zijn uit 1985). Een groot deel van de in Nederland verbouwde tarwe dient als veevoer en in dat geval geldt een norm van 1.0 mg kg⁻¹ in het gewas. De kritische gehalten in de bodem liggen in dat geval ruim boven de interventiewaarde. In kleigronden is een LAC2006 van 2.0 mg kg⁻¹ voldoende om de gewaskwaliteit te waarborgen terwijl in veengronden een waarde van 3 a 4 mg kg⁻¹ voldoet.

Veevoer

Voor veevoer is suikerbiet het meest gevoelig, maar geldt dat het aandeel suikerbiet in de voeding van dieren gering is. Om echter de variatie in LAC2006 waarden beperkt te houden lijkt een LAC2006 van 1.0 voor zandgronden toch te rechtvaardigen (alle vormen van akkerbouw hebben in dat geval dezelfde waarde, nl 1.0 mg kg⁻¹). Overschrijding van deze waarde zal in de praktijk op zandgronden niet veel voorkomen, en in gebieden met zandgrond waar meer dan 1 mg kg⁻¹ cadmium in de bodem zit (Kempen), worden geen suikerbieten geteeld. In kleigronden is een waarde van 3 voldoende, wederom gebaseerd op de teelt van suikerbieten. Voor gras en maïs zou in dat geval een waarde van 5.0 ook voldoende zijn om de kwaliteit te waarborgen. In veengronden tenslotte is het kritische gehalte voor suikerbiet relatief laag (1.1) maar dat is een gevolg van het feit dat organische stof niet significant in de vergelijking is opgenomen. Dat maakt dat de waarde voor veengronden dezelfde is voor zandgrond als de pH gelijk zou zijn. Het feit dat suikerbiet echter niet op veengrond geteeld wordt, is een reden om de kritische waarde te baseren op die van gras en maïs. In dat geval is een waarde van 2.0 mg kg⁻¹ voldoende. Het feit dat de advies waarde voor de pH op veen (4.8) duidelijk lager ligt dan die in de standaard berekeningen (5.5) maakt dat de kritische waarde in geval van de advies pH (2 tot 3 mg kg⁻¹) ruim onder die van de standaard berekening ligt (5 mg kg⁻¹).

Groente

Voor zandgronden liggen alle kritische waarden tussen de 1 en 2 mg kg⁻¹. De keuze voor 1.0 als generieke LAC2006 waarde ligt daarom voor de hand. Daarbij geldt wel dat bij lagere pH waarden dan de hier toegepaste standaard- (5.5) en advies waarde (5.7) de kritische waarde kan dalen tot rond het niveau van de achtergrondwaarde voor gewassen als prei. Dit is ook bevestigd in recent onderzoek in de Kempen waar normoverschrijding voor prei al bij lage cadmiumgehalten in de bodem voorkomt (Rietra en Römken, 2007). Zeer gevoelige gewassen als schorseneer blijken zelfs al bij cadmiumgehalten beneden de AW2000 waarde tot normoverschrijding te leiden indien de pH van de bodem lager dan 5.0 is. Voor diffuus met cadmium verontreinigde (zand) gronden is het daarom van belang de pH van de bodem op peil

te houden. Voor kleigronden is de variatie in het kritische gehalte veel groter en varieert van 2.5 tot ruim 8 mg kg⁻¹. Een keuze van 2.0 mg kg⁻¹ is daarmee ruim voldoende maar wel praktisch aangezien die waarde gelijk is aan de LAC2006 voor akkerbouw. Voor veengronden liggen de meeste kritische waarde boven de 5 mg kg⁻¹ met uitzondering van waspeen. Voor waspeen kon echter geen effect van organische stof of klei aangetoond worden waardoor de kritische waarde in de bodem alleen afhankelijk is van pH. De toepasbaarheid voor de afleiding van een LAC2006 voor veengronden is daarmee echter meteen dubieus en lijkt een waarde van 5 mg kg⁻¹ meer realistisch. Bovendien wordt waspeen ook niet of nauwelijks op veen geteeld (de overige groenten overigens ook nauwelijks, waarmee de keuze voor een minder kritische waarde ook geen consequenties voor de praktijk heeft).

B1.3 Kritische bodemgehalten voor beweide grasland op basis van warenwetnorm voor dierlijke organen

Voor veeteelt zijn feitelijk 3 criteria aan de orde: toetsing van de gewaskwaliteit op de norm voor veevoeder (directe toetsing, al eerder aan de orde geweest), de kwaliteit van dierlijke organen (Warenwetnorm in de nier en/of lever) en op basis van diegezondheid aan de hand van een TDI. In de hierna volgende paragrafen worden deze laatste twee uitgewerkt.

In geval van veeteelt geldt de opname van cadmium in nier van koeien als het meest gevoelige criterium. Omdat cadmium na opname in de nier vrijwel niet meer uitgescheiden wordt, neemt het gehalte in de tijd toe als functie van het gehalte aan cadmium in de ingenomen producten. In geval van koeien betreft dat inname van gras en ander ruwvoer (oa maïs), inname van grond (tussen 1 en 3% aanhangende grond), krachtvoer en andere additieven.

Vanwege de irreversibele opname van cadmium in de nier kan het gehalten in de nier berekend worden uit een overdrachtscoëfficiënt (BAF) die het verband aangeeft tussen het gemiddelde gehalte in het voer en het gehalte in de nier:

$$\text{BAF} = [\text{gehalte-nier}] / [\text{gemiddelde gehalte in voer}] \quad [\text{B1.2}]$$

Waarbij het gehalte in het voer het gemiddelde is van alle ingenomen producten. In deze berekening is rekening gehouden met inname van gras (standaard 70% van de totale ruwvoeder inname), maïs (30% van de ruwvoeder inname), krachtvoer (6 kg) en aanhangende grond (2.5% als default waarde hetgeen overeenkomt met 350 gram per dag). De totale inname van ruwvoer is op 14 kg gezet conform metingen in een aantal veehouderijen (Boer en Hin, 2003). Inname van water is verwaarloosd, uit berekeningen voor de Kempen (Römkens et al., 2007) is gebleken dat de bijdrage minimaal is (< 2%).

De inname is daarmee als volgt te berekenen:

$$\begin{aligned} \text{Totale inname (mg/dag)} = & M_{\text{gras}} * Cd_{\text{gras}} \\ & + M_{\text{maïs}} * Cd_{\text{maïs}} \\ & + M_{\text{bodem}} * Cd_{\text{bodem}} \\ & + M_{\text{krachtvoer}} * Cd_{\text{krachtvoer}} \end{aligned} \quad [\text{B1.3}]$$

Het gemiddelde gehalte is daarmee gelijk aan:

$$\text{Gemiddeld gehalte} = [\text{totale inname}] / [M_{\text{gras}} + M_{\text{maïs}} + M_{\text{bodem}} + M_{\text{krachtv}}] \quad [\text{B1.4}]$$

Wanneer voor het gehalte in het orgaan de kritische waarde (warenwetnorm) voor cadmium ingevuld wordt, kan middels de bekende BAF een bodemgehalte berekend worden.

$$\text{BAF} = [\text{Cd-orgaan}] / [\text{gemiddeld gehalte}] \quad [\text{B1.5}]$$

En dus:

$$[\text{gemiddeld gehalte}] = [\text{Cd-orgaan}] / \text{BAF} = [\text{Warenwet Cd-nier}] / \text{BAF} \quad [\text{B1.6}]$$

Daarbij kan in geval van gras en maïs het gehalte in het gewas als functie van de bodem uitgeschreven worden (en afhankelijk gesteld worden van pH, organische stof en klei indien alle parameters in de bodem plant relatie aanwezig zijn) volgens vergelijking [B1.1]

Het iteratief oplossen van deze set van vergelijkingen levert daarmee een cadmiumgehalte in de bodem op waarbij het gehalte in de nier gelijk is aan de norm, ofwel de kritische grenswaarde voor cadmium in de bodem.

Omdat verschillen in pH en bodemeigenschappen klei en organische stof doorwerken in de belasting van het dier via het gehalte in het gewas, is de kritische bodemwaarde verschillend voor de onderscheiden bodemtypen (zand, klei, veen).

In Tabel B1.7 staan de waarden die voor deze en andere berekening met betrekking tot diergezondheid en overdracht van voer naar dier gebruikt worden. In tabel B1.3 staan de algemene bodemeigenschappen horende bij zand, klei en veengronden. Daar waar van deze standaard eigenschappen afgeweken wordt, staat dat vermeld.

Tabel B1.7 Overzicht van modelparameters voor de berekening van het kritische bodemgehalte via accumulatie in nier en lever

	dier		eenheid	bron
	rund	schaap		
Warenwetnorm nier	1.0	1.0	mg kg ⁻¹ vers	EU, 2001
Warenwetnorm lever	0.5	0.5	mg kg ⁻¹ vers	EU, 2001
Cd-nier crit (diergezondheid)	5	4	mg kg ⁻¹ vers	Puls, 1988
Cd-lever crit (diergezondheid)	1.4	2	mg kg ⁻¹ vers	Puls, 1988
BAF-Cd-nier	2.99	2.08	-	van Hooft, 1995
BAF-Cd-lever	0.554	1.85	-	Beresford et al., 1999
aandeel gras van ruwvoer	70	100	% ruwvoer	Römkens et al., 2007
aandeel maïs van ruwvoer	30	0	% ruwvoer	
totale inname ruwvoer	14	1.21	kg dag ⁻¹ ds	Römkens et al., 2007
procent aanhangende grond	2.5	2.5	% ruwvoer	Römkens et al., 2007
inname bodem	0.350	0.030	kg dag ⁻¹ ds	Römkens et al., 2007
inname krachtvoer	6.0	0.15	kg dag ⁻¹	Römkens et al., 2007
gehalte cd krachtvoer	0.07	0.07	mg kg ⁻¹ ds	Römkens et al., 2007

Voor zandgronden is voor de berekening van het gehalte aan cadmium in gras de relatie uit de Kempen gebruikt (Tabel B1.8), voor het overige (gras klei en veen, maïs) de relatie uit het gecombineerde landelijk/Kempen bestand.

Tabel B1.8. Bodem plant relaties die zijn gebruikt voor de berekening van de kritische gehalten aan cadmium in de bodem voor inname door dieren

Gewas	Toepassing	Coëfficiënten Bodem-Plant relaties				
		INT (A)	pH (b)	SOM (c)	klei (d)	Cd-bodem (e)
Gras	klei, veen					
K+L		0.68	-0.17	-0.43	0	0.64
Gras K	zand	1.45	-0.38	0	0	1.22
Maïs L	zand, klei, veen	0.90	-0.21	0	-0.32	1.08

Standaardberekeningen

In Tabel B1.9 staan voor runderen en schapen staan de resultaten voor de standaard bodemtypen bij het gegeven gehalte aan organische stof, klei en pH, zowel voor de lever als voor de nier

Tabel B1.9. Overzicht van de kritische bodemgehalten op basis van warenwetnormen in lever en nieren van schapen en runderen (gras/maïs = 70/30) voor zand, klei, veen en de standaardbodem

bodem	Bodemeigenschappen			Nier		Lever	
	pH	OS	klei	Rund	Schaap	Rund	Schaap
Zand	5.5	3	3	1.4	1.9	3.5	1.2
Klei	6.5	3	25	2.5	3.1	8.9	1.3
Veen	6	30	15	3.4	7.2	10.1	3.3
Standaard	6	10	25	2.9	4.5	9.4	2.0

Uit Tabel B1.9 blijkt dat de nieren van runderen meer cadmium opnemen dan levers. Dat komt in de eerste plaats omdat de BAF voor de nier een factor 5 a 6 hoger ligt dan die voor de lever. Voor schapen is dat verschil veel minder groot en ligt de BAF

voor de nier en de lever in dezelfde orde van grootte (2.08 voor nieren en 1.85 voor levers). Omdat de norm voor levers 0.5 is (tegenover 1.0 voor de nieren) is het kritische bodemgehalte voor schaaap voor de lever daarmee lager dan dat voor de nieren. Voor zand en klei zijn de verschillen tussen runderen en schapen op basis van het meest gevoelige criterium gering. De kritische waarde in zand ligt rond 1.2 tot 1.4 terwijl die in veen ongeveer 3.3 bedraagt. Voor kleigronden ligt het kritische gehalte voor schapen echter een factor 2 lager dan dat voor runderen (1.3 voor schaaap en 2.5 voor runderen). De mate van betrouwbaarheid van de BAF voor runderen is echter hoger dan die voor schapen. De variatie in de gemeten BAF waarden voor nieren en levers van schapen is nog groter dan die voor runderen. Zo levert een BAF van 1.2 voor de lever in schaaap ook een kritisch gehalte van 2.5 mg kg⁻¹ in klei op, uiteraard kan de kritische waarde in de bodem ook lager worden bij een hogere BAF. Voor de afleiding van de LAC2006 waarden wordt hier in eerste instantie uitgegaan van de berekende waarden voor runderen.

Naast de standaardberekeningen zijn er een aantal scenario's doorgerekend om onder meer het effect van het rantsoen (de hoeveelheid maïs in het voer van runderen) en het effect van de keuze van de bodem – plant relaties (Kempen versus Landelijk/Maasoever) te bepalen.

In een aantal aanvullende tabellen zijn de resultaten te zien van de berekeningen van de kritische bodemgehalten. Daarbij is onderscheid gemaakt naar:

1. Effect van rantsoen (gras:maïs = 1:0; 0.7:0.3, 0.5:0.5) voor runderen (Tabel B1.10)
2. Effect van pH binnen de onderscheiden 1.bodemtypen (Tabel B1.10)
3. Effect van toepassing van verschillende bodem plant relaties (kempen vs landelijk; Tabel B1.11) en,
4. Effect van de onzekerheid in de BAF voor de overdracht van cadmium van voer naar de nier (voor runderen, Tabel B1.12)

Tabel B1.10. Effect van rantsoen (en bodemtype) op de kritische waarde voor cadmium in de bodem (zand-Kempen, klei/veen landelijk) voor nieren in runderen. Groene velden markeren de 'normale' range in pH in het betreffende bodemtype

<i>gras-maïs verhouding in ruwvoer</i>		<i>pH-bodem</i>						
		4	4.5	5	5.5	6	6.5	7
<i>Zand</i>	<i>100-0</i>	0.6	0.8	1.2	1.7	2.3	3.2	4.3
	<i>70-30</i>	0.6	0.8	1.1	1.4	1.9	2.5	3.1
	<i>50-50</i>	0.6	0.8	1.0	1.3	1.7	2.1	2.7
<i>Klei</i>	<i>100-0</i>	0.6	0.8	1.1	1.4	1.9	2.4	3.1
	<i>70-30</i>	0.7	1.0	1.2	1.6	2.0	2.5	3.2
	<i>50-50</i>	0.8	1.0	1.3	1.7	2.1	2.6	3.2
<i>Veen</i>	<i>100-0</i>	2.4	3.0	3.8	4.7	5.7	6.8	7.9
	<i>70-30</i>	1.4	1.8	2.2	2.8	3.4	4.1	4.9
	<i>50-50</i>	1.2	1.5	1.8	2.3	2.8	3.3	4.0

Het effect van een toenemend aandeel van maïs in de voeding van het dier is dat het kritische bodemgehalte voor cadmium lager wordt in zand en veengronden, het effect in kleigronden is gering. Dit is verklaarbaar uit het feit dat maïs meer cadmium opneemt uit zand en veengronden dan gras; en bij een hoger aandeel maïs in de voeding neemt de blootstelling dus toe. Vooral in veengronden heeft dit een groot effect. Bij een inname van 50% maïs daalt het kritische cadmiumgehalte in de bodem met bijna 50% tov de inname bij 100% gras. Omdat er bijna altijd maïs bijgevoerd wordt, lijkt het voor de standaardberekeningen realistisch gebruik te maken van het 70:30 scenario voor het vaststellen van de kritische gehalten in de bodem. Op basis van een verwachtingswaarde van de pH van 5 in zandgrond, 6 in kleigrond en 5.0 in veengrond levert dat een kritisch gehalte in de bodem van respectievelijk 1.4 (zand), 2.5 (klei) en 3.4 mg kg⁻¹ (veen).

Bij de afleiding van de bodem plant relaties is vastgesteld dat de relatie uit het landelijk gebied leidt tot zeer hoge kritische waarden voor cadmium in de bodem. De relatie uit de Kempen is afgeleid met behulp van recentere data, maar kent geen variatie in kleigehalte en nauwelijks in organische stof. In tabel B1.11 staan de berekende waarden voor het kritische gehalte aan cadmium in de bodem wanneer beide vergelijkingen toegepast worden in alle bodemtypen. De resultaten in Tabel B1.11 tonen aan dat de verschillen in de berekende kritisch gehalten in bodem beperkt zijn. Zeker voor zand- en kleigronden zijn de hier berekende verschillen verwaarloosbaar gezien de modelonzekerheid. De verschillen nemen toe bij hogere pH waarden, waar de berekende waarden in zand en klei voor het Kempen model sterker toenemen dan die berekend met het Landelijk model. Dit is te wijten aan de verschillen in de coëfficiënt voor pH (-0.38 in het Kempen model vs -0.17 in het landelijk model). Voor veengronden zijn de verschillen groter, zeker bij lage en hoge pH waarden. Uiteindelijk zal in de standaard berekeningen voor zandgronden het Kempen model gebruikt worden en voor klei- en veengronden het landelijk model.

Tabel B1.11. Berekende kritische Cd gehalten in relatie tot het gehalte in de nier van runderen op basis van de twee onderscheiden bodem plant relaties (Kempen vs gecombineerd Kempen/Landelijk)

Bodem	Model	pH Bodem			
		4	5	6	7
Zand	Kempen	0.6	1.1	1.9	3.1
	K/L.	0.6	1.0	1.6	2.5
Klei	Kempen	0.7	1.3	2.3	3.9
	K/L.	0.7	1.2	2.0	3.2
Veen	Kempen	0.7	1.2	2.2	3.8
	K/L.	1.4	2.2	3.4	4.9
Standaard	Kempen	0.7	1.3	2.3	3.9
	K/L.	1.2	1.9	2.9	4.3

Tenslotte is ook een analyse gemaakt van het effect van de BAF op de hoogte van het kritische gehalte aan cadmium in de bodem (Tabel B1.12). Dit is gedaan voor 3 gronden met elk een vast gehalte aan organische stof, klei en pH.

Tabel B1.12. Effect van de BAF op de hoogte van het kritische bodemgehalte voor een standaard zand- klei- en veenbodem voor de nieren van runderen

Bodemtype	bodem eigenschappen			BAF					
	pH	OS	klei	1.5	2	2.5	2.99	3.5	4
zand	5.5	3	3	2.7	2.1	1.7	1.4	1.2	1.1
klei	6.5	3	25	6.2	4.3	3.2	2.5	2.1	1.7
veen	6.0	30	15	7.3	5.3	4.1	3.4	2.8	2.4
standaard	6.0	10	25	6.7	4.7	3.6	2.9	2.4	2.0

Uit Tabel B1.12 blijkt uiteraard dat de hoogte van de BAF van invloed is op het kritische gehalte in de bodem. Met een toename van de accumulatie (hogere BAF) neemt het kritische gehalte in de bodem af alhoewel het effect beperkt is. In zandgronden bijvoorbeeld daalt het kritische gehalte van 1.4 bij een standaard BAF (2.99) naar 1.1 bij een BAF van 4. Afgerond betekent dat feitelijk dat de kritische grens voor cadmium in beide gevallen 1.0 mg kg⁻¹ is (geen effect). Bij een afnemende accumulatie (lagere BAF) neemt het kritische gehalte licht toe van 1.4 (afgerond 1.0) naar 2.1 (afgerond 2.0) bij een BAF van 2. In klei- en veengronden is het effect iets groter.

Uiteindelijk is de BAF van 2.99 gebruikt bij de standaardberekening voor het kritische gehalte in de bodem.

Kritische bodemgehalten op basis van een TDI

Wanneer de TDI voor een dier bekend is kan op basis van de totale inname ook een kritisch bodemgehalte berekend worden. In grote lijnen gelden daarbij dezelfde aannames en vergelijkingen als bij de warenwet norm voor nieren en levers zonder daarbij de vertaling naar een intern gehalte te maken. De TDI is daarbij de som van alle ingenomen producten volgens vergelijking [B1.3]

$$TDI = M_{\text{gras}} * Cd_{\text{gras}} + M_{\text{mais}} * Cd_{\text{mais}} + M_{\text{bodem}} * Cd_{\text{bodem}} + M_{\text{kraachtvoer}} * Cd_{\text{kraachtvoer}} \quad [B1.7]$$

De TDI is een gegeven hoeveelheid in mg Cd dag⁻¹ en komt overeen met het product van de gehalten in de geconsumeerde gewassen, voer en grond en de hoeveelheid van elk van deze producten. Voor koeien gelden daarbij dezelfde eenheden en hoeveelheden als in tabel B7. Vergelijking [B1.7] kan dan opgelost worden voor elke combinatie van bodemeigenschappen.

Waarden voor de TDI zijn echter niet bekend voor cadmium, maar worden afgeleid van de gerapporteerde maximaal aanvaardbare gehalten in dierlijke organen. Dat gehalte komt overeen met het niveau waarop gezondheidseffecten voor de dieren beginnen voor te komen. Hier zijn daarvoor de gegevens uit Puls (1988) genomen. Voor nieren bedraagt het kritische gehalte 5.0 mg kg⁻¹ voor runderen en 4.0 mg kg⁻¹

voor schapen, voor de lever is dit respectievelijk 1.4 mg kg^{-1} (rund) en 2.0 mg kg^{-1} (schaap) (tabel B7). Gebruik makend van vergelijking [B1.8] kan daaruit het kritische bodemgehalte berekend worden door voor het gehalte in het orgaan het kritische gehalte in te voeren:

$$\text{Cd-voer} = [\text{Cd-nier-crit.}]/\text{BAF} \quad [\text{B1.8}]$$

Cd-voer is vervolgens weer gelijk aan de DI (per dag) gedeeld door de totale massa van de geconsumeerde producten. Uiteindelijk kan dan het kritische bodemgehalte bepaald worden voor elke combinatie van pH, organische stof en textuur. Uiteraard is daaruit de TDI te berekenen, deze moet constant zijn voor elke combinatie van bodemeigenschappen omdat de opname in het dier niet afhankelijk is van de bodem. De zo berekende TDI varieert voor schaaap van 1.5 mg dag^{-1} (lever) tot 2.7 mg dag^{-1} (nier) en voor runderen van 34 mg dag^{-1} (nier) tot 51 mg dag^{-1} (lever).

De gebruikte bodem plant relaties zijn daarbij gelijk aan die voor de afleiding van de warenwetnorm, waarbij voor zand het Kernpen model en voor klei en veengrond het landelijk model is toegepast.

In Tabel B1.13 staan de resultaten voor de kritische cadmiumgehalten in de bodem. Uiteraard liggen de kritische gehalten bij een hogere TDI daarmee nog boven de waarden die in Tabel B1.13 zijn weergegeven.

Tabel B1.13. Overzicht van kritische gehalten aan cadmium in de bodem op basis van de TDI-nier (rund) en TDI-lever (schaap)

bodem	dier	pH-bodem			
		4	5	6	7
Zand	schaap	1.3	2.7	5.3	10.0
	rund	2.4	4.5	8.0	13.8
Klei	schaap	2.7	4.7	7.9	12.3
	rund	6.0	9.7	15.0	> 20
Veen	schaap	9.8	14.7	> 20	> 20
	rund	8.7	13.1	19.4	> 20
Standaard	schaap	5.5	9.0	13.8	19.5
	rund	8.1	12.5	18.7	> 20

De data in Tabel B1.13 tonen aan dat de kritische bodemgehalten op basis van de TDI voor de nier voor runderen en de lever voor schapen beduidend minder kritisch zijn dan die voor de warenwetnorm in de nier (van runderen). Daarmee wordt deze laatste dus sturend voor de hoogte van de LAC2006 wat betreft de interne gehalten in het dier. De data tonen wel aan dat schapen en runderen die op verontreinigde gronden grazen (onder andere in de uiterwaarden van rivieren) al gezondheidseffecten kunnen oplopen. Dit is zeker relevant voor verontreinigde

beekdalen in onder andere de Kempen waar cadmiumgehalte in de bodem van meer dan 5 à 10 mg kg⁻¹ vaker voorkomen (Römkens et al., 2006).

In Tabel B1.14 staat een samenvattend overzicht van de kritische waarden voor cadmium in de bodem voor beweide grasland. Kritische grenzen op basis van de TDI zijn niet maatgevend voor de LAC2006 omdat die in alle gevallen boven de kritische grens op basis van de warenwet norm ligt.

Tabel B1.14. Overzicht van de kritische waarden voor beweide grasland voor schape en rund op basis van warenwetnormen en TDI

	Rund		Schaap	
	warenwet	TDI	warenwet	TDI
Bodem	nier	nier	lever	lever
Zand	1.4	6.0	1.2	3.8
Klei	2.5	18.4	1.3	9.9
Veen	3.4	19.4	3.3	20.6
Standaard	2.9	18.7	2.0	13.8

Uiteindelijk leidt dit tot het volgende voorstel voor LAC2006 waarden voor beweide grasland: zand: 1 mg kg⁻¹, klei: 2 mg kg⁻¹ en veen 3 mg kg⁻¹. De waarde voor zand is daarmee gelijk aan die voor akkerbouw, veevoer en groenteteelt (1 mg kg⁻¹). Voor klei komt de waarde overeen met die van akkerbouw en groenteteelt (2 mg kg⁻¹), alleen de waarde voor veevoer is hoger namelijk 3 mg kg⁻¹. Dit lijkt vreemd omdat verondersteld mag worden dat de kwaliteit van veevoer afgestemd is op de acceptabele inname door dieren. Uit de berekeningen komt inderdaad naar voren dat de kritische waarde in de nieren en levers van runderen en schape al bereikt wordt bij gehalten in gras (en maïs) *beneden* de veevoedernorm van 1 mg kg⁻¹ (88% ds). Dit suggereert dat de norm van 1 mg kg⁻¹ voor veevoeder wellicht aan de hoge kant is met betrekking tot het realiseren van warenwetnormen in producten.

Dit is ook redelijk eenvoudig te beredeneren aan de hand van de gebruikte formule voor de overdracht van voer naar dierlijk orgaan. Voor de BAF voor de nier in runderen geldt dat deze gelijk is aan de norm in de nier (1.0) gedeeld door het gemiddelde gehalte in het voer. Bij een BAF van 2.99 volgt daaruit dat bij een gemiddeld gehalte in het voer van 0.33 mg kg⁻¹ de norm in de nier overschreden zou worden. Op basis van de kritische gehalten in de nier (5 voor koeien en 4 voor schape) in relatie tot diergezondheid lijkt de veevoedernorm wel beschermend genoeg.

In Tabel B1.15 staat een overzicht van de berekende maximale waarden van cadmium in diervoeders op basis van de verschillende toelaatbare gehalten in de nier en lever van runderen en schape.

Tabel B1.15 Overzicht van theoretische maximale gehalten in veevoer waarbij de warenwetnorm of eis aan diergezondheid overschreden wordt

Orgaan	Criterium			
	Warenwet		TDI	
	rund	schaap	Rund	Schaap
nier	0.3	0.5	1.7	1.9
lever	0.9	0.3	2.5	1.1

Uit de data in Tabel B1.15 blijkt dat de huidige veevoedernorm voor het realiseren van de warenwet norm in de nieren van zowel runderen als schapen hoog is. Op dit moment is er echter weinig reden om aan te nemen dat dit op landelijke schaal tot problemen leidt. Om na te gaan in hoeverre de huidige bodemkwaliteit in niet-specifiek belaste gronden leidt tot gehalten aan cadmium in gras die aanleiding geven tot normoverschrijding in nieren en levers is in annex 2 een aparte beschouwing gemaakt over de te verwachten gehalten in gras.

Bijlage 2 Berekening van cadmiumgehalten in gras

In Tabel B2.1 staat een overzicht van de berekende en gemeten range aan cadmiumgehalten in ruwvoer (gras). Daarbij is voor drie bodemtypen (zand, klei en veen) een simulatie gedaan voor de berekening van het cadmiumgehalte in gras. Daarbij zijn voor in totaal 3500 random combinaties van organische stof, pH en cadmium gehalte in de bodem (ranges staan aangegeven in Tabel) de gehalten aan cadmium berekend.

Voor elk combinatie is een waarde voor pH, cadmium gehalte en organische stof geloot binnen de opgegeven grenzen. Deze grenzen zijn per bodemtype vastgelegd. De resultaten laten zien dat voor niet specifiek verontreinigde bodems de 95 percentiel waarden van de gehalten aan cadmium in gras beneden de berekende kritische waarden blijven. Bovendien toont een vergelijking met de werkelijk gemeten waarden aan cadmium in gras (landelijk/maasoever) dat de aldus berekende waarden goed overeenkomen met de gemeten waarden.

Dit is op zich een belangrijke constatering omdat in de 3500 simulaties veel meer combinaties van organische stof, klei en pH voorkomen dan in de dataset. Blijkbaar leiden de, niet in de database aanwezige, random combinaties niet tot extreme waarden voor cadmium in gras.

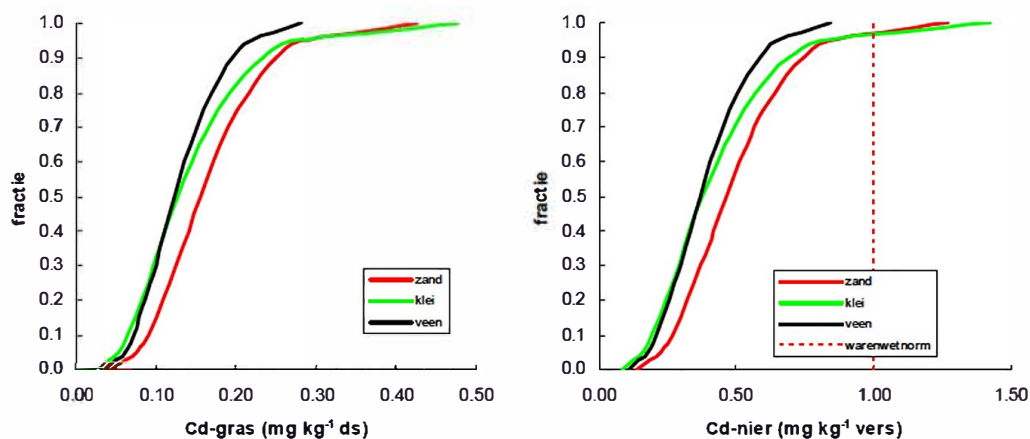
In Figuur B2.1 (links) is de berekende verdeling van cadmiumgehalten in gras voor de drie onderscheiden bodemtypen weergegeven. Ondanks de verschillen in bodemeigenschappen liggen de berekende gehalten aan cadmium in de drie bodemtypen in dezelfde orde van grootte.

Tabel B2.1. Overzicht van voorspelde Cd gehalten in ruwvoer (gras) voor zand, klei en veen middels een simulatie met random variatie van bodemeigenschappen per bodemtype (n = 3500 per bodemtype).

	Bodem			data
	zand	klei	veen	landelijk/Maas
OS (%)	2 - 8	1 - 6	20 - 40	2 - 69
pH	4 - 5.8	5 - 7.5	4 - 5.8	3.9 - 7.3
Cd (mg kg ⁻¹)	0.1 - 0.5	0.1 - 0.7	0.2 - 1.2	0.18 - 1.14
minimum	0.05	0.03	0.04	0.03
5%	0.08	0.05	0.05	0.05
50%	0.16	0.13	0.12	0.10
95%	0.28	0.27	0.20	0.25
maximum	0.43	0.47	0.29	0.40

Vervolgens zijn deze gesimuleerde waarden voor cadmium in gras weer gebruikt om een verdeling te berekenen van de geschatte gehalten aan cadmium in de nier. Daarbij is aangenomen dat het gehalte in het gras het gemiddelde gehalte in het voer is en het gehalte in de nier berekend kan worden met de BAF voor cadmium in de nier van runderen (BAF = 2.99). Feitelijk is dit niet onrealistisch, het gemiddelde gehalte in het voer dat een koe eet wordt weliswaar bepaald door alle componenten,

maar omdat gras het hoofdaandeel vormt, stuurt dit in hoge mate het uiteindelijke gemiddelde gehalte in veevoer. Het feit dat het gehalte in maïs veelal net wat hoger is, wordt weer gecompenseerd door het lagere gehalte in krachtvoer. In figuur B2.1 (rechts) staan de gesimuleerde gehalten van cadmium in de nier van runderen.



Figuur B2.1 Verdeling van de berekende hoeveelheid cadmium in gras (links) en nier (rechts) voor zand-, klei- en veengronden in niet-specifiek met cadmium belaste gronden (Cadmium bodem tussen 0.1 en 1.2 mg kg⁻¹).

Uit Figuur B2.1 blijkt dat de kans op overschrijding van de norm voor cadmium in de nieren bij de gegeven bodemgehalten zeer klein is (< 2%).

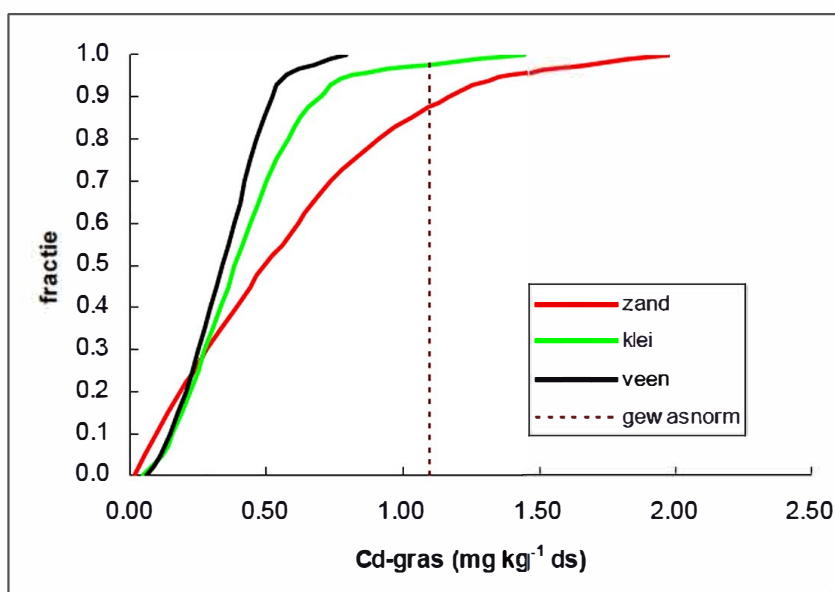
Naast de analyse voor de niet-specifiek verontreinigde bodems is ook een analyse gemaakt van de te verwachten gehalten in bodems met cadmium gehalten tussen 0.5 en 20 mg kg⁻¹. Deze range vormt voor Nederland de maximale bandbreedte waarbinnen cadmium in de bodem voorkomt. In Tabel staat het overzicht met daarin ook de gemeten waarden in gras in het Landelijk/Maasoever bestand voor de gronden met cadmium gehalten tussen 0.5 en de maximale waarde (37 mg kg⁻¹) in de dataset.

Tabel B2.2 Overzicht van voorspelde cd gehalten in ruwvoer (gras) voor zand, klei en veen middels een simulatie met random variatie van bodemeigenschappen per bodemtype met verhoogde cadmiumgehalten (n = 3500 per bodemtype).

	Bodem			data landelijk/Maas
	zand	klei	veen	
OS	2 - 8	1 - 6	20 - 40	2 - 69
pH	4 - 5.8	5 - 7.5	4 - 5.8	3.8 - 7.4
Cd	0.1 - 3	0.2 - 5	0.5 - 10	0.5 - 37 ¹
Min	0.01	0.04	0.06	0.05
5%	0.05	0.12	0.11	0.07
50%	0.48	0.38	0.34	0.25
95%	1.40	0.80	0.57	0.87
Max	2.01	1.39	0.76	1.67

¹ 37 is een uitschieter, 95 percentiel is 14.8

In Figuur B2.2 staat de berekende verdeling van cadmiumgehalten in gras voor de simulatie met verhoogde gehalten aan cadmium in de bodem volgens Tabel B2.2. Bij verhoogde gehalten aan cadmium in de bodem blijkt dat de veevoedernorm voor gras in zand- en, in geringe mate, in kleigronden overschreden te worden (12% voor zand en 3% voor klei), maar niet in veengronden. De voorspelde waarden komen nog steeds redelijk overeen met de gemeten waarden voor cadmium in gras van bodems met cadmium gehalten tussen 0.5 en 37 mg kg⁻¹. Deze laatste waarde was een uitschieter en is in de simulatie daarom niet als bovengrens meegenomen omdat daardoor een groot aantal gesimuleerde cadmiumgehalten in de bodem tussen 20 en 37 mg kg⁻¹ zouden komen te liggen.



Figuur B2.2. Verdeling van de berekende hoeveelheid cadmium in gras voor zand-, klei- en veengronden in met cadmium belaste gronden (Cadmium bodem tussen 0.1 en 10 mg kg⁻¹, zie Tabel B2.2).

Bijlage 3 Overzicht van gehalten in de bodem in vergelijking met landelijke en provinciale meetnetten

Tabel B3.1. Vergelijking van de 90 percentiel range in metaalgehalten (mg kg^{-1}) in zand, klei en veengronden in de gebruikte bodem-plant datasets en in het landelijk meetnet bodem kwaliteit in combinatie met provinciale meetnetten bodemkwaliteit (data: Brus et al., 2002).

Metaal	Bodemtype	Dataset					
		LAC2006/RTB			Landelijk		
		n	P05	P95	n	P05	P95
Cd	zand	196	0.14	0.99	1193	0.10	0.75
	klei	593	0.24	8.1	1348	0.17	1.6
	veen	49	0.40	4.0	229	0.20	1.4
	Totaal	838	0.20	7.1	2770	0.12	1.2
Pb	Zand	195	10	100	1386	7.6	60
	Klei	579	14	287	1565	11	100
	Veen	49	20	422	251	16	255
	Totaal	823	12	275	3202	9.0	99
Cu	Zand	45	7.5	32	1123	3.3	27
	Klei	263	16	94	1151	6.5	45
	Veen	0	-	-	238	9.2	93
	Totaal	308	12	92	2512	4.4	47
Zn	zand	45	39	288	1146	13	75
	klei	263	96	1110	1152	31	195
	veen	0	-	-	238	23	215
	Totaal	308	66	1087	2536	16	175
As	Zand	225	1.4	17	486	1.0	15
	Klei	635	7.0	31	970	4.9	24
	Veen	53	3.2	32	110	3.6	20
	Totaal	913	2.6	29	1566	1.7	23
Hg	Zand	225	0.020	0.26	543	0.020	0.30
	Klei	636	0.040	1.0	861	0.040	0.39
	Veen	53	0.062	1.4	159	0.070	0.67
	Totaal	914	0.030	0.86	1563	0.030	0.40

Bijlage 4 Overzicht van de gehalten in gewassen in verhouding tot geldende gewasnormen

Tabel B4.1 *Vergelijking van norm met gemeten maximum gehalte in gewassen (alle gegevens op basis van droge stof, gebanteerde droge stof gehalten zijn: 13% (gras), 60% (maïs), 25% (suikerbiet), 85% (tarwe), 24% (aardappel), 5% (sla), 6% (andijvie) en 14% (appel)).*

Land Gebruik	Gewas	Metaal											
		Cd		Pb		Cu		Zn		As		Hg	
		Norm	Max	Norm	Max	Norm	Max	Norm	Max	Norm	Max	Norm	Max
Grasland	Gras	1.1	1.3	33	9.8	35(12 ¹)	21.5	284	133	2	1.11	0.1	0.095
Veevoeder	Snijmaïs	1.1	6.1	33	4.1	35	7.0	284	174	2	0.47	0.1	0.028
	Suikerbiet	1.1	3.2	33	10.8	35	19.4	284	343	2	1.80	0.1	0.30
Akkerbouw	Tarwe	0.24	0.6	0.24	2.6	20	6.7	560 (100)	94	5 ²	0.34	0.035	0.034
	Aardappel	0.42	1.1	0.42	0.8	3 (20)	16.9	250 (100)	25	0.42	0.19	0.13	0.077
Groente teelt	Sla	4.0	8.9	6.0	16.7	20	16.0	419 (100)	203	2.0	3.30	0.60	0.26
	Andijvie	3.2	18.2	4.8	3.6	20	16.6	340 (100)	353	1.6	0.29	0.50	0.056
Fruitteelt	Appel	0.36	0.044	0.71	0.88	20	-	- (100)	-	0.71	1.50	0.07	0.019

¹ voor schaap

Bijlage 5 Overzicht van gebruikte normen in dierlijke producten

Tabel B5.1 Overzicht van normen voor zware metalen in dierlijke producten en dierlijke organen voor runderen en schapen in relatie tot voedselveiligheid. Normen voor Cd, Pb, As en Hg (EU, 2001) en richtwaarden voor As (VHI, 1997). Alle normen zijn gegeven op basis van het versgewicht.

Dier	Orgaan	Norm of richtwaarde (mg.kg ⁻¹)			
		Cd ¹	Pb ¹	As ²	Hg ¹
Rund	Nier	1.0 (2.5)	0.5 (1)	0.5	(0.05)
	Lever	0.5	0.5 (1)	0.5	(0.05)
	Vlees	0.05	0.1 (0.3)	0.1	(0.05)
	Melk	(0.005)	0.02 (0.05)	-	(0.01)
Schaap	Nier	1.0 (2.5)	0.5 (1)	0.5	(0.05)
	Lever	0.5	0.5 (1)	0.5	(0.05)
	Vlees	0.05	0.1 (0.3)	0.1	(0.05)
	Melk	-	0.02 (0.05)	-	(0.01)

¹ Indien gewijzigd, dan worden de oude normen voor Cd en Pb tussen haakjes gegeven. Bron van de oude normen: Staatscourant (1999) Regeling van 8 februari 1999: Warenwetregeling Verontreinigingen in levensmiddelen, nr. 30, Den Haag. Voor Hg zijn de warenwetnormen recent niet meer van toepassing verklaard. Voor schaaap zijn in het geheel geen warenwetnormen gegeven maar die zijn gelijk verondersteld aan die van rund.

² In Nederland zijn geen grenswaarden vastgesteld voor arseengehalten in dierlijke producten maar er zijn wel richtwaarden (VHI, 1997). Ook voor vanadium en chroom gelden adviezen. Voor Cr is het advies 1000 mg.kg⁻¹ chroomoxide of chroomchloride. Door de geringe toxiciteit en het ontbreken van overdrachtfactoren is Cr niet meegenomen.

Tabel B5.2 Dagelijkse inname van voer en grond door verschillende diersoorten

	dier		eenheid	bron
	rund	schaap		
Totale inname ruwvoer	14	1.21	kg dag ⁻¹ ds	Römkens et al., 2007
Procent aanhangende grond	2.5	2.5	% ruwvoer	Römkens et al., 2007
Inname bodem	0.350	0.030	kg dag ⁻¹ ds	Römkens et al., 2007
Inname krachtvoer	6.0	0.15	kg dag ⁻¹	Römkens et al., 2007

Tabel B5.3 Plant-dier overdrachtsrelaties en berekende toelaatbare dagelijkse inname voor Cd, Pb, As en Hg in relatie tot effecten op producten en organen bij runderen en schapen.

Dier	Orgaan	BAF _{pd} ¹				TDI (mg dag ⁻¹) ³			
		Cd	Pb	As	Hg	Cd	Pb	As	Hg
Rund ¹	Nier	2.99	0.086	0.0692	0.638	5.8 (15)	101 (201)	125	1.4
	Lever	0.554	0.0404	0.0387	0.158	16	214 (428)	224	5.5
	Vlees	0.0033	0.0013	0.016	9.2 · 10 ⁻⁴	262	1332 (3995)	108	941
	Melk	4.0 · 10 ⁻⁵	6.4 · 10 ⁻⁴	9.0 · 10 ⁻⁴	1.7 · 10 ⁻⁴	2163	541 (1352)	-	1018
Schaap ²	Nier	2.08	-	-	0.468	1.25	-	-	0.28
	Lever	1.85	-	-	0.0572	0.70	-	-	2.3
	Vlees	0.0029	-	-	9.4 · 10 ⁻⁴	45	-	-	138

¹ Schattingen van de BAF_{pd} voor runderen zijn gebaseerd op Van Hooft (1995) en als zodanig opgenomen in de Veterinaire Milieuhygiënewijzer.

² Schattingen van de BAF_{pd} voor schapen zijn gebaseerd op Beresford (1999). De gebruikte waarden zijn bovengrenzen van een range die in dit rapport is gegeven.

³ De tussen haakjes vermelde TDI waarden zijn berekend op basis van productnormen (warenwet)

Tabel B5.4. Overzicht van toelaatbare dagelijkse inname van metalen voor runderen in relatie tot diergezondheid (Bron: Ma et al., 2001 voor algemeen en Puls, 1988 voor nier, lever en vlees)

Dier	Orgaan	TDI in mg dag ⁻¹					
		Cd	Pb	Cu	Zn	As	Hg
Rund							
Algemeen		63	2380	469	25900	3500	28
	Nier	29	604	-	-	375	380
	Lever	44	857	-	-	447	219
	Vlees	105	-	-	-	-	-
Min		29	604	469	25900	375	28
Schaap							
	Nier	5	-	-	-	-	5.6
	Lever	2.8	-	-	-	-	182
	Vlees	-	-	-	-	-	-
Min		2.8	-	-	-	-	5.6

Bijlage 6 Overzicht van grenswaarden in gewas mbt fytotoxiciteit

Tabel B6.1 Overzicht van kritische gehalten in relatie tot fytotoxiciteit op basis van het drooggewicht voor de verschillende onderscheiden vormen van bodemgebruik

Land Gebruik	Gewas	Kritisch fytotoxisch gehalte (mg.kg ⁻¹)							
		Cd	Pb	Cu	Zn	Ni	Cr	As	Hg
Beweid	Gras	30 ^d	67 ^h	15 ^b	100 ^h	7 ^b	1 ^d	2 ^g	3 ^h
Grasland									
Veevoeder	Snijmaïs	25 ^d	38 ^h	15 ^d	100 ^d	3 ^f	6 ^f	1 ^g	0.6 ^h
Gewassen	Suikerbiet	5 ^a	-	17 ^d	100 ^d	10 ^a	5 ^a	5 ^a	1 ^a
Akkerbouw	Tarwe	4 ^d	-	10 ^b	108 ^d	8 ^d	2.4 ^h	5 ^a	4.6 ^h
	Aardappel	5 ^a	13 ^h	20 ^b	250 ^c	190 ^h	5 ^a	5 ^a (0.2 ^g)	1 ^a
Groente	Sla	10 ^c	140 ^h	15 ^d	98 ^h	20 ^d	5 ^a	5 ^a	1 ^a
Teelt									
	Andijvie	15 ^d	17 ^h	25 ^d	330 ^d	10 ^d	5 ^a	5 ^a	1 ^a
Fruitteelt	Appel	5 ^a	-	20 ^a	100 ^a	10 ^a	5 ^a	5 ^a	1 ^a
Algemeen	Niet specifiek	5-30 ^a	3- 300 ^a	20- 100 ^a	100- 400 ^a	10- 100 ^a	5-30 ^a	5-20 ^a	1-3 ^a

Voor alle gewassen betreffen dit ondergrenzen van ranges in fytotoxische gehalten, gebaseerd op

a Tabel 25 pg. 57. Kabata-Pendias en Pendias (1992)

b Mortvedt et al. (1991)

c Smilde (1976)

d MacNicol en Beckett (1985), gehalte bij 10% daling van opbrengst

e Dijkshoorn et al. (1979), gehalte bij 10% daling van opbrengst

f Chang et al. (1992), gehalte bij 50% daling van opbrengst

g Sheppard (1992) gehalten bij verschillende % daling van opbrengst

h Sauerbeck (1983) gehalten bij verschillende % daling van opbrengst

Bijlage 7 Beleidsmatige betekenis van de LAC2006

Algemeen

De LAC-signaalwaarden in het verleden hadden geen juridisch harde status en waren bedoeld om de belanghebbenden in de praktijk een handvat te verschaffen voor het beoordelen van de bodemkwaliteit in relatie tot de eisen die vanwege Warenwet, fytotoxiciteit en diergezondheid. Dit verandert niet voor LAC2006.

Nieuw Beleid

Ten opzichte van de “oude” LAC-signaalwaarden is het verschil dat er nu een onderscheid is tussen generiek en gebiedsspecifiek beleid. Voor het generieke beleid is gekozen voor een generieke norm (met correctie voor bodemtype). Voor de functie landbouw en natuur is de generieke norm gelegd op het niveau van de in Nederland gemeten achtergrondwaarden in relatief schone gebieden: de AW-2000 waarden. De status van deze generieke normen is juridisch hard. In het generieke beleid voor de toepassing van grond en bagger moet in die gebieden waarvoor geen functie is gedefinieerd, de toe te passen grond en bagger daaraan ook voldoen. Deze grond en bagger is daarmee voor alle functies geschikt, dus ook voor alle landbouwfuncties. De nieuwe LAC2006-waarden hebben derhalve geen expliciete functie voor het generieke beleid, maar zijn bedoeld voor de ondersteuning van het bevoegd gezag dat in samenspraak met de eigenaar/pachter van de betrokken landbouwgronden moet of wil beslissen om hogere gehalten dan de AW2000 waarden toe te staan. Het gaat hier uitsluitend om de toepassing van grond en bagger in het gebiedsspecifieke beleid. Voor die stoffen waarvoor de LAC2006-waarden zijn afgeleid, wordt inzicht geboden in de gebiedsspecifieke risico's die voor verschillende landbouwgebruiksvormen in dat gebied aan de orde kunnen zijn.

Status LAC2006-waarden

De status van de LAC2006-waarden is dat ze belanghebbenden erop wijzen dat er mogelijk problemen kunnen ontstaan met Warenwet- en veevoedereisen of schadelijke effecten bij gewassen en landbouwhuisdieren zonder daar juridisch harde gevolgen aan te verbinden. Voor de naleving van die eisen is primair de producent verantwoordelijk. Het is de verantwoordelijkheid van de producent om op eigen initiatief dan wel in samenspraak met het bevoegd gezag af te wijken van de AW-waarde. Op grond van gebiedsspecifieke bodemeigenschappen en de door de producent te maken afwegingen t.a.v. teeltwijze en teeltvormen is het heel goed mogelijk dat hogere gehalten van contaminanten dan bij de AW2000 kunnen worden geaccepteerd terwijl aan de eisen vanwege Warenwet, fytotoxiciteit en diergezondheid wordt voldaan. Het resultaat van dit besluitvormingsproces kan ook zijn dat teeltbeperkingen t.o.v. zijn huidige teelten en teeltplannen door de producent worden geaccepteerd.

Bijlage 8 Overzicht van toegepaste bodem – plant relaties voor de afleiding van de LAC2006-waarden

Tabel B8.1 Overzicht van data en bodem - plant relaties voor Cadmium (gelijk aan die in bijlage 1)

Gewas	n	Metaalgehalte (mg.kg ⁻¹)				Bodemeigenschappen						Coëfficiënten Bodem plant relatie						
		Bodem		Gewas		pH KCl		OM (%)		klei (%)		INT	SOM	Klei	pH	Q	R ²	se(Y)
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max							
Aardappel	60	0.07	5.5	0.01	1.1	3.8	7.6	0.7	28.3	3	40	0.97	-0.41	-0.20	-0.21	0.81	0.78	0.26
Andijvie	87	0.06	12.6	0.21	18.2	3.8	7.6	1.3	28.3	3	38	2.35	-0.44	-0.18	-0.28	0.58	0.66	0.24
Gerst	29	0.05	5.2	0.01	0.3	3.8	7.6	0.7	28.3	3	36	-1.02	-0.14	ns ¹	ns	0.57	0.80	0.19
Gras	14	0.65	3.1	0.07	1.3	4.8	5.6	2.9	10.1	3	3	1.45	ns	ns	-0.38	1.22	0.63	0.23
Mais	39	0.13	11.8	0.07	6.1	4.2	7.5	1.9	14	3	37	0.90	ns	-0.32	-0.21	1.08	0.50	0.28
Prei	15	0.19	0.8	0.06	0.5	4.9	7.4	1.1	2.5	5	16	2.52	-1.22	-1.00	-0.24	1.40	0.48	0.29
Radijs	39	0.05	5	0.14	2.8	3.8	7.6	0.7	28.3	3	38	1.03	-0.39	-0.20	-0.11	0.67	0.74	0.18
Sla	69	0.85	12.6	0.25	8.9	4.7	7.3	1.8	35.5	4	31	2.55	-0.39	-0.19	-0.33	0.85	0.71	0.16
Spinazie	36	0.19	0.9	0.2	1.9	4.7	7.1	1.2	29.8	1	22	2.19	-0.4	ns	-0.29	0.77	0.49	0.2
Suikerbiet	112	0.14	11.4	0.11	3.2	4.5	7.5	1.3	13.5	1	31	1.33	ns	-0.13	-0.22	0.62	0.83	0.15
Tarwe	106	0.1	10.6	0.02	0.6	4.2	7.7	1.4	42.1	2	32	0.22	-0.33	-0.04	-0.12	0.62	0.64	0.2
Tomaat	40	0.2	11	0.04	1.5	5.4	7.3	2.9	45.1	2	28	1.52	-0.75	ns	-0.21	0.51	0.41	0.25
Waspeen	100	0.04	1.5	0.09	2	4.4	7.7	0.4	6.9	0	12	1.00	ns	ns	-0.20	0.29	0.43	0.25

¹ niet significant

Tabel B8.2 Overzicht van data en bodem - plant relaties voor Koper

Gewas	n	Metaalgehalte (mg.kg ⁻¹)				Bodemeigenschappen						Coëfficiënten Bodem plant relatie						
		Bodem		Gewas		pH KCl		OM (%)		klei (%)		INT	SOM	Klei	pH	Q	R ²	se(Y)
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max							
Aardappel	25	10	58	2.1	16.9	4.7	7.3	1.2	7.5	4	25	0.22	0	0	-0.02	0.43	0.13	0.19
Andijvie	52	10	116	3.8	16.6	4.7	7.1	1.4	12.0	5	23	0.96	-0.10	0.27	-0.10	0.24	0.19	0.14
Gras	33	10	133	6.4	21.5	3.8	7.5	2.8	14.1	7	41	1.41	-0.65	0	-0.18	0.83	0.37	0.08
Maïs	39	5	145	1.9	7.0	4.2	7.5	1.9	14.0	3	37	0.07	0	-0.11	0.06	0.19	0.41	0.09
Prei Maas	15	12	23	3.3	6.8	4.9	7.4	1.1	2.5	5	16	0.00	0	0.30	0	0.28	0.57	0.06
Sla	77	6	116	4.7	16.0	4.7	7.7	1.2	12.0	4	31	0.75	0	0	-0.06	0.42	0.42	0.09
Suikerbiet	64	11	111	3.9	19.4	4.5	7.4	1.3	13.5	1	31	0.73	0	0	-0.03	0.30	0.39	0.08
Tarwe	18	16	97	3.8	6.7	5.9	7.3	1.4	9.9	11	30	0.65	0	0	-0.03	0.16	0.21	0.07

Tabel B8.3 Overzicht van data en bodem - plant relaties voor Lood

Gewas	n	Metaalgehalte (mg.kg ⁻¹)				Bodemeigenschappen						Coëfficiënten Bodem plant relatie						
		Bodem		Gewas		pH KCl		OM (%)		klei (%)		INT	SOM	Klei	pH	Q	R ²	se(Y)
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max							
Aardappel	118	6	297	0.05	0.8	4.7	7.6	1.2	15.0	2	34	-0.91	0	0	-0.05	0.24	0.15	0.21
Andijvie	52	24	548	0.40	3.6	4.7	7.1	1.4	12.0	5	23	-0.03	-0.17	0.13	-0.09	0.31	0.16	0.17
Gerst	45	5	121	0.09	0.8	4.5	7.6	1.4	18.3	1	30	-0.41	-0.29	-0.06	0	0.06	0.09	0.21
Gras	115	11	680	0.70	9.8	3.8	7.5	2.1	69.2	1	41	-0.17	0.05	-0.17	-0.06	0.29	0.25	0.19
Maïs	85	6	590	1.00	4.1	4.2	7.5	1.7	22.0	1	37	0.23	-0.52	-0.14	-0.09	0.51	0.25	0.1
Sla	152	4	548	0.03	16.7	4.7	7.7	1.2	35.5	2	31	-0.65	0	-0.3	0	0.59	0.4	0.2
Spinazie	82	5	160	0.20	4.5	4.7	7.5	1.2	36.1	1	25	-0.42	0	-0.24	0	0.42	0.26	0.24
Suikerbiet	64	22	415	0.40	8.6	4.5	7.4	1.3	13.5	3	31	-0.64	-0.36	0	0.09	0.39	0.28	0.15
Tarwe	89	6	325	0.04	2.6	4.2	7.3	1.4	42.1	2	36	-0.44	-0.37	0	-0.14	0.65	0.37	0.34
Tomaat	40	5	280	0.04	1.6	5.4	7.3	2.9	45.1	2	28	-0.57	-0.1	-0.24	0	0	0.17	0.21
Waspeen	100	2	66	0.14	2.8	4.4	7.7	0.4	6.9	0	12	-0.52	-0.24	-0.12	-0.05	0.56	0.44	0.18

Tabel B8.4 Overzicht van data en bodem - plant relaties voor Zink

Gewas	n	Metaalgehalte (mg.kg ⁻¹)				Bodem eigenschappen						Coëfficiënten Bodem plant relatie						
		Bodem		Gewas		pH KCl		OM (%)		klei (%)		INT	SOM	Klei	pH	Q	R ²	sc(Y)
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max							
Aardappel	25	41	538	12	25	4.7	7.3	1.2	7.5	4	25	1.23	-0.07	-0.15	-0.09	0.34	0.36	0.08
Andijvie	52	64	1474	51	353	4.7	7.1	1.4	12.0	5	23	3.17	-0.38	-0.23	-0.31	0.52	0.74	0.10
Gras ¹	33	71	1686	38	176	3.8	7.4	2.8	14.1	7	41	2.06	1.09	-1.05	-0.09	0.41	0.49	0.11
Gras ²	14	21	196	36	334	4.9	5.6	3.0	10.2	-	-	2.98	-0.31	0	-0.38	0.7	0.83	0.12
Maïs ¹	39	18	1520	28	174	4.2	7.5	1.9	14.0	3	37	1.35	-0.14	-0.25	-0.17	0.81	0.68	0.13
Maïs ²	23	14	595	23	319	4.4	5.8	1.3	6.3	-	-	2.55	-0.09	0	-0.36	0.71	0.76	0.15
Prei Maas	15	40	104	18	33	4.9	7.4	1.1	2.5	5	16	1.98	-0.19	-0.44	-0.13	0.36	0.51	0.06
Sla	77	42	1474	40	203	4.7	7.7	1.2	11.9	4	31	2.76	0	-0.26	-0.21	0.34	0.71	0.08
Suikerbiet	112	49	1140	30	343	4.5	7.4	1.3	13.5	3	31	2.69	-0.71	-0.37	-0.41	1.13	0.67	0.14
Tarwe	18	85	1138	33	94	5.9	7.3	1.4	9.9	11	30	1.32	0	-0.24	-0.06	0.45	0.56	0.09

¹ relatie uit landelijke databestand, voor algemeen gebruik

² relatie uit bestand Kempen (Alterra rapport 974), alleen te gebruiken voor zandgronden. Zn gehalte in de bodem is gemeten in 0.43 N HNO₃. Omrekenen naar totaal zink is mogelijk. Zie de hierna gegeven omrekenfactoren

Tabel B8.5 Omrekenfactoren om reactief (gemeten in 0.43 N HNO₃) zink en cadmiumgehalte in de bodem te berekenen uit totaalgehalte (Aqua Regia) en bodemeigenschappen (Römkens et al, 2004)

metaal	Coëfficiënten regressie reactief-totaal				R ²
	a	b	c	d	
Cd	-0.089	0.022	-0.062	1.075	0.96
Zn	-0.703	0.183	-0.298	1.235	0.96

Toegepaste vergelijking:

$$\log(\text{Me}_{\text{reactief}}) = a + b * \log(\% \text{Organische stof}) + c * \log(\text{klei}) + d * \log(\text{Me}_{\text{totaal}})$$

Bijlage 9 Overzicht van criteria per metaal en gebruiksvorm

CADMIUM

criterium	tabel (bron)	Akkerbouw			Akkerbouw veevoer		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)		1	1.9	2.6	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	0.9	3.3	2
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	> 0.8	> 11	nd	11	38	23
huidige LAC		0.5	1	1	0.5	1	1
AW2000		0.4	0.5	0.9	0.4	0.5	0.9
IW-Besl. Bod. Kwal.		8	11	19	8	11	19
Wijziging nodig?		Y	Y	Y	Y	Y	Y
voorstel		1	2	3	1	3	2

	tabel (bron)	Groente			Beweid grasland		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)		0.9	2.5	2.6/7.0	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	1.2	2.5	3.3
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	0.9	3.3	5.3
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	6.0	18.4	19.4
	schaap	nvt	nvt	nvt	3.8	9.9	20.6
fytotox	A6.2	4,3	17	28	> 9.3	> 37	> 14
huidige LAC		0.5	1	1	2	3	3
AW2000		0.4	0.5	0.9	0.4	0.5	0.9
IW-Besl. Bod. Kwal.		8	11	19	8	11	19
Wijziging nodig?		Y	Y	Y	Y	Y	N
voorstel		1	2	5	1	2	3

	tabel (bron)	Fruit			Siernteelt		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	> 0,8	> 1,1	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2						
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	> 0,8	> 1,1	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		0.5	1	1	5	10	10
AW2000		0.4	0.5	0.9	0.4	0.5	0.9
IW-Besl. Bod. Kwal.		8	11	19	8	11	19
Wijziging nodig?		Y	Y	Y	N	N	N
voorstel		1	3	5	5	10	10

CHROOM

criterium	tabel (bron)	Akkerbouw			Akkerbouw veevoer		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nd	nd	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		200	300	300	200	300	300
AW2000		31	55	44	31	55	44
IW-Besl. Bod. Kwal.		101	180	144	101	180	144
Wijziging nodig?		Y	Y	Y	Y	Y	Y
voorstel		100	180	140	100	180	140

	tabel (bron)	Groente			Beweid grasland		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nd	nd	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
	schaap	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
fytotox	A6.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		200	300	300	200	300	300
AW2000		31	55	44	31	55	44
IW-Besl. Bod. Kwal.		101	180	144	101	180	144
Wijziging nodig?		Y	Y	Y	Y	Y	Y
voorstel		100	180	140	100	180	140

	tabel (bron)	Fruit			Siernteelt		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nd	nd	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2						
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		200	300	300	200	300	300
AW2000		31	55	44	31	55	44
IW-Besl. Bod. Kwal.		101	180	144	101	180	144
Wijziging nodig?		Y	Y	Y	Y	Y	Y
voorstel		100	180	140	100	180	140

KOPER

criterium	tabel (bron)	Akkerbouw			Akkerbouw veevoer		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nd	> 58	> 97	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	165	208	185
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	nd	> 58	> 97	nd	> 58	> 97
huidige LAC		50	200	200	50	80	80
AW2000		21	35	47	21	35	47
IW-Besl. Bod. Kwal.		98	168	222	98	168	222
Wijziging nodig?		N	Y	N	N	N	N
voorstel		50	160	200	50	80	80

	tabel (bron)	Groente			Beweid grasland		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	>>21	> 116	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	19/53	32/88	150/416
veegezondheid (TDI)	A7.3	nvt	nvt	nvt			
	rund	nvt	nvt	nvt	645	645	645
	schaap	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
fytotox	A6.2	nd	> 58	> 97	nd	> 58	> 97
huidige LAC		50	200	200	30/50	30/80	30/80
AW2000		21	35	47	21	35	47
IW-Besl. Bod. Kwal.		98	168	222	98	168	222
Wijziging nodig?		N	Y	N	N	N	J
voorstel		50	160	200	30/50	30/80	30/80

	tabel (bron)	Fruit			Siernteelt		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nd	nd	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	nd	> 58	> 97	nd	> 58	> 97
huidige LAC		50	200	200	50	200	200
AW2000		21	35	47	21	35	47
IW-Besl. Bod. Kwal.		98	168	222	98	168	222
Wijziging nodig?		N	Y	N	N	Y	N
voorstel		50	160	200	50	160	200

KWIK

criterium	tabel (bron)	Akkerbouw			Akkerbouw veevoer		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	> 0.16	> 3.7	> 1.9	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	> 0.87	> 4.9	> 3.2
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytoxisch	A6.2	> 0.16	> 3.7	> 1.9	> 0.87	> 4.9	> 3.2
huidige LAC		2	2	2	2	2	2
AW2000		0.11	0.14	0.15	0.11	0.14	0.15
IW-Besl. Bod. Kwal.		26	35	36	26	35	36
Wijziging nodig?		N	N	N	N	N	N
voorstel		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

	tabel (bron)	Groente			Beweid grasland		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	> 0.62	> 2.7	> 1.9	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	2.3	2.4	2.3
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	> 0.87	> 4.9	> 3.2
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	68	68	68
	schaap	nvt	nvt	nvt	55	55	55
fytoxisch	A6.2	> 0.62	> 2.7	> 1.9	> 0.87	> 4.9	> 3.2
huidige LAC		2	2	2	2	2	2
AW2000		0.11	0.14	0.15	0.11	0.14	0.15
IW-Besl. Bod. Kwal.		26	35	36	26	35	36
Wijziging nodig?		N	N	N	N	N	N
voorstel		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

	tabel (bron)	Fruit			Sierenteelt		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nd	nd	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytoxisch	A6.2	> 0.44	> 0.61	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		2	2	2	2	2	2
AW2000		0.11	0.14	0.15	0.11	0.14	0.15
IW-Besl. Bod. Kwal.		26	35	36	26	35	36
Wijziging nodig?		N	N	N	N	N	N
voorstel		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Noot: bij suikerbiet veelvuldig normoverschrijding
bij zeer lage Hg gehalten in de bodem (Hg 0.01 tot 0.03 ppm)

NIKKEL

criterium	tabel (bron)	Akkerbouw			Akkerbouw veevoer		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nd	nd	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		15	50	70	15	50	70
AW2000		11	30	21	11	30	21
IW-Besl. Bod. Kwal.		35	95	68	35	95	68
Wijziging nodig?		N	N	Y	N	N	Y
voorstel		15	50	60	15	50	60

	tabel (bron)	Groente			Beweid grasland		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nd	nd	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
	schaap	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
fytotox	A6.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		15	50	70	15	50	70
AW2000		11	30	21	11	30	21
IW-Besl. Bod. Kwal.		35	95	68	35	95	68
Wijziging nodig?		N	N	Y	N	N	Y
voorstel		15	50	60	15	50	60

	tabel (bron)	Fruit			Siernteelt		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nd	nd	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		15	50	70	15	50	70
AW2000		11	30	21	11	30	21
IW-Besl. Bod. Kwal.		35	95	68	35	95	68
Wijziging nodig?		N	N	Y	N	N	Y
voorstel		15	50	60	15	50	60

LOOD

criterium	tabel (bron)	Akkerbouw			Akkerbouw veevoer		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	43	120	207	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	> 51	> 415	nd
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	> 120	> 297	nd	> 51	> 415	nd
huidige LAC		100	200	200	100	200	200
AW2000		33	46	56	33	46	56
IW-Besl. Bod. Kwal.		349	486	592	349	486	592
Wijziging nodig?		N	N	N	N	N	N
voorstel		100	200	200.0	100	200	200

	tabel (bron)	Groente			Beweid grasland		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	> 280	> 548	> 420	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	155	155	159
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	> 166	> 680	> 580
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	1382	1382	1386
	schaap	nvt	nvt	nvt	-	-	-
fytotox	A6.2	> 280	> 548	> 420	> 166	> 680	> 580
huidige LAC		100	200	200	150	150	150
AW2000		33	46	56	33	46	56
IW-Besl. Bod. Kwal.		349	486	592	349	486	592
Wijziging nodig?		N	N	N	N	N	N
voorstel		100	200	200	150	150	150

	tabel (bron)	Fruit			Siereteelt		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	> 73	> 93	nd	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt			
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	> 73	> 93	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		100	200	200	500	800	800
AW2000		33	46	56	33	46	56
IW-Besl. Bod. Kwal.		349	486	592	349	486	592
Wijziging nodig?		N	N	N	Y	Y	Y
voorstel		100	200	200	340	480	590

Noot: normoverschrijding bij 17 ppm voor tarwe
meerdere overchrijdingen in database

ZINK

criterium	tabel (bron)	Akkerbouw			Akkerbouw veevoer		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	154	806	1244
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2						
huidige LAC		100	350	350	100	350	350
AW2000		64	130	140	64	130	140
IW-Besl. Bod. Kwal.		327	666	720	327	666	720
Wijziging nodig?		Y	N	N	Y	Y	Y
voorstel		150	350	350	150	660	720

	tabel (bron)	Groente			Beweid grasland		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	150	806	1244
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	>10000	>10000	>10000
	schaap	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
fytotox	A6.2						
huidige LAC		100	350	350	200	350	350
AW2000		64	130	140	64	130	140
IW-Besl. Bod. Kwal.		327	666	720	327	666	720
Wijziging nodig?		Y	N	N	Y	Y	Y
voorstel		150	350	350	150	660	720

	tabel (bron)	Fruit			Siernteelt		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	nd	nd	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		100	350	350	100	350	350
AW2000		64	130	140	64	130	140
IW-Besl. Bod. Kwal.		327	666	720	327	666	720
Wijziging nodig?		Y	Y	Y	Y	Y	Y
voorstel		150	660	720	150	660	720

ARSEEN

criterium	tabel (bron)	Akkerbouw			Akkerbouw veevoer		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	> 22	> 44	> 35	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	> 17	> 103	nd
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2						
huidige LAC		30	50	50	30	50	50
AW2000		12	18	23	12	18	23
IW-Besl. Bod. Kwal.		46	69	86	46	69	86
Wijziging nodig?		N	N	N	N	N	N
voorstel		30	50	50	30	50	50

	tabel (bron)	Groente			Beweid grasland		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1	> 27	> 29	> 35	nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	295	299	298
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	> 38	> 47	> 36
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	900	900	900
	schaap	nvt	nvt	nvt	nd	nd	nd
fytotox	A6.2				> 38	> 47	> 36
huidige LAC		30	50	50	30	50	50
AW2000		12	18	23	12	18	23
IW-Besl. Bod. Kwal.		46	69	86	46	69	86
Wijziging nodig?		N	N	N	N	N	N
voorstel		30	50	50	30	50	50

	tabel (bron)	Fruit			Siernteelt		
		zand	klei	veen	zand	klei	veen
warenwet (plant humaan)	A6.1				nvt	nvt	nvt
warenwet (nier/lever)	A7.2	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veevoeder norm (plant)	A6.1	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
veegezondheid (TDI)	A7.3						
	rund	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
	schaap	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt	nvt
fytotox	A6.2	> 14	> 43	nd	nd	nd	nd
huidige LAC		30	50	50	30	50	50
AW2000		12	18	23	12	18	23
IW-Besl. Bod. Kwal.		46	69	86	46	69	86
Wijziging nodig?		N	N	N	N	N	N
voorstel		30	50	50	30	50	50

Dieldrin

	akkerbouw			veevoeder productie		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	0.0016	0.0016	0.013
diergezondheid	-	-	-	-	-	-
produktnorm	0.0016	0.0016	0.013	-	-	-
	groenteteelt			beweid grasland		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	0.89	0.89	7.4
diergezondheid	-	-	-	0.11	0.11	0.16
produktnorm	0.89	0.89	7.4	6.4	6.4	8.9
	fruitteelt			niet-consumptie gewassen		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	-	-	-
diergezondheid	-	-	-	-	-	-
produktnorm	4.5	4.5	37	-	-	-

ENDRIN

	akkerbouw			veevoeder productie		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	0.056	0.056	0.47
diergezondheid	-	-	-	-	-	-
produktnorm	0.056	0.056	0.47	-	-	-
	groenteteelt			beweid grasland		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	0.73	0.73	6
diergezondheid	-	-	-	0.22	0.22	0.32
produktnorm	0.73	0.73	6	1.5	1.5	2.2
	fruitteelt			niet-consumptie gewassen		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	-	-	-
diergezondheid	-	-	-	-	-	-
produktnorm	2.4	2.4	30	-	-	-

DDT

	akkerbouw			veevoeder productie		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	0.16	0.16	1.3
diergezondheid	-	-	-	-	-	-
produktnorm	0.16	0.16	1.3	-	-	-
	groenteteelt			beweid grasland		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	1200	1200	110000
diergezondheid	-	-	-	0.85	0.85	0.85
produktnorm	1200	1200	110000	41	41	42
	fruitteelt			niet-consumptie gewassen		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	-	-	-
diergezondheid	-	-	-	-	-	-
produktnorm	6000	6000	550000	-	-	-

ALDRIN

	akkerbouw			veevoeder productie		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	0.0016	0.0016	0.013
diergezondheid	-	-	-	-	-	-
produktnorm	0.0016	0.0016	0.013	-	-	-
	groenteteelt			beweid grasland		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	18	18	570
diergezondheid	-	-	-	0.17	0.17	0.17
produktnorm	18	18	570	17	17	17
	fruitteelt			niet-consumptie gewassen		
	zand	klei	veen	zand	klei	veen
veevoedernorm	-	-	-	-	-	-
diergezondheid	-	-	-	-	-	-
produktnorm	90	90	2850	-	-	-

Voor PAK is alleen voor dierlijke gezondheid (beweid grasland) een waarde van 3.4 (somPAK) bepaald (niet afhankelijk van bodemtype)

Bijlage 10 Overzicht van data gebruikt voor de afleiding van bodem – plant relaties

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Aardappel	IB6306	0.3	0.1	4.4	14.4	3
Aardappel	IB6306	1.7	0.3	5.2	17.7	3
Aardappel	IB6306	2.2	0.4	5.0	14.3	3
Aardappel	IB6306	0.1	0.1	4.9	3.6	3
Aardappel	IB6306	1.2	0.4	5.4	10.8	3
Aardappel	IB6306	3.1	0.6	5.1	5.4	3
Aardappel	IB6306	0.5	0.0	7.1	13.3	3
Aardappel	IB6306	3.2	0.4	7.2	8.2	3
Aardappel	IB6306	2.9	0.8	4.3	16.2	3
Aardappel	IB6306	0.3	0.3	4.2	7.0	3
Aardappel	IB6306	1.3	0.3	6.4	5.8	3
Aardappel	IB6306	0.2	0.1	4.3	3.9	3
Aardappel	IB6306	3.8	0.9	4.9	3.7	3
Aardappel	IB6306	1.6	0.5	4.8	7.7	3
Aardappel	IB6306	0.3	0.1	5.6	3.7	3
Aardappel	IB6306	1.9	0.6	4.4	9.9	3
Aardappel	IB6306	5.1	0.5	6.0	8.7	3
Aardappel	IB6306	4.0	1.1	3.9	3.1	3
Aardappel	IB6306	1.3	0.4	4.5	6.0	3
Aardappel	IB6306	1.6	0.6	5.4	3.1	3
Aardappel	IB6306	4.8	0.6	5.0	14.4	3
Aardappel	IB6306	2.0	0.6	5.1	9.2	3
Aardappel	IB6306	0.5	0.2	3.8	28.3	3
Aardappel	IB6306	0.1	0.1	4.8	4.0	3
Aardappel	IB6306	0.4	0.0	6.9	3.2	24
Aardappel	IB6306	4.5	0.7	6.1	5.8	28
Aardappel	IB6306	1.7	0.3	4.1	12.7	29
Aardappel	IB6306	3.7	0.6	7.0	3.4	31
Aardappel	IB6306	0.4	0.0	7.2	3.4	36
Aardappel	IB6306	0.3	0.0	7.3	1.9	20
Aardappel	IB6306	3.2	0.6	7.5	1.3	10
Aardappel	IB6306	2.2	0.4	7.6	1.5	7
Aardappel	IB6306	3.4	0.6	7.3	2.2	23
Aardappel	IB6306	4.2	0.6	7.6	1.2	7
Aardappel	IB6306	0.3	0.1	7.3	2.7	24
Aardappel	IB6306	1.4	0.3	7.3	3.8	33
Aardappel	IB6306	3.6	0.5	7.2	3.4	40
Aardappel	IB6306	0.2	0.0	7.4	1.3	13
Aardappel	IB6306	0.4	0.1	6.9	5.9	27
Aardappel	IB6306	1.5	0.3	7.2	3.2	38
Aardappel	IB6306	4.6	0.5	6.3	1.7	15
Aardappel	IB6306	0.2	0.1	7.4	1.3	7
Aardappel	IB6306	0.1	0.0	7.6	0.7	6
Aardappel	IB6306	0.3	0.1	7.2	3.6	14
Aardappel	IB6306	0.5	0.0	7.3	3.4	26
Aardappel	IB6306	3.7	0.8	5.8	5.2	25
Aardappel	IB6306	0.3	0.1	7.2	3.3	12
Aardappel	IB6306	2.3	0.4	5.9	5.6	26
Aardappel	IB6306	0.7	0.0	7.1	5.9	23
Aardappel	IB6306	0.7	0.0	7.1	6.7	28
Aardappel	IB6306	0.3	0.1	7.3	2.8	12
Aardappel	IB6306	3.2	0.3	7.1	12.2	14
Aardappel	IB6306	2.5	0.1	7.5	4.2	20
Aardappel	IB6306	2.3	0.1	7.5	3.7	19
Aardappel	IB6306	2.3	0.0	7.4	3.1	21
Aardappel	IB6306	0.7	0.1	7.6	1.7	15
Aardappel	IB6306	0.5	0.1	7.3	3.1	32
Aardappel	IB6306	0.6	0.0	7.5	2.5	22
Aardappel	IB6306	5.5	0.1	7.3	6.7	25
Aardappel	IB6306	4.8	0.1	7.4	5.6	22
Andijvie	Maas	0.4	2.3	5.7	2.2	6
Andijvie	Maas	0.5	1.0	6.2	1.8	6
Andijvie	Maas	0.6	3.3	4.7	2.0	7
Andijvie	Maas	0.6	3.5	5.4	2.5	8

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Andijvie	Maas	0.6	1.9	5.2	2.7	8
Andijvie	Maas	0.7	1.9	5.5	2.0	7
Andijvie	Maas	0.8	1.8	5.3	1.4	7
Andijvie	Maas	0.8	2.3	5.4	3.0	14
Andijvie	Maas	0.8	0.9	6.2	3.1	7
Andijvie	Maas	0.8	0.4	6.7	2.4	13
Andijvie	Maas	0.8	2.0	5.4	2.7	11
Andijvie	Maas	0.8	1.5	6.5	3.5	14
Andijvie	Maas	0.9	2.4	5.0	3.5	16
Andijvie	Maas	0.9	1.5	6.4	2.6	5
Andijvie	Maas	0.9	1.2	6.0	5.6	9
Andijvie	Maas	0.9	1.3	6.1	2.7	10
Andijvie	Maas	0.9	2.4	5.9	3.1	15
Andijvie	Maas	0.9	1.8	5.9	2.4	8
Andijvie	Maas	1.0	2.6	4.7	3.3	11
Andijvie	Maas	1.0	2.0	5.6	3.0	9
Andijvie	Maas	1.0	2.2	6.0	2.1	13
Andijvie	Maas	1.1	1.2	6.7	4.1	16
Andijvie	Maas	1.3	2.6	5.6	3.8	15
Andijvie	Maas	1.3	1.4	6.1	3.6	14
Andijvie	Maas	1.4	0.8	6.5	4.1	15
Andijvie	Maas	1.5	0.4	6.7	6.6	19
Andijvie	Maas	1.6	5.4	5.3	4.8	19
Andijvie	Maas	1.6	1.2	5.9	4.7	19
Andijvie	Maas	1.7	1.7	6.4	4.9	18
Andijvie	Maas	1.7	0.8	6.1	6.5	19
Andijvie	Maas	1.8	1.5	6.5	5.2	16
Andijvie	Maas	1.8	8.8	4.9	5.0	16
Andijvie	Maas	1.8	0.9	6.4	6.2	19
Andijvie	Maas	1.8	0.5	6.5	7.4	17
Andijvie	Maas	1.9	0.5	7.1	5.5	14
Andijvie	Maas	2.0	0.4	7.1	12.0	11
Andijvie	Maas	2.2	1.2	6.6	5.5	14
Andijvie	Maas	2.2	1.1	6.3	3.9	15
Andijvie	Maas	2.3	0.6	6.7	4.4	18
Andijvie	Maas	2.5	1.5	7.0	5.3	17
Andijvie	Maas	2.7	0.8	6.7	6.4	16
Andijvie	Maas	3.2	0.9	7.0	4.9	15
Andijvie	Maas	3.3	2.1	7.0	6.2	14
Andijvie	Maas	4.0	1.3	6.8	6.4	23
Andijvie	Maas	4.5	4.3	6.8	6.9	21
Andijvie	Maas	4.6	0.8	7.0	7.1	21
Andijvie	Maas	4.7	1.9	6.6	9.2	16
Andijvie	Maas	4.8	2.0	6.8	7.3	15
Andijvie	Maas	5.2	1.7	7.1	7.0	22
Andijvie	Maas	5.3	1.8	6.8	7.2	17
Andijvie	Maas	7.5	2.0	7.1	7.8	17
Andijvie	Maas	12.6	4.1	7.1	9.7	13
Andijvie	IB6306	0.1	1.2	4.8	4.0	3
Andijvie	IB6306	0.1	1.3	4.9	3.6	3
Andijvie	IB6306	0.2	0.9	7.4	1.3	7
Andijvie	IB6306	0.2	0.4	7.4	1.3	13
Andijvie	IB6306	0.2	0.4	7.3	1.9	20
Andijvie	IB6306	0.2	0.5	7.2	3.6	14
Andijvie	IB6306	0.2	0.7	7.2	3.3	12
Andijvie	IB6306	0.2	0.6	7.3	2.8	12
Andijvie	IB6306	0.2	1.1	4.3	3.9	3
Andijvie	IB6306	0.2	0.4	5.6	3.7	3
Andijvie	IB6306	0.2	0.4	4.4	14.4	3
Andijvie	IB6306	0.2	6.5	4.2	7.0	3
Andijvie	IB6306	0.3	0.3	6.9	3.2	24
Andijvie	IB6306	0.3	0.3	7.3	2.7	24
Andijvie	IB6306	0.4	0.4	7.3	3.4	26
Andijvie	IB6306	0.4	0.6	6.9	5.9	27
Andijvie	IB6306	0.5	0.2	7.2	3.4	36
Andijvie	IB6306	0.5	1.8	3.8	28.3	3
Andijvie	IB6306	0.5	0.5	7.3	3.1	32
Andijvie	IB6306	0.5	0.5	7.6	1.7	15
Andijvie	IB6306	0.5	0.4	7.5	2.5	22
Andijvie	IB6306	0.5	0.4	7.1	13.3	3

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Andijvie	IB6306	0.6	0.5	7.1	5.9	23
Andijvie	IB6306	0.7	0.4	7.1	6.7	28
Andijvie	IB6306	1.1	2.6	5.4	10.8	3
Andijvie	IB6306	1.2	2.8	6.4	5.8	3
Andijvie	IB6306	1.2	6.9	4.5	6.0	3
Andijvie	IB6306	1.4	2.4	7.3	3.8	33
Andijvie	IB6306	1.4	10.5	4.1	12.7	29
Andijvie	IB6306	1.5	18.2	5.4	3.1	3
Andijvie	IB6306	1.6	1.5	7.2	3.2	38
Andijvie	IB6306	1.7	6.6	4.8	7.7	3
Andijvie	IB6306	1.8	2.1	5.2	17.7	3
Andijvie	IB6306	1.9	5.6	4.4	9.9	3
Andijvie	IB6306	1.9	5.5	5.1	9.2	3
Gerst	IB6306	0.2	0.0	4.4	14.4	3
Gerst	IB6306	0.1	0.0	4.9	3.6	3
Gerst	IB6306	0.4	0.0	7.1	13.3	3
Gerst	IB6306	0.2	0.0	4.2	7.0	3
Gerst	IB6306	0.2	0.0	5.6	3.7	3
Gerst	IB6306	0.5	0.1	3.8	28.3	3
Gerst	IB6306	0.1	0.0	4.8	4.0	3
Gerst	IB6306	0.4	0.0	6.9	3.2	24
Gerst	IB6306	0.4	0.1	7.2	3.4	36
Gerst	IB6306	0.2	0.1	7.3	1.9	20
Gerst	IB6306	0.4	0.1	7.3	2.7	24
Gerst	IB6306	0.1	0.0	7.4	1.3	13
Gerst	IB6306	0.4	0.0	6.9	5.9	27
Gerst	IB6306	0.3	0.0	7.4	1.3	7
Gerst	IB6306	0.1	0.0	7.6	0.7	6
Gerst	IB6306	0.3	0.0	7.2	3.6	14
Gerst	IB6306	0.6	0.0	7.3	3.4	26
Gerst	IB6306	0.4	0.0	7.2	3.3	12
Gerst	IB6306	0.7	0.0	7.1	5.9	23
Gerst	IB6306	0.7	0.1	7.1	6.7	28
Gerst	IB6306	0.3	0.1	7.3	2.8	12
Gerst	IB6306	2.4	0.1	7.5	4.2	20
Gerst	IB6306	2.2	0.1	7.5	3.7	19
Gerst	IB6306	2.3	0.1	7.4	3.1	21
Gerst	IB6306	0.7	0.1	7.6	1.7	15
Gerst	IB6306	0.7	0.1	7.3	3.1	32
Gerst	IB6306	0.6	0.1	7.5	2.5	22
Gerst	IB6306	5.2	0.3	7.3	6.7	25
Gerst	IB6306	4.5	0.3	7.4	5.6	22
Gras	Kempen	1.3	0.4	5.1	5.2	na
Gras	Kempen	0.8	0.1	5.5	5.1	na
Gras	Kempen	0.7	0.1	5.6	5.2	na
Gras	Kempen	0.6	0.2	4.9	4.2	na
Gras	Kempen	1.0	0.5	5.0	10.1	na
Gras	Kempen	1.5	0.4	5.0	6.1	na
Gras	Kempen	1.2	0.5	4.8	6.0	na
Gras	Kempen	1.4	0.4	4.9	6.3	na
Gras	Kempen	1.0	0.7	5.1	4.6	na
Gras	Kempen	2.3	1.1	5.1	9.1	na
Gras	Kempen	1.5	1.3	5.4	5.7	na
Gras	Kempen	2.2	0.9	5.1	8.1	na
Gras	Kempen	3.1	0.8	5.1	6.9	na
Gras	Kempen	1.0	0.3	5.4	2.9	na
Gras	IB Landelijk	0.2	0.1	5.1	3.6	1
Gras	IB Landelijk	0.4	0.1	5.1	6.9	1
Gras	IB Landelijk	0.2	0.2	4.3	9.5	2
Gras	IB Landelijk	0.2	0.1	6.1	2.5	2
Gras	IB Landelijk	0.4	0.4	5.1	6.5	2
Gras	IB Landelijk	0.3	0.1	5.1	6.8	2
Gras	IB Landelijk	0.4	0.3	5.2	3.0	2
Gras	IB Landelijk	0.3	0.1	7.4	2.2	2
Gras	IB Landelijk	0.7	0.1	5.6	4.8	2
Gras	IB Landelijk	0.2	0.1	6.1	3.9	2
Gras	IB Landelijk	0.4	0.1	5.1	20.8	3
Gras	IB Landelijk	0.4	0.1	5.7	5.7	3

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Gras	IB Landelijk	0.4	0.1	5.3	2.7	3
Gras	IB Landelijk	0.5	0.1	5.3	11.0	3
Gras	IB Landelijk	0.3	0.1	5.8	10.5	3
Gras	IB Landelijk	2.3	0.3	5.5	7.4	3
Gras	IB Landelijk	1.0	0.2	5.3	7.3	3
Gras	IB Landelijk	0.2	0.1	5.8	5.3	3
Gras	IB Landelijk	0.6	0.1	7.2	6.2	4
Gras	IB Landelijk	0.8	0.1	5.3	14.2	4
Gras	IB Landelijk	0.3	0.1	6.3	7.8	4
Gras	IB Landelijk	1.1	0.3	5.5	29.1	4
Gras	IB Landelijk	0.3	0.1	5.6	6.9	5
Gras	IB Landelijk	1.1	0.1	5.6	69.2	5
Gras	IB Landelijk	0.6	0.1	5.3	24.1	5
Gras	IB Landelijk	0.4	0.1	7.1	6.7	6
Gras	IB Landelijk	0.2	0.1	6.3	8.1	6
Gras	IB Landelijk	0.9	0.2	4.6	60.3	6
Gras	IB Landelijk	0.5	0.2	5.7	4.6	6
Gras	IB Landelijk	0.2	0.1	6.7	8.8	7
Gras	IB Landelijk	1.6	0.1	5.1	38.4	7
Gras	IB Landelijk	0.5	0.1	5.2	27.9	7
Gras	IB Landelijk	0.5	0.1	5.9	6.6	7
Gras	IB Landelijk	0.9	0.1	5.8	18.6	8
Gras	IB Landelijk	1.3	0.1	5.4	51.7	8
Gras	IB Landelijk	2.4	0.1	5.6	34.3	9
Gras	IB Landelijk	0.2	0.1	6.9	4.5	10
Gras	IB Landelijk	0.5	0.1	5.5	22.5	10
Gras	IB Landelijk	0.2	0.1	7.0	6.1	10
Gras	IB Landelijk	0.4	0.1	6.8	7.8	11
Gras	IB Landelijk	0.5	0.1	7.1	3.4	12
Gras	IB Landelijk	0.3	0.1	6.3	8.3	12
Gras	IB Landelijk	0.2	0.0	7.0	5.2	13
Gras	IB Landelijk	0.2	0.1	6.8	8.2	13
Gras	IB Landelijk	1.2	0.2	6.7	9.1	13
Gras	IB Landelijk	6.0	0.3	7.2	10.6	14
Gras	IB Landelijk	1.3	0.3	5.5	27.7	14
Gras	IB Landelijk	0.7	0.2	5.1	31.0	15
Gras	IB Landelijk	1.4	0.2	6.6	6.8	15
Gras	IB Landelijk	0.7	0.2	5.3	6.0	16
Gras	IB Landelijk	10.0	0.8	7.1	11.0	16
Gras	IB Landelijk	1.7	0.1	5.7	47.7	16
Gras	IB Landelijk	0.3	0.0	6.5	7.9	17
Gras	IB Landelijk	1.5	0.1	5.8	46.6	17
Gras	IB Landelijk	0.5	0.1	5.3	19.1	17
Gras	IB Landelijk	1.4	0.1	5.2	42.5	17
Gras	IB Landelijk	0.5	0.1	5.8	17.5	19
Gras	IB Landelijk	0.9	0.0	5.4	34.4	19
Gras	IB Landelijk	0.5	0.1	5.4	27.3	20
Gras	IB Landelijk	0.5	0.1	5.5	22.9	20
Gras	IB Landelijk	0.4	0.1	6.7	8.8	20
Gras	IB Landelijk	1.1	0.1	5.2	35.1	20
Gras	IB Landelijk	0.8	0.1	6.3	38.2	21
Gras	IB Landelijk	0.9	0.1	5.5	32.4	21
Gras	IB Landelijk	0.6	0.1	6.9	10.5	21
Gras	IB Landelijk	0.3	0.1	6.1	19.0	22
Gras	IB Landelijk	0.7	0.1	5.0	30.7	22
Gras	IB Landelijk	0.6	0.1	6.5	13.7	22
Gras	IB Landelijk	37.0	0.5	7.2	14.1	22
Gras	IB Landelijk	0.5	0.1	5.5	29.2	22
Gras	IB Landelijk	0.4	0.1	6.4	13.1	23
Gras	IB Landelijk	14.0	0.8	7.0	17.6	23
Gras	IB Landelijk	0.6	0.1	5.8	23.9	27
Gras	IB Landelijk	2.3	0.2	7.0	12.0	29
Gras	IB Landelijk	0.6	0.1	4.9	27.5	29
Gras	IB Landelijk	4.6	0.4	5.3	15.0	30
Gras	IB Landelijk	0.5	0.2	5.3	8.3	31
Gras	IB Landelijk	1.1	0.1	6.4	14.8	33
Gras	IB Landelijk	0.7	0.1	5.9	9.7	33
Gras	IB Landelijk	0.8	0.2	5.3	16.4	35
Gras	IB Landelijk	0.5	0.2	4.9	11.0	39

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Mais	Maasoever	0.1	0.1	4.2	3.3	3
Mais	Maasoever	0.3	0.1	4.2	2.0	5
Mais	Maasoever	0.4	0.1	4.5	2.0	6
Mais	Maasoever	2.1	0.4	5.3	5.7	17
Mais	Maasoever	0.9	0.3	5.4	2.2	9
Mais	Maasoever	2.9	0.4	5.6	6.7	31
Mais	Maasoever	0.6	0.2	5.8	2.1	7
Mais	Maasoever	1.2	0.4	5.8	2.2	7
Mais	Maasoever	1.4	0.2	5.9	3.8	21
Mais	Maasoever	2.5	0.4	5.9	7.6	37
Mais	Maasoever	1.9	0.5	6.1	3.6	10
Mais	Maasoever	1.0	0.1	6.1	2.0	11
Mais	Maasoever	2.2	2.3	6.1	5.8	13
Mais	Maasoever	1.0	0.2	6.3	4.0	18
Mais	Maasoever	1.0	0.4	6.5	1.9	5
Mais	Maasoever	1.5	0.2	6.5	3.6	22
Mais	Maasoever	1.0	0.3	6.5	3.0	25
Mais	Maasoever	1.3	0.2	6.6	2.8	18
Mais	Maasoever	2.0	0.2	6.6	4.3	16
Mais	Maasoever	1.0	0.1	6.7	2.3	13
Mais	Maasoever	0.9	0.2	6.7	1.9	7
Mais	Maasoever	1.0	0.1	6.8	2.1	14
Mais	Maasoever	2.6	0.6	6.8	4.7	17
Mais	Maasoever	1.7	0.2	6.8	3.2	14
Mais	Maasoever	3.1	0.4	6.8	5.5	29
Mais	Maasoever	3.2	0.4	6.8	4.8	17
Mais	Maasoever	1.0	0.1	6.8	1.9	14
Mais	Maasoever	6.9	0.3	7.0	7.6	20
Mais	Maasoever	11.3	6.1	7.0	14.0	24
Mais	Maasoever	3.6	0.3	7.0	6.3	18
Mais	Maasoever	2.4	0.2	7.1	4.4	14
Mais	Maasoever	11.8	2.6	7.1	13.9	19
Mais	Maasoever	7.1	1.1	7.1	7.0	18
Mais	Maasoever	1.4	0.2	7.1	3.3	18
Mais	Maasoever	3.7	0.3	7.2	8.0	12
Mais	Maasoever	4.7	0.8	7.3	5.3	11
Mais	Maasoever	1.0	0.1	7.3	2.5	18
Mais	Maasoever	8.2	0.3	7.4	8.0	13
Mais	Maasoever	5.6	0.7	7.5	5.3	10
Prei	Maasoever	0.4	0.4	6.1	1.5	8
Prei	Maasoever	0.2	0.2	5.7	1.6	8
Prei	Maasoever	0.3	0.1	5.5	2.3	6
Prei	Maasoever	0.3	0.3	5.4	2.2	6
Prei	Maasoever	0.4	0.1	5.8	2.3	7
Prei	Maasoever	0.4	0.1	5.3	2.5	16
Prei	Maasoever	0.6	0.5	4.9	2.4	11
Prei	Maasoever	0.7	0.3	5.6	2.2	14
Prei	Maasoever	0.6	0.2	5.6	1.9	15
Prei	Maasoever	0.6	0.3	6.6	1.6	6
Prei	Maasoever	0.5	0.5	6.4	1.1	5
Prei	Maasoever	0.4	0.3	6.8	2.0	5
Prei	Maasoever	0.8	0.5	6.4	2.0	7
Prei	Maasoever	0.3	0.1	7.2	1.4	6
Prei	Maasoever	0.6	0.4	7.4	1.9	6
Radijs	IB6306	0.3	0.2	4.4	14.4	3
Radijs	IB6306	0.1	0.2	4.9	3.6	3
Radijs	IB6306	0.5	0.3	7.1	13.3	3
Radijs	IB6306	0.1	0.4	4.2	7.0	3
Radijs	IB6306	0.1	0.3	4.3	3.9	3
Radijs	IB6306	0.2	0.3	5.6	3.7	3
Radijs	IB6306	0.6	0.9	3.8	28.3	3
Radijs	IB6306	0.1	0.1	4.8	4.0	3
Radijs	IB6306	0.2	0.2	6.9	3.2	24
Radijs	IB6306	0.3	0.2	7.2	3.4	36
Radijs	IB6306	0.2	0.3	7.3	1.9	20
Radijs	IB6306	0.5	0.3	7.3	2.7	24
Radijs	IB6306	0.2	0.3	7.4	1.3	13
Radijs	IB6306	0.4	0.2	6.9	5.9	27

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Radijs	IB6306	0.2	0.5	7.4	1.3	7
Radijs	IB6306	0.1	0.1	7.6	0.7	6
Radijs	IB6306	0.2	0.4	7.2	3.6	14
Radijs	IB6306	0.5	0.2	7.3	3.4	26
Radijs	IB6306	0.3	0.5	7.2	3.3	12
Radijs	IB6306	0.6	0.3	7.1	5.9	23
Radijs	IB6306	0.6	0.2	7.1	6.7	28
Radijs	IB6306	0.3	0.4	7.3	2.8	12
Radijs	IB6306	2.4	0.6	7.5	4.2	20
Radijs	IB6306	2.3	0.6	7.5	3.7	19
Radijs	IB6306	2.2	0.5	7.4	3.1	21
Radijs	IB6306	0.6	0.3	7.6	1.7	15
Radijs	IB6306	0.6	0.3	7.3	3.1	32
Radijs	IB6306	0.6	0.4	7.5	2.5	22
Radijs	IB6306	5.0	0.9	7.3	6.7	25
Radijs	IB6306	4.4	0.7	7.4	5.6	22
Radijs	IB6306	1.1	1.2	5.4	10.8	3
Radijs	IB6306	1.0	1.2	6.4	5.8	3
Radijs	IB6306	1.3	1.6	4.5	6.0	3
Radijs	IB6306	1.3	1.2	7.3	3.8	33
Radijs	IB6306	1.6	1.1	7.2	3.2	38
Radijs	IB6306	1.6	0.9	5.2	17.7	3
Radijs	IB6306	1.7	1.2	4.1	12.7	29
Radijs	IB6306	1.8	2.8	5.4	3.1	3
Radijs	IB6306	1.6	2.4	4.8	7.7	3
Sla	IB Landelijk	0.9	0.5	6.3	31.9	8
Sla	IB Landelijk	0.9	0.6	6.4	16.4	8
Sla	IB Landelijk	0.9	0.4	6.1	31.2	8
Sla	IB Landelijk	1.0	1.4	6.0	18.0	4
Sla	IB Landelijk	1.1	1.1	6.7	8.9	13
Sla	IB Landelijk	1.1	0.3	6.6	33.6	10
Sla	IB Landelijk	1.1	0.6	6.1	26.3	20
Sla	IB Landelijk	1.3	0.8	6.5	12.1	16
Sla	IB Landelijk	1.3	0.9	6.0	7.9	10
Sla	IB Landelijk	1.4	0.4	6.5	35.5	7
Sla	IB Landelijk	1.9	1.8	7.0	14.6	20
Sla	IB Landelijk	3.2	1.7	7.1	7.1	15
Sla	Maasoever	0.8	3.3	5.0	3.5	16
Sla	Maasoever	0.9	1.8	6.4	2.6	5
Sla	Maasoever	0.9	1.4	6.0	2.2	16
Sla	Maasoever	0.9	0.7	6.0	5.6	9
Sla	Maasoever	0.9	1.3	6.1	2.7	10
Sla	Maasoever	0.9	1.7	5.9	3.1	15
Sla	Maasoever	0.9	2.1	5.9	2.4	8
Sla	Maasoever	0.9	3.5	4.7	3.3	11
Sla	Maasoever	1.0	2.1	5.6	3.0	9
Sla	Maasoever	1.0	1.6	6.0	2.1	13
Sla	Maasoever	1.0	0.9	6.7	4.1	16
Sla	Maasoever	1.2	1.0	5.8	3.1	18
Sla	Maasoever	1.3	2.2	5.6	1.8	8
Sla	Maasoever	1.3	3.7	5.2	3.5	18
Sla	Maasoever	1.3	3.1	6.0	2.0	9
Sla	Maasoever	1.3	3.2	5.6	3.8	15
Sla	Maasoever	1.3	1.5	6.1	3.6	14
Sla	Maasoever	1.4	0.7	6.5	4.1	15
Sla	Maasoever	1.5	0.6	6.7	6.6	19
Sla	Maasoever	1.6	1.2	6.7	2.2	7
Sla	Maasoever	1.6	5.5	5.3	4.8	19
Sla	Maasoever	1.6	2.0	5.9	4.7	19
Sla	Maasoever	1.7	1.4	6.1	6.5	19
Sla	Maasoever	1.7	1.2	6.4	4.9	18
Sla	Maasoever	1.8	1.9	6.5	5.2	16
Sla	Maasoever	1.8	8.9	4.9	5.0	16
Sla	Maasoever	1.8	1.0	6.4	6.2	19
Sla	Maasoever	1.8	0.9	6.5	7.4	17
Sla	Maasoever	1.9	0.9	7.1	5.5	14
Sla	Maasoever	2.0	0.5	7.1	12.0	11
Sla	Maasoever	2.0	3.3	5.4	4.4	21
Sla	Maasoever	2.2	1.1	6.6	5.5	14

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Sla	Maasoever	2.2	2.1	6.3	3.9	15
Sla	Maasoever	2.3	0.9	6.7	4.4	18
Sla	Maasoever	2.4	0.9	6.0	5.1	19
Sla	Maasoever	2.5	1.7	7.0	5.3	17
Sla	Maasoever	2.7	1.3	6.7	6.4	16
Sla	Maasoever	3.2	1.7	7.0	4.9	15
Sla	Maasoever	3.3	1.5	7.0	6.2	14
Sla	Maasoever	4.0	2.1	6.8	6.4	23
Sla	Maasoever	4.4	2.0	6.8	6.9	21
Sla	Maasoever	4.6	1.9	7.0	7.1	21
Sla	Maasoever	4.7	2.0	6.6	9.2	16
Sla	Maasoever	4.7	2.5	6.8	7.3	15
Sla	Maasoever	5.2	2.2	7.1	7.0	22
Sla	Maasoever	5.3	2.0	6.8	7.2	17
Sla	Maasoever	7.2	2.0	6.7	3.8	31
Sla	Maasoever	7.2	5.0	7.1	8.9	25
Sla	Maasoever	7.4	2.5	6.7	9.2	29
Sla	Maasoever	7.5	3.0	7.1	7.8	17
Sla	Maasoever	7.8	1.5	6.9	9.7	30
Sla	Maasoever	8.1	1.8	7.1	9.3	26
Sla	Maasoever	9.5	2.1	7.3	7.9	10
Sla	Maasoever	10.2	3.1	7.3	10.4	13
Sla	Maasoever	11.5	2.3	7.1	11.4	24
Sla	Maasoever	11.7	3.7	7.3	9.6	10
Sla	Maasoever	12.6	3.2	7.1	9.7	13
Spinazie	IB Landelijk	0.2	1.3	4.9	3.1	4
Spinazie	IB Landelijk	0.5	0.3	6.1	5.2	6
Spinazie	IB Landelijk	0.5	0.3	6.6	6.7	4
Spinazie	IB Landelijk	0.4	0.4	6.4	6.5	5
Spinazie	IB Landelijk	0.2	0.4	5.7	2.8	2
Spinazie	IB Landelijk	0.4	0.5	6.3	4.7	5
Spinazie	IB Landelijk	0.5	0.5	6.2	3.8	2
Spinazie	IB Landelijk	0.4	0.5	6.1	4.5	7
Spinazie	IB Landelijk	0.4	0.6	6.4	1.7	9
Spinazie	IB Landelijk	0.5	0.7	6.1	5.8	4
Spinazie	IB Landelijk	0.4	0.9	5.4	4.8	3
Spinazie	IB Landelijk	0.4	0.9	5.9	7.1	7
Spinazie	IB Landelijk	0.4	1.0	5.4	7.8	2
Spinazie	IB Landelijk	0.3	1.2	5.1	3.8	5
Spinazie	IB Landelijk	0.3	1.3	4.7	3.1	3
Spinazie	IB Landelijk	0.3	1.4	5.1	3.0	2
Spinazie	IB Landelijk	0.4	1.4	5.8	4.1	3
Spinazie	IB Landelijk	0.3	1.4	5.2	3.0	4
Spinazie	IB Landelijk	0.4	1.9	6.1	5.2	6
Spinazie	IB Landelijk	0.4	0.5	6.0	10.0	4
Spinazie	IB Landelijk	0.4	0.6	6.5	5.8	5
Spinazie	IB Landelijk	0.3	0.7	6.1	4.9	5
Spinazie	IB Landelijk	0.6	0.8	6.2	6.3	5
Spinazie	IB Landelijk	0.5	1.1	6.3	6.3	3
Spinazie	IB Landelijk	0.3	1.9	5.4	2.8	2
Spinazie	IB Landelijk	0.4	0.5	6.8	4.2	2
Spinazie	IB Landelijk	0.3	0.5	6.6	3.5	1
Spinazie	IB Landelijk	0.3	0.6	6.3	4.7	3
Spinazie	IB Landelijk	0.4	0.3	6.7	2.8	2
Spinazie	IB Landelijk	0.4	1.0	7.1	3.8	21
Spinazie	IB Landelijk	0.6	0.6	5.1	29.8	22
Spinazie	IB Landelijk	0.9	1.4	6.8	3.6	9
Spinazie	IB Landelijk	0.2	0.2	6.9	3.4	6
Spinazie	IB Landelijk	0.2	0.2	6.9	2.7	2
Spinazie	IB Landelijk	0.2	0.4	6.8	1.2	1
Spinazie	IB Landelijk	0.2	0.4	6.9	2.7	3
Suikerbiet	IB Landelijk	0.1	0.4	5.2	10.6	2
Suikerbiet	IB Landelijk	0.2	0.1	7.5	1.5	5
Suikerbiet	IB Landelijk	0.2	0.5	5.1	5.7	2
Suikerbiet	IB Landelijk	0.2	0.1	7.4	1.8	6
Suikerbiet	IB Landelijk	0.2	0.5	5.4	4.8	1
Suikerbiet	IB Landelijk	0.2	1.0	5.8	3.5	1
Suikerbiet	IB Landelijk	0.2	0.2	7.3	2.2	13

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Suikerbiet	IB Landelijk	0.2	0.2	7.4	2.4	14
Suikerbiet	IB Landelijk	0.2	0.5	4.6	10.9	3
Suikerbiet	IB Landelijk	0.2	0.1	7.4	1.8	10
Suikerbiet	IB Landelijk	0.2	0.2	7.2	3.3	23
Suikerbiet	IB Landelijk	0.3	0.1	7.3	1.9	15
Suikerbiet	IB Landelijk	0.3	0.2	7.2	2.3	16
Suikerbiet	IB Landelijk	0.3	0.3	7.0	1.9	7
Suikerbiet	IB Landelijk	0.3	0.1	7.2	4.3	23
Suikerbiet	IB Landelijk	0.3	0.2	7.1	2.1	9
Suikerbiet	IB Landelijk	0.3	0.2	7.4	1.7	5
Suikerbiet	IB Landelijk	0.3	0.2	6.5	2.4	10
Suikerbiet	IB Landelijk	0.3	0.2	7.3	2.4	17
Suikerbiet	IB Landelijk	0.3	0.3	6.3	2.4	4
Suikerbiet	IB Landelijk	0.3	0.5	6.4	4.1	1
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.2	7.1	5.1	28
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.3	7.4	1.7	7
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.2	7.3	3.6	16
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.2	7.2	3.2	25
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.4	7.3	2.4	10
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.2	7.2	3.0	14
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.2	7.3	4.3	25
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.4	7.3	4.9	25
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.4	6.9	2.6	9
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.3	7.0	3.9	22
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.7	6.4	8.4	9
Suikerbiet	IB Landelijk	0.4	0.2	7.3	2.1	7
Suikerbiet	IB Landelijk	0.5	0.4	6.2	2.6	5
Suikerbiet	IB Landelijk	0.5	1.1	5.0	5.6	1
Suikerbiet	IB Landelijk	0.5	0.2	7.5	2.4	17
Suikerbiet	IB Landelijk	0.5	0.2	7.3	3.7	15
Suikerbiet	IB Landelijk	0.5	0.2	7.3	1.8	10
Suikerbiet	IB Landelijk	0.5	0.4	6.9	2.1	5
Suikerbiet	IB Landelijk	0.6	0.2	6.5	1.9	9
Suikerbiet	IB Landelijk	0.6	0.4	7.1	2.3	16
Suikerbiet	IB Landelijk	0.7	0.3	7.2	4.5	16
Suikerbiet	IB Landelijk	0.7	0.3	7.2	6.7	22
Suikerbiet	IB Landelijk	0.8	0.3	7.2	3.7	31
Suikerbiet	IB Landelijk	0.9	0.3	7.2	2.2	12
Suikerbiet	IB Landelijk	2.2	0.6	6.5	4.3	23
Suikerbiet	IB Landelijk	5.1	1.5	7.4	5.1	18
Suikerbiet	IB Landelijk	11.4	1.6	7.2	11.0	23
Suikerbiet	Maasoever	0.4	0.9	4.5	2.0	7
Suikerbiet	Maasoever	0.4	0.3	6.3	1.4	9
Suikerbiet	Maasoever	0.6	0.8	5.9	1.5	6
Suikerbiet	Maasoever	0.6	0.6	6.1	1.3	7
Suikerbiet	Maasoever	0.6	0.3	7.0	2.0	7
Suikerbiet	Maasoever	0.7	1.3	5.0	1.6	5
Suikerbiet	Maasoever	0.7	0.3	6.3	1.3	10
Suikerbiet	Maasoever	0.7	0.4	6.2	1.6	11
Suikerbiet	Maasoever	0.7	0.9	5.1	1.9	9
Suikerbiet	Maasoever	0.8	0.6	6.3	1.9	13
Suikerbiet	Maasoever	0.8	0.5	6.9	1.5	3
Suikerbiet	Maasoever	0.8	0.8	6.0	2.0	13
Suikerbiet	Maasoever	1.0	0.6	6.3	1.7	5
Suikerbiet	Maasoever	1.0	0.6	6.2	2.1	8
Suikerbiet	Maasoever	1.0	0.5	6.3	2.3	8
Suikerbiet	Maasoever	1.0	1.0	6.3	3.1	19
Suikerbiet	Maasoever	1.0	0.8	6.0	2.3	12
Suikerbiet	Maasoever	1.1	0.3	5.5	4.0	15
Suikerbiet	Maasoever	1.1	0.6	6.0	3.0	24
Suikerbiet	Maasoever	1.1	0.6	6.9	2.6	8
Suikerbiet	Maasoever	1.1	0.6	6.2	3.4	24
Suikerbiet	Maasoever	1.2	0.8	6.3	2.7	11
Suikerbiet	Maasoever	1.2	0.8	6.7	4.0	26
Suikerbiet	Maasoever	1.2	1.7	5.9	3.1	16
Suikerbiet	Maasoever	1.3	0.5	7.3	2.6	9
Suikerbiet	Maasoever	1.3	0.8	6.5	2.4	18
Suikerbiet	Maasoever	1.3	0.7	6.3	2.8	18
Suikerbiet	Maasoever	1.4	0.9	6.2	2.9	13
Suikerbiet	Maasoever	1.5	1.2	6.3	2.8	8

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Suikerbiet	Maasoever	1.5	0.3	7.1	3.1	17
Suikerbiet	Maasoever	1.5	1.0	6.0	3.0	12
Suikerbiet	Maasoever	1.6	1.3	5.7	2.2	14
Suikerbiet	Maasoever	1.6	0.6	6.6	3.2	21
Suikerbiet	Maasoever	1.9	0.7	6.6	3.9	21
Suikerbiet	Maasoever	1.9	0.4	6.8	3.6	16
Suikerbiet	Maasoever	1.9	0.9	6.0	4.3	24
Suikerbiet	Maasoever	2.0	0.5	7.1	4.6	15
Suikerbiet	Maasoever	2.0	1.8	6.6	5.1	17
Suikerbiet	Maasoever	2.1	0.8	6.6	4.1	14
Suikerbiet	Maasoever	2.1	2.3	5.4	5.2	29
Suikerbiet	Maasoever	2.2	0.9	6.7	3.5	15
Suikerbiet	Maasoever	2.2	0.7	6.8	4.4	17
Suikerbiet	Maasoever	2.2	1.0	7.3	4.8	21
Suikerbiet	Maasoever	2.3	2.1	6.0	4.3	12
Suikerbiet	Maasoever	2.3	0.7	6.5	4.7	14
Suikerbiet	Maasoever	2.4	1.9	6.2	5.4	16
Suikerbiet	Maasoever	2.5	0.7	7.2	5.0	17
Suikerbiet	Maasoever	2.5	1.4	6.5	5.1	17
Suikerbiet	Maasoever	3.0	1.4	6.3	5.4	30
Suikerbiet	Maasoever	3.3	0.4	7.0	7.1	14
Suikerbiet	Maasoever	3.3	3.2	5.8	5.6	19
Suikerbiet	Maasoever	3.5	2.4	5.2	7.5	25
Suikerbiet	Maasoever	4.1	0.9	7.2	7.5	30
Suikerbiet	Maasoever	4.6	1.5	5.9	8.3	31
Suikerbiet	Maasoever	4.8	1.2	6.9	7.2	21
Suikerbiet	Maasoever	4.9	1.0	7.3	5.4	15
Suikerbiet	Maasoever	5.0	1.4	7.2	6.5	8
Suikerbiet	Maasoever	5.3	0.7	7.1	8.2	20
Suikerbiet	Maasoever	6.9	1.2	6.8	8.5	22
Suikerbiet	Maasoever	7.2	1.7	7.2	9.0	21
Suikerbiet	Maasoever	7.8	1.0	7.2	6.9	14
Suikerbiet	Maasoever	8.2	1.6	7.1	6.8	15
Suikerbiet	Maasoever	9.0	1.6	7.1	13.5	21
Suikerbiet	Maasoever	9.7	1.6	7.4	8.8	9
Tarwe	IB Land+Maas	0.1	0.1	7.4	1.6	8
Tarwe	IB Land+Maas	0.2	0.1	4.5	8.3	2
Tarwe	IB Land+Maas	0.2	0.1	7.2	1.8	8
Tarwe	IB Land+Maas	0.2	0.1	7.1	2.2	9
Tarwe	IB Land+Maas	0.2	0.1	7.1	3.7	8
Tarwe	IB Land+Maas	0.2	0.0	7.3	5.2	30
Tarwe	IB Land+Maas	0.2	0.1	7.3	2.1	24
Tarwe	IB Land+Maas	0.2	0.1	7.3	4.4	23
Tarwe	IB Land+Maas	0.2	0.0	7.5	2.1	6
Tarwe	IB Land+Maas	0.2	0.1	7.7	1.6	8
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	5.2	10.1	2
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	4.3	16.6	3
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	7.3	3.0	14
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	7.1	2.0	8
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.2	7.3	2.8	13
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	7.2	6.3	21
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.0	7.4	2.5	13
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	7.3	3.0	23
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.3	7.6	1.9	10
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	7.3	3.0	18
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	7.5	3.0	13
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.2	7.3	1.7	8
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	7.4	1.8	8
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	7.3	1.9	15
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.0	7.3	3.2	31
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	7.4	2.2	17
Tarwe	IB Land+Maas	0.3	0.1	7.4	2.2	15
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.0	7.2	6.8	17
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.2	4.1	32
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.3	2.2	13
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.4	8.9	16
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.3	1.5	9
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.2	1.9	18
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.0	7.3	4.2	14

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.5	2.1	15
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.5	2.0	11
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.4	2.9	17
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.4	2.7	22
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.4	1.9	18
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.5	2.9	27
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.4	2.9	20
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.1	7.5	2.0	12
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.2	6.4	1.6	12
Tarwe	IB Land+Maas	0.4	0.2	6.4	1.6	12
Tarwe	IB Land+Maas	0.5	0.1	6.8	2.5	8
Tarwe	IB Land+Maas	0.5	0.1	7.1	3.4	17
Tarwe	IB Land+Maas	0.5	0.1	7.4	2.4	20
Tarwe	IB Land+Maas	0.5	0.1	7.5	2.0	10
Tarwe	IB Land+Maas	0.5	0.1	7.2	3.7	14
Tarwe	IB Land+Maas	0.5	0.0	7.4	3.7	26
Tarwe	IB Land+Maas	0.5	0.1	7.4	3.1	24
Tarwe	IB Land+Maas	0.5	0.1	7.4	2.5	23
Tarwe	IB Land+Maas	0.6	0.2	6.2	1.4	11
Tarwe	IB Land+Maas	0.6	0.2	6.2	1.4	11
Tarwe	IB Land+Maas	0.6	0.1	5.9	1.9	12
Tarwe	IB Land+Maas	0.6	0.1	6.3	2.2	16
Tarwe	IB Land+Maas	0.6	0.0	5.2	42.1	3
Tarwe	IB Land+Maas	0.6	0.1	7.3	2.9	18
Tarwe	IB Land+Maas	0.6	0.2	7.1	2.3	14
Tarwe	IB Land+Maas	0.6	0.1	7.4	2.2	15
Tarwe	IB Land+Maas	0.6	0.1	7.4	3.0	17
Tarwe	IB Land+Maas	0.7	0.2	5.3	1.8	10
Tarwe	IB Land+Maas	0.7	0.1	7.4	2.4	16
Tarwe	IB Land+Maas	0.8	0.1	7.3	1.6	8
Tarwe	IB Land+Maas	0.8	0.3	6.2	3.0	12
Tarwe	IB Land+Maas	0.8	0.1	4.2	32.7	2
Tarwe	IB Land+Maas	0.8	0.1	7.3	4.4	16
Tarwe	IB Land+Maas	0.8	0.1	7.5	2.6	15
Tarwe	IB Land+Maas	0.9	0.1	6.4	1.6	18
Tarwe	IB Land+Maas	0.9	0.1	6.4	1.6	18
Tarwe	IB Land+Maas	0.9	0.1	6.5	1.7	12
Tarwe	IB Land+Maas	1.0	0.1	7.3	4.4	23
Tarwe	IB Land+Maas	1.1	0.1	7.3	3.8	16
Tarwe	IB Land+Maas	1.1	0.1	7.3	3.8	16
Tarwe	IB Land+Maas	1.1	0.2	5.9	1.9	11
Tarwe	IB Land+Maas	1.1	0.2	5.9	1.9	11
Tarwe	IB Land+Maas	1.5	0.3	6.4	2.8	16
Tarwe	IB Land+Maas	1.5	0.3	6.4	2.8	16
Tarwe	IB Land+Maas	1.7	0.2	6.7	3.5	12
Tarwe	IB Land+Maas	1.7	0.2	6.7	3.5	12
Tarwe	IB Land+Maas	2.1	0.3	6.3	5.4	17
Tarwe	IB Land+Maas	2.1	0.3	6.3	5.4	17
Tarwe	IB Land+Maas	2.2	0.0	7.3	2.3	15
Tarwe	IB Land+Maas	2.4	0.1	7.5	1.7	11
Tarwe	IB Land+Maas	2.5	0.3	6.9	4.0	14
Tarwe	IB Land+Maas	2.5	0.3	6.9	4.0	14
Tarwe	IB Land+Maas	2.6	0.2	6.9	5.0	15
Tarwe	IB Land+Maas	2.6	0.2	6.9	5.0	15
Tarwe	IB Land+Maas	2.7	0.3	6.7	5.2	22
Tarwe	IB Land+Maas	2.7	0.3	6.7	5.2	22
Tarwe	IB Land+Maas	2.9	0.2	7.0	5.0	23
Tarwe	IB Land+Maas	2.9	0.2	7.0	5.0	23
Tarwe	IB Land+Maas	3.0	0.2	7.2	6.1	15
Tarwe	IB Land+Maas	3.0	0.2	7.2	6.1	15
Tarwe	IB Land+Maas	3.1	0.3	7.2	4.2	18
Tarwe	IB Land+Maas	3.1	0.3	7.2	4.2	18
Tarwe	IB Land+Maas	3.5	0.5	6.0	5.7	20
Tarwe	IB Land+Maas	3.5	0.5	6.0	5.7	20
Tarwe	IB Land+Maas	3.6	0.4	6.3	6.5	30
Tarwe	IB Land+Maas	3.6	0.4	6.3	6.5	30
Tarwe	IB Land+Maas	3.7	0.5	6.8	5.0	14
Tarwe	IB Land+Maas	3.7	0.5	6.8	5.0	14
Tarwe	IB Land+Maas	3.9	0.4	7.2	6.2	22
Tarwe	IB Land+Maas	5.2	0.5	7.6	2.8	8

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Tarwe	IB Land+Maas	10.6	0.6	7.3	9.9	12
Tarwe	IB Land+Maas	10.6	0.6	7.3	9.9	12
Tomaat	IB Landelijk	1.1	0.0	6.2	14.8	23
Tomaat	IB Landelijk	0.5	0.1	6.8	8.5	16
Tomaat	IB Landelijk	1.3	0.1	6.5	45.1	16
Tomaat	IB Landelijk	0.8	0.1	6.9	6.4	20
Tomaat	IB Landelijk	1.2	0.1	7.3	11.5	23
Tomaat	IB Landelijk	0.8	0.1	7.0	11.4	18
Tomaat	IB Landelijk	0.4	0.2	7.0	3.3	5
Tomaat	IB Landelijk	0.2	0.2	7.0	4.5	2
Tomaat	IB Landelijk	0.9	0.2	6.0	13.6	14
Tomaat	IB Landelijk	0.5	0.2	6.4	9.0	22
Tomaat	IB Landelijk	0.4	0.2	6.8	4.5	6
Tomaat	IB Landelijk	0.3	0.2	7.0	7.1	11
Tomaat	IB Landelijk	0.4	0.2	7.2	3.6	16
Tomaat	IB Landelijk	1.5	0.2	6.5	30.5	15
Tomaat	IB Landelijk	0.6	0.2	7.0	4.2	10
Tomaat	IB Landelijk	0.3	0.2	7.1	6.7	15
Tomaat	IB Landelijk	0.7	0.2	7.0	12.2	19
Tomaat	IB Landelijk	0.4	0.2	6.6	2.9	4
Tomaat	IB Landelijk	0.6	0.2	6.6	12.9	12
Tomaat	IB Landelijk	0.4	0.2	7.2	3.4	2
Tomaat	IB Landelijk	0.7	0.2	6.9	8.3	15
Tomaat	IB Landelijk	0.6	0.3	6.7	6.5	9
Tomaat	IB Landelijk	0.4	0.3	7.2	3.2	5
Tomaat	IB Landelijk	0.6	0.3	6.5	9.7	10
Tomaat	IB Landelijk	0.9	0.3	6.4	8.9	14
Tomaat	IB Landelijk	0.6	0.3	6.8	4.4	7
Tomaat	IB Landelijk	0.4	0.3	7.0	3.5	5
Tomaat	IB Landelijk	0.5	0.3	5.4	5.6	4
Tomaat	IB Landelijk	0.5	0.4	6.3	12.0	25
Tomaat	IB Landelijk	0.6	0.4	6.6	5.5	5
Tomaat	IB Landelijk	1.0	0.4	6.4	8.7	6
Tomaat	IB Landelijk	0.5	0.4	7.0	6.8	28
Tomaat	IB Landelijk	0.3	0.4	6.8	4.6	6
Tomaat	IB Landelijk	0.3	0.4	6.4	3.4	8
Tomaat	IB Landelijk	1.1	0.5	6.4	6.0	4
Tomaat	IB Landelijk	0.4	0.5	6.9	6.1	12
Tomaat	IB Landelijk	0.6	0.7	5.5	8.0	4
Tomaat	IB Landelijk	11.0	0.7	6.9	7.3	12
Tomaat	IB Landelijk	5.2	1.0	6.8	7.1	16
Tomaat	IB Landelijk	5.8	1.5	6.9	7.2	22
Waspeen	IB Landelijk	0.0	0.1	7.7	0.6	4
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.6	5.5	1.3	2
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.2	6.9	1.2	1
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.1	6.6	1.8	2
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.2	7.4	0.9	1
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.4	6.8	1.1	2
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.4	5.7	2.6	1
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.5	5.7	1.4	1
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.6	5.1	1.2	1
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.9	5.8	4.4	1
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.2	7.3	0.4	3
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.1	7.6	0.9	0
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.6	5.1	3.1	3
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.3	5.6	1.1	4
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.1	6.5	1.5	2
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.4	7.1	1.8	1
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.3	7.5	1.3	4
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.2	6.0	3.5	3
Waspeen	IB Landelijk	0.1	0.1	6.9	1.5	2
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.1	6.8	1.9	2
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.2	7.2	2.6	1
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.4	7.5	1.6	6
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.2	7.2	2.4	3
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.1	7.2	1.5	1
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.1	7.0	1.0	2
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.1	7.2	2.6	4

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.2	7.6	1.6	4
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.4	5.6	3.0	2
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.2	6.9	1.5	1
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.1	7.0	1.6	2
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.2	7.1	1.0	1
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.1	6.9	4.9	2
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.2	7.5	2.1	6
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.5	5.5	1.2	1
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.7	6.1	2.4	1
Waspeen	IB Landelijk	0.2	1.7	6.8	4.2	2
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.2	7.1	1.6	1
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.3	7.0	2.5	3
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.2	7.1	1.4	10
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.3	5.6	4.4	4
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.1	6.9	3.6	1
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.3	7.5	1.7	4
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.2	6.8	2.5	1
Waspeen	IB Landelijk	0.2	0.4	7.4	2.2	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.2	6.6	3.3	4
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.4	7.4	3.1	6
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.4	5.7	2.2	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.6	6.8	2.7	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.8	4.8	2.6	3
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.2	6.8	3.0	3
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.1	7.0	1.2	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	1.0	5.4	2.0	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.8	5.6	3.4	1
Waspeen	IB Landelijk	0.3	1.1	5.7	2.4	0
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.4	6.4	1.8	3
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.2	6.3	1.8	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.4	4.7	4.9	4
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.3	5.7	6.3	4
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.3	6.1	5.6	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.5	5.2	1.7	3
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.1	6.9	1.9	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.1	6.4	4.7	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.3	7.3	2.4	3
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.3	7.5	1.7	4
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.4	7.4	2.1	6
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.7	5.2	2.8	4
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.6	5.9	4.2	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.4	7.4	2.5	3
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.6	5.0	5.2	1
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.9	5.1	4.5	2
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.4	7.4	1.7	8
Waspeen	IB Landelijk	0.3	0.4	7.4	1.9	8
Waspeen	IB Landelijk	0.4	0.5	5.5	4.2	1
Waspeen	IB Landelijk	0.4	0.2	6.5	5.5	5
Waspeen	IB Landelijk	0.4	1.0	5.5	4.6	3
Waspeen	IB Landelijk	0.4	0.9	6.2	3.2	2
Waspeen	IB Landelijk	0.4	0.7	5.4	3.6	2
Waspeen	IB Landelijk	0.4	1.0	5.5	3.1	0
Waspeen	IB Landelijk	0.4	0.6	4.9	4.4	0
Waspeen	IB Landelijk	0.4	0.2	7.2	1.5	3
Waspeen	IB Landelijk	0.4	0.3	6.6	4.2	3
Waspeen	IB Landelijk	0.4	0.9	6.2	4.3	2
Waspeen	IB Landelijk	0.4	0.6	5.6	2.8	4
Waspeen	IB Landelijk	0.4	0.4	5.8	4.1	2
Waspeen	IB Landelijk	0.5	0.7	5.1	6.9	2
Waspeen	IB Landelijk	0.5	1.3	5.5	2.7	3
Waspeen	IB Landelijk	0.5	1.2	5.9	1.6	1
Waspeen	IB Landelijk	0.5	0.2	6.2	2.8	12
Waspeen	IB Landelijk	0.5	0.4	5.2	4.1	3
Waspeen	IB Landelijk	0.6	0.4	7.5	6.1	3
Waspeen	IB Landelijk	0.6	0.8	4.4	3.2	4
Waspeen	IB Landelijk	0.6	0.9	5.6	4.4	3
Waspeen	IB Landelijk	0.6	0.6	5.0	4.8	0
Waspeen	IB Landelijk	0.6	0.3	7.5	2.1	5
Waspeen	IB Landelijk	0.8	0.9	7.5	1.3	2
Waspeen	IB Landelijk	0.9	2.0	5.1	5.5	4

Gewas	Bron	Cadmium		pH KCl	Org. Stof %	Klei %
		bodem	gewas			
		mg kg ⁻¹ ds	mg kg ⁻¹ ds			
Waspeen	IB Landelijk	0.9	0.5	5.2	3.4	2
Waspeen	IB Landelijk	0.9	0.5	5.8	3.0	0
Waspeen	IB Landelijk	0.9	0.2	7.2	3.1	5
Waspeen	IB Landelijk	1.5	0.2	7.1	1.4	1