Monitoring landbouwkundige risico's bij actief bodembeheer in Krimpenerwaard

Monitoringsplan en nulmeting

J.E. Groenenberg en R.P.J.J. Rietra

Monitoring landbouwkundige risico's bij actief bodembeheer in Krimpenerwaard

Monitoringsplan en nulmeting

J.E. Groenenberg en R.P.J.J. Rietra

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK).

Alterra Wageningen UR
Wageningen, juli 2016

Alterra-rapport 2726
ISSN 1566-7197

Groenenberg, J.E. en R.P.J.J. Rietra, 2016. *Monitoring landbouwkundige risico's bij actief bodembeheer in Krimpenerwaard; Monitoringsplan en nulmeting*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2726. 28 blz.; 4 fig.; 7 tab.; 13 ref.

In de Krimpenerwaard liggen circa 6500 slootdempingen en vuilstorten. Het dempingsmateriaal bevat regelmatig verontreinigingen, zodat voor de hele regio sprake is van een geval van ernstige bodemverontreiniging. Het gebiedsgerichte bodembeheerplan voorziet in het afdekken van de verontreinigde slootdempingen met gebiedseigen schone grond. De effectiviteit van de sanering wordt geëvalueerd op basis van monitoring van ecologische en landbouwkundige risico's. Dit rapport beschrijft de resultaten van de monitoring in het kader van de landbouwkundige risico's. Er zijn metingen verricht aan het dempingsmateriaal, de afdeklaag en het gras, zowel voorafgaand aan als na het afdekken. Het gras dat groeide op de demping had verhoogde gehalten aan met name zink. De kwaliteit van het gras op de afgedekte dempingen wijkt niet af van de referentielocaties zonder dempingsmateriaal. De zeer lage PCB-concentraties in de afdeklaag en de hoge concentraties in de demping op de monitoringslocaties maken het in principe mogelijk om eventueel optredende veranderingen als gevolg van bioturbatie te monitoren.

Trefwoorden: Krimpenerwaard, slootdemping, actief bodembeheer

Dit rapport is gratis te downloaden van <http://dx.doi.org/10.18174/386109> of op www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten' in de grijze balk onderaan). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

2016 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

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

Alterra-rapport 2726 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Afdekken van verontreinigde demping met gebiedseigen schone grond, en tevens aanleg van referentie voor onderzoek. Daarbij wordt door middel van worteldoek herverontreiniging wordt uitgesloten.

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	7
	1.1 Achtergrond	7
	1.2 Probleem	8
	1.3 Doelstelling	8
2	Monitoringsplan	9
	2.1 Parameters	9
	2.2 Monsteraantallen en frequentie	9
3	Materiaal en methoden	13
	3.1 Selectie locaties	13
	3.2 Extensieve monitoring	13
	3.3 Intensieve monitoring	14
4	Resultaten en discussie	15
	4.1 Dempingsmateriaal	15
	4.2 Afdedekte demping in 2009	16
5	Conclusies	19
	Literatuur	20
	Bijlage 1 Toetsingscriteria	21
	Bijlage 2 Materiaal in dempingen	22
	Bijlage 3 PCB-analyses dempingen	23
	Bijlage 4 PCB-analyses afdeklaag	24
	Bijlage 5 Reactieve gehalten demping	26
	Bijlage 6 Gehalten metalen in gras	27

Samenvatting

Historie verontreiniging Krimpenerwaard

In de Krimpenerwaard liggen circa 6500 slootdempingen en vuilstorten. Het dempingsmateriaal bevat in veel gevallen verontreinigingen, zodat voor de hele regio sprake is van één geval van ernstige bodemverontreiniging. Het gebiedsgerichte bodembeheerplan gaat uit van actief bodembeheer en is gebaseerd op een 'functiegerichte sanering' door afdekking van verdachte slootdempingen met grond met een gebiedseigen, goede kwaliteit. Na sanering mag de bodemverontreiniging geen beperking vormen voor de landbouw (vooral veehouderij), natuur, recreatie of drinkwaterwinning in het gebied. De dikte van de afdeklaag is op basis van eerder onderzoek naar landbouwkundige risico's vastgesteld op 40 cm. Omdat het dempingsmateriaal niet wordt verwijderd, is sprake van een bepaalde mate van restonzekerheid ten aanzien van de milieuhygiënische effecten ervan. Daarom is in 2005 met het bevoegd gezag afgesproken dat wordt gemonitord wat het effect is van het aanbrengen van de afdeklaag. Dit om de effectiviteit van deze maatregel uiteindelijk definitief te kunnen beoordelen. Het afdekken van dempingen is een nieuwe vorm van omgaan met bodemverontreiniging in het landelijk gebied en is in de Krimpenerwaard voor het eerst op grote schaal toegepast. De effectiviteit van de sanering wordt geëvalueerd op basis van monitoring van de landbouwkundige risico's.

De monitoring landbouw heeft de volgende doelstellingen:

1. Inzicht verkrijgen in de mate waarin landbouwkundige risico's van de bodemverontreiniging op korte termijn afdoende worden tegengegaan door de standaardmaatregel (aanbrengen afdeklaag).
2. Eventueel optredende effecten door herverontreiniging van de schone deklaag op langere termijn tijdig in beeld te brengen.

Dit rapport geeft een afrondend overzicht van de resultaten van de monitoring, waarin in een relatief korte tijd na afdekken (twee tot vier jaar) de effectiviteit van de maatregel wordt beoordeeld.

Resultaten gekozen saneringsmaatregel

Het gras dat groeide op de onderzochte dempingen had verhoogde gehalten aan met name zink. De onderzochte afdekklagen bestaan uit schone grond en de kwaliteit van het daarop groeiende gras wijkt niet af van de referentielocaties zonder dempingsmateriaal. De PCB-gehalten in de dempingen variëren van 33 tot 68685 $\mu\text{g kg}^{-1}$ en zijn bij een aantal dempingen dus extreem veel hoger dan de schone afdekklagen (1 tot 30 $\mu\text{g kg}^{-1}$). Dit grote verschil maakt het mogelijk om menging van de verontreinigde laag met de schone afdeklaag als gevolg van bioturbatie te meten, indien dat zich voordoet. Daaruit volgt dat indien er in de toekomst zorg bestaat over de duurzaamheid van de sanering, het mogelijk is om in een vroeg stadium effecten te signaleren, nog voordat enige risico's voor landbouwproducten optreden.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

In de Krimpenerwaard, een groot veenweidegebied (ca. 120 km²), zijn tussen 1950 en 1980 circa 6500 sloten gedempt met onder andere bodemvreemde materialen, zoals puin en huisvuil (SBK, 2015). Onduidelijkheid over de schadelijke gevolgen voor milieu en landbouw heeft geleid tot stagnatie bij ruil en aankoop van percelen, waardoor ontwikkelingen tot behoud en versterking van de landbouw, natuur en recreatie stagneerden. Sinds 1998 is een bodembeheerplan voor de Krimpenerwaard in werking gesteld (SKB, 2007). In dit beheerplan worden dempingen als een geval van ernstige verontreiniging opgevat volgens de Wet bodembescherming. Het bodembeheerplan gaat uit van een functiegerichte sanering. Dit houdt in dat de bodemverontreiniging na sanering geen beperking mag vormen voor de beoogde functies in het gebied (landbouw, natuur, recreatie en drinkwaterwinning).

In navolging van adviezen uit de Verificatiestudie (Tuinstra *et al.*, 2004) is het oorspronkelijke bodembeheerplan voor slootdempingen in de Krimpenerwaard door de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard definitief vastgesteld (Faber *et al.*, 2009). In het bodembeheerplan is de monitoring van landbouwkundige en ecologische effecten opgenomen. De monitoring richt zich op bodemprocessen en effecten op gebiedsniveau en is er primair op gericht om de effectiviteit van de standaardmaatregel "afdekken met 0,4 m gebiedseigen grond" (zie Figuur 1a) voor het wegnemen van landbouwkundige en ecologische risico's op langere termijn te toetsen. Het hier beschreven onderzoek behelst de start van de monitoring van landbouwkundige effecten. De start van monitoring van ecologie (Faber *et al.*, 2009) en de eerste vervolgmeting (De Lange *et al.*, 2016) zijn in andere rapporten beschreven.

Figuur 1 a) Schematische weergave van een demping van sloot met verontreinigd materiaal en de hierop aangebrachte schone afdeklaag van 40 cm; b) idem, inclusief herverontreiniging van de schone afdeklaag vanuit de verontreinigde demping door bioturbatie.

De doelstellingen van de monitoring zijn: (1) toetsing van de kwaliteit van gewas en bodem in relatie tot productkwaliteit landbouw, (2) het signaleren van veranderingen daarin en (3) het vaststellen van het effect van bioturbatie (mengen van grond: zie Figuur 1b) op de duurzaamheid van de afdeklaag.

Om te controleren of de bodem- en gewaskwaliteit na het afdekken blijft voldoen aan de landbouwkundige normen voor productkwaliteit, worden de bodem en het gewas op slootdempingen met industrieel afval en shredder gemonitord. Uit verificatieonderzoek (Tuinstra *et al.*, 2004) bleek namelijk dat er bij deze categorieën een landbouwkundig risico is bij een onvoldoende dikke afdeklaag

(<40 cm). Verondersteld wordt dat bij afdekklagen dunner dan 40 cm geen landbouwkundig risico's optreden bij dempingen met bagger, bouw- en sloopafval (Tuinstra *et al.*, 2004). Er wordt daarom van uitgegaan dat wanneer de dempingen met industrieel afval en shredder geen aanleiding geven tot ingrijpen, risico's bij bagger, bouw- en sloopafval uitgesloten zijn.

1.2 Probleem

In de verificatiestudie over de landbouwkundige risico's in de Krimpenerwaard (Groenenberg *et al.*, 2003; Tuinstra *et al.*, 2004) is op basis van metingen en extrapolatie in de tijd met modellen, berekend dat een afdeklaag van 0,4 m voldoende is om landbouwkundige risico's te vermijden. Op basis van de modelberekeningen wordt verwacht dat de verontreiniging van de afdeklaag met de metalen Cd en Cu beperkt blijft tot een dunne laag (circa 10 cm) direct boven het dempingsmateriaal. In de bovenste 5 cm van de afdeklaag zijn, bij afdekklagen van voldoende dikte, geen verhoogde metaalconcentraties te verwachten. In deze laag zijn echter wel hogere PCB-concentraties gemeten bij dempingen met shredder ten opzichte van daarnaast gelegen referentielocaties. Hoewel bij de destijds gemeten PCB-concentraties geen landbouwkundige risico's te verwachten zijn, kunnen, vanwege het meten van verhoogde concentraties PCB's, vraagtekens gezet worden bij de effectiviteit van afdekken voor organische verontreinigingen.

1.3 Doelstelling

Om het effect van verontreiniging van de afdeklaag in een zo vroeg mogelijk stadium te kunnen meten, worden vijf afgedekte dempingen gemonitord. Eén demping wordt intensief gemonitord. Bij de intensieve monitoring wordt specifiek gekeken naar de verontreiniging van de afdeklaag vanuit de demping. Deze notitie beschrijft: (1) de opzet van de monitoring, (2) de analyse van de verontreinigde dempingen en (3) de resultaten van de eerste meetronde, waarin de afdeklaag en de daarop groeiende gewassen zijn geanalyseerd. In hoofdstuk 2 (Monitoringsplan) wordt afgeleid hoeveel bodemanalyses nodig zijn en hoe vaak gemeten moet worden om een verandering in de concentratie van contaminanten in de afdeklaag statistisch significant aan te tonen.

2 Monitoringsplan

2.1 Parameters

De monitoring is gericht op contaminanten waarvoor landbouwkundige normen zijn. Dat zijn de maximale gehalten in voedsel voor humane consumptie (EG, 2006) en de maximale gehalten in veevoeders (EG, 2002). Voor de veehouderij zijn de in de maximale gehalten voor Cd en Pb in vlees, organen en melk relevant. Maximale gehalten in diervoeders zijn vastgesteld voor As, Cd, Hg, en persistente organische verontreinigingen (dioxines en PCB's).

Op basis van bovenstaande productnormen zijn er in Nederland advieswaarden ontwikkeld voor maximale gehalten in landbouwgronden voor metalen en een aantal organische verontreinigingen (Römkens *et al.*, 2007). Deze zogenaamde LAC-sigtaalwaarden hebben echter geen wettelijke status. Voor de PCB-congeneren PCB-138 en PCB-153 wordt in de monitoring uitgegaan van de LAC-sigtaalwaarden en de som PCB's (som 7) zoals gedefinieerd in de Wet bodembescherming (Wbb). Volgens het verificatieonderzoek (Groenenberg *et al.*, 2003) bleek de norm voor Cd en Pb in de nier en lever van runderen en schapen het meest kritisch.

Voor landbouwkundige risico's is vooral de concentratie van contaminanten in de bovenste laag van de afdeklaag van belang. Voor de inname van grond door vee is in het verificatieonderzoek van de bovenste 5 cm van de afdeklaag uitgegaan.

2.2 Monsteraantallen en frequentie

Om veranderingen in bodem- en gewaskwaliteit te signaleren en effecten van bioturbatie op duurzaamheid van de afdeklaag vast te stellen, is het nodig om onderscheid te kunnen maken ten opzichte van de ruimtelijke variabiliteit. De monitoring wordt daarom dusdanig opgezet dat ondanks de variatie in de ruimte er toch statistisch verantwoorde uitspraken gedaan kunnen worden over de verandering in de tijd. De minimale verandering van gehalten in de tijd die vastgesteld kan worden, hangt af van de variatie in de ruimte en van het aantal monsters dat genomen wordt. Hoe groter de variatie van de gehalten in de ruimte, hoe groter de minimale verandering moet zijn om die verandering in de tijd significant aan te tonen.

De minimale verandering tussen elementconcentraties in de tijd om een significante verandering aan te tonen, wordt gegeven door:

$$\left| \hat{X}_2 - \hat{X}_1 \right| \geq t_\alpha \cdot \sqrt{(s_{x1}^2 + s_{x2}^2)/n} \quad (1)$$

Waarin:

- $\hat{X}$ = de gemiddelde concentratie van element X (mg.kg⁻¹)
- t_α = tabel student t factor voor een gegeven onzekerheid
- S_x = de standaarddeviatie in het elementgehalte
- n = aantal monsters

Bij een gelijkblijvende standaarddeviatie kan vergelijking 1 vereenvoudigd worden tot:

$$\left| \hat{X}_2 - \hat{X}_1 \right| \geq t_\alpha \cdot s_{x1} \cdot \sqrt{2/n} \quad (2)$$

De t factor (t_α) hangt af van de betrouwbaarheid die gekozen wordt en van het aantal monsters. Voor een betrouwbaarheid van 95% ($\alpha = 0,05$ voor significant verschil)) is t_α voor 10 monsters 2,26 en voor 20 monsters 2,09. Bij een betrouwbaarheid van 90% ($\alpha = 0,1$ voor aanwijzing van een verschil) gelden waarden van respectievelijk 1,83 en 1,72 (uit handboek met kritieke t-waarden).

Door het aantal monsters per bemonsteringsronde te vergroten, wordt de minimale verandering die vastgesteld kan worden verkleind. De bemonsteringsfrequentie moet zo gekozen worden dat naar verwachting aantoonbare veranderingen gemeten kunnen worden. Dit betekent dat de werkelijke gemeten verandering dan groter moet zijn dan de minimaal aantoonbare verandering. Dit vereist een doordachte keuze van de opzet van de monitoring met betrekking tot: (1) de locaties die bemonsterd worden; (2) op welke diepte bemonsterd wordt; (3) de tijdstippen waarop bemonsterd wordt; (4) de frequentie van bemonstering en (5) het aantal monsters per locatie.

Variatie van contaminant concentraties in afdek materiaal.

Voor het berekenen van de minimaal aantoonbare verandering in concentratie is het van belang de standaarddeviatie in het dempingsmateriaal per demping te kennen. In het verificatieonderzoek zijn per locatie mengmonsters genomen. Hiervan zijn daarom geen standaarddeviaties bekend. In voorafgaand onderzoek (Boels & Zweers, 2001) zijn voor een klein aantal locaties meerdere monsters per locatie genomen uit de bovenste en onderste 5 cm van de afdeklaag van dempingen met een onvoldoende afdeklaag. De standaarddeviatie ligt voor de meeste metalen en meeste dempingen tussen de 50 en 100%. Voor schoon opgebracht afdek materiaal kan van een lagere standaarddeviatie uitgegaan worden. De standaarddeviatie van het referentiemateriaal uit het verificatieonderzoek varieert tussen de 5 en 30%.

Berekening minimaal aantoonbare verandering.

Figuur 2 geeft de factor (uiteindelijke concentratie/oorspronkelijke concentratie) aan voor de benodigde concentratieverandering voor een significante verandering in de concentratie. Het voorbeeld is een berekening voor Pb met een beginconcentratie van 45 mg.kg^{-1} in de afdeklaag en een standaarddeviatie van 30%. Voor de uiteindelijke concentratie is een standaarddeviatie van 100% aangenomen. De figuur laat zien dat beneden de 10 monsters de benodigde concentratieverandering snel toeneemt met het aantal monsters. Minimaal is een aantal van 10 monsters nodig. De figuur laat ook zien dat met een toenemend aantal monsters de meerwaarde van het aantal monsters afneemt, vanaf 30 monsters loopt de figuur vrij vlak.

Figuur 2 De factor van de concentratieverandering (= uiteindelijke concentratie/oorspronkelijke concentratie) voor het aantonen van een significante verandering in de concentratie.

In onderstaande tabel is de minimaal aantoonbare verandering van gehalten Cd, Pb en PCB-138/153 gegeven. Voor de beginconcentraties is uitgegaan van "schone grond" met concentraties en standaarddeviaties zoals gevonden voor de referentiemonsters in de Krimpenerwaard. Voor het schone afdek materiaal is een standaarddeviatie van 30% aangenomen. Voor de na verloop van tijd verontreinigde afdeklaag is een standaarddeviatie van 100% aangenomen op basis van voorgaande metingen in het gebied (Boels & Zweers, 2001).

Tabel 1

Benodigde van concentratieverschil (mg kg^{-1}) om een significant verandering of een aanwijzing voor een verschil aan te kunnen tonen.

contaminant	n	Concentratie t=0	Concentratie bij significant verschil	Concentratie bij aanwijzing voor een verschil
Cd	10	0,8	3,0	1,9
Cd	15	0,8	1,8	1,48
Cd	20	0,8	1,5	1,31
Pb	10	45	160	109
Pb	15	45	100	83
Pb	20	45	86	74
PCB	10	0,01	0,27	0,19
PCB	15	0,01	0,17	0,13
PCB	20	0,01	0,14	0,11

Uit de tabel blijkt dat met afnemende beginconcentraties de relatieve toename van de concentratie die vereist is voor het aantonen van een verschil toeneemt. Dit kan vooral een probleem zijn voor de twee PCB-congeneren. Dit probleem kan verkleind worden door het meten van een grotere reeks congenen waarvoor PCB's met hogere concentraties. In de praktijk blijkt dat het verschil tussen de PCB-concentratie in de afdeklaag en demping vaak heel groot is, waardoor toch volstaan kan worden met een lager aantal metingen.

Verandering van concentraties in de tijd

Om inzicht te krijgen in de duurzaamheid van de opgebrachte afdeklaag is in het verificatieonderzoek (Groenenberg *et al.*, 2003; Tuinstra *et al.*, 2004) een rekenmodel opgesteld voor het berekenen van contaminatie van de afdeklaag vanuit de demping. Het model rekent het transport uit van: 1) opgeloste contaminanten in de waterfase en 2) transport van de vaste fase van de bodem door middel van (bio)turbatie. Bij de modellering van turbatie wordt ervan uitgegaan dat dit voornamelijk plaatsvindt door regenwormen (Zorn *et al.*, 2008) en dat de contaminanten hierdoor 'at random' door de bodem verspreid zullen worden. Om dit te berekenen, is turbatie gemodelleerd als een diffusieproces.

Omdat de concentraties contaminanten in de demping hoger zijn dan in de afdeklaag, vindt door turbatie/diffusie opwaarts transport plaats van contaminanten. Door het netto neerslagoverschot is transport in de waterfase van de bodem naar beneden gericht. De twee processen werken dus tegengesteld. Voor een redelijk goed oplosbare stof, zoals Cd, verhindert het transport in de waterfase het opwaartse transport van Cd tot dieptes hoger dan 10 cm boven het dempingsmateriaal. Voor stoffen die sterker binden aan bodemmateriaal (bijvoorbeeld Pb) of stoffen die in het geheel niet oplossen in de waterfase (zoals organische contaminanten, bijvoorbeeld PCB's) is het transport in de waterfase van minder of geen belang en kunnen verhoogde concentraties tot hoger in het bodemprofiel verwacht worden. Aanvullend op de berekeningen in het verificatieonderzoek zijn berekeningen uitgevoerd voor Pb en PCB. Voor PCB is een verwaarloosbaar transport in de waterfase aangenomen.

Tabel 2 geeft de met het model berekende concentraties voor Cd, Pb en PCB in de bovenste 5 cm van de afdeklaag en in de laag 5-10 cm boven het dempingsmateriaal. De beginconcentraties in het afdek materiaal zijn gelijk aan die gebruikt voor de berekening van het benodigde aantal monsters (zie

Tabel 1). De concentraties in het dempingsmateriaal zijn qua grootteorde gelijk aan gemeten concentraties in de geselecteerde dempingen, te weten 7000, 80 en 5 mg kg⁻¹ voor respectievelijk Pb, Cd en de PCB-congeneren 138 en 153.

Uit de berekeningen volgt dat er voor Cd geen aantoonbare verhogingen van de concentraties in de afdeklaag te verwachten zijn. Daarbij wordt opgemerkt dat de gesimuleerde afname in de bovenlaag mogelijk niet nauwkeurig is, omdat de Cd-inputs via depositie en (kunst)mest in de simulatie niet meegenomen zijn. Voor Pb en PCB worden ook geen aantoonbare verhogingen van concentraties in de bovenste laag van de demping berekend. Voor Pb kunnen naar schatting na 8 en 5 jaar significante veranderingen aangetoond worden bij respectievelijk 10 en 20 monsters van de afdeklaag boven de demping. Voor PCB zijn significante veranderingen berekend na respectievelijk 10 en 9 jaar voor respectievelijk 10 en 20 monsters (tabel is niet gegeven).

Tabel 2

Gesimuleerde concentraties (mg.kg⁻¹) in de boven- en onderkant van de afdeklaag als functie van de tijd. De vetgedrukte concentraties zijn gehalten die bij 10 monsters significant verschillen ten opzichte van de beginconcentraties.

Jaren na afdekken	0-5 cm -mv afdeklaag			5-10 cm afdeklaag boven demping		
	Cd	Pb	PCB	Cd	Pb	PCB
1	0,77	50,0	0,01	0,80	50	0,01
2	0,75	50,0	0,01	0,80	50	0,01
3	0,73	49,9	0,01	0,80	52	0,01
4	0,71	49,9	0,01	0,80	57	0,01
5	0,69	49,9	0,01	0,81	72	0,02
6	0,67	49,9	0,01	0,81	100	0,04
7	0,66	49,9	0,01	0,81	148	0,08
8	0,64	49,9	0,01	0,82	220	0,13
9	0,63	49,8	0,01	0,82	320	0,20
10	0,62	49,8	0,01	0,83	450	0,30
15	0,58	49,7	0,01	0,85	1505	1,13

Op grond van deze berekeningen adviseren wij om eens per 5 of 10 jaar na het afdekken van een demping te bemonsteren en per bemonstering 10 of 20 monsters te nemen. Bij 20 monsters kan op basis van de gemeten concentraties en standaarddeviatie van 10 monsters overwogen worden of het nuttig is de overige 10 monsters te analyseren. Door niet bij elke meetronde alle monsters te analyseren, kunnen analysekosten bespaard worden.

De gevoeligste parameters in bovenstaande tabel zijn lood en PCB. De gemeten PCB-concentraties in de afdeklaag zijn soms lager (varieert van 1 tot 30 µg.kg⁻¹, Tabel 5) dan in bovenstaande berekening (10 µg.kg⁻¹) is aangenomen, waardoor op die locaties veranderingen nog beteresignaleerd kunnen worden.

3 Materiaal en methoden

3.1 Selectie locaties

Door SBK zijn in het voorjaar van 2006 dempingen geselecteerd voor de monitoring van landbouwkundige risico's. De selectie betrof nog niet afgedekte dempingen. Bij de selectie is zo veel mogelijk aangesloten bij de ecologische monitoring, die in het najaar van 2005 gestart is (Faber *et al.*, 2009). Voor de landbouwkundige monitoring zijn alleen dempingen geselecteerd uit de categorieën shredder en bedrijfs- en industrieel afval. In de loop van 2006 zijn deze dempingen bemonsterd door Alterra. Een aantal locaties bleek niet geschikt voor monitoring, omdat in de demping niet het dempingsmateriaal volgens de classificatie aangetroffen werd. Om voldoende dempingen voor het monitoring programma te hebben, is door SBK in de loop van 2006 aanvullend een aantal dempingen geselecteerd. In totaal zijn zeventien dempingen bemonsterd door Alterra in 2007. De dempingen zijn bemonsterd en geanalyseerd om te beslissen of ze geschikt zijn voor monitoring. Tabel 3 geeft een overzicht van de bemonsterde dempingen. Van de zeventien geselecteerde locaties is een korte beschrijving gemaakt van het dempingsmateriaal (Bijlage 2).

Bij bemonstering van de demping is de lengte van de demping gemeten en het opgegraven dempingsmateriaal geclassificeerd. De dempingen zijn bemonsterd op 10 punten, verspreid over de demping. Waar aanwezig is het bovenliggende bodemmateriaal weggegraven. Uit het dempingsmateriaal is zo veel mogelijk het bodemmateriaal bemonsterd. Grove resten van afval, zoals puin, glas, rubber, koperdraad e.d., zijn verwijderd. Het dempingsmateriaal is gedroogd en gezeefd over 2 mm. Uit de 10 monsters per locatie is een mengmonster samengesteld voor analyse. Van de mengmonsters is het organisch stofgehalte bepaald als het gloeiverlies bij 550 C°. In de monsters zijn een reeks PCB's en de metalen Cd, Cu, Ni, Pb en Zn geanalyseerd. Van de metalen zijn zowel de totale gehalten metalen gemeten (Aqua regia) als de potentieel beschikbare gehalten metalen (0,43 mol l⁻¹ HNO₃).

3.2 Extensieve monitoring

Voor de extensieve monitoring van de bodem- en gewaskwaliteit zijn vijf locaties geselecteerd. Voor het onderzoek kon gebruikgemaakt worden van zeventien nog af te dekken dempingen. Op basis van metingen van het dempingsmateriaal is beslist of de locatie geschikt is voor monitoring. Locaties zijn geschikt voor monitoring indien de huidige verontreiniging leidt tot landbouwkundige risico's volgens de methodiek van het verificatieonderzoek. Geselecteerd zijn drie locaties uit de categorieën shredder en twee locaties uit de categorie industrieel afval.

Figuur 3 Voorbeeld van aanleg van afdichting op een demping.

Pas nadat de locaties afgedekt zijn en begroeid zijn geraakt, kan zowel het gewas als de afdeklaag bemonsterd worden (zie Figuur 3). De eerste bemonstering vond plaats in mei 2009. Er is voornamelijk geen tweede bemonstering gepland. Per locatie zijn twintig individuele grond- en gewasmonsters genomen en is één mengmonster gemaakt voor analyse van metalen en PCB's van grondmonsters, en één mengmonster voor analyse van metalen voor gewasmonsters. Referentiemonsters worden genomen om te kunnen corrigeren voor variatie in de gewasgehalten tussen verschillende jaren als gevolg van externe oorzaken zoals het weer, bemesting en tijdstip van maaien. De referentiemonsters zijn genomen in de percelen naast de afgedekte demping op dezelfde manier als bij de afdeklaag. Bij de extensieve monitoring is de bovenlaag (0-5 cm-maaiveld) van de afdeklaag of bodem bemonsterd.

3.3 Intensieve monitoring

Bij de intensieve monitoring wordt naar het effect van menging van grond gekeken, o.a. door organismen (bioturbatie). Hiervoor is één locatie gekozen uit de vijf eerder geselecteerde dempingen. De locatie moest voldoende groot zijn om twee proefvlakken in te leggen en de gehalten aan contaminanten in de demping moesten dusdanig hoog zijn dat de verontreiniging van de demping volgens de methodiek van het verificatieonderzoek tot landbouwkundige risico's leidt indien er geen afdekking is. Bovendien is een demping met hoge concentratie aan PCBs geselecteerd, omdat dan het onderscheid tussen de schone afdeklaag en de verontreinigde demping goed meetbaar is.

Op de locatie (locatie 38bz01259) zijn twee proefvakken ingericht. In een van de twee proefvakken is waterdoorlatend geotextiel aangebracht tussen het dempingsmateriaal en de afdeklaag om bioturbatie te voorkomen (zie Figuur 4). Op deze manier kan het effect van bioturbatie vastgesteld worden aan de hand van de monitoring van de concentratie PCB's in de afdeklaag: bioturbatie kan alleen effect hebben in het proefvak zonder geotextiel. Het verschil tussen beide proefvakken geeft het effect van bioturbatie. De concentratie PCB wordt gemonitord in de afdeklaag, omdat de concentratie PCB zeer laag is in de afdeklaag en anderzijds heel hoog is in de demping, waardoor een verontreiniging van de afdeklaag goed meetbaar zal zijn. Om de mogelijke effecten zo vroeg mogelijk vast te stellen, is de onderkant van de afdeklaag bemonsterd. Om menging van het dempingsmateriaal tijdens de bemonstering te voorkomen, is de laag 5-10 cm boven het dempingsmateriaal bemonsterd en niet de laag direct boven het dempingsmateriaal.

Van elk proefvak zijn 10 bodemonsters aan de onderkant van de afdeklaag genomen (5-10 cm boven het dempingsmateriaal). Gemeten zijn de PCB-concentraties van de bodemonsters. Daarnaast zijn van ieder proefvak gewasmonsters genomen. In gewasmonsters zijn de totaalgehalten aan metalen gemeten. Naast de monsters van de proefvakken zijn ook referentiemonsters genomen van bodem en gewas in het perceel aanliggend aan de demping.

a

b

Figuur 4 a). Aanleg afdekking op demping zonder én met gaas; b). op het gaas wordt afdekking aangebracht.

4 Resultaten en discussie

Voor het opzetten van een monitoringprogramma van slootdempingen in de Krimpenerwaard zijn in zeventien dempingen monsters genomen van het dempingsmateriaal en geanalyseerd op de metalen Cd, Cu, Ni, Pb en Zn en PCB's. Op basis van de gemeten gehalten zijn vijf dempingen geselecteerd voor het monitoringprogramma. Van deze vijf dempingen is er één geselecteerd voor intensieve monitoring waarbij herverontreiniging van de afdeklaag door bioturbatie onderzocht zal worden.

In aanvulling op het projectplan en monitoringplan zijn bij twee dempingen in 2007 gewasmonsters genomen van de demping. Na afdekken van de dempingen zullen de dempingen opnieuw bemonsterd worden.

4.1 Dempingsmateriaal

In de onderstaande tabel staat een overzicht van de gemeten gehalten in het dempingsmateriaal. Behalve bij bouw- en slootafval worden de interventiewaarden voor de meeste stoffen vaak overschreden. Op basis van onderstaande metingen zijn vijf dempingen geselecteerd voor verder onderzoek.

Tabel 3

Overzicht gemeten totaalgehalten metalen en som PCB's (som 7) voor de verschillende dempingen. Gehalten boven de interventiewaarde (voor metalen gecorrigeerd voor organische stof en lutum) zijn vet weergegeven.

	SBK code	afval	type	lengte (m)	OS* %	PCB µg kg ⁻¹	Cd	Cu	Ni mg kg ⁻¹	Pb	Zn
Shredder											
1	38bz00600	shredder	sloot	75	37	6849	12,7	1618	158	2009	4938
2	38bz01066	shredder	sloot	39	22	4842	12,7	1105	306	1977	2465
3	38az00412	shredder	sloot	150	45	26210	55,1	6347	411	3202	9325
4	38az02057	bouw en sloot	sloot	300	42	6983	1,5	275	58	150	355
5	38bz00631	shredder	sloot	15	51	106	80,7	9431	483	4172	20539
6	38bz02007	shredder	Sloot	120	26	29874	83,0	12293	841	6378	32479
Bedrijfsafval											
7	38bz01259	scheepsafval	sloot	77	26	24615	77,9	14550	2336	8777	37432
8	38az02031	Scheepswerfafval	sloot	160	18	54	0,91	81	35	161	262
9	38bz02020	Scheepswerfafval	sloot	260	52	406	3,2	249	49	3094	454
10	38az02224	Bedrijfsafval	sloot	20	28	39328	84,0	6717	829	7867	14603
11	38bz05534	Bedrijfsafval	vlak	1	42	56	0,94	115	41	69	158
12	38az00645	Bedrijfsafval	sloot	11	30	68685	1,2	43	28	136	222
13	NW00194b	bedrijfsafval	sloot	65	25	64	0,57	45	38	39	109
14	38az02226	bouw- en sloopafval	sloot	140	10	154	0,93	125	74	518	656
15	38az05650	bouw- en sloopafval	vlak	250	59	33	0,81	94	21	147	252
16	38az05654	bouw- en sloopafval	vlak	32	8	104	0,64	51	26	72	176
17	38az05659	bouw- en sloopafval	vlak	160	28	108	0,88	106	17	1706	196

* os: organische stof

Voor planten kijkt de beschikbaarheid van de zware metalen uit het afval mogelijk af van bodem. Daarom is naast de gebruikelijk analyse met Aqua Regia (Tabel 3) ook gebruik gemaakt van 0,43 M HNO_3 : een zwakker extractiemiddel dan Aqua Regia (Bijlage 5). De verhouding tussen de hoeveelheid

extraheerbaar met 0,43 M en met Aqua Regia kan iets zeggen over de mate waarin zware metalen beschikbaar zijn uit het dempingsmateriaal. In Tabel 4 is een vergelijking gemaakt tussen de beschikbaarheid uit bodems en uit dempingsmateriaal. Voor de zware metalen in Tabel 4 is de verhouding tussen 0,43 M HNO₃ en Aqua Regia vrijwel hetzelfde als bij Nederlandse bodems en is alleen de mediane beschikbaarheid van Zn hoger bij dempingen dan die van de mediaan van Nederlandse bodems. Dit wijst erop dat de zware metalen een beschikbaarheid hebben die vergelijkbaar is met de beschikbaarheid in bodems. Ook geeft het aan dat de in de verificatiestudie gebruikte modellen (Groenenberg *et al.*, 2003) voor de overdracht van bodem naar gewassen en het transport van zware metalen in de bodem, waarschijnlijk ook goed toepasbaar zijn voor het dempingsmateriaal.

Tabel 4

Overzicht van de verhouding 0,43 M HNO₃ ten opzichte van Aqua Regia voor Cd, Pb, Cu en Zn in dempingen en gronden uit de rest van Nederland (n=550) (Rietra & Römkens, 2007).

	Cd			Cu			Pb			Zn		
	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max
Dempingen	0,52	0,73	1,0	0,22	0,45	0,78	0,06	0,60	0,90	0,39	0,65	0,83
Bodem Nederland	0,13	0,77	1,0	0,11	0,55	0,99	0,06	0,69	0,99	0,05	0,47	0,96

4.2 Afgedekte demping in 2009

In Tabel 5 zijn de PCB-gehalten (som 7) gegeven van de afdekklagen. De PCB-gehalten van de afdekklagen kunnen vergeleken worden met die van de naastgelegen referentielocaties. Er zijn kleine verschillen tussen de locaties en de afdekklagen, maar de PCB-gehalten (som 7) zijn bij alle afdekklagen en referentielocaties veel lager dan de interventiewaarde van 1 mg per kg grond (=1000 µg/kg).

Tabel 5

PCB gehalte (µg/kg ds som 7) van afdekklagen en referentielocaties naast dempingen (zomer 2009).

SBK code		diepte	referentie	afdeklaag	
				zonder gaas	met gaas
38az00412	Shredder	0-5	8	30	-
38bz00600	Shredder	0-5	5	1	-
38bz00631	Shredder	0-5	1	7	-
38bz02020	Bedrijfsafval	0-5	48	2	-
38bz01259	Bedrijfsafval	0-5	25	2	7
38bz01259	Gemiddelde (%stdev) van 10 metingen	5-10	3 (40%)	15 (48%)	3(80%)

Daarnaast kunnen de PCB-gehalten van de afdekklagen (Tabel 5) vergeleken worden met de daaronder gelegen verontreinigde dempingen (Tabel 3 en Bijlage 3). De PCB-gehalten in de dempingen variëren van 33 tot 68685 µg kg⁻¹ en zijn bij een aantal dempingen dus extreem veel hoger dan de schone afdekklagen (1 tot 30 µg kg⁻¹) en de referentielocaties (2 tot 48 µg kg⁻¹).

Het grote verschil in gehalte maakt het mogelijk om menging van de schone afdeklaag met de vervuilde demping te monitoren. Op locatie "38bz01259" is deels een gaas aangebracht tussen de demping met een PCB-gehalte van 24615 µg kg⁻¹ (zie Tabel 3), de afdeklaag die een PCB-gehalte heeft van 3 µg kg⁻¹ bij het gaas, en 15 µg kg⁻¹ zonder het gaas (zie Tabel 5). De gemeten standaarddeviatie in het PCB-gehalte van de schone afdeklaag is resp. 48% en 80% en is daarmee hoger dan de eerder aangenomen standaarddeviatie (30%) (paragraaf 2.3). De aanname van 30% lijkt wel op de gevonden standaarddeviatie bij de referentie (40%).

Metaalgehalten in het gewas.

Het gehalte aan zware metalen in het gras op een demping, voor en na de aanleg van de afdeklaag, is bepaald. Bij de monitoring is ook steeds het gehalte aan zware metalen in het gras van de referentielocatie bepaald. Dit is nodig, omdat het gehalte van zware metalen eventueel beïnvloed kan worden door de locatie, aanhangende grond en de tijd van de bemonstering. Als de gehalten eventueel toenemen in het gras op de afdeklaagen, maar ook bij de referentielocaties, dan hoeft dit dus niet te betekenen dat er sprake is van een verslechtering van de bodemkwaliteit van de afdeklaag.

De zware metaalgehalten van het gras op de afdeklaagen wijkt in de meeste gevallen niet of nauwelijks af van de referentielocaties (Tabel 6). Doordat meerdere monsters genomen zijn bij locatie "38bz01259", is vooral hier goed te zien dat er nauwelijks verschillen zijn.

Tabel 6

Gehalten metalen in gras na afdekken demping (2009) en bij referentielocaties naast demping.*

SBK code	betreft	Cd $\mu\text{g.kg}^{-1}$	Cu mg.kg^{-1}	Ni mg.kg^{-1}	Pb $\mu\text{g.kg}^{-1}$	Zn mg.kg^{-1}
Shredder						
38az00412	Demping met afdeklaag	0,04	8	0,5	0,33	37
	Referentie	0,04	7	0,7	0,56	36
38bz00600	Demping met afdeklaag	0,04	8	1,9	0,23	54
	Referentie	0,19	12	0,7	0,48	61
38bz00631	Demping met afdeklaag	0,31	8	1,4	0,36	47
	Referentie	0,05	5	0,6	0,38	42
Bedrijfsafval						
38bz02020	Demping met afdeklaag	0,02	7	1,3	0,28	31
	Referentie	0,06	10	0,3	0,26	50
38bz01259*	Demping met afdeklaag	0,06(0,02)	7(1)	1,2(0,2)	0,21(0,03)	31(4)
	Demping met afdeklaag en gaas	0,06(0,02)	8(1)	1,3(0,2)	0,17(0,01)	31(2)
	Referentie	0,07(0,02)	9(2)	1,2(0,3)	0,21(0,06)	35(7)

*Bij locatie 38bz1259 de gemiddelde gehalten van 10 monsters en tussen haakjes de standaarddeviatie.

In aanvulling op het projectplan zijn ook de metaalgehalten in het gewas gemeten voorafgaand aan het afdekken van de demping. De gewasgehalten zijn zomer 2007 gemeten bij twee dempingen die daarna zijn afgedekt. Het Cd-, Ni-, Pb- en Zn-gehalte van het gras op de onafgedekte demping is hoger dan op de referentielocatie (Tabel 7). Met name de zinkgehalten in het gras op de onafgedekte demping zijn veel hoger dan bij de referentie. Het gemeten Zn-gehalte in het gras op de onafgedekte demping "38bz01259" lag boven de veevoedernorm van 284 mg/kg Zn; alle overige gehalten liggen onder de veevoedernorm voor runderen. Alleen het Cu-gehalte in het gras op deze demping lag boven de veevoedernorm voor schapen van 15 mg/kg. De Pb-gehalten van het gras lagen hoger zonder afdeklaag dan na de aanleg van de afdeklaag, maar zijn desondanks laag ($<1,3 \text{ mg.kg}^{-1}$) ten opzichte van de loodnorm (Bijlage 1; 33 mg.kg^{-1} ds).

Tabel 7

Gehalten metalen in gras* voor (2007) en na afdekken demping (2009).

SBK code	betreft	jaar	Cd $\mu\text{g.kg}^{-1}$	Cu mg.kg^{-1}	Ni mg.kg^{-1}	Pb $\mu\text{g.kg}^{-1}$	Zn mg.kg^{-1}
38bz02020	Demping zonder afdeklaag	2007	0,25	12	3,5	1,30	136
	Referentie	2007	0,10	10	2,9	0,75	47
	Demping met afdeklaag	2009	0,02	7	1,4	0,28	31
	Referentie	2009	0,06	10	0,3	0,26	50
38bz01259*	Demping zonder afdeklaag	2007	0,47	16	7,3	0,96	354
	Referentie	2007	0,08	11	1,9	0,41	44
	Demping met afdeklaag	2009	0,06(0,02)	7(1)	1,2(0,2)	0,21(0,03)	31(4)
	Referentie	2009	0,07(0,02)	9(2)	1,2(0,3)	0,21(0,06)	35(7)

*Bij locatie 38bz1259 de gemiddelde gehalten van 10 monsters en tussen haakjes de standaarddeviatie.

5 Conclusies

Verontreinigde dempingen in de Krimpenerwaard zijn afgedekt met schone grond om verontreiniging van gewassen, en daarmee ecologische risico's, te voorkomen. Op lange termijn is het mogelijk dat er menging optreedt van het dempingsmateriaal met de afdeklaag, waardoor de kwaliteit van bodem en het gewas alsnog verslechtert en er ecologisch risico's kunnen ontstaan.

De monitoring is gestart op afgedekte dempingen in de Krimpenerwaard. De doelstellingen van de monitoring zijn (1) toetsen van de kwaliteit van bodem en gewas, (2) signaleren van veranderingen daarin, (3) het vaststellen van het effect van (bio)turbatie (mengen van grond) op de duurzaamheid van de afdeklaag en (4) het opstellen van aanvullende beheermaatregelen indien nodig.

In 2007 zijn de gehalten aan verontreinigingen bepaald in een aantal dempingen, waarna de dempingen zijn afgedekt met een laag schone grond. Twee jaar na aanleg van de afdekking van de dempingen is vastgesteld dat de kwaliteit van het gewas op de afdekklagen voldoet en vergelijkbaar is met de referentielocaties. Tevens is vastgesteld dat het effect van (bio)turbatie, dat wil zeggen het mengen van de verontreinigde demping met de schone afdeklaag, in principe zeer goed meetbaar is op de monitoringslocaties, omdat de PCB-gehalten in de afdekklagen sterk afwijken van de gehalten in het dempingsmateriaal. Op één locatie is deels gaas aangebracht tussen het dempingsmateriaal en de afdeklaag, waardoor het mengen van grond hier niet mogelijk is. Dit maakt het mogelijk om in de toekomst het effect van (bio)turbatie nauwkeurig vast te stellen.

Literatuur

- Boels, D. & Zweers, A. J. 2001. *Evaluatie actief bodembeheer Krimpenerwaard: Verkennend onderzoek landbouwkundige risico's*, Alterra-rapport 145, Wageningen.
- EG 2002. Richtlijn 2002/32/EG van het Europees Parlement en de Raad van 7 mei 2002 inzake ongewenste stoffen in diervoeding *Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen*, **L140**, 10-22.
- EG 2006. Verordening (EG) Nr. 1881/2006 van de Commissie van 19 december 2006 tot vaststelling van de maximumgehalten aan bepaalde verontreinigingen in levensmiddelen. *Publicatieblad van de Europese Unie*, **L364**, 5-24.
- EU 2004. Commissie. Lijst van toegestane toevoegingsmiddelen in diervoeders (1) gepubliceerd krachtens artikel 9.T, onder b), van Richtlijn 70/524/EEG van de Raad betreffende toevoegingsmiddelen in de diervoeding (2004/C 50/01). *Publicatieblad van de Europese Unie*, **C50**.
- Faber, J. H., de Lange, H. J., van der Hout, A. & van der Pol, J. J. C. 2009. *Monitoring van ecologische risico's bij actief bodembeheer in de Krimpenerwaard: nulmeting*, Alterra-rapport 1814, Wageningen.
- Groenenberg, J., Meeussen, J. & Japenga, J. 2003. *Verificatie-onderzoek landbouw Krimpenerwaard. Eindrapportage*, project SV-027, SKB, Gouda.
- Lange, H.J., A. van der Hout, J.H. Faber. 2016. Monitoring van ecologische risico's bij actief bodembeheer van slootdempingen in de Krimpenerwaard. Afrondende rapportage T1-monitoring Ecologie. Alterra-rapport 2703, Wageningen.
- Rietra, R. P. J. J. & Römken, P. F. A. M. 2007. *Actief bodembeheer toemaakdekken: risico's van bodemverontreinigingen voor de kwaliteit van veevoer en gehalten aan lood en cadmium in orgaanvlees in het Veenweidegebied*, Alterra, Wageningen.
- Römken, P. F. A. M., Groenenberg, J. E., Rietra, R. P. J. J. & de Vries, W. 2007. *Onderbouwing LAC-2006 waarden en overzicht van bodem-plant relaties ten behoeve van de Risicotoolbox: een overzicht van gebruikte data en toegepaste methoden*, Alterra-rapport 1442, Wageningen.
- SBK 2015. www.sbk-krimpenerwaard.nl/.
- SKB 2007. *Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard. Aanpak slootdempingen geeft zekerheid voor de toekomst. Actief Bodembeheer in het landelijk gebied van de Krimpenerwaard*.
- Tuinstra, J., Straetmans, A., Moolenaar, S., ed., Brink, N. W. v. d., Brouwer, L., Brugge, F. v. d., Faber, J. H., Groenenberg, B. J., Keijzer, H. & Pol, J. J. C. v. d. 2004. *Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard; integraal eindrapport*, SKB rapport SV-027, Gouda.
- Zorn, M. I., van Gestel, C. A. M. & Eijssackers, H. J. P. 2008. Metal redistribution by surface casting of four earthworm species in sandy and loamy clay soils. *Science of the Total Environment*, **406**, 396-400.

Bijlage 1 Toetsingscriteria

Tabel A.1

Overzicht van normen voor zware metalen in dierlijke producten en dierlijke organen voor runderen en schapen in relatie tot voedselveiligheid (EG, 2006). Alle normen zijn gegeven op basis van het versgewicht.

Dier	Orgaan	Norm (mg.kg ⁻¹)	
		Cd ¹	Pb ¹
Rund	Nier	1,0	0,5
	Lever	0,5	0,5
	Vlees	0,05	0,1
	Melk	0,005 ¹	0,02
Schaap	Nier	1,0	0,5
	Lever	0,5	0,5
	Vlees	0,05	0,1
	Melk	-	0,02

¹ Zuigelingenvoeding uit koemelk vervaardigde vloeibare zuigelingenvoeding

Tabel A.2

Overzicht van veevoedernormen in gras en snijmaïs in verband met diergezondheid (Cd, Pb, Cu, Zn). Alle normen zijn gegeven op basis van het drooggewicht.

Nr	Land Gebruik	Gewas	Veevoedernorm (mg.kg ⁻¹ drooggewicht)				
			As ¹	Cd ¹	Pb ¹	Cu ²	Zn ²
1	veeteelt koeien	gras	2	1,1	33*	35	284
2	veeteelt schapen	gras	2	1,1	33*	15	284
3	akkerbouw	snijmaïs	2	1,1	11	35	284
4	voor veevoer	suikerbiet	2	1,1	11	35	284

¹ (EG, 2002) De normen zijn origineel gegeven op basis van 12% vochtgehalte en zijn herleid naar drooggewicht.

² (EU, 2004)

* De Pb norm voor groenvoeder

Bijlage 2 Materiaal in dempingen

	SBK code	categorie	gevonden materiaal
Shredder			
1	38bz00600	shredder	glas, elektr. Draad, vloerbedekking, baksteen, rubber, hout, ijzer, metalen
2	38bz01066	shredder	draad, plastic, rubber, ijzer, roest
3	38az00412	shredder	plastic, rubber, kabel, vilt
4	38az02057	bouw en sloop	rubber, ijzer, plastic, rost, slib, glas, metalen
5	38bz00631	shredder, hoog risico	
6	38bz02007	shredder, hoog risico	
Bedrijfsafval			
7	38bz01259	scheepsafval	hout, glas, plastic, rubber, metalen
8	38az02031	scheepswerfafval, hoog risico	slib, plastic, textiel, glas, grijs paars
9	38bz02020	scheepswerfafval, hoog risico	brokken ijzerachtig, andere metalen, veen, plastic, glas, elektr. draad, slib, hout
10	38az02224	bedrijfsafval, hoog risico	plastic, ijzer, glas, metalen, (heel veel verschillende troep)
11	38bz05534	bedrijfsafval, hoog risico	plastic, steen, kleig zand, veen, hout
12	38az00645	bedrijfsafval, hoog risico	
13	NW00194b	bedrijfsafval, hoog risico	glas, plastic, puin, hout, elektr. draad, slib, zand, aardewerk
14	38az02226	bouw- en sloopafval	plastic, metaal, lompen, hout, elektr. draad, slib, baksteenresten
15	38az05650	bouw- en sloopafval	plastic, houtresten, zwart veen, schoenen, zand, baksteen
16	38az05654	bouw- en sloopafval	klei, zand, steen
17	38az05659	bouw- en sloopafval	zwart veen, zandachtig lemig, baksteen, hout (weinig verontreiniging)

Bijlage 3 PCB-analyses dempingen

		PCB gehalte in ug/kg ds																									
		PCB-congeneren																									
	locatie	8	18	28	31	44	52	80	101	105	118	126	128	138	149	151	153	156	169	170	180	194	195	209	som 6	som 7	
1	38bz00600	0	173	344	174	651	1027	696	1014	530	1276	66	354	1398	737	262	955	138	0	108	305	0	0	0	5573	6849	
2	38bz01066	0	109	88	47	373	669	495	779	444	996	0	270	1036	538	183	668	108	0	69	163	20	10	0	3846	4842	
3	38az00412	83	2004	1778	999	2514	4171	4342	4106	2474	5547	99	1324	4339	2466	820	3183	589	0	298	611	64	25	383	20663	26210	
4	38az02057	0	334	736	628	732	1318	1858	1167	648	1356	0	272	902	604	213	729	114	0	0	126	0	0	0	5627	6983	
5	38bz00631	0	0	0	0	0	0	0	44	9	13	0	0	15	12	7	15	0	0	0	11	0	0	0	93	106	
6	38bz02007	324	5913	1574	0	4536	5508	6118	3310	2087	4810	470	1595	5680	3249	1519	4635	694	297	852	2268	353	130	0	25064	29874	
7	38bz01259	0	170	279	0	964	2257	1101	3254	2023	3997	629	1034	6520	3408	1264	4456	390	0	762	1828	0	0	0	20618	24615	
8	38az02031	0	0	0	0	5	6	2	6	6	9	6	4	6	10	0	13	0	0	0	9	0	0	0	46	54	
9	38bz02020	0	10	9	16	31	43	34	116	34	24	12	19	72	49	22	73	11	0	16	35	10	7	7	381	406	
10	38az02224	141	3803	3377	1402	3814	5832	6162	5378	3438	7471	0	1892	7398	3557	1304	4975	992	0	592	1458	192	75	14	31857	39328	
11	38bz05534	0	0	0	0	7	6	0	19	0	6	0	0	8	6	4	8	0	0	0	8	0	0	0	50	56	
12	38az00645	0	152	70	0	2244	6105	8437	10296	5362	15249	746	4012	16877	8510	2750	11500	1555	321	1420	3226	305	132	16	53436	68685	
13	NW00194b	0	4	0	0	8	7	3	21	7	9	10	9	8	6	4	4	0	0	0	8	0	0	0	55	64	
14	38az02226	0	3	4	9	23	31	16	14	10	14	0	7	31	22	10	30	0	0	8	19	6	0	23	139	154	
15	38az05650	0	3	0	0	7	5	0	3	5	8	9	4	6	3	4	2	0	0	0	5	0	0	0	25	33	
16	38az05654	2	0	0	0	29	4	0	77	0	4	9	3	14	3	0	0	0	0	0	6	0	0	0	101	104	
17	38az05659	0	3	0	0	7	6	1	44	0	9	26	7	27	7	0	8	0	0	0	15	0	0	0	99	108	

Bijlage 4 PCB-analyses afdeklaag

PCB-analyses (in ug/kg ds) van mengmonsters van afdeklaag. Monsters van afdekragen en van bijbehorende referentielocaties (referentie) in perceel naast afdekragen.

			PCB gehalte in ug/kg ds																								
SBK code			8	18	31	28	52	44	70	101	151	105	153	138	180	195	194	149	118	170	209	77	128	126	156	som7	
38az00412	Referentie	0-5	0		0	0	0	0	0.4	1.3	0.8	0	2.2	2.4	1.1	22.4		1.6	1.2	0.6		0	0.3	0	0	8	
38az00412		0-5	0.4	0	0	0	1.2	0.6	1.3	5.7	2.2	2.2	6.7	8.5	2.6	13.6	0	5.0	5.0	1.6		0	1.4	0	0	30	
38bz00600	Referentie	0-5	0		0	0	0	0	0	0.6	0.4	0	1.2	1.4	0.6	1.9		0.8	0.7	0.3		0	0.2	0	0	5	
38bz00600		0-5	0		0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.3	0.4	0.2	23.0		0.2	0.4	0.2		0	0	3.0	0	1	
38bz00631	Referentie	0-5	0	0	0	0	0.1	0	0	0.2	0.1	0	0.4	0.4	0.2	5.8		0.3	0.2	0		0	0	0	0	1	
38bz00631		0-5	0.9	0	0	0	0.2	0	0	0.9	0.8		1.8	2.0	1.4	0.9	0	1.5	0.5	0.8		0	0	0	0	7	
38bz02020	Referentie	0-5	0.4	0.2	0.2	0	3.9	1.3	3.0	10.6	2.9	4.2	8.9	12.1	2.7	1.4		6.9	9.3	1.6		0	2.3	0	0	48	
38bz02020		0-5	0		0	0	0	0	0	0.2	0.1	0	0.4	0.4	0.3	0.5	0	0.3	0.3	0.1		0	0	0	0	2	
38bz01259	Referentie	0-5	0	0	0	0	0.9	0.4	0.9	4.6	1.9	1.9	5.9	7.4	2.4	4.3	0	4.1	3.9	1.4		0	1.2	0.2	0	25	
38bz01259		0-5	0	0	0	0	0.2	0	0.1	0.3	0.2	0	0.5	0.7	0.4		0	0.5	0.3	0.2		0	0	0	0	2	

PCB-analyses (in ug/kg ds) van individuele grondmonsters van afdeklaag en referentielocaties ("referentie": locaties naast afdeklaag). Eén locatie heeft tussen demping en de afdeklaag een gaas ("gaas": afgedekte demping met gaas tussen demping en afdeklaag om menging van de beide lagen te voorkomen).*5-10 cm boven demping.

			PCB-gehalte in ug/kg ds																								
SBK code	opmerking	cm*	8	18	31	28	52	44	70	101	151	105	153	138	180	195	194	149	118	170	209	77	128	126	156	som7	
38bz01259	gaas	0-5	0	0	0	0	0.5	0.3	0.4	1.4	0.5	0.4	1.3	1.7	0.5		0	1.1	1.3	0.3		0	0.3	0	0	7	
38bz01259	gaas	5-10	0.2	0	0	0	0.1	0	0.1	0.2	0.2	0	0.4	0.4	0.2	0.5	0	0.3	0.2	0.1		0	0	0	0	2	
38bz01259	gaas	5-10	0	0	0	0	0.2	0	0.2	0.5	0.4	0	0.9	1.0	0.6	0		0.7	0.5	0.3		0	0	0	0	4	
38bz01259	gaas	5-10	0	0	0	0	0	0	0.2	0.3	0.2	0	0.5	0.6	0.3	0.7		0.4	0.3	0.2		0	0	0	0	2	
38bz01259	gaas	5-10	0	0	0	0	0	0	0.1	0.3	0.2	0	0.5	0.5	0.3	0	0	0.4	0.2	0.2		0	0		0	2	
38bz01259	gaas	5-10	0.2	0	0	0	0.2	0	0.2	0.4	0.3	0	0.7	0.8	0.5	0		0.6	0.4	0.2		0	0.1	0	0	3	
38bz01259	gaas	5-10	0	0	0	0	0	0	0.0	0.2	0.2	0	0.4	0.4	0.3	0		0.3	0.2	0		0	0		0	2	
38bz01259	gaas	5-10	0.4	0.3	0.3	0.2	0.5	0.3	0.3	0.8	0.5	0	1.0	1.1	0.5	2.8		0.9	0.5	0.2		0	0.1	0.2	0	5	
38bz01259	gaas	5-10	0	0	0	0	0.1	0	0	0.3	0.2		0.6	0.6	0.4	0	0	0.5	0.3	0.2		0	0	0.2	0	2	
38bz01259	gaas	5-10	0.5	0.2	0.2	0	0.1	0	0.1	0.3	0.2	0	0.5	0.6	0.3	1.0	0	0.4	0.2	0.1		0	0	2.0	0	2	
38bz01259	gaas	5-10	0	0	0	0	0.2	0	0.1	0.4	0.3	0	0.7	0.8	0.4	0.5		0.5	0.3	0.2		0	0	0	0	3	
38bz01259	referentie	5-10	0	0	0	0	0.7	0.4	0.8	3.1	1.3	1.3	4.2	4.7	1.5			2.8	2.8	0.9		0	0.9	0	2.0	17	
38bz01259	referentie	5-10	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0.3	0.2	0	0.5	0.5	0.3	0		0.4	0.2	0.2	0	0	0	0	0	2	
38bz01259	referentie	5-10	0	0	0	0	0.4	0	0.5	2.3	1.0	1.0	2.8	3.8	1.3	1.1		2.2	2.0	0.7		0	0.5	0	1.8	13	
38bz01259	referentie	5-10	0	0	0	0	0.2	0	0.2	0.5	0.4	0	1.0	1.1	0.7	0	0	0.9	0.4	0.4		0	0	0	0	4	
38bz01259	referentie	5-10	0	0	0	0	0.7	0.3	0.6	2.7	1.0	1.1	3.2	4.1	1.1	1.4	0	2.4	2.3	0.7		0	0.7	0	0	14	
38bz01259	referentie	5-10	0	0	0	0	0.8	0	0.7	4.3	1.8	1.5	5.4	6.8	2.3	11.7	0	4.4	3.4	1.4	0	0	1.1	0	2.6	23	
38bz01259	referentie	5-10	0	0	0	0	0.7	0.3	0.6	3.6	1.8	1.3	5.1	6.2	2.5	0	0	3.9	2.9	1.3		0	0.9	0	0	21	
38bz01259	referentie	5-10	0.5	0	0	0	0.7	0	0.8	3.6	1.5	1.5	4.7	6.0	1.8	0	0	3.5	3.2	1.1		0	1.0	0	0	20	
38bz01259	referentie	5-10	0.3	0	0	0	0.6	0.3	0.6	3.2	1.6	1.3	4.8	5.6	2.4	4.4		3.4	2.8	1.2		0	0.9	0.2	1.8	20	
38bz01259	referentie	5-10	0	0	0	0	0.8	0.4	0.7	4.2	1.6	1.8	5.2	6.4	1.9	0	0	3.8	3.5	1.1		0	1.1	0	2.2	22	
38bz01259		5-10	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2	0.2	0	0.4	0.4	0.2	0	0	0.3	0.2	0.1		0	0	0	0	1	
38bz01259		5-10	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0.3	0.2	0	0.5	0.5	0.3	0		0.4	0.2	0.2		0	0	0	0	2	
38bz01259		5-10	0	0	0	0	0.4	0.2	0.3	1.9	0.8	0.8	2.3	2.8	1.0	0	0	1.7	1.5	0.5		0	0.5	0	0	10	
38bz01259		5-10	0.3	0	0	0	0.3	0.2	0.3	0.5	0.5	0	1.4	1.6	1.2	0.7	0	1.1	0.5	0.7		0	0.2	0	0	6	
38bz01259		5-10	0.2	0	0		0	0	0	0.2	0.1	0	0.4	0.4	0.2	5.5	0	0.2	0.2	0.1		0	0	0	0	1	
38bz01259		5-10	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0.3	0.2	0	0.5	0.5	0.3	0	0	0.4	0.2	0.1		0	0	0	0	2	
38bz01259		5-10	0	0	0	0	0.2	0	0.1	0.5	0.2	0	0.5	0.6	0.4	0		0.4	0.3	0.1		0	0	0	0	2	
38bz01259		5-10	0	0	0	0	0.1	0	0	0.4	0.2	0	0.6	0.7	0.4	1.3		0.5	0.3	0.2		0	0	0	0	3	
38bz01259		5-10	0	0	0	0	0.2	0	0.1	0.4	0.3	0	0.7	0.8	0.5	1.7		0.5	0.3	0.2	0	0	0	0.2	0	3	
38bz01259		5-10	0	0	0	0	0	0	0.1	0.5	0.3	0	0.8	0.9	0.6	2.0	0	0.6	0.3	0.3		0	0.1	0	0	3	

Bijlage 5 Reactieve gehalten demping

	SBK code	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
[mg/kg]						
Shredder						
1	38bz00600	10,2	1001	88,1	881	1916
2	38bz01066	9,89	672	206	1737	1457
3	38az00412	29,3	2203	148	2009	5261
4	38az02057	1,12	150	21,0	95,6	222
5	38bz00631	49,5	5593	200	3741	16286
6	38bz02007	51,0	2678	471	4960	25034
Bedrijfsafval						
7	38bz01259	80,8	4116	392	3854	21972
8	38az02031	0,70	30,2	10,7	118	163
9	38bz02020	1,67	81,6	15,9	691	305
10	38az02224	52,9	5208	521	5703	9806
11	38bz05534	0,73	58,3	18,8	37,4	88,8
12	38az00645	1,04	15,7	14,8	87,1	171
13	NW00194b	0,46	18,2	12,8	20,6	62,6
14	38az02226	0,70	35,9	9,14	455	545
15	38az05650	0,61	35,7	8,36	76,1	188
16	38az05654	0,51	28,4	7,66	57,0	126
17	38az05659	0,58	42,6	6,14	100	117

Bijlage 6 Gehalten metalen in gras

Gehalten metalen in gras (mg.kg⁻¹ ds) na afdekken demping (zomer 2009) bij locatie 38bz01259 (SBK code).

betreft		Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
demping	1	0,055	8	1,38	0,20	34
Demping	2	0,057	7	1,45	0,21	33
Demping	3	0,040	7	1,05	0,26	28
Demping	4	0,051	8	1,04	0,19	26
Demping	5	0,086	7	1,31	0,21	33
Gemiddelde (stdev)		0.06(0.02)	7(1)	1,24(0,19)	0,21(0,03)	31(4)
Demping gaas	g1 *	0,032	8	1,15	0,17	28
Demping gaas	g2	0,065	9	1,24	0,19	32
Demping gaas	g3	0,077	8	1,30	0,18	31
Demping gaas	g4	0,078	7	1,66	0,17	32
Demping gaas	g5	0,071	8	1,40	0,16	31
Gemiddelde (stdev)		0.06(0.02)	8(1)	1,35(0,2)	0,17(0,01)	31(2)
referentie	r1	0,063	8	0,97	0,27	29
referentie	r2	0,090	10	1,29	0,17	30
referentie	r3	0,073	9	0,86	0,26	35
referentie	r4	0,081	11	1,58	0,19	47
referentie	r5	0,051	7	1,32	0,14	35
Gemiddelde (stdev)		0.07(0.02)	9(2)	1,2(0,29)	0,21(0,06)	35(7)

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2726
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2726
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.