

Contaminanten en ecotoxicologische effecten in slootdempingen in de  
Krimpenerwaard

Dit onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) te Stolwijk, en medegefinancierd door Stichting Kennisontwikkeling en kennisoverdracht Bodem (SKB) te Gouda en Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Directie Wetenschap en Kennisoverdracht (Programma 329 Effecten van bodembeheer en bodemgebruik op de risico's van bodemverontreiniging; Programma 396 Bodemkwaliteit: Risicobeoordeling en Risicobeheersing in het Landelijk Gebied) te Den Haag.

# Contaminanten en ecotoxicologische effecten in slootdempingen in de Krimpenerwaard

Verificatieonderzoek Ecologie fase 2a: Screening

Bijlage 3 bij eindrapport Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard  
(Alterra-rapport 1016)

J.J.C. van der Pol  
N.W. van den Brink  
J.H. Faber



Alterra-rapport 1019

Alterra, Wageningen, 2004

## REFERAAT

Pol, J.J.C. van der, N.W. van den Brink & J.H. Faber, 2004. *Contaminanten en ecotoxicologische effecten in slootdempingen in de Krimpenerwaard. Verificatieonderzoek Ecologie fase 2a: Screening*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1019. 72 blz.; 2 fig.; 6 tab.; 10 ref.

De vele met afval gedempte sloten in de Krimpenerwaard vormen een geval van ernstige bodemverontreiniging. In het gebiedsgericht bodembeheerplan wordt voorgesteld de milieurisico's te ondervangen door afdekken met 30cm schone grond. De noodzaak en toereikendheid van deze voorgenomen standaardmaatregel worden geverifieerd met betrekking tot landbouwkundige risico's, verspreidingsrisico's en ecologische risico's. Ecologische risico's werden bepaald op basis van aanwezigheid en beschikbaarheid van contaminanten in het dempingsmateriaal, herverontreiniging van de deklaag door bioturbatie en opname door planten, en effecten op bodemleven en weidevogels. Beoordeling van effecten vond plaats ten opzichte van een gebiedseigen referentie aan de hand van tevoren vastgestelde criteria. Dit rapport beschrijft de screening van dempingsmaterialen op de noodzaak tot afdekken.

Trefwoorden: bodemverontreiniging, functiegerichte bodemsanering, grutto, locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling, PAK, PCB, slootdemping, Triade, veenweidegebied, zware metalen.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 18,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1019. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

Foto omslag: Provincie Zuid-Holland

© 2004 Alterra  
Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland  
Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: [info.alterra@wur.nl](mailto: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	13
2 Screeningsonderzoek van het Verificatieonderzoek Ecologie (Fase IIa)	15
3 Veldwerk en methodes	17
3.1 Veldwerk algemeen	17
3.1.1 Bemonstering per locatie	17
3.1.2 Mengmonsters	18
3.2 Screening op aanwezigheid van stoffen (eerste deel van Fase IIa)	19
3.2.1 Metaalmetingen	20
3.2.2 EROD inductie.	20
3.3 Toxiciteit van aanwezige stoffen (tweede deel van fase IIa)	21
3.3.1 Regenworm bioassay	21
3.3.2 BIOLOG bioassay	24
3.3.3 Potentiële nitrificatie bioassay	26
4 Beoordelingssystematiek van resultaten	27
4.1 Inleiding	27
4.2 Uitgangspunten	27
4.3 De beoordelingsmethodiek	28
4.4 Gebruik in dit rapport	32
5 Resultaten	35
5.1 Screening op aanwezigheid verontreinigingen	35
5.1.1 Metaalanalyses in dempingmateriaal en referentiemonsters	35
5.1.2 Resultaten EROD analyse onderzoek	42
5.1.3 Conclusies screening op het voorkomen van stoffen	45
5.2 Resultaten toxiciteitsscreening	46
5.2.1 Regenwormen bioassay	46
5.2.2 Microbiologische analyses (BIOLOG bioassay)	52
5.2.3 Potentiële nitrificatie bioassay	60
6 Betekenis van de resultaten voor fase 2b en 3	63
6.1 Samenvatting van de resultaten	63
6.2 Aandachtspunten voor het vervolgonderzoek	63
6.3 Algemene conclusie screeningsonderzoek fase 2A	64
7 Literatuur	65
<b><i>Aanhangsels</i></b>	
1 Bemonsteringslocaties	67
2 Metaalgehalten in dempingmaterialen (Groep A locaties) op basis van drooggewichten	69
3 Totale beoordelingstabel resultaten screeningsonderzoek VE fase 2A	71



## Woord vooraf

Door de grote onbekendheid met de aard en exacte omvang van de bodemverontreiniging in de Krimpenerwaard is ernstige stagnatie opgetreden in tal van maatschappelijke en bestuurlijke processen in dit gebied. Met de oprichting van de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) en de uitvoering van het Bodembeheerplan wordt hierin weer beweging gebracht en wordt oplossing van de problematiek nagestreefd. Het Bodembeheerplan is gebaseerd op een aantal aannamen, dat momenteel in een onderzoeksproject nader onderbouwd en geverifieerd wordt.

Het verificatieonderzoek is opgedeeld in 4 fasen. De 4 fasen zijn globaal als volgt te typeren:

- Fase 1: voorbereidende studies die de basis leggen voor veldonderzoeken en modelstudies van fase 2 (Faber & van den Brink 2000);
- Fase 2: de uitvoering van veldonderzoeken en modelstudies, vastleggen beoordelingscriteria (van der Pol *et al.*, 2003; van den Brink *et al.*, 2003; Faber *et al.*, 2003a);
- Fase 3: afronding veldonderzoeken, rapportages (Faber *et al.*, 2003; Faber *et al.*, 2003b);
- Fase 4: monitoring (nog niet uitgewerkt).

Het voorliggende rapport heeft betrekking op het eerste deel van fase 2 van het Verificatieonderzoek Ecologie. Het uitgewerkte onderzoeksplan voor het deelonderzoek ecologie in fase 2 dat ten grondslag ligt aan dit rapport is het Basisprojectplan van het onderzoek: 'Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard' (IWACO, 2000).

De kosten werden voor de helft gedragen door de Stichting Kennisontwikkeling en kennistransfer Bodem (SKB) en voor de helft door de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK). Daarnaast werden bijdragen geleverd vanuit DLO-programma's (Programma 329 Effecten van bodembeheer en bodemgebruik op de risico's van bodemverontreiniging; Programma 396 Bodemkwaliteit: Risicobeoordeling en Risicobeheersing in het Landelijk Gebied). Het consortium van deelnemende partijen in dit SKB-project heeft bestaan uit de SBK (probleemhouder en opdrachtgever), Royal Haskoning (voorheen IWACO; penvoerder en uitvoerder Verificatie-onderzoek Verspreiding) en Alterra (uitvoerder Verificatie-onderzoeken Ecologie en Landbouw). Bij de afstemming tussen de verschillende deelonderzoeken is de Provincie Zuid-Holland steeds direct betrokken geweest. In de begeleidingsgroep bij dit deelproject hebben de direct betrokken organisaties zitting gehad, naast vertegenwoordigers uit de wetenschap en het beleid: onze speciale dank en waardering gaat uit naar N.M. van Straalen (VU Amsterdam), M. Rutgers (RIVM) en R. Mes (Provincie Zuid-Holland).





## Samenvatting

### *Aanleiding en opzet van het VE*

De Krimpenerwaard is een groot veenweidegebied in het Zuid-Hollandse deel van het Groene Hart. Het beleid met betrekking tot behoud en versterking van groene functies zoals natuur, landbouw en recreatie heeft sterk te kampen gehad met stagnatie van grondmobiliteit als gevolg van bodemverontreiniging. Het Gebiedsgericht Bodembeheerplan Krimpenerwaard moet de noodzakelijke verkaveling en herinrichting van het gebied faciliteren. Het bodembeheerplan gaat uit van actief bodembeheer en is gebaseerd op functiegerichte sanering door afdekking van verdachte slootdempingen met gebiedseigen grond. Als onderdeel van het bodembeheerplan is een onderzoek uitgevoerd waarmee de aannamen ten aanzien van het bestaan van risico's van verdachte dempingmaterialen en de effectiviteit van voorgenomen maatregelen kunnen worden geverifieerd. Het Verificatieonderzoek Ecologie (VE) vormt een onderdeel van dit verificatieonderzoek en is gericht op de ecologische risico's voor de functies natuur, landbouw en recreatie.

Het VE is opgedeeld in verschillende fasen. Fase 1 heeft bestaan uit het opstellen van het onderzoeksplan. De keuze van onderzoeksparameters was daarbij gericht op een optimale aansluiting op ecologische randvoorwaarden bij de gebruiksdoelstellingen van verschillende actoren rond landbouw en natuur in de Krimpenerwaard.

In het eerste deel van fase 2, wat hier wordt gerapporteerd, wordt een *screening* uitgevoerd op verhoogde beschikbare gehalten en effecten van contaminanten in verdachte dempingcategorieën.

Het Verificatieonderzoek Ecologie is opgezet als een functiegerichte beoordeling. De criteria voor het beoordelen van ecotoxicologische effecten werden specifiek uitgewerkt voor de functies landbouw en natuur. Recreatie werd daarbij als een afgeleide van natuurwaarden beschouwd en werd aan de hand van dezelfde criteria beoordeeld. Een criterium fungeert als maatlat waartegen onderzoeksresultaten (de metingen) worden beoordeeld. In het Bodembeheerplan is vastgesteld dat de geschiktheid van de maatregel 'afdekken' voor iedere verdachte categorie dempingmateriaal op gebiedsniveau moet worden beoordeeld. De beoordeling wordt dan ook zowel voor elke verdachte categorie dempingmateriaal uitgevoerd (categorische beoordeling), als voor een vooraf geselecteerd aantal locaties met een verdachte demping (locatiespecifieke beoordeling). De beoordeling wordt daarmee in twee stappen uitgevoerd. In eerste instantie worden verdachte categorieën dempingmateriaal afzonderlijk getest, waarbij met een functiegericht criterium wordt bekeken of resultaten per dempingcategorie afwijken van een gebiedseigen referentie. Er wordt een onbetrouwbaarheidsdrempel gehanteerd van 0.05 voor het gevoelige toetscriterium (natuur/recreatie) en 0.025 voor een minder gevoelig toetscriterium (landbouw) (categoriegewijze beoordeling). Hier wordt met een gevoelige beoordeling bedoeld dat effecten eerder aantoonbaar zijn. Wanneer geen significant effect wordt gevonden volgt een locatiespecifieke beoordeling op basis van vooraf

vastgestelde percentielgrenzen van de referenties (95-percentiel en 97,5-percentiel voor respectievelijk het gevoelige en minder gevoelige toetscriterium). Bij toetsing is gebleken dat er regelmatige overschrijding van het criterium in referentiemonsters valt te constateren. Teneinde de kans op het ten onrechte concluderen tot een effect te beperken, werd een gevoeliger onbetrouwbaarheidsgrens gehanteerd.

Voor de categoriegewijze aanpak worden criteria afgeleid waarmee risico's per dempingcategorie worden beschouwd, terwijl in de locatiespecifieke beoordeling elk van de vijf locaties afzonderlijk wordt beoordeeld. Bij locatiespecifieke beoordeling wordt bepaald op hoeveel locaties binnen een categorie het kritieke percentiel wordt overschreden en dit wordt afgezet tegen een vooraf vastgesteld maximum toelaatbaar aantal afwijkingen (MTA) van de gebiedseigen referentie.

### ***Resultaten fase 2A***

In deze screening wordt op onvoldoende afgedekte locaties (Groep A) onderzocht of contaminanten aanwezig en beschikbaar zijn. Indien dit niet het geval is, dan zijn er geen potentiële risico's te verwachten in de desbetreffende categorie, en hoeft geen vervolgonderzoek plaats te vinden (in fase 2B en volgende fasen). Bij aantoonbare beschikbaarheid van de verontreinigingen dient te worden vastgesteld of risico's op effecten optreden, of in de toekomst mogen worden verwacht. Er is gekozen om een beperkt pakket aan effectmetingen uit te voeren om te bepalen of er effecten zijn. De parameters zijn zodanig gekozen dat verschillende aspecten wat betreft structuur en functioneren van het systeem beschouwd worden: toxiciteit bodemorganismen (wormen toxiciteits-assay), functionele samenstelling micro-organismen (BIOLOG), en potentiële nitrificatie als indicatie van het functioneren van het bodemsysteem. Bij aantoonbare effecten kan worden geconcludeerd dat de desbetreffende categorie demping ecologische risico's met zich meebrengt, en dat aanvullend bodembeheer met effectreducerende maatregelen vereist is.

De categorieën dempingmateriaal die in het huidige onderzoek zijn betrokken zijn: bouw- en sloopafval (BS), bedrijfsafval (BA), huishoudelijk afval (HH), shredder (SH), en bagger (BG). Voor alle categorieën is op telkens vijf door de SBK geselecteerde locaties bodemmateriaal verzameld waarmee de verschillende metingen en bioassays zijn uitgevoerd. Ter referentie werd van elke locatie het naastliggend weiland gebruikt, waarbij per categorie één mengmonster werd samengesteld. De aldus verkregen zes mengmonsters fungeren als gebiedseigen referentie.

In tabel 1 staan de resultaten van de verschillende testen weergegeven. Hierbij is de zwaarst kwalificerende parameter bepalend voor de beoordeling. Wanneer gekeken wordt naar de screening op de aanwezigheid van stoffen dan blijkt dat voor alle categorieën overschrijdingen aantoonbaar zijn. In geval van bagger kan worden vermeld dat de categoriegewijze afwijking voor wat betreft metalen alleen gebaseerd is op arseen, terwijl voor de andere categorieën meer metalen verhoogde concentraties lieten zien. Bij alle dempingcategorieën werd ook verhoogde EROD-inductie aangetoond. Deze resultaten laten zien dat in dempingmateriaal van alle categorieën in principe sprake is van verhoogde concentraties zware metalen en dioxine-achtige stoffen (als PCBs, PAKs en dioxines).

Tabel 1. Toetsingstabel 2e deel fase II/VE. C: categoriegewijze afwijking t.o.v. de referentie; MTA: overschrijding van het MTA. Eerst wordt de beoordeling gegeven volgens het meer gevoelige toetscriterium, vervolgens voor het minder gevoelige toetscriterium.

Meer gevoelig toetscriterium	Categorie dempingmateriaal				
	BAG	B&S	HHA	IA	SHR
Screening op stoffen					
<i>Metalen beschikbare fractie</i>	C	MTA	C	C	C
<i>EROD-bioassay</i>	MTA	C	C	C	C
Screening op effecten					
<i>Regenworm-bioassay</i>	MTA	MTA	MTA	MTA	C
<i>BIOLOG bioassay</i>	C	C	C	C	C
<i>Potentiële nitrificatie bioassay</i>					
Minder gevoelig toetscriterium	Categorie dempingmateriaal				
	BAG	B&S	HHA	IA	SHR
Screening op stoffen					
<i>Metalen beschikbare fractie</i>	C	MTA	MTA	C	C
<i>EROD- bioassay</i>	MTA	C	C	C	C
Screening op effecten					
<i>Regenworm-bioassay</i>	MTA		MTA	MTA	C
<i>BIOLOG bioassay</i>	C	C	C	C	C
<i>Potentiële nitrificatie bioassay</i>					

(C = effect voor categorie aantoonbaar, MTA = overschrijding van maximaal toelaatbaar aantal locaties afwijkend van gebiedseigen referentie).

Wanneer de screening op effecten wordt beschouwd, is ook duidelijk dat in alle categorieën effecten optreden, ook bij toetsing aan de minder gevoelige toetscriteria. Zowel het wormen bioassay, als het BIOLOG-assay laten in alle categorieën effecten zien. De potentiële nitrificatie is nergens aantoonbaar verlaagd, hoewel sterk variabel. Dit is mogelijk gelegen in het feit dat variatie in pH, waarvoor nitrificatie gevoelig is, het aantonen van een relatie met dempingcategorie heeft bemoeilijkt.

Op grond van de resultaten van het screeningsonderzoek uitgevoerd op locaties van Groep A kan worden geconcludeerd dat *alle* onderzochte categorieën dempingmateriaal voor het nemen van risicoreducerende maatregelen in aanmerking komen, zowel met betrekking tot de functie natuur als voor landbouw (meer gevoelig en minder gevoelig toetscriterium). Deze conclusie is voor iedere categorie gebaseerd op zowel categoriegewijze verschillen als locatiespecifieke afwijkingen van de gebiedseigen referentie. Daarbij werden voor meerdere onderzoeksparameters afwijkingen vastgesteld.

De effectiviteit van de in principe voorgenomen maatregel ‘afdekken met 30 cm gebiedseigen grond’ om risico’s weg te nemen, wordt in latere onderzoeksfasen bestudeerd.



# 1 Inleiding

De Krimpenerwaard is een groot veenweidegebied in het Zuid-Hollandse deel van het Groene Hart. De beleidsmatige voornemens met betrekking tot behoud en versterking van de groene functies, zoals natuur, landbouw en recreatie, hebben te sterk kampen gehad met de verlamende gevolgen van bodemverontreiniging. Een door dertien belangenpartijen gedragen bodembeheerplan en de oprichting van een stichting die belast is met de uitvoering daarvan moeten de noodzakelijke verkaveling en herinrichting van het gebied faciliteren. Het bodembeheerplan gaat uit actief bodembeheer en is gebaseerd op een 'functiegerichte sanering' door afdekking van verdachte slootdempingen met gebiedseigen grond. Ter ondersteuning van het bodembeheer is een onderzoek geïnitieerd, dat tot doel heeft de aannamen in het bodembeheerplan ten aanzien van het bestaan van risico's van slootdempingen al naar gelang het dempingmateriaal en de aard en dikte van een afdeklaag te verifiëren. Het verificatieonderzoek omvat deelonderzoeken met betrekking tot landbouwkundige, ecologische en verspreidingsrisico's, en is opgedeeld in drie onderzoeksfasen en een monitoringsfase. Het voorliggende rapport vormt de rapportage van het eerste deel van de tweede fase van het verificatieonderzoek ecologie (VE).

In fase II van het VE wordt locatiespecifiek onderzoek verricht aan dempingmateriaal en deklagen (verdeeld in een aantal dempingscategoriën). Het onderzoek valt uiteen in milieuchemische en ecotoxicologische experimenten en ecologisch onderzoek aan de directe omgeving van de slootdempingen. Doel van deze experimenten en waarnemingen is aan te geven van welke categoriën dempingmaterialen een risico opleveren voor de omgeving. Deze stap is nodig voor fase III van het VE waarin beoordeling van deze risico's worden getoetst aan functiegerichte ecologische (functiegerichte benadering) eisen en deze beoordeling opgeschaald wordt naar de hele Krimpenerwaard (gebiedsgerichte opschaling).

Uitgaande van het gewenste bodemgebruik werden voor de functies natuur, landbouw en recreatie de concrete doelstellingen van de eigenaar of beheerder vertaald naar ecologische randvoorwaarden. De bodemkwaliteit dient van dien aard te zijn dat deze randvoorwaarden niet, of hooguit in acceptabele mate in het geding komen. De ecologische randvoorwaarden werden vervolgens vertaald naar parameters die meetbaar of voorspelbaar zijn met bestaande of specifiek te ontwikkelen technieken of modellen. De eindbeoordeling van de parameterwaarden zal geschieden op basis van vooraf vastgestelde en deels in fase II nog uit te werken criteria<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Deze criteria zijn derhalve na oplevering van de resultaten uit deze screening opgesteld. Omdat het een aanpassing van de beoordelingmethodiek betreft, heeft dit geleid tot een herbeoordeling van de resultaten. Dit is neergelegd in een oplegnotitie bij dit rapport (Faber & van den Brink, 2003). Zie ook het Voorwoord.

Het onderzoek in fase II volgt een zogenaamd ‘afpel-principe’<sup>2</sup>, waarbij de resultaten van eerdere onderdelen bepalend zullen zijn voor de verder te volgen stappen. In eerste instantie worden verdachte dempingmaterialen uit locaties met onvoldoende afdekking (< 30 cm) gescreend op het voorkomen van metalen en organische microverontreinigingen (milieuchemie). Wanneer deze worden aangetroffen, worden enkele oriënterende effectenstudies uitgevoerd aan betreffende dempingmaterialen. In die gevallen werd een ecotoxicologische studie met regenwormen en twee testen met microbiële activiteit (potentiële nitrificatie en BIOLOG). De resultaten daarvan worden in dit rapport gepresenteerd.

---

<sup>2</sup> Dit afpelprincipe is na oplevering van dit rapport losgelaten, waardoor fase 2 en fase 3 voor een groot deel tegelijkertijd zijn uitgevoerd.

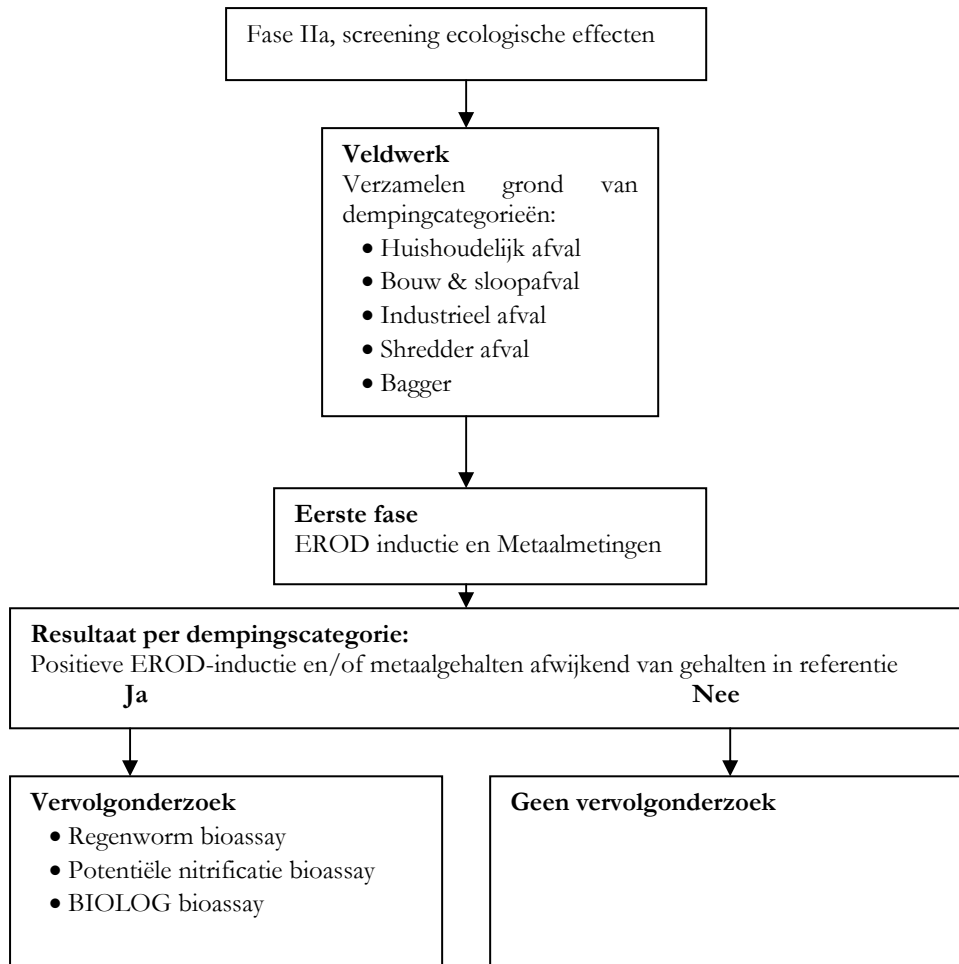
## 2 Screeningsonderzoek van het Verificatieonderzoek Ecologie (Fase IIa)

Fase IIa vormt het eerste onderdeel van Fase II van het VE. Zoals in de inleiding reeds aangegeven, wordt in fase IIa van het VE een eerste screening van de ecologische risico's van de slootdempingen uitgevoerd. Doel hiervan is aan te geven welke categorieën dempingmaterialen mogelijk een ecologisch risico veroorzaken en vooral: welke niet. Fase IIa is daartoe in twee delen gesplitst. In het eerste deel worden metaalmetingen aan in het veld verzamelde grond uitgevoerd (zie hoofdstuk 4.1) en wordt een EROD-inductie test uitgevoerd (zie hoofdstuk 4.2). In het tweede deel van fase IIa wordt de toxiciteit van de verschillende dempingmaterialen onderzocht op regenwormen (zie hoofdstuk 5.1) en microbiële processen (BIOLOG; zie hoofdstuk 5.2 en potentiële nitrificatie; zie hoofdstuk 5.3).

Beoordeling van de resultaten vindt in grote lijnen plaats volgens vastgestelde criteria (Bijlage 2, Faber *et. al.* 2003a). De wijze van beoordeling van de resultaten uit bovenstaande onderzoeken wordt hier besproken in Hoofdstuk 6.

Afhankelijk van de resultaten wordt na afloop van het eerste deel van fase IIa besloten welke dempingcategorieën in het tweede deel van fase IIa verder worden onderzocht. Als geen verhoogde gehalten metalen worden gemeten, én geen verhoogde EROD-inductie optreedt (beide ten opzichte van een gebiedseigen referentie), zal de desbetreffende dempingcategorie *niet* worden meegenomen in het vervolgonderzoek, omdat er dan vanuit gegaan wordt dat effecten verwaarloosbaar zijn. Als EROD-inductie optreedt en/of metalen worden aangetroffen in van de gebiedseigen referentie afwijkende gehalten, of als de resultaten lastig te interpreteren zijn, zullen met deze dempingcategorieën de experimenten uit het tweede deel van fase IIa uitgevoerd worden. Dit zogenaamde 'afpellen' is ook reeds beschreven in het basisprojectplan (IWACO, 2000).

Schematisch ziet Fase IIa er als volgt uit:



Figuur 1: Schematisch overzicht van Fase IIa van het VE



## **3 Veldwerk en methodes**

### **3.1 Veldwerk algemeen**

In juli en augustus 2001 zijn grondmonsters genomen op verschillende locaties in de Krimpenerwaard (zie Aanhangsel 1). Het betrof dempingen van de A groep, waarbij het dempingmateriaal een afdeklaag heeft van minder dan 30 cm dikte. De monsterlocaties moesten verder voldoen aan de eisen zoals die zijn vastgelegd in het basisprojectplan (IWACO, 2000). Het bleek niet voor elke dempingcategorie mogelijk voldoende dempingen te vinden die aan alle eisen voldeden, in dat geval is er voor gekozen in ieder geval voldoende dempingen te bezoeken.

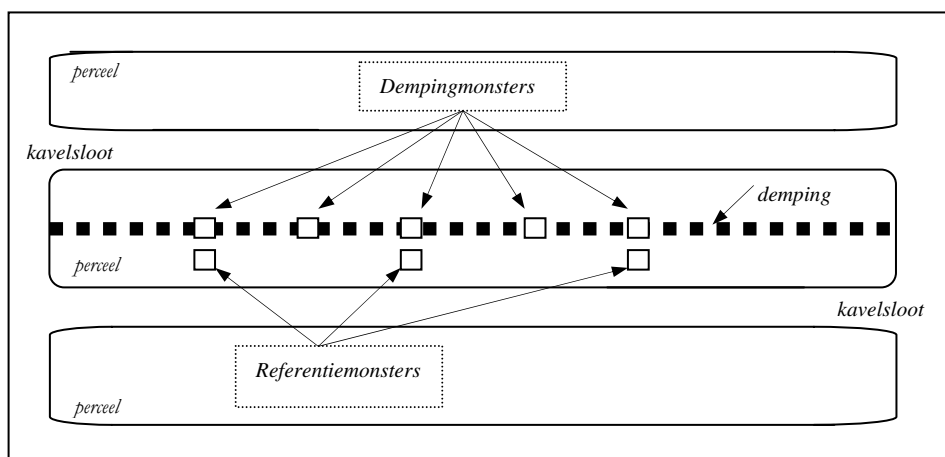
Van elke dempingcategorie is een aantal monsters genomen, waarbij gelet is op geografische spreiding van de locaties binnen een dempingcategorie (indien mogelijk) en tevens is gelet op spreiding in de grondwaterstand. Van de dempingcategoriën huishoudelijk afval, bouw & sloopafval, industrieel afval en shredder afval zijn elk 5 locaties bezocht, van de dempingcategorie bagger zijn 7 locaties bezocht. Van deze laatste categorie (waarvan er veruit het meeste zijn in de Krimpenerwaard) zijn 5 locaties bezocht van onverdachte signatuur en 2 van verdachte signatuur. Daarnaast is een zesde dempingcategorie bezocht: lompen. Van deze categorie waren slechts twee locaties beschikbaar, maar tijdens de bemonstering bleek dat bij beide locaties het dempingmateriaal dieper dan 30 cm onder het oppervlak lag. Deze locaties zijn derhalve niet bemonsterd omdat ze niet aan de eisen voldeden voor groep A. Gevolg hiervan is dat deze dempingcategorie automatisch doorschuift naar fase IIb waarin locaties bemonsterd gaan worden die een afdak laag hebben van 30 cm of meer (Groep B).

#### **3.1.1 Bemonstering per locatie**

Aan elke te bemonsteren locatie is een voorbezoek afgelegd. Dit voorbezoek had een tweeledig doel. Ten eerste is kennis gemaakt met de landeigenaar, waarbij werd uitgelegd wat de bedoeling van de bemonstering was en is om toestemming gevraagd; ten tweede is de gedempte sloot bekeken, om de latere bemonstering zo vlot mogelijk te laten verlopen.

Tijdens de bemonstering is de volgende strategie gevolgd:

Door middel van een kaartje en een grondboor is de grootte van de slootdemping in het veld vastgesteld. De sloot is daarna in 6 gelijke delen verdeeld. Op 5 plaatsen is daarna het dempingmateriaal bemonsterd, waarbij de deklaag met behulp van een spade werd verwijderd. Van het bovenste deel van het dempingmateriaal zijn daarna verschillende deelmonsters genomen voor elk van de uit te voeren testen later in het laboratorium.



Figuur 2: Schematisch overzicht van monsterlocaties bij een slootdemping

Naast bemonstering van 5 sublocaties van elke demping zijn ook zogenaamde referentiemonsters genomen. Deze zijn in het aanliggende land genomen en wel in het midden van de afstand tussen de slootdemping en de kavelsloot. Daarbij is erop gelet dat de afstand tussen een referentie monster en de slootdemping minimaal 5 meter was. Bij elke slootdemping zijn 3 referentiemonsters genomen, ter hoogte van deel monster 1, 3 en 5 van de dempingsmonsters. Voor een schematisch overzicht zie figuur 2.

Elk deelmonster bestond uit 6 monsters voor de verschillende testen. Op elke sublocatie werden de volgende monsters genomen:

Tabel 1: Hoeveelheden grond bemonsterd tijdens veldwerkzaamheden

Test	Genomen met	Hoeveelheid	Genomen in
EROD	Steekboor (staal)	± 250 gram (versgewicht)	2 glazen potten
Metaalanalyses	Spade (staal)	± 200 gram (versgewicht)	Plastic zak
Regenworm bioassay	Spade (staal)	± 1 kg (versgewicht)	Plastic zak
Potentiële nitrificatie	Spade (staal)	± 200 gram (versgewicht)	Plastic zak
Biolog	Spade (staal)	± 200 gram (versgewicht)	Plastic zak

Alle zakken en potten werden uniek gecodeerd en nadat alle monsters op een locatie genomen waren, werden deze bij elkaar in een grote plastic zak bewaard. Na transport naar het laboratorium werden de zakken voor de verschillende testen gesorteerd en opgeslagen bij 4°C in het donker tot verdere verwerking.

### 3.1.2 Mengmonsters

Voordat aan de experimenten werd begonnen werden mengmonsters gemaakt van de deelmonsters die werden genomen. Van elke locatie werden de 5 monsters die genomen werden van het dempingmateriaal (5) gemengd, waardoor 1 mengmonster van het dempingmateriaal van elke slootdemping ontstond. Daartoe werden ongeveer gelijke hoeveelheden grond (veldvochtig) van elk deelmonster afgewogen en met behulp van een RVS mixer gemengd, zodat een mengmonster ontstond met

voldoende materiaal voor uitvoering van de test. Dit werd afzonderlijk gedaan voor elke test (zie tabel 2).

Daarnaast werden de deelmonsters die werden genomen van het referentiemateriaal per dempingcategorie op dezelfde wijze gemengd. Daardoor ontstond een referentiemengmonster per dempingcategorie. De volgende mengmonsters werden gebruikt voor de verschillende testen:

*Tabel 2: Mengmonsters gebruikt voor experimenteel werk*

<b>Code</b>	<b>Aantal te testen mengmonsters</b>	<b>Bevat per mengmonster:</b>
HHA 1 t/m 5	5	Dempingcategorie Huishoudelijk afval, mengmonster van 5 deelmonsters dempingmateriaal per locatie
HHA Ref.	1	Dempingcategorie Huishoudelijk afval, mengmonster van 5 referentielocaties
B&S 1 t/m 5	5	Dempingcategorie Bouw en Sloopafval, mengmonster van 5 deelmonsters dempingmateriaal per locatie
B&S Ref.	1	Dempingcategorie Bouw en Sloopafval, mengmonster van 5 referentielocaties
IA 1 t/m 5	5	Dempingcategorie Industrieel afval, mengmonster van 5 deelmonsters dempingmateriaal per locatie
IA Ref.	1	Dempingcategorie Industrieel afval, mengmonster van 5 referentielocaties
SHR 1 t/m 5	5	Dempingcategorie Shredder afval, mengmonster van 5 deelmonsters dempingmateriaal per locatie
SHR Ref.	1	Dempingcategorie Shredder afval mengmonster van 5 referentielocaties
BAG 1 t/m 7	7	Dempingcategorie Bagger, mengmonster van 7 deelmonsters dempingmateriaal per locatie
BAG Ref.	1	Dempingcategorie Bagger, mengmonster van 7 referentielocaties

### **3.2 Screening op aanwezigheid van stoffen (eerste deel van Fase IIa)**

In deze screening wordt voor dempingmaterialen uit Groep A onderzocht of contaminanten aanwezig en beschikbaar zijn. Indien dit niet het geval is, dan zijn er geen potentiële risico's te verwachten in de desbetreffende categorie, en hoeft geen vervolgonderzoek plaats te vinden (in fase IIb en volgende fasen). Bij aantoonbare beschikbaarheid dient te worden vastgesteld of effecten optreden, of in de toekomst mogen worden verwacht. Het is in deze fase van het onderzoek van belang beslismomenten zo vroeg mogelijk te kunnen leggen. Daarom is gekozen om een beperkt pakket aan effectmetingen uit te voeren om te bepalen of er effecten zijn. Effecten worden in deze stap statistisch beoordeeld t.o.v. een gebiedseigen referentie. De parameters in het beperkt pakket zijn zodanig gekozen dat verschillende aspecten wat betreft structuur en functioneren van het systeem beschouwd kunnen worden: toxiciteit bodemorganismen (wormen toxiciteits-assay), functionele samenstelling micro-organismen (BIOLOG), en potentiële nitrificatie als indicatie van het functioneren van het bodemsysteem. Bij aangetoonde effecten kan worden geconcludeerd dat de desbetreffende categorie demping ecologische risico's met zich meebrengt, en dat aanvullend bodembeheer met effectreducerende maatregelen vereist is.

Om te kunnen bepalen met welke dempingcategorieën nader onderzoek met behulp van bioassays moet worden uitgevoerd, zijn aan alle mengmonsters metaalmetingen gedaan en is een EROD-inductie experiment uitgevoerd.

### 3.2.1 Metaalmetingen

Metaalmetingen in bodem vinden over het algemeen plaats na een extractie van de grond met koningswater, waardoor alle metalen uit de grond worden geëxtraheerd (totaalgehalten). De milieukwaliteits-doelstellingen voor de bodem die in Nederland gebruikt worden, zijn gebaseerd op deze totaalgehalten (Crommentuijn, 1997). Om iets te kunnen zeggen over de beschikbaarheid van metalen is gekozen voor een 'milde extractie' met 0,43 N HNO<sub>3</sub> (Häni, 1989). De belangrijkste resultaten worden in samengevatte vorm weergegeven in §5.1.1.

#### *Extractie van de grond*

Grond is geëxtraheerd volgens vigerende werkvoorschriften (SWV E1306). Circa 4 gram stoofdrome droge grond (40°C) is gedurende 4 uur geschud op een schudmachine met een 0,43 mol l<sup>-1</sup> HNO<sub>3</sub> oplossing volgens een 1:10 (m/m) verhouding. Na kort centrifugeren is het extract gefiltreerd over een vouwfilter. In deze extracten is het gehalte zware metalen met behulp van ICP-AES (Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrofotometer) bepaald.

#### *Meting van metaalgehalten met behulp van ICP-AES*

Met behulp van ICP-AES zijn bovenstaande extracten geïoniseerd in argonplasma, waarna de hoeveelheid uitgestraald licht door de metalen op hun specifieke golflengtes is gemeten (SWV E1307).

### 3.2.2 EROD inductie

De resultaten van dit experiment leveren een aanwijzing of en in welke mate (ten opzichte van de referentie of andere dempingmaterialen) stoffen (Ah-receptor antagonist, zoals PAK's, PCB's etc.) in de bodem aanwezig zijn die EROD (7-ethoxyresorufin-O-deethylase) in celkweek van levercellen van de rat (H4IIE cellen) kunnen induceren.

Als EROD wordt geïnduceerd, is dit een aanwijzing dat Ah-receptor antagonist in de grond aanwezig zijn. Dit kan een breed spectrum aan stoffen betreffen (PAK's, PCB's en dioxinen). Het zegt echter niets over de beschikbaarheid van dergelijke stoffen, omdat een zeer intensieve extractie van het bodemmateriaal wordt toegepast (zie §5.1.2). In principe geeft verhoogde EROD-inductie aanleiding om gerichte chemisch analyses van stoffen in de bodem uit te voeren. In dit geval is dat echter niet van belang omdat het in fase IIa slechts om een screening van mogelijke effecten gaat. Metingen aan stoffen in de bodem is uitgevoerd in het deelonderzoek Verificatieonderzoek Landbouw (VL).

### ***Vorbewerking grond***

Extractie van grond vindt achtereenvolgens plaats met aceton, aceton/petroleum-ether en petroleumether. Alle extracten werden samengevoegd en uitgeschud met water. De waterfase is verwijderd en de organische fase is gefiltreerd over natriumsulfaat en ingedampt. Het ingedampte extract is vervolgens verdeeld over 2 buizen, waarvan er één is drooggedampt en opgenomen in dimethylsulfoxide (DMSO). Dit extract is gebruikt voor de EROD-inductie.

### ***Experimentele opzet***

De kweek en blootstelling van H4IIE-cellen en het meten van EROD-activiteiten zijn uitgevoerd volgens standaard werkvoorschriften van Alterra.

- *Eerste screening van onverdunde extracten*

In eerste instantie zijn alle extracten onverdund gescreend in een eindconcentratie van 1% bij de H4IIE-cellen. Om vals negatieven uit te sluiten zijn extracten ook gespiked met 20 nM (eindconc.) TCDD. Wanneer de EROD-respons na spiken uitblijft, is er sprake van een vals negatieve respons op het niet-gepikete extract.

- *Vervolgscreening van 10x en 100x verdunde extracten.*

Alle extracten zijn vervolgens 10x en 100x verdund in DMSO, en deze zijn toegevoegd aan de H4IIE-cellen in een eindconcentratie van 0.5 %, waarna de cellen 24 en 48 uur zijn blootgesteld. Aan het einde van zowel de 24-uurs als 48-uurs blootstellingen waren de morfologie en dichtheid van de cellen niet afwijkend van cellen die waren blootgesteld aan blanco's, DMSO en TCDD-standaarden. Op grond hiervan werd een eiwitbepaling achterwege gelaten.

## **3.3 Toxiciteit van aanwezige stoffen (tweede deel van fase IIa)**

In dit hoofdstuk wordt de experimentele opzet gepresenteerd van de drie toxiciteitstesten die zijn uitgevoerd met de dempingcategorieën die op grond van de resultaten van de metaalmetingen en de EROD analyse een potentieel risico opleveren.

### **3.3.1 Regenworm bioassay**

#### ***Doel en principe***

Het doel van dit experiment is het testen van de effecten van in veldbodem aanwezige stoffen op de overleving, de reproductie en de groei van de regenworm *Lumbricus rubellus*. Wormen met een bekend startgewicht werden gedurende 4 weken onder gecontroleerde omstandigheden (15°C, continu licht) in het laboratorium blootgesteld aan in the veld verzamelde grond. Aan het eind van deze periode werden levende wormen uit de grond verzameld (overleving) en teruggewogen (groei). Tevens werden uit het bodemmateriaal de geproduceerde cocons verzameld en geteld (reproductie).



Foto 1: Volwassen exemplaren van de regenworm *L. rubellus* (foto: Annemariet van der Hout).

Ter controle van het functioneren van de testdieren en het -systeem, wordt ook een controlegrond meegenomen in de test. Dit is een licht humeuze zandgrond, waarmee binnen dit laboratorium veel ervaring is opgedaan (Ma, 1982). Deze grond is niet direct vergelijkbaar met het testmateriaal afkomstig uit de Krimpenerwaard.

#### ***Vorbewerken van het bodemmateriaal (afkomstig uit het veld)***

Uit veldvochtig bodemmateriaal (mengmonsters) werden met de hand de grofste niet in de bodem thuishorende delen verwijderd. Het resterende bodemmateriaal is gezeefd (4 mm, een fijnere zeef sloeg dicht). Het gezeefde bodemmateriaal werd in een plastic zak bewaard (5°C, donker) tot inzetten van het experiment. Het veldvochtige bodemmateriaal is vervolgens op de juiste vochtigheid gebracht (per monsterlocatie ineens).

Het bevochtigde bodemmateriaal is daarna overgebracht in glazen Weck-potten met een inhoud van ca. 1 liter. Vijf potten per monsterlocatie werden ongeveer tot de helft gevuld met dit bodemmateriaal en in een klimaatcel geplaatst (15°C, continu licht) tot toevoegen van de wormen.

#### ***Vorbereidingen van de bioassay***

Voedsel (gedroogd schoon elzenblad (afkomstig uit Roggebotzand, verzameld november 2001) en wormen (uit het veld verzameld) zijn klaargemaakt voor het experiment.

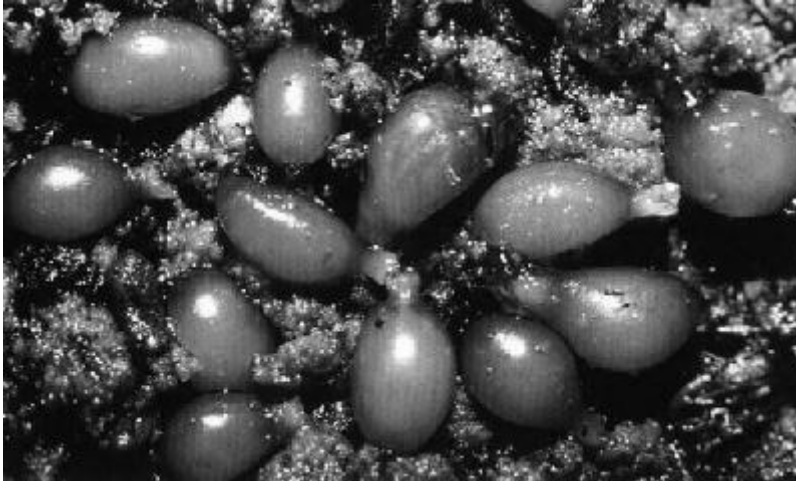


Foto 2: Cocons van *L. rubellus* (foto: Marleen Lee).

### ***Start van de bioassay***

Bij de start van het bioassay ( $t=0$ ) werden de wormen met de hand uit de voorraadbak geselecteerd, gecontroleerd op volwassenheid en fysieke afwijkingen. Alleen vitale volwassen dieren werden geselecteerd en per vijf ingewogen (drooggedept versgewicht). De bioassay is in viervoud uitgevoerd. Dit wil zeggen dat per locatie 4 potten met dempingmateriaal gereed zijn gemaakt waarin wormen zijn blootgesteld en dat per locatie één pot gereed is gemaakt waarin geen wormen worden blootgesteld. Dit om te controleren of reeds in het veld cocons aanwezig waren.

De wormen zijn per vijf in een pot met bodemmateriaal overgebracht. Gecontroleerd is dat wormen in het bodemmateriaal weggropen. Daarna is voldoende voedsel aan de potten toegevoegd. De potten zijn random geplaatst en geïncubeerd ( $15^{\circ}\text{C}$ , continu licht) gedurende 28 dagen. De potten met wormen zijn tweemaal bijgevoerd in verband met de waargenomen consumptie van het elzenblad.

### ***Eind van de bioassay***

Na 28 dagen werd het resterend bladmateriaal verwijderd. Aanwezige wormen (zowel volwassen als juveniele wormen) zijn verwijderd uit het bodemmateriaal. Het bodemmateriaal is teruggedaan in de pot en de pot (zonder wormen) is in de klimaatcel teruggezet tot uitspoelen van het bodemmateriaal voor het tellen van de cocons. De adulte wormen zijn gewogen per pot (versgewicht).

Met deze gewichten en de gewichten van  $t=0$  kan de groei van de wormen worden bepaald. Op basis van de aantallen overlevende wormen werd de overleving van de wormen berekend. Wormen hebben daarna 48 uur de tijd gehad hun darm leeg te maken en zijn per 2 potten ingevroren ( $-20^{\circ}\text{C}$ ).

Het bodemmateriaal (zonder wormen) is uitgespoeld met leidingwater over een zeef. De cocons werden geteld vanaf de zeef. Op basis van deze aantallen is het reproductiesucces van de wormen bepaald. Dit wordt uitgedrukt als  $N_{\text{cocons}}/5$  wormen per pot ( $=N/5$  per worm). Als sterfte was opgetreden in de potten, is ervan uitgegaan dat de dode wormen niet hebben gereproduceerd.

De resultaten van dit experiment worden gepresenteerd in §5.2.1 (samenvatting en berekeningen).

### 3.3.2 BIOLOG bioassay

#### *Principe*

In dit experiment wordt de samenstelling van de micro-organismen-gemeenschap van de bodem onderzocht in relatie tot de aanwezigheid van contaminanten in de bodem (Garland, 1997; Rutgers, 1999; Breure *et al.*, 1997). Hiervoor zijn fysiologische profielen van extracten met bodembacteriën gemaakt met behulp van *multi-well* platen (plastic plaat met 96 vaatjes van  $\pm 0,5$  ml). van de firma Biolog.

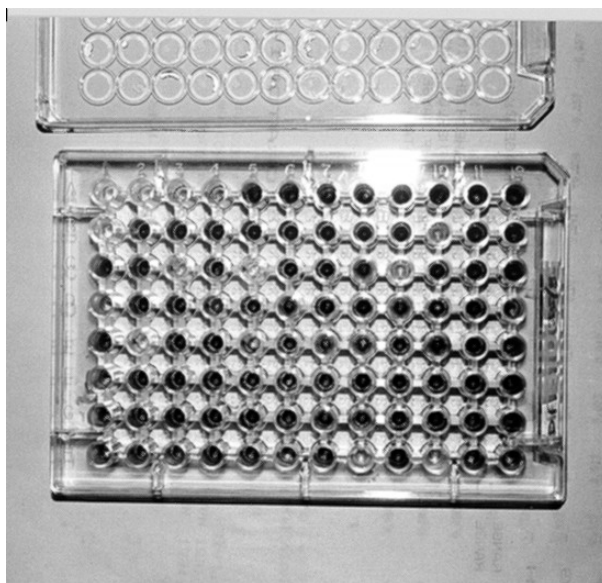


Foto 3: Voorbeeld van kleuringpatronen van BIOLOG-platen na incubatie. De kleurintensiteit is een maat voor de substraatomzetting.

Deze platen bevatten per *well* een voor micro-organismen geschikt medium, en een indicator voor metabolische activiteit, en telkens een ander koolstofsubstraat. Het verkleuringspatroon in de Biolog-plaat is specifiek voor de microbiële gemeenschap en wordt het fysiologische profiel genoemd. Door meting van de kleuring in de tijd kan iets gezegd worden over de samenstelling van de bodemmicro-organismen gemeenschap. Door effecten van verontreinigingen op micro-organismen kan groei geheel of gedeeltelijk achterwege blijven. Door vergelijking van extracten van de verschillende locaties kunnen verschillen in bodemkwaliteit inzichtelijk gemaakt worden. De interpretatie van deze gegevens is echter lastig te koppelen aan de aanwezigheid van stoffen in de grond. Slechts kan worden aangegeven of de samenstelling van de micro-organismenpopulatie in een demping afwijkt van die van de referentie. Dit is een aanwijzing voor aanwezigheid van toxische stoffen in de grond.

Het experiment is uitgevoerd volgens 'standard operating procedures' van het RIVM.



### ***Voorbehandeling grond***

Grond (mengmonsters) werd op een *water holding capacity* van 50% gebracht ( $WHC_{50}$ ) en gedurende 4 weken geïncubeerd bij 10°C in het donker.

### ***Experimentele opzet***

Na incubatie zijn de grondmonsters overgebracht naar het Laboratorium voor Ecotoxicologie van het RIVM te Bilthoven.

Bacteriën werden uit de bodemmonsters geëxtraheerd door 25 gram grond in 250 ml steriele 10 mM BIS-TRIS buffer (pH 7) te suspenderen en de slurrie gedurende 1 minuut op vol vermogen te blenden. De bovenstaande vloeistof werd vervolgens gedurende 5 minuten gecentrifugeerd bij 500 G om de grove deeltjes neer te laten slaan. Het supernatant werd gebruikt voor telling van het aantal kolonie vormende eenheden en voor het enten van de Biolog©-platen.

Het aantal kolonievormende eenheden (cfu) werd bepaald door verdunningen van de supernatanten uit te platen op 0,1 trypton-soja-agar. Het aantal kolonies werd geteld na 8 dagen incuberen bij 25° (Smit *et al.*, 1997).

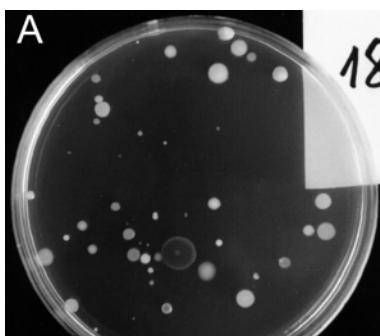
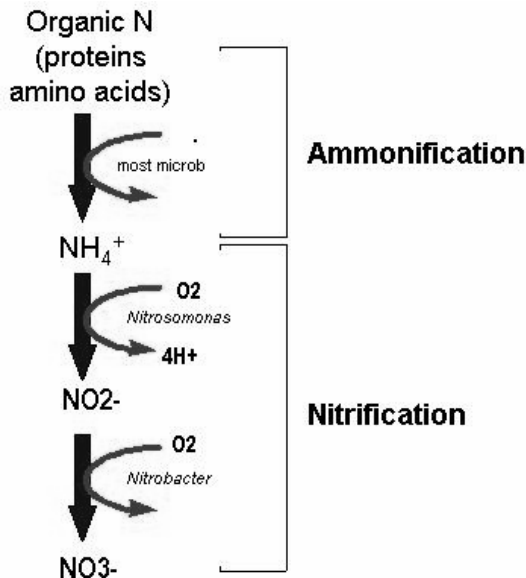


Foto 4: Voorbeeld van kolonievormende eenheden afkomstig uit bodemextract na 8 dagen incubatie bij 25°C.

Verdunningen van de supernatanten werden tevens in Biolog© platen (ECO-platen met 3 sets van 31 substraten en een controle) gepipetteerd en vervolgens geïncubeerd bij 20°C in het donker. De kleurontwikkeling in de plaat werd gevolgd door gedurende 8 dagen de absorptie bij 590 nm geautomatiseerd te meten. Deze is indicatief voor de snelheid en de mate van omzetting van het substraat. De substraatomzettingsparameters (maximale kleurontwikkeling ( $Y_{max}$ ), maximale kleurontwikkelingssnelheid ( $V_{max}$ ), en de totale hoeveelheid omgezet product (oppervlakte onder de curve)) werden gekwantificeerd door de relatieve abundantie (frequentie van voorkomen) te berekenen ten opzichte van het gemiddelde voor alle substraatomzettingen (Breure *et al.*, 1997). De verzameling van substraatomzettingen en de snelheid waarmee dat gebeurt is karakteristiek voor een bepaalde microbiële levensgemeenschap en vormt het fysiologisch profiel van die gemeenschap. De functionele profielen van de verschillende monsters zijn vervolgens m.b.v. multivariate technieken (principale componenten analyse: PCA, en redundantie-analyse: RDA) geanalyseerd op verschillen tussen locaties en de onderliggende verklarende factoren. Hierbij is gebruik gemaakt van het programma CANOCO (ter Braak & Smilauer, 1998). De resultaten van dit experiment worden gepresenteerd in §5.2.2.

### 3.3.3 Potentiële nitrificatie bioassay

Nitrificatie is het proces in de bodem waarbij gespecialiseerde micro-organismen ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) in nitriet ( $\text{NO}_2^-$ ) en nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ) omzetten. Het proces maakt deel uit van de stikstofcyclus en levert een bijdrage aan de beschikbaarheid van N voor planten en bodemorganismen.



Figuur 3: Schematische weergave van ammonificatie en nitrificatie

Omdat slechts weinig micro-organismen tot nitrificatie in staat zijn en de toxiciteitsdrempel laag ligt, wordt nitrificatie beschouwd als een gevoelige indicator voor bodemverontreiniging. Met dit bioassay wordt vastgesteld hoeveel potentie een bodem heeft om ammonium om te zetten in nitraat. Dat is een maat voor de aanwezigheid van nitrificerende bacteriën. Afwijking van de potentiële nitrificatie van grondmonsters van dempingen ten opzichte van de referentie monsters kan mogelijk het gevolg zijn van de aanwezigheid van contaminanten in de bodem. Het principe van de test is gebaseerd op incubatie van grondmonsters met een ammoniumoplossing. Na incubatie wordt de hoeveelheid omgezet ammonium bepaald door middel van meting van de hoeveelheid nitraat (colorimetrisch).

#### **Experimentele opzet**

Aan circa 100 gram grond (mengmonsters) wordt 10 ml ammoniumsulfaat toegevoegd. De grond werd op  $\text{WHC}_{50}$  gebracht en gedurende 3 weken geïncubeerd bij  $25^\circ\text{C}$  in het donker. Ter controle vond incubatie van grondmonsters bij  $-20^\circ\text{C}$  plaats, om het verschil te kunnen berekenen (nitrificatie treedt niet op bij deze temperatuur). Na 3 weken werd de grond geëxtraheerd en ammonium- en nitraatgehalten werden gemeten. De potentiële nitrificatie is berekend uit de hoeveelheid nitraat die in drie weken gevormd is ( $25^\circ\text{C}$ ) min de hoeveelheid nitraat in de controle ( $-20^\circ\text{C}$ ). De resultaten van dit experiment worden gepresenteerd in §5.2.3.

## 4 Beoordelingssystematiek van resultaten

### 4.1 Inleiding

In het Gebiedsgericht Bodembeheerplan Krimpenerwaard (1998) wordt een landrinrichtingsondersteunende en milieuhygiënisch verantwoorde oplossing voor de bodemverontreiniging als gevolg van slootdempingen in het gebied nagestreefd. Indien sprake is van aantoonbare risico's voor de beoogde functies landbouw, natuur en recreatie wordt een functiegerichte sanering voorgestaan in de vorm van het aanbrengen van een schone deklaag van minimaal 30 cm (standaardaanpak).

Deze maatregel wordt voorgesteld onder de aanname dat deze het risico voor de beoogde functies afdoende wegneemt. Het momenteel lopende verificatieonderzoek heeft tot doel het onderbouwen van deze aanname, gedifferentieerd naar de verschillende categorieën verdacht dempingmateriaal.

In dit hoofdstuk wordt de procedure voor beoordeling van de resultaten van het VE beschreven. Voor toelichting zie Faber *et al.*, 2003 (rapport 1018).

### 4.2 Uitgangspunten

Er bestaan geen ecologische 'normen' voor de directe beoordeling van effecten van bodemverontreiniging. Wel bestaat er ten aanzien van sommige veel gebruikte testen en inventarisaties voldoende wetenschappelijke kennis om achtergrondwaarden op te stellen die als norm zouden kunnen worden gebruikt. Onder de vlag van PERISCOOP is dan ook een start gemaakt met de uitwerking van landelijk geldende referentiewaarden (Van der Waarde *et al.*, 2003, Bijlage C). Voor terrestrische bodems was dit initiatief gericht op uiterwaardgrasland. Daarmee is de normatieve betekenis voor interpretatie van de resultaten uit het VE vooralsnog beperkt gebleven.

Voor veel van de in het VE gebruikte parameters is überhaupt (nog) onvoldoende achtergrondkennis voorhanden om 'algemeen geldende' referentiewaarden op voorhand te kunnen formuleren. Een deel van de onderzoeksparameters is immers als 'maatwerk' speciaal voor dit onderzoek ontwikkeld. Een ander deel is nog weinig toegepast in veenweidegebied.

Daarnaast is binnen een groot gebied als de Krimpenerwaard al gauw sprake van differentiatie in achtergrondwaarden als gevolg van verschillen in polderpeilbeheer of agrarische bedrijfsvoering, zodat het zinvoller is om met lokale referenties te werken.

De onderzoeksparameters die zijn opgenomen in het VE zijn het resultaat van selectie door een wetenschappelijke begeleidingsgroep van het VE en door het Afstemmingsoverleg, en zijn alle te beschouwen als relevante ecologische parameters. Minder relevante parameters zijn in het voorafgaande proces komen te vervallen. De geselecteerde parameters geven een breed beeld van het functioneren van soorten en processen in het ecosysteem, en geven in principe onderlinge samenhang bij de interpretatie van resultaten (*cf.* Triade systematiek), al was onderlinge samenhang niet het enige selectie criterium.

De keerzijde van het breed ingestoken onderzoek was dat om financiële redenen slechts op extensieve wijze locaties konden worden geselecteerd en bemonsterd voor onderzoek. Enerzijds is het aantal locaties per categorie verdacht dempingmateriaal beperkt gehouden (n=5), anderzijds werd per categorie slechts één referentiemonster geanalyseerd. Het referentiemonster is samengesteld als mengmonster van materiaal dat op iedere locatie is verzameld in het naast de demping gelegen weiland. Voor elk van de zes verdachte categorieën werden dus vijf locaties onderzocht, plus één referentie als mengmonster van de naastgelegen weilandgronden. De zes referentiemonsters kunnen gezamenlijk worden beschouwd als een gebiedseigen referentie, waartegen dempingcategorieën en afzonderlijke locaties kunnen worden vergeleken. Het eigen referentiemateriaal vormt het primaire beoordelingskader voor de onderzoeksresultaten. Alleen negatieve effecten werden in beschouwing genomen.

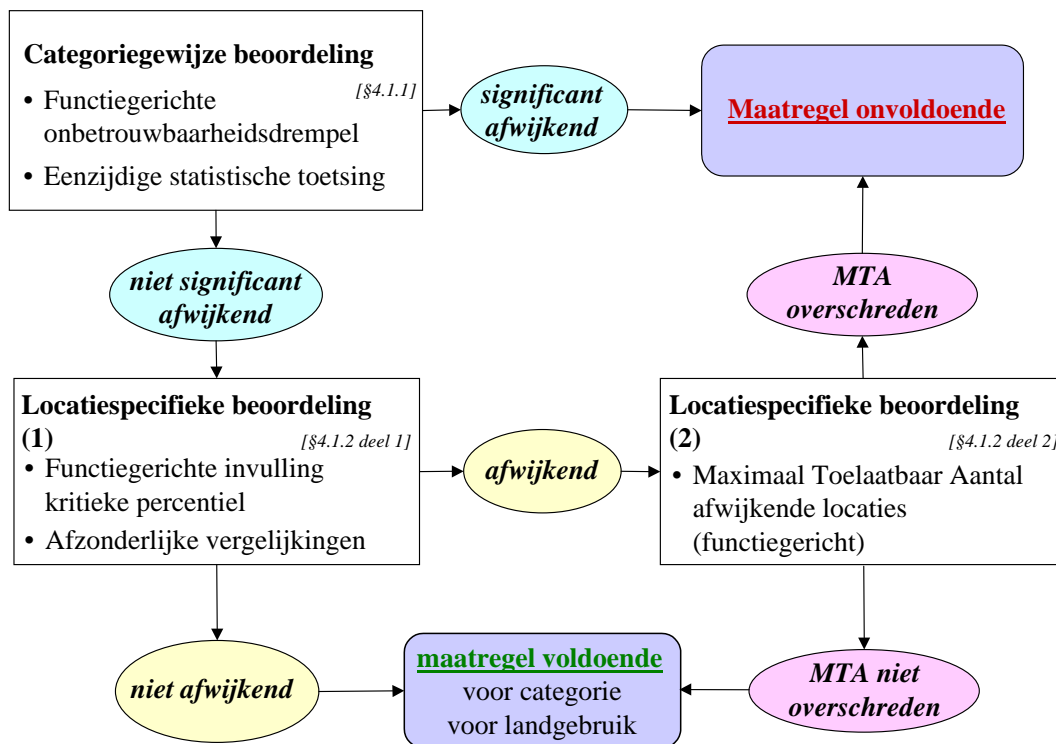
### 4.3 De beoordelingsmethodiek

In het VE wordt de beoordeling in twee stappen uitgevoerd. In eerste instantie worden de verdachte categorieën dempingmateriaal afzonderlijk getest (*categorievijzige beoordeling*). Wanneer geen significant effect wordt gevonden, volgt een *locatiespecifieke beoordeling*<sup>3</sup>. Daarbij wordt elk van de vijf locaties van een categorie dempingmateriaal afzonderlijk beoordeeld tegen een gekozen kritiek percentiel van de gebiedseigen referentie.

In onderstaand schema wordt aangegeven welke plaats de twee beoordelingslijnen hebben in de gevolgde systematiek. Eronder wordt een korte uiteenzetting van alle stappen gegeven.

---

<sup>3</sup> 'Locatiespecifieke beoordeling' heeft hier geen relatie met 'locatiegericht onderzoek', zoals in het Bodembeheerplan wordt beschreven.



Figuur 4: overzicht van de beoordelingsystematiek.

### Stap 1: Categoriegewijze beoordeling

Aanvankelijk werd de vraag naar functiegerichtheid van de beoordeling uitgewerkt in een differentiatie van de toetsingscriteria. Voor natuur werd daarbij een meer gevoelig criterium aangehouden dan voor landbouw. Achteraf, na uitwerking van de systematiek en de rapportage daarover, is deze werkwijze weer losgelaten omdat beide functies beleidsmatig als ‘gevoelige functies’ worden gezien en verdere differentiatie tot ongewenste discussies zou leiden. De differentiatie in twee niveau’s in de beoordeling is wel blijven voortbestaan, en kan gezien worden als een meer gevoelige beoordeling en een minder gevoelige beoordeling.

Voor de aantoonbaarheid van effecten zal voor op te schalen parameters (uitspraak op gebiedsniveau) een significantieniveau van 5% (onbetrouwbaarheidsdrempel  $\alpha=0.05$ ) worden gehanteerd met betrekking tot een meer gevoelige toetsing (cf. ‘natuur’), en 97.5% ( $\alpha=0.025$ ) voor een minder gevoelige toetsing (cf. landbouw (tabel 3)). Deze onbetrouwbaarheidsdrempels zijn arbitrair gekozen, maar zijn een afspiegeling van de beleidsmatige acceptatie van effecten bij de verschillende functies. Het begrip ‘gevoeligheid’ heeft zowel betrekking op de ecologische kwetsbaarheid van de functie als op de toetsing. Hoewel de beoordeling van onderzoeksresultaten uiteindelijk niet gedifferentieerd naar functie wordt uitgevoerd, werd de systematiek wel met dit oogmerk ontwikkeld. Landbouw en natuur worden beleidsmatig beide als gevoelige functies aangemerkt, maar op grond van de acceptatiegrenzen voor eventuele effecten werd landbouw als een relatief minder kwetsbare functie

uitgewerkt dan natuur. De gevoeligheid van de statistische toetsing heeft betrekking op de hoogte van het toetscriterium (hier: de onbetrouwbaarheidsdrempel). De relatie met de hoogte van het in de wetenschap traditioneel gebruikte toetscriterium wordt aangegeven.

De mate van effect wordt hier niet systematisch beoordeeld. Er mag worden gesteld dat elk effect dat vastgesteld kan worden van betekenis is, gezien de beperkte bemonsteringsintensiteit. Overigens is de maatregel ‘afdekken’ er op gericht om effecten geheel weg te nemen en in het bodembeheerplan wordt ook geen klasseindeling van de mate van effect voorgesteld.

*Tabel 3: Differentiatie in de onbetrouwbaarheidsdrempel ( $\alpha$ ) voor aantoonbaarheid van effecten bij categoriegewijze statistische toetsing van onderzoeksresultaten in relatie tot ecologische gevoeligheid van de functie en de in het VE gewenste statistische gevoeligheid van de toetsing voor het kunnen aantonen van ecologische risico's.*

<b>Functie</b>	<b>Relatieve ecologische gevoeligheid</b>	<b>Relatieve statistische gevoeligheid</b>	<b>Relatie met wetenschappelijke traditie</b>	<b>Onbetrouwbaarheidsdrempel (eenzijdig)</b>
Natuur	kwetsbaar	meer gevoelig	Grotere overschrijdingskans; gevoeliger dan standaard	$\alpha=0.05$
Landbouw	minder kwetsbaar	minder gevoelig	Standaard	$\alpha=0.025$
Recreatie (als natuur)	kwetsbaar	meer gevoelig	Grotere overschrijdingskans; gevoeliger dan standaard	$\alpha=0.05$

Bij een categoriegewijs aantoonbaar effect worden resultaten niet verder opgeschaald naar gebiedsniveau, omdat de maatregel ‘afdekken’ in dat geval kennelijk niet voldoende is. Opschaling van gevonden effecten, en de wijze waarop, worden wel bediscussieerd. Opschaling op basis van een oppervlaktecriterium zou leiden tot beleidsmatig ongewenste ‘verdunding’ van effecten. Bovendien zou het milieurendement van een dure maatregel dan pas worden behaald wanneer met een voldoende groot referentiegebied wordt verdisconteerd. Er wordt betoogd dat de mogelijkheid tot opschaling afhankelijk is van de schaal van de onderzoeksparameters zelf. Deze hebben elk een eigen schaal, waarbij door analyse van mengmonsters (of het middelen van metingen aan replicatieve monsters) de waarnemingen van ‘kleinschalige’ parameters (nematoden, nitrificatie) op locatieniveau worden geaggregeerd. Het onderzoek aan grutto's beslaat een schaalniveau dat groter is dan het locatieniveau, immers het territorium en foerageergebied van een broedpaar kan meerdere slootdempingen omvatten. Hieruit kunnen indicaties worden verkregen omtrent de doorwerking van effecten in verschillende deelgebieden van de Krimpenerwaard.

Bij het niet aantoonbaar zijn van effecten bij categoriegewijze beoordeling volgt een locatiespecifieke beoordeling (figuur 4), ook weer met functie-gedifferentieerde criteria.

### **Stap 2: Locatiespecifieke beoordeling**

De variatie in resultaten van een bepaalde categorie dempingmateriaal kan dermate hoog zijn, dat verschillen met een gebiedseigen referentie wel aanwezig maar niet (significant) aantoonbaar zijn bij categoriegewijze beoordeling. In dergelijke gevallen

is het goed mogelijk dat één of meer afzonderlijke locaties wèl duidelijk afwijken van het vastgestelde kritieke percentiel van de gebiedseigen referentie. De beoordeling wordt dan verder locatiespeciek uitgewerkt.

De locatiespecifieke beoordeling met toetsing tegen de referentie is ook weer uitgewerkt met functie-gedifferentieerde criteria. Hoewel de beoordeling van onderzoeksresultaten uiteindelijk niet gedifferentieerd naar functie wordt uitgevoerd, werd de systematiek wel met dit oogmerk ontwikkeld. Landbouw en natuur worden beleidsmatig beide als gevoelige functies aangemerkt, maar op grond van de acceptatiegrenzen voor eventuele effecten werd landbouw als een relatief minder kwetsbare functie uitgewerkt dan natuur. Voor de locatiespecifieke beoordeling zijn de toetscriteria (*P*-waarden) gelijk aan de bij de categoriegewijze toetsing gehanteerde onbetrouwbaarheidsdrempels: voor natuur het P95 en voor landbouw het P97,5. Omdat hier echter een tweezijdige toetsing wordt gedaan, is de gevoeligheid van de locatiespecifieke toetsing relatief lager dan de categoriegewijze toetsing (tabel 4). Dit wordt zo gedaan om de overschrijdingskans klein te houden en zo de kans op fouten van type I te beperken. De gevoeligheid van de statistische toetsing heeft betrekking op de hoogte van het toetscriterium (hier: het kritiek percentiel). De relatie met de hoogte van het in de wetenschap traditioneel gebruikte toetscriterium wordt aangegeven.

Zodra de metingen aan de referentie zijn verricht, kunnen de kritieke waarden worden berekend ter beoordeling van de resultaten voor de afzonderlijke locaties (gedempte sloten). Als een of meerdere locaties significant afwijken van de referentie (*i.e.* het kritieke percentiel overschrijden)(deel 1), dan is een aanvullende beoordeling wenselijk waarbij wordt bekeken *hoeveel* locaties maximaal van het referentiebeeld mogen afwijken (deel 2), teneinde alsnog te bepalen hoe met de betreffende dempingcategorie om te gaan.

Tabel 4. Differentiatie in het kritieke percentiel (*P*) voor beoordeling van onderzoeksresultaten in relatie tot ecologische gevoeligheid van de functie en de in het VE gewenste statistische gevoeligheid van deze toetsing voor het kunnen aantonen van locatiespecifieke afwijkingen van een gebiedseigen referentie.

<b>Functie</b>	<b>Relatieve ecologische gevoeligheid</b>	<b>Relatieve statistische gevoeligheid</b>	<b>Relatie met wetenschappelijke traditie</b>	<b>Kritiek percentiel (tweezijdig)</b>
Natuur	kwetsbaar	meer gevoelig	standaard	P95
Landbouw	minder kwetsbaar	minder gevoelig	kleinere overschrijdingskans; minder gevoelig dan standaard	P97.5
Recreatie (als natuur)	kwetsbaar	meer gevoelig	standaard	P95

In de eerste plaats kan bekeken worden in hoeverre de betreffende categorie doeltreffend is gekarakteriseerd. Het is mogelijk dat de categorie ten onrechte als één geheel wordt gezien, omdat sprake is van heterogene samenstelling of herkomst van het dempingmateriaal. Aanvullend historisch onderzoek zou hier dan uitsluitel over kunnen geven. Bij het beheer van locaties in zo'n categorie zou dan specifiek rekening kunnen worden gehouden met de herkomst.

Het tweede deel van de locatiespecifieke beoordeling komt daarom neer op een beoordeling van het aantal locaties binnen de steekproef dat afwijkt van de referentie. Hoe meer locaties afwijken van het kritieke percentiel, des te groter het risico dat *ten onrechte* werd geconcludeerd dat de betreffende categorie niet afwijkt van referentie (categoriegewijze toetsing). Er mogen daarom niet teveel locaties afwijken van het kritieke percentiel. Het maximaal toelaatbaar aantal locaties dat afwijkt van de referentie (MTA) wordt nu beoordeeld. Dit criterium is een heel getal, evenredig met het aantal waarnemingen en omgekeerd evenredig met de hoogte van het kritieke percentiel (Tabel 5). Er is sprake van overschrijding van het MTA wanneer binnen een dempingcategorie meer locaties significant afwijken van de gebiedseigen referentie dan het aantal dat wordt weergegeven in de tabel.

Tabel 5: Het maximaal toelaatbaar aantal locaties dat mag afwijken van de referentie bij verschillende waarnemingsintensiteit (aantallen onderzoekslocaties of experimentele eenheden).

Kritiek percentiel	Aantal waarnemingen						
	3	4	5	6	7	20	23
P95 (meer gevoelig toetscriterium)	1	1	1	1	1	2	3
P97,5 (minder gevoelig toetscriterium)	1	1	1	2	2	4	5

#### 4.4 Gebruik in dit rapport

Op de resultaten van elk experiment uit fase 2a van het VE is de hierboven beschreven methodiek toegepast. Dit houdt in dat eerst een categoriegewijze toetsing plaats heeft gevonden tegen de gebiedseigen referentie per gebruiksfunctie (figuur 4). Als geen verschillen worden gevonden, werd in twee stappen vergelijking met het MTA uitgevoerd (per functie). De resultaten van deze twee stappen zijn in tabel en in grafiek aan het eind van de resultaten van elk experiment weergegeven. Tenslotte wordt in Hoofdstuk 6 een overzicht van alle getoetste gegevens gepresenteerd.

In vergelijking met Faber *et al.* (2003a), waar de beoordelingsmethodiek wordt gepresenteerd is een klein aantal aanpassingen gedaan in de methodiek die van belang zijn. Allereerst zijn de betrouwbaarheidsintervallen aangepast. In geval van de categoriegewijze beoordeling is dit respectievelijk voor het meer gevoelige toetscriterium norm van 0,10 naar 0,05 en voor het minder gevoelige toetscriterium van 0,05 naar 0,025. Evenzo zijn in geval van de locatiespecifieke beoordeling de percentielgrenzen aangepast (resp. van 0,90 naar 0,95 voor het meer gevoelige toetscriterium en van 0,95 naar 0,975 voor het minder gevoelige toetscriterium). Dit is gedaan omdat in een eerste beoordeling erg veel afwijkingen gevonden werden, ook tussen referenties onderling. De kans op het maken van een zogenaamde type I fout in de statistische analyse, te weten het op basis van toeval aantonen van een afwijking die niet op een bestaand ecologisch effect berust, is in een dergelijke beoordeling mogelijk te hoog. Om deze fout te beperken werden de toetscriteria gevoeliger



gekozen, met andere woorden, effecten worden minder snel aantoonbaar. Daarnaast is er bij het opstellen van het MTA voor gekozen om bij decimalen af te ronden naar boven. In de situatie van weinig waarnemingen en een meer gevoelig toetscriterium werd in de voorgestelde methodiek een MTA van 0 voorgesteld (Faber *et al.*, 2003a). Dit leidde vaak tot overschrijding van het MTA in geval van de referenties. Om eenzelfde reden als hiervoor werd besloten de criteria wat gevoeliger te maken. Beide aanpassingen hebben tot gevolg dat eventuele effecten weliswaar minder snel aantoonbaar zijn, maar dat de kans op het ontbreken van vermeende effecten ook verminderd is.



## 5 Resultaten

### 5.1 Screening op aanwezigheid verontreinigingen

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van de screen op de aanwezigheid van contaminanten in de onderzochte grond. De gevolgen voor verder onderzoek in deze fase van het VE worden later gepresenteerd.

#### 5.1.1 Metaalanalyses in dempingmateriaal en referentiemonsters

Per dempingcategorie zijn de gemiddelde gehalten (op basis van het geometrisch gemiddelde) van de metalen in het dempingmateriaal berekend en is het gemiddelde gehalte van de referentiemonsters bepaald. De metaalgehalten per locatie worden gepresenteerd in Aanhangsel 2.

Tabel 6: Geometrisch gemiddelde van extrabeerbare metaalgehalten in dempingmaterialen en referentie

categorie	As [mg/kg]	Cd [mg/kg]	Cr [mg/kg]	Cu [mg/kg]	Hg [µg/kg]	Ni [mg/kg]	Pb [mg/kg]	Zn [mg/kg]
B&S	3,23	0,52	2,18	17,31	<5,8	5,63	99,94	161,67
BAG	5,29	0,63	1,15	14,70	<5,8	11,69	38,18	79,50
HHA	4,23	0,71	3,20	109,47	<5,8	9,31	165,48	242,18
IA	1,96	1,95	5,28	84,39	<5,8	20,29	143,39	333,55
SHR	1,10	26,11	25,13	1337,77	<5,8	120,35	1574,19	3309,60
REF	2,80	0,59	2,20	26,73	35,20	12,32	53,40	76,29

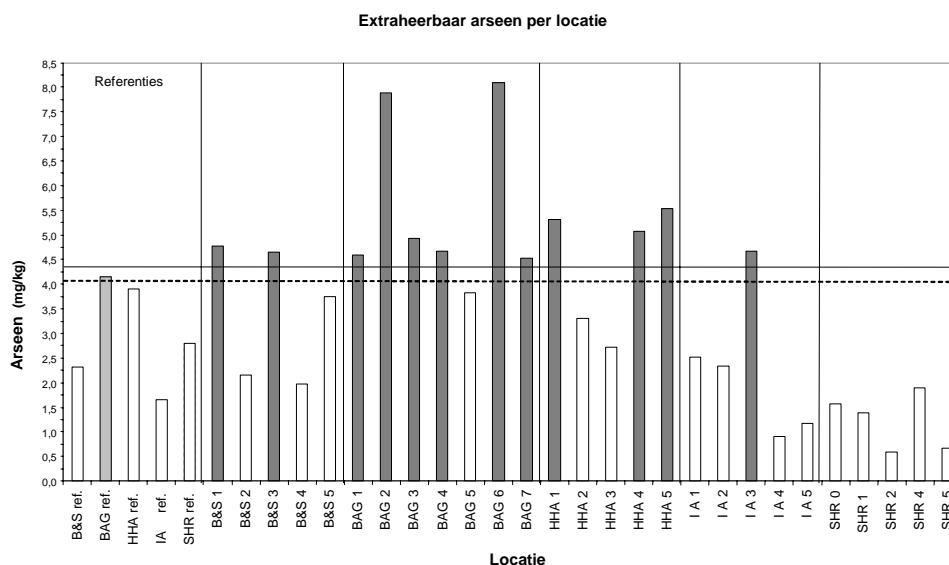
De metaalgehalten (zie tabel 6) worden beoordeeld volgens de methode zoals die is beschreven in Hoofdstuk 4. Te zien in tabel 7 is dat voor iedere categorie dempingmateriaal afwijking in zware metaalconcentraties aantoonbaar zijn in relaties tot de gebiedseigen referentie.

Tabel 7: Categoriegenijze overschrijdingen van de gebiedseigen referentie (C en donkergrijs) en locatiespecifieke overschrijding van het MTA (lichtgrijs) bij toetsing aan het minder gevoelige toetscriterium en aan het meer gevoelige toetscriterium.

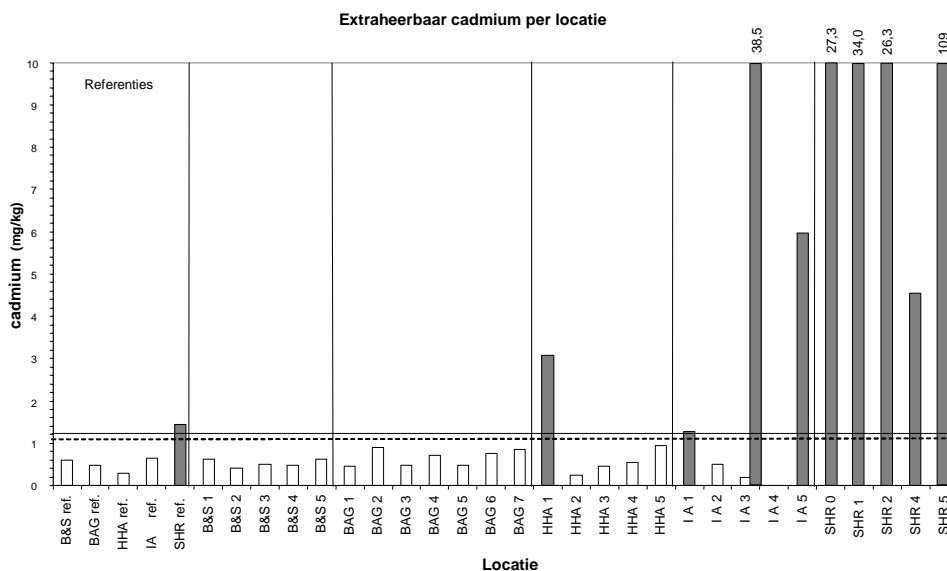
Minder gevoelige toetscriterium									
Categorie	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	MTA
B&S	MTA (2/5)	(0/5)	MTA (2/5)	(0/5)	-	(0/5)	(1/5)	(1/5)	1
BAG	C	(0/7)	(0/7)	(0/7)	-	(0/7)	(0/7)	(0/7)	2
HHA	MTA (3/5)	(1/5)	MTA (2/5)	MTA (2/5)	-	(0/5)	MTA (3/5)	MTA (2/5)	1
IA	(1/5)	MTA (3/5)	MTA (3/5)	MTA (2/5)	-	MTA (2/5)	MTA (2/5)	C	1
SHR	(0/5)	C	C	C	-	C	C	C	1
Meer gevoelige toetscriterium									
Categorie	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	MTA
B&S	MTA (2/5)	(0/5)	MTA (2/5)	(0/5)	-	(0/5)	MTA (2/5)	MTA (2/5)	1
BAG	C	(0/7)	(0/7)	(0/7)	-	(0/7)	(0/7)	(0/7)	2
HHA	MTA (3/5)	(1/5)	MTA (3/5)	MTA (3/5)	-	(0/5)	C	C	1
IA	(1/5)	C	C	MTA (2/5)	-	MTA (2/5)	MTA (2/5)	C	1
SHR	(0/5)	C	C	C	-	C	C	C	1

C=categoriegenijze overschrijding; MTA=overschrijding van het MTA (aantal locaties boven de gebiedseigen achtergrond/ totaal aantal onderzochte locaties).

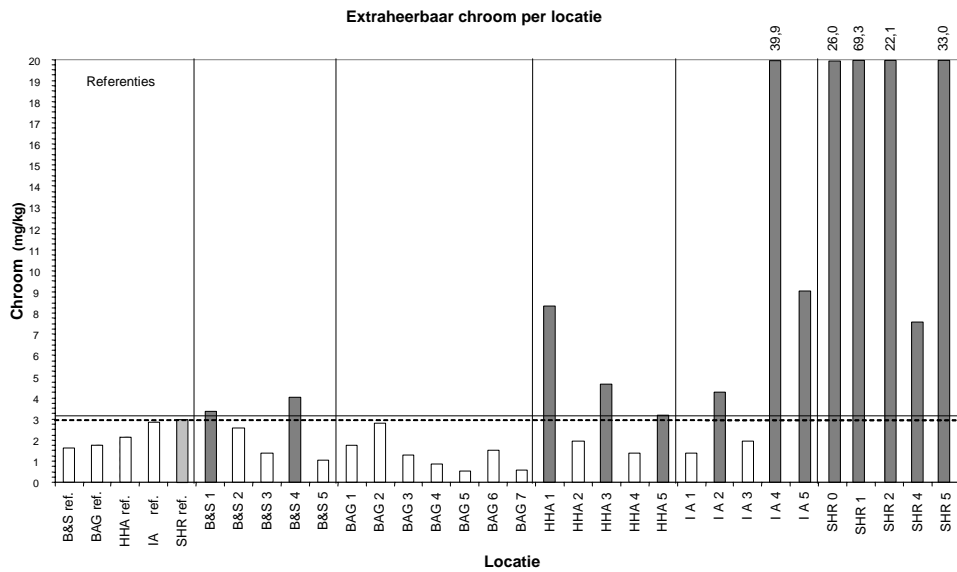
De overschrijdingen van MTA's voor zowel het meer gevoelige toetscriterium als voor het minder gevoelige toetscriterium zijn ook in grafiek weergegeven. In deze grafieken per metaal is eenvoudig het aantal overschrijdingen te tellen, maar is ook te zien in welke mate de criteria worden overschreden op locatieniveau.



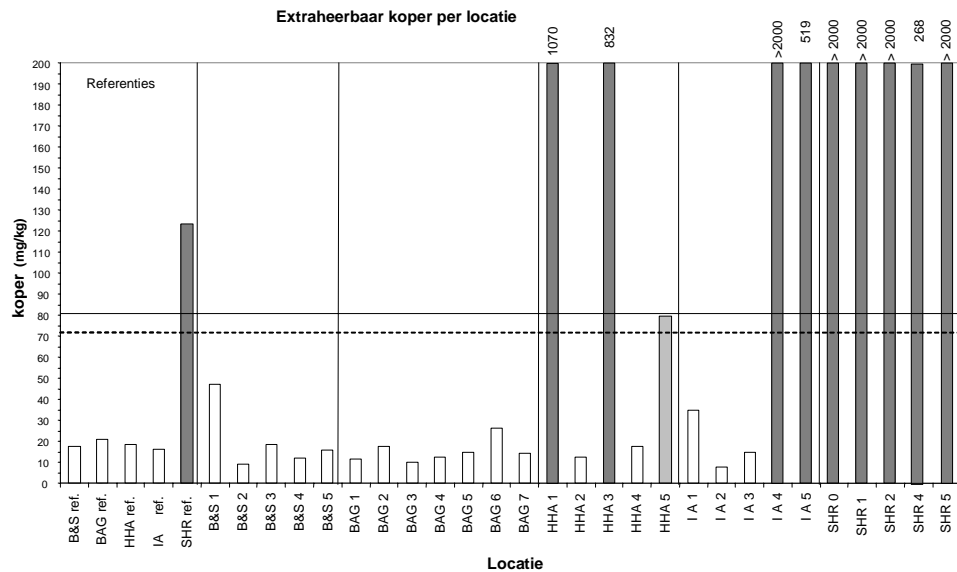
Figuur 5. Locatiespecifieke vergelijking van extraheerbare gehalten arseen in grond (mg/kg ds). Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staan de arseengehalten in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Arseengehalten boven een toetscriterium zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium).



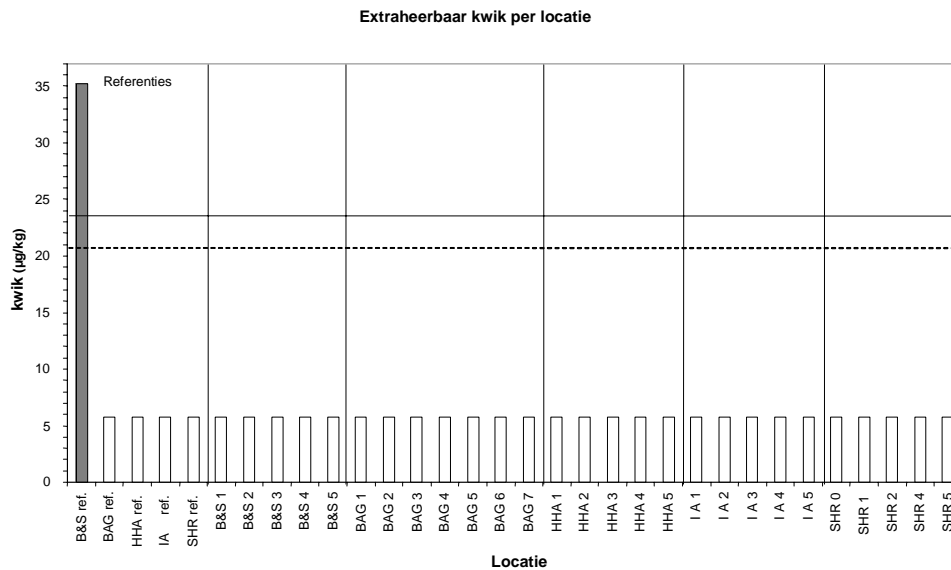
Figuur 6. Locatiespecifieke vergelijking van extraheerbare gehalten cadmium in grond (mg/kg ds). Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staan de gehalten in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Gehalten boven een toetscriterium zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium). Sommige cadmium gehalten vallen buiten het bereik van de Y-as, de betreffende waarde is dan boven de kolom weergegeven.



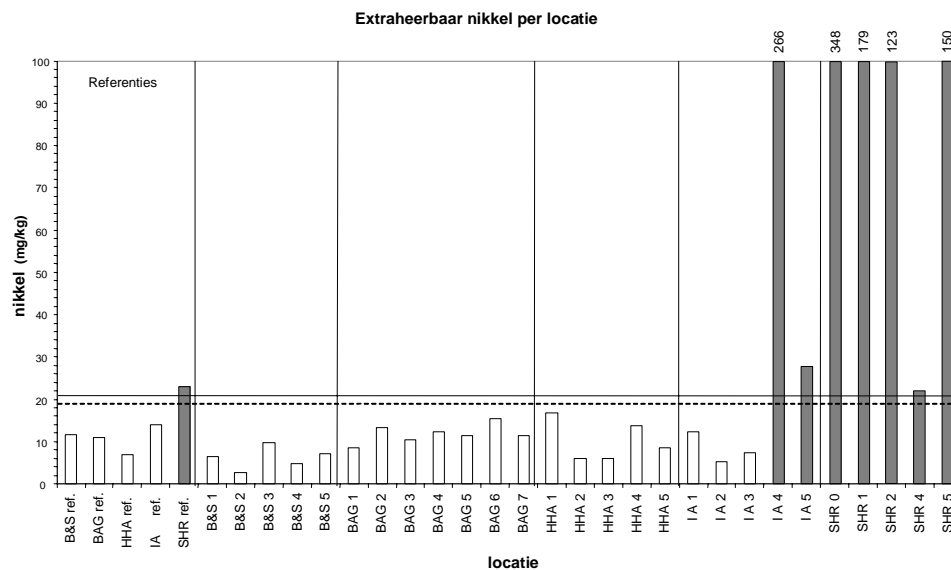
Figuur 7. Locatiespecifieke vergelijking van extraheerbare gehalten chroom in grond (mg/kg ds). Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staan de gehalten in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Gehalten boven een toetscriterium zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium). Sommige chroomgehalten vallen buiten het bereik van de Y-as, de betreffende waarde is dan boven de kolom weergegeven.



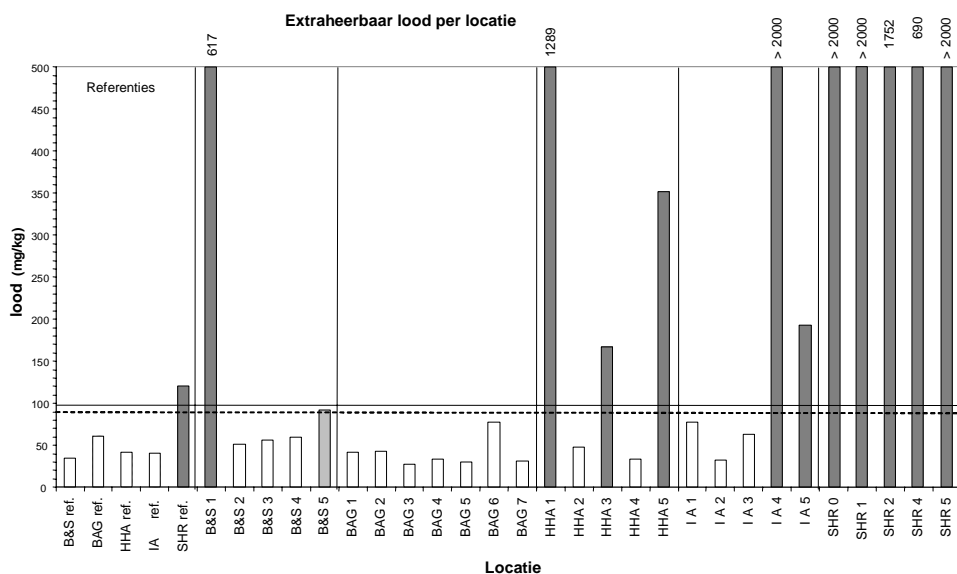
Figuur 8. Locatiespecifieke vergelijking van extraheerbare gehalten koper in grond (mg/kg ds). Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staan de gehalten in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Gehalten boven een toetscriterium zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium). Sommige kopergehalten vallen buiten het bereik van de Y-as, de betreffende waarde is dan boven de kolom weergegeven. >, de meting viel buiten het meetbereik van de analyse, het werkelijke gehalte is hoger.



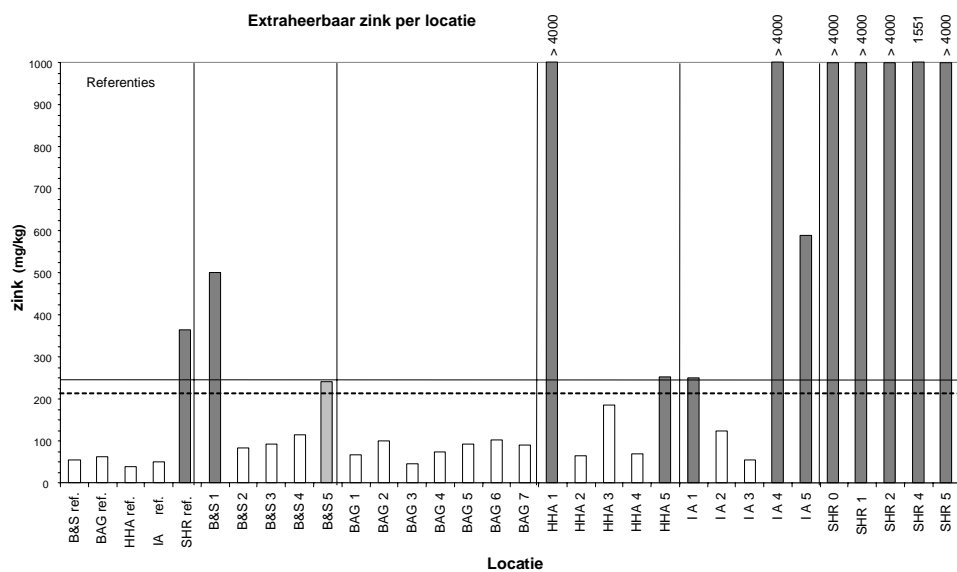
Figuur 9. Locatiespecifieke vergelijking van extraheerbare gehalten kwik in grond (mg/kg ds). Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staan de gehalten in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Gehalten boven een toetscriterium zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium).



Figuur 10. Locatiespecifieke vergelijking van extraheerbare gehalten nikkel in grond (mg/kg ds). Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staan de gehalten in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Gehalten boven een toetscriterium zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium). Sommige nikkelgehalten vallen buiten het bereik van de Y-as, de betreffende waarde is dan boven de kolom weergegeven.



Figuur 11. Locatiespecifieke vergelijking van extraheerbare gehalten lood in grond (mg/kg ds). Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staan de gehalten in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Gehalten boven een toetscriterium zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium). Sommige loodgehalten vallen buiten het bereik van de Y-as, de betreffende waarde is dan boven de kolom weergegeven. >, de meting viel buiten het meetbereik van de analyse, het werkelijke gehalte is hoger.



Figuur 12. Locatiespecifieke vergelijking van extraheerbare gehalten zink in grond (mg/kg ds). Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staan de gehalten in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Gehalten boven een toetscriterium zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium). Sommige zinkgehalten vallen buiten het bereik van de Y-as, de betreffende waarde is dan boven de kolom weergegeven. >, de meting viel buiten het meetbereik van de analyse, het werkelijke gehalte is hoger.

Wat opvalt aan de metaalmetingen in de referenties is dat van de acht gemeten metalen er zes het hoogst zijn in de shredder (SHR) *referentiemonsters*. Dit zou kunnen duiden op verspreiding van de metalen vanuit de (shredder) dempingen naar het omliggende grasland door bijvoorbeeld ploegen. Er kunnen echter ook andere verklaringen mogelijk zijn, zoals baggeren vanuit omliggende sloten (dan zou echter verspreiding naar het oppervlaktewater hebben plaatsgevonden en lokale complexatie van verontreinigingen in de bagger), en er kan ook sprake zijn van toeval. De kans hierop lijkt echter klein gezien het consistente beeld in de referentiemonsters van de shredder dempingen.

Om de bovenstaande resultaten in het licht van de triggerwaarden voor bodemsanering te zien, is eveneens een vergelijking gemaakt met de interventiewaarden bodem (DGM, 2000). Daarbij moet echter worden opgemerkt dat de interventiewaarden zijn gebaseerd op totaalgehalten van metalen in grond (zie Tabel 8), terwijl de metingen zijn gebaseerd op een milde extractie. Overschrijding van de interventiewaarde is in dit geval dus ernstiger dan bij vergelijking van totaalgehalten.

*Tabel 8: Interventiewaarden bodem voor enkele metalen in standaardbodem*

Metaal	Interventiewaarde [mg/kg]
As	55
Cd	12
Cr	380
Cu	190
Hg	10
Ni	210
Pb	530
Zn	720

Wat opvalt in deze tabel is dat de interventiewaarde vooral wordt overschreden bij de shreddermonsters (SHR), en dat ook in andere monsters incidenteel overschrijding voorkomt. Wat verder opvalt is dat geen van de gehalten in de referentiemonsters de interventiewaarden overschrijden.

### ***Conclusies***

Het doel van deze metingen was vaststellen van de bodemkwaliteit van het grondmateriaal (groep A) ten opzichte van de gebiedseigen referentie.

Op grond van de berekende categoriegewijze overschrijdingen en overschrijdingen van het MTA, komen alle dempingcategorieën, te weten bagger (BAG), shredder (SHR), industrieel afval (IA), huishoudelijk afval (HHA) en bouw & slooafval (B&S), in aanmerking voor nader onderzoek naar de toxiciteit van deze verhoogde gehalten. Deze aanleiding wordt versterkt door de vergelijking van de gemeten gehalten met de interventiewaarden. De metaalmetingen geven aanleiding om goed na te denken over de keuze van referentielocaties voor het vervolg van het onderzoek. De resultaten laten zien dat de referentiemonsters verhoogde gehalten vertonen op die plaatsen waar ook de hoogste gehalten in de demping zijn gevonden.



Tabel 9: Resultaten van de metaalmetingen in de mengmonsters (grijze velden geven overschrijding van de interventiewaarde weer).

Monster	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[µg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
<b>Interventiewaarde</b>	<b>55</b>	<b>12</b>	<b>380</b>	<b>190</b>	<b>10</b>	<b>210</b>	<b>530</b>	<b>720</b>
B&S 1	4,77	0,62	3,37	47,21	< 5.8	6,5	617,2	500,4
B&S 2	2,16	0,40	2,54	9,26	< 5.8	2,7	52,0	84,3
B&S 3	4,65	0,50	1,38	18,91	< 5.8	9,7	56,2	94,4
B&S 4	1,97	0,47	4,02	11,84	< 5.8	4,7	60,2	114,8
B&S 5	3,74	0,63	1,04	15,90	< 5.8	7,1	91,8	241,6
<b>B&amp;S ref.</b>	<b>2,31</b>	<b>0,59</b>	<b>1,61</b>	<b>17,76</b>	<b>35,2</b>	<b>11,7</b>	<b>35,1</b>	<b>55,4</b>
BAG 1	4,59	0,44	1,77	11,58	< 5.8	8,6	41,4	66,9
BAG 2	7,88	0,89	2,81	17,90	< 5.8	13,3	42,8	99,9
BAG 3	4,92	0,47	1,28	10,10	< 5.8	10,5	28,2	46,7
BAG 4	4,66	0,71	0,86	12,45	< 5.8	12,4	33,4	73,4
BAG 5	3,83	0,48	0,54	14,79	< 5.8	11,5	29,7	93,2
BAG 6	8,08	0,76	1,51	26,42	< 5.8	15,4	77,4	103,5
BAG 7	4,53	0,87	0,59	14,53	< 5.8	11,3	30,8	90,8
<b>BAG ref.</b>	<b>4,15</b>	<b>0,48</b>	<b>1,75</b>	<b>20,95</b>	<b>&lt; 5.8</b>	<b>10,9</b>	<b>60,7</b>	<b>63,0</b>
HHA 1	5,32	3,08	8,32	1070,94	< 5.8	16,9	1289,3	> 4000
HHA 2	3,31	0,24	1,96	12,41	< 5.8	5,8	48,2	64,1
HHA 3	2,73	0,46	4,64	832,04	< 5.8	6,0	167,6	186,4
HHA 4	5,07	0,56	1,39	17,82	< 5.8	13,8	33,9	68,6
HHA 5	5,54	0,95	3,17	79,79	< 5.8	8,6	351,4	254,1
<b>HHA ref.</b>	<b>3,91</b>	<b>0,28</b>	<b>2,15</b>	<b>18,45</b>	<b>&lt; 5.8</b>	<b>6,9</b>	<b>42,0</b>	<b>39,7</b>
IA 1	2,51	1,27	1,36	35,09	< 5.8	12,3	77,4	250,4
IA 2	2,33	0,51	4,28	7,96	< 5.8	5,2	31,9	124,2
IA 3	4,66	0,19	1,95	14,75	< 5.8	7,3	63,7	56,3
IA 4	0,91	38,45	39,85	>2000	17,2	266,2	>2000	> 4000
IA 5	1,16	5,96	9,06	519,48	< 5.8	27,7	192,7	589,5
<b>IA ref.</b>	<b>1,65</b>	<b>0,64</b>	<b>2,84</b>	<b>16,09</b>	<b>&lt; 5.8</b>	<b>14,1</b>	<b>40,2</b>	<b>51,1</b>
SHR 0	1,58	27,31	26,03	>2000	< 5.8	347,6	>2000	> 4000
SHR 1	1,38	34,04	69,30	>2000	< 5.8	178,7	>2000	> 4000
SHR 2	0,58	26,31	22,14	>2000	< 5.8	122,7	1752,0	> 4000
SHR 4	1,89	4,55	7,60	267,79	< 5.8	22,1	689,7	1551,1
SHR 5	0,67	108,97	32,99	>2000	< 5.8	149,9	>2000	> 4000
<b>SHR ref.</b>	<b>2,79</b>	<b>1,45</b>	<b>2,97</b>	<b>123,46</b>	<b>&lt; 5.8</b>	<b>22,9</b>	<b>120,7</b>	<b>365,0</b>

### 5.1.2 Resultaten EROD analyse onderzoek

In dit hoofdstuk worden de resultaten van dit onderzoek in samenvatting weer-gegeven.

#### *Eerste screening met onverdunde extracten.*

De celkweken zijn in eerste instantie getest met onverdunde bodemextracten. Door de experimentele opzet komt dit neer op een 1% toevoeging van het extract aan elke celkweek in de testplaten.

Bij een aantal extracten (alle van SHR, twee van IA en één van BAG) waren de cellen al dood na zes uur blootstelling. Na 24 uur waren de morfologie en dichtheid van de nog in leven zijnde cellen, die aan de meeste andere extracten waren blootgesteld, anders dan van de cellen die waren blootgesteld aan blanco's, DMSO of TCDD-standaarden. Eiwitbepalingen bevestigde dat de celdichtheid van de aan extracten blootgestelde cellen in de meeste gevallen lager was.

De EROD-respons van alle blootgestelde cellen was **'vals negatief'**. Dit wil zeggen dat geen EROD-inductie gemeten wordt. Echter, doordat de cellen, onder invloed de in het extract aanwezige stoffen (sterfte of groeiremming) geen normale ontwikkeling doormaken, is dit geen correcte waarneming. Sterfte of groeiremming mogen in dit experiment niet optreden om de resultaten op een correcte manier te kunnen interpreteren. Op grond van deze resultaten moet een andere verdunning van de extracten gekozen worden om sterfte of groeiremming te voorkomen. Er is voor gekozen met 10 maal en 100 maal verdunde extracten een nadere analyse uit te voeren. De vaststelling van de toxiciteit van de extracten, geeft echter wel aan dat er zeer waarschijnlijk verontreinigingen in de extracten aanwezig zijn.

#### *Tweede screening met 10x en 100x verdunde extracten*

Op grond van dit resultaat is besloten een tweede blootstelling van de H4IIE-cellen plaats te laten vinden met verdunde extracten (10x en 100x). Door een extra verdunning in de experimentele opzet (toevoegen van een kleinere hoeveelheid verdund extract aan de cellen) komt dit neer op een blootstelling aan 0,05% en 0,005% van het onverdunde extract. Tevens werd, naast de normale meting van EROD-activiteit na 24 uur, een meting uitgevoerd na een verlengde blootstelling (48 uur). Omdat deze verlengde blootstelling de meest eenduidige resultaten opleverde worden deze resultaten hier gepresenteerd.

Een aantal verschillende resultaten valt daarbij op. Ten eerste dat ondanks de grotere verdunning en verlengde blootstelling er nog steeds vals-negatieve waarnemingen zijn (in de tabel 8a omcirkeld) in de gespikede monsters (monster waaraan TCDD is toegevoegd om EROD-activiteit kunstmatig te induceren). Bij deze vals-negatieve waarnemingen is de EROD activiteit geremd ten opzichte van de blanco, terwijl in met TCDD gespikede monsters geen remming op hoort te treden om het experiment geldig te laten zijn. Dit kan worden veroorzaakt door toxiciteit van het extract voor de cellen. Om remming te voorkomen zouden de extracten nog verder verdund moeten worden. Besloten is dit niet te doen omdat de resultaten voor het doel van screening duidelijk genoeg zijn. Dit monsters waarbij bij deze verdunning

toxiciteit optreedt voor de cellen komen in aanmerking voor nader onderzoek met behulp van bioassays.

Tabel 10a: Gemiddelde EROD-activiteiten van bodemextracten (eindconc. 0,005%) na 48 uur blootstelling. Vals negatieve waarnemingen. In controlemonsters met toegevoegde dioxine ('spiked') zou altijd inductie op moeten treden. In monsters waar dit niet gebeurt is de EROD inductie geïnhibeerd en moeten de resultaten als vals negatief worden beschouwd.

Verdunning	100 xV	100 xV	Verdunning	100 xV	100 xV
Monster	not spiked	spiked	Monster	not spiked	spiked
1% DMSO	17				
Blanco	23	7302			
B&S Ref.	295	5837	SHR Ref.	297	5045
B&S1	1133	5018	SHR1	1006	1989
B&S2	1679	5106	SHR2	1028	2416
B&S3	2180	5242	SHR3	1010	2057
B&S4	1961	4967	SHR4	1043	2332
B&S5	354	5401	SHR5	988	2064
BAG Ref.	662	5344	HHA Ref.	196	7764
BAG1	667	5203	HHA1	2121	4100
BAG2	665	5382	HHA2	695	5062
BAG3	268	5934	HHA3	1192	4620
BAG4	294	5530	HHA4	663	4815
BAG5	590	5015	HHA5	1432	4594
BAG6	545	4707	IA Ref.	505	4567
BAG7	1146	4900	IA1	670	4866
			IA2	642	5043
			IA3	513	5347
			IA4	1583	3110
			IA5	1597	6771

Vals negatief  
Remming van de EROD-inductie (toxiciteit)

Een volgende waarneming is dat de EROD-activiteit in de referenties hoger is dan de EROD-activiteit in de blanco's (in tabel 8b omcirkeld). Dit wil zeggen dat EROD inductie optreedt in de referentiemonsters, en dat daarin stoffen aanwezig zijn deze inductie 'triggeren'. Opvallend is dat dit optreedt in alle referentiemonsters. Dit is aanleiding ook de referentiemonsters nader te onderzoeken, maar bovendien goed na te denken over de keuze van referentielocaties.

Tabel 10b: Gemiddelde EROD-activiteiten van bodemextracten (eindconc. 0,005%) na 48 uur blootstelling  
Inductie van EROD-activiteit in de referentiemonsters ten opzichte van de blanco.

Verdunning	100 xV	100 xV	Verdunning	100 xV	100 xV
Monster	not spiked	spiked	Monster	not spiked	spiked
1% DMSO	17				
Blanco	23	7302			
B&S Ref.	295	5837	SHR Ref.	297	5045
B&S1	1133	5018	SHR1	1006	1989
B&S2	1679	5106	SHR2	1028	2416
B&S3	2180	5242	SHR3	1010	2057
B&S4	1961	4967	SHR4	1043	2332
B&S5	354	5401	SHR5	988	2064
BAG Ref.	662	5344	HHA Ref.	196	7764
BAG1	667	5203	HHA1	2121	4100
BAG2	665	5382	HHA2	695	5062
BAG3	268	5934	HHA3	1192	4620
BAG4	294	5530	HHA4	663	4815
BAG5	590	5015	HHA5	1432	4594
BAG6	545	4707	IA Ref.	505	4567
BAG7	1146	4900	IA1	670	4866
			IA2	642	5043
			IA3	513	5347
			IA4	1583	3110
			IA5	1597	6771

Referentiemonsters geven verhoogde EROD-inductie ten opzichte van de blanco.

Andere waarnemingen die werden gedaan zijn:

- Na 24 uur blootstelling waren de EROD-responsen van cellen die waren blootgesteld aan 10x verdunde extracten van B&S 2, 3 en 4, alle van SHR, en HHA 1 en 2 lager dan na blootstellingen aan verdunningen 100x. Dit geeft aan dat EROD geremd is bij blootstellingen aan de verdunningen 10x. Tegelijkertijd was EROD van de meeste van deze met TCDD gespikede 100x verdunde extracten in enige mate (B&S2, 3 en 4, HHA2) tot ernstig (alle SHR) geremd. Ook EROD was >50% geremd na blootstelling aan het met TCDD gespikede 100x verdunde extract van IA5.
- Na 48 uur blootstelling waren voor bijna alle extracten dezelfde patronen gemeten voor wat betreft de EROD-responsen. In tegenstelling tot de 24-uurs blootstelling, was na 48 uur blootstelling aan HHA2 de EROD-respons bij 10xV > als bij 100x V, en was er geen remming van EROD bij 100x verdunning meetbaar. Mogelijk zijn de effecten van bepaalde stoffen, die na 24 uur meetbaar waren, verdwenen na 48 uur door afbraak. In tegenstelling tot na 24 uur was EROD bij beide verdunningen van IA4 geremd. Mogelijk zijn er in dit extract andere stoffen die nog geen effect hadden na 24 uur, maar wel na 48 uur.

- Opvallend is dat TEQ - na correctie voor verdunning - na blootstellingen aan de 10x verdunde extracten tot een factor 10 lager waren dan bij de 100x verdunde extracten. Dit kan worden verklaard wanneer EROD is geremd bij alle verdunningen 10x (ook als EROD bij 10x V > 100x V).

### ***Beoordeling***

Wanneer de beoordeling volgens de methodiek uit hoofdstuk 4 plaatsvindt is op basis van de 100 maal verdunde extracten duidelijk dat in geval van alle categorieën dempingsmateriaal de inductie afwijkt van de referenties (Tabel 11). Voor de categorieën bouw en sloopafval, huishoudelijk afval en shredder worden categoriegewijze afwijkingen gevonden (voor het meer en het minder gevoelige toetscriterium), terwijl voor bagger overschrijding van het MTA wordt aangetoond (ook voor beide toetscriteria). Hierbij dient te worden vermeld dat de referentie ook enige mate van inductie van EROD lieten zien.

*Tabel 11. Beoordeling van EROD inductie voor de verschillende categorieën dempingmateriaal. (MTA, overschrijding van het MTA; C, categoriegewijze afwijking). Beoordelingsresultaten bij toetsing aan het minder gevoelige toetscriterium zijn gelijk aan gevoelige toetsing.*

	BAG	B&S	HHA	IA	SHR
<b>Screening op stoffen</b>					
EROD-bioassay	MTA (4/7)	C	C	C	C

### ***Conclusies***

Op grond van de vals-negatieve metingen (zie tabel 10a) bij blootstelling aan verdunde extracten kan worden geconcludeerd dat de dempingcategorieën shredder en industrieel afval in aanmerking voor aanvullend onderzoek met behulp van bioassays (regenworm, BIOLOG en potentiële nitrificatie).

Op grond van de beoordeling van de EROD inductie (zie tabel 11) wordt geconcludeerd om alle dempingcategorieën in aanmerking te laten komen voor aanvullend onderzoek met behulp van bioassays (regenworm, BIOLOG en potentiële nitrificatie).

Op grond van de hogere EROD-activiteit in de referenties ten opzichte van de blanco (tabel 10b), zal bij volgende fasen van het Verificatieonderzoek goed nagedacht moeten worden over de keuze van referentielocaties.

#### **5.1.3 Conclusies screening op het voorkomen van stoffen**

Uit het oogpunt van het te hanteren ‘afpelprincipe’, wordt op basis van de screening op aanwezigheid van zowel zware metalen als EROD inducerende stoffen geconcludeerd dat voor alle dempingcategorieën zonder meer aanvullende bioassays moeten worden uitgevoerd.

## 5.2 Resultaten toxiciteitscreening

In dit deel worden de resultaten gepresenteerd van de bioassays die zijn uitgevoerd naar aanleiding van de resultaten van de screening op voorkomen van contaminanten in het vorige hoofdstuk.

### 5.2.1 Regenwormen bioassay

#### *Controle van het experiment*

De overleving van de regenwormen in de Kooienburg controlegrond (KOBG) was 100%, daarnaast was de groei van de wormen goed te noemen (gemiddeld ongeveer 25% ten opzichte van het begingewicht en was de coconproductie gemiddeld ongeveer 7,5 cocons per worm per 28 dagen. In alle gevallen voldoet dit aan de vooraf gestelde normen (overleving >90%, groei > 10% en coconproductie >1 cocon/worm/week). Daarmee is het experiment valide.

De groei en de reproductie in de referentiemonsters en dempingsmonsters is over het algemeen hoog te noemen, bij vergelijking van de waarden met die van de controlegrond (KOBG). Dit betekent dat de veenweidegrond afkomstig uit de Krimpenerwaard zeer geschikt is voor als substraat voor *L. rubellus* en dat toxiciteitsexperimenten in principe goed uitvoerbaar zijn. Bij eerder uitgevoerde experimenten met grond uit het veenweide gebied 'De Venen' (Bosveld, 2000) werd een soortgelijke hoge groei en reproductie waargenomen ten opzichte van de controlegrond.

#### *Overleving*

Overleving van de regenwormen is berekend als het verschil tussen het aantal ingezette wormen op t=0 dagen en het aantal getelde wormen in de potten op t=28 dagen. Hiermee is het percentage overleving per pot berekend.

#### *Overleving van de regenwormen in de referentiegronden*

In alle gevallen is de overleving in de referentiegronden 100%. Er zijn dus geen significante verschillen tussen de verschillende referenties voor de eigenschap overleving van de regenwormen. De referenties mogen derhalve als één gezamenlijke referentie voor de Krimpenerwaard worden weergegeven (= gebiedsreferentie overleving).

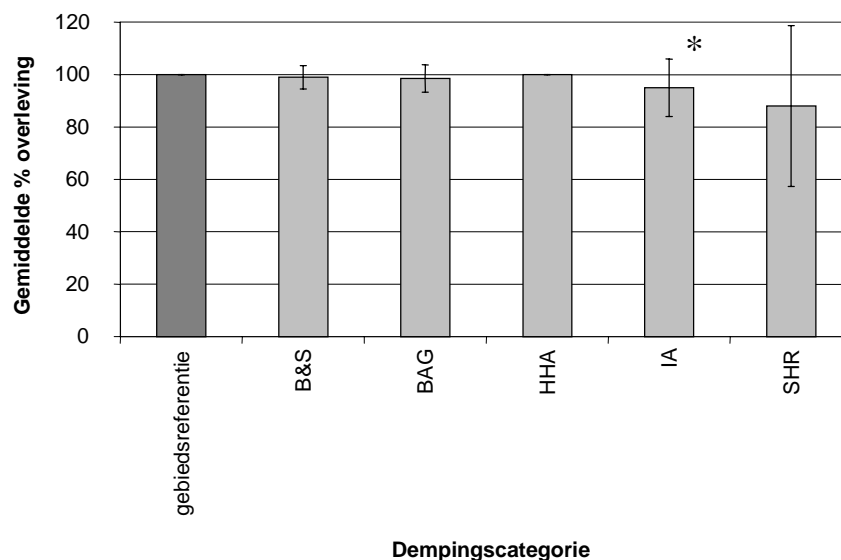
#### *Overleving van de regenwormen in de dempingen*

Deze gebiedsreferentie overleving is daarna vergeleken met de overleving van de regenwormen in de dempingcategorieën.

In figuur 13 wordt de gemiddelde overleving van regenwormen weergegeven per dempingcategorie (lichtgrijs) ten opzichte van de gebiedsreferentie (donkergrijs).

De mortaliteit kan niet beoordeeld worden volgens de methodiek als uitgelegd in hoofdstuk 4. Dit omdat de onderliggende data bestaat uit nullen en énen (nul bij een dode worm, één bij een levende worm). Dergelijke, zogenaamd binominaal verdeelde, data kan met specifieke methodes geanalyseerd worden. Wanneer dit

gebeurd is zichtbaar dat bij het meer gevoelige toetscriterium alleen het gemiddelde van de industrieel afval dempingen significant verschilt van de gebiedsreferentie, terwijl voor de andere dempingen geen significante verschillen worden gevonden. Dit is opmerkelijk, omdat de gemiddelde overleving van de shredderdempingen lager is dan die van de industrieel afval categorie. Het feit dat deze niet significant verschillend is van de gebiedsreferentie overleving wordt veroorzaakt door de grotere spreiding.



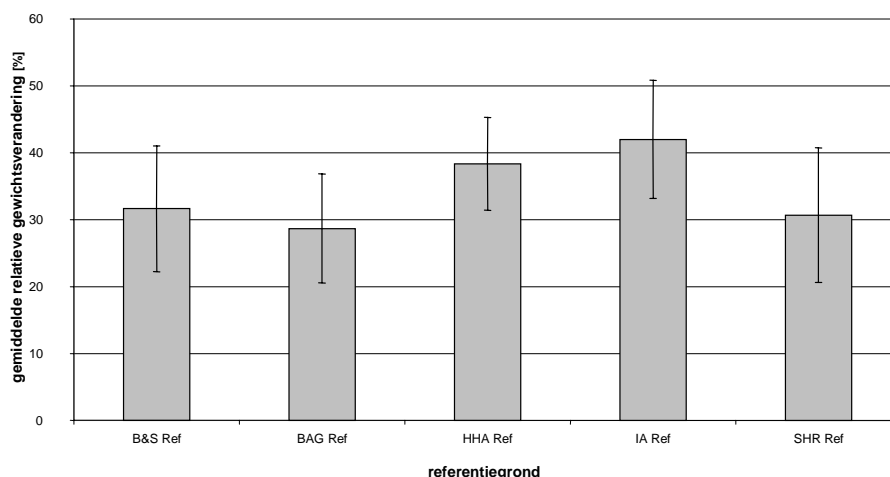
*Figuur 13. Gemiddelde overleving van de regenwormen per dempingcategorie (met standaarddeviatie) uitgezet tegen de gemiddelde overleving van de gebiedsreferentie. Met een sterretje wordt een significante afwijking van de gebiedsreferentie aangegeven (o.b.v. meer gevoelige toetscriterium).*

In de dempingen met industrieel afval treedt sterfte op van regenwormen. Shredder geeft eenzelfde trend te zien, maar deze is niet significant. Blijkbaar is er bij deze categorie grotere heterogeniteit in kwaliteit van de bodem. Dit heeft een belangrijke implicatie voor het beheer van de dempingen in de toekomst, omdat men beide categorieën maar moeilijk kan beheerens aangaande op de gemiddelde kwaliteit; in sommige gevallen zal dat onvoldoende zijn, in andere gevallen is beheer onnodig. Met name shredder gaf op twee van de vijf locaties (40%) grote mortaliteit te zien. Bij industrieel afval werd in één van de vijf (20%) van de locaties een matig tot grote mortaliteit waargenomen. De heterogeniteit van de responsen binnen replicaties van eenzelfde locatie geeft aan dat de bodemgehalten zeer uiteenlopen.

### ***Groei: relatieve gewichtsverandering***

De relatieve gewichtsverandering is berekend als het verschil in gewicht tussen de wormen op t=0 en de wormen op t=28 ten opzichte van het gewicht op t=0. Zo is de relatieve gewichtsverandering van de regenwormen berekend in procenten.

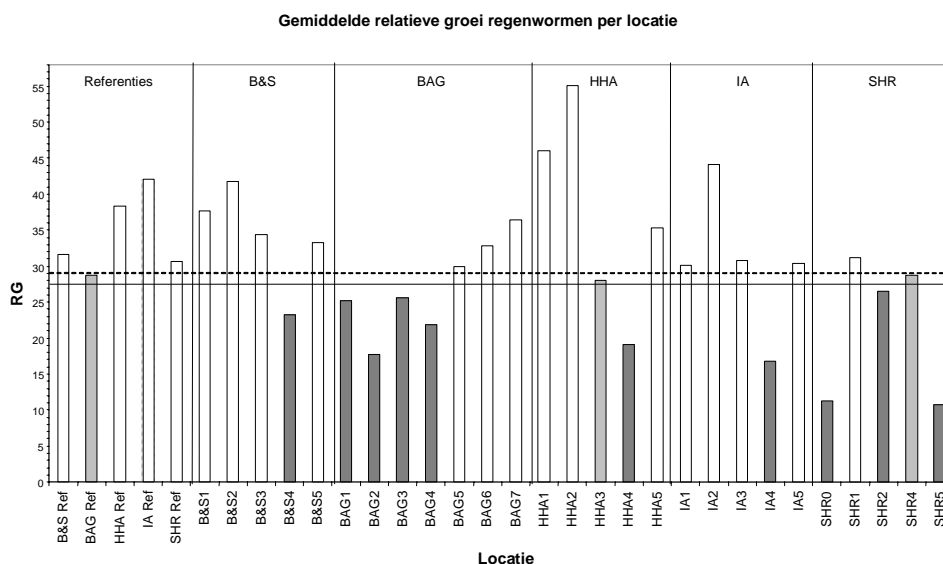
In figuur 14 wordt de gemiddelde relatieve gewichtverandering van de wormen in de vijf referentiegronden weergegeven. Getoetst is of deze gewichtverandering onderling verschillend is (ANOVA, p=0,05).



Figuur 14. Gemiddelde relatieve gewichtsverandering (met standaardafwijking) van regenwormen in de referentiegronden.

Er zijn geen significante verschillen tussen de referentiegronden voor de eigenschap relatieve gewichtsverandering. Daarmee kunnen deze gegevens als één gezamenlijke gebiedsreferentie worden beschouwd

De relatieve gewichtsverandering van de wormen in de dempingen kan nu worden vergeleken met de gebiedsreferentie gewichtsverandering. Als deze afwijkt is sprake van een effect dat mogelijk veroorzaakt wordt door in de demping aanwezige contaminanten, maar kan ook veroorzaakt worden door eigenschappen van het dempingmateriaal die het minder aantrekkelijk of geschikt maken als substraat voor *L. rubellus*.



Figuur 15. Locatiespecifieke vergelijking van gemiddelde relatieve groei van regenwormen. Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staat de groei van regenwormen in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Gemiddelde relatieve groei van regenwormen onder het toetscriterium is ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium).



Bagger en shredder vertonen een overschrijding van het MTA bij het minder gevoelige toetscriterium, terwijl in geval van een meer gevoelig toetscriterium dit ook waarneembaar is voor huishoudelijk afval (tabel 12).

Deze overschrijdingen kunnen veroorzaakt worden door de in de demping aanwezige contaminanten, maar ook door de verschillen in fysische eigenschappen. Deze overschrijdingen zijn aanleiding voor nader onderzoek van deze verschillen in fase 2b van het VE.

Tabel 12. Beoordeling van groei en reproductie in de wormen bioassay voor de verschillende categorieën dempingmateriaal.. Beoordeling weergegeven voor toetsing aan de meer en de minder gevoelige toetscriteria.

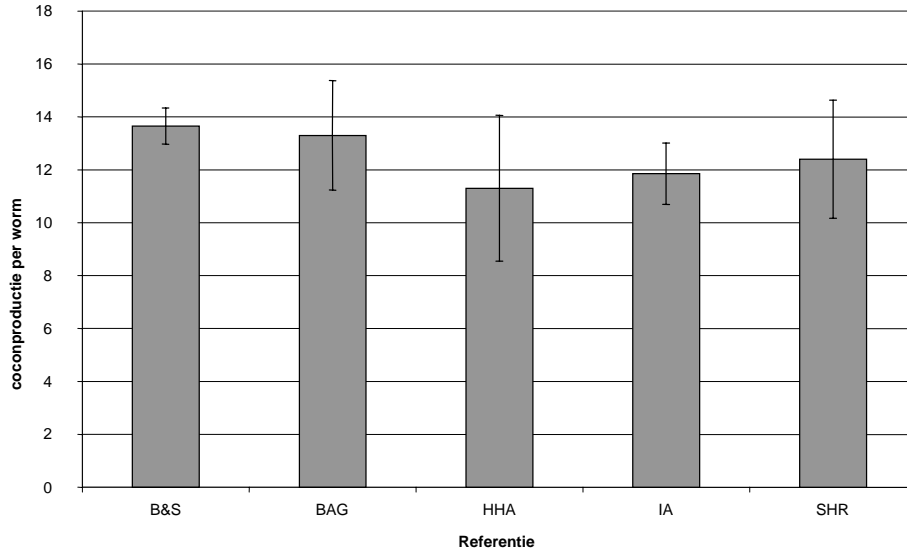
	Meer gevoelig toetscriterium				
	BAG	B&S	HHA	IA	SHR
<b>Regenworm-bioassay</b>					
Groei	MTA (4/7)		MTA (2/5)		MTA (4/5)
Reproductie	MTA (5/7)	MTA (2/5)	MTA (5/5)	MTA (4/5)	C (0.05)
	Minder gevoelig toetscriterium				
	BAG	B&S	HHA	IA	SHR
<b>Regenworm-bioassay</b>					
Groei	MTA (4/7)				MTA (3/5)
Reproductie	MTA (4/7)		MTA (4/5)	MTA (4/5)	C

MTA : overschrijding van het MTA, C: categoriegewijze afwijking

### **Reproductie: coconproductie**

Coconproductie wordt berekend door het aantal cocons aan het einde van het experiment (t=28 dagen) te verminderen met het aantal van nature voorkomende cocons van *L. rubellus* in de controlegrond. Dit van nature voorkomend aantal cocons is geteld in de pot waaraan geen wormen zijn toegevoegd. Omdat in geen van deze potten cocons gevonden zijn, behoefde geen correctie te worden toegepast. Voor de berekening van de coconproductie per worm is uitgegaan van het aantal levende wormen aan het eind van het experiment (t=28 dagen). Aanname daarbij was dat wormen die zijn overleden gedurende het experiment van meet af aan in slechte conditie waren, zodat ze geen bijdrage aan de reproductie hebben geleverd.

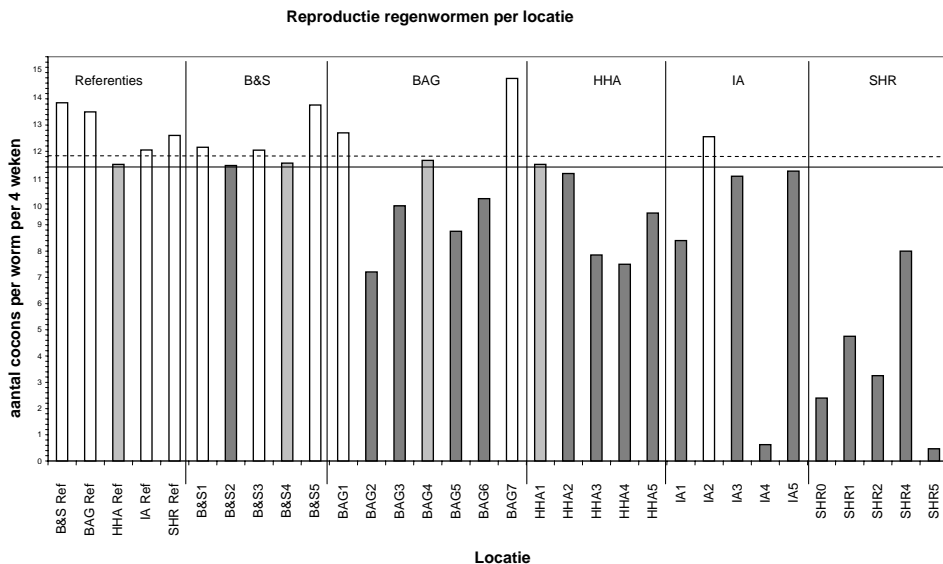
In figuur 16 wordt de gemiddelde coconproductie per worm van de wormen in de vijf referentiegronden weergegeven. Getoetst is of deze gewichtverandering significant verschillend is (ANOVA, P=0,05).



Figuur 16. Coconproductie per worm in 28 dagen (gemiddelde met standaarddeviatie) in de referentiegronden.

Er werden geen significante verschillen tussen de referentiegronden gevonden wat betreft coconproductie. Daarmee kunnen alle referentiegronden voor de eigenschap coconproductie per worm beschouwd worden als één gezamenlijke referentie (gebiedsreferentie).

De gemiddelde coconproductie per worm in de dempingen kan nu worden vergeleken met de gebiedsreferentie. Als deze afwijkt is sprake van een effect, dat veroorzaakt kan worden door in de demping aanwezige contaminanten. Verschillen kunnen ook veroorzaakt worden door verschillen in fysische eigenschappen van de dempingen.



Grafiek 17. Locatiespecifieke vergelijking van gemiddelde reproductie van regenwormen. Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staat de reproductie van regenwormen in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Gemiddelde reproductie van regenwormen onder het toetscriterium is ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium).

Op de categorie shredder is de gemiddelde coconproductie van alle dempingen *categoriegewijs* geremd ten opzichte van de gebiedsreferentie, voor beide normen (tabel 13). Bij een verdere analyse in relatie tot overschrijding van het MTA blijkt dat in geval van bagger, huishoudelijke afval en industrieel afval bij een minder gevoelig toetscriterium overschrijding van het MTA aantoonbaar is. Bij een meer gevoelig toetscriterium is dit tevens het geval voor de categorie bouw en sloopafval. Deze verschillen kunnen veroorzaakt zijn door de in de grond aanwezige contaminanten, maar in principe ook door verschillen in eigenschappen van de grond. Dit significante verschil is aanleiding voor nader onderzoek van deze verschillen in fase 2b van het VE.

### ***Conclusies van de regenworm bioassay***

In onderstaande tabel wordt aangegeven hoe de resultaten van de bioassay worden geïnterpreteerd in het licht van het ‘afpelprincipe’ en de besluitvorming aangaande verder onderzoek in het Verificatieonderzoek Ecologie.

*Tabel 13: Conclusies van de bioassay met regenwormen (vet gerdukt is aangegeven welke argumenten aanleiding geven voor nader onderzoek in het vervolg van het VE).*

Dempingcategorie	Parameter	Vervolg-onderzoek?	Beoordeling
Bouw & sloopafval	Overleving	Nee	Geen significante afwijkingen van gebiedsreferentie
	Gewichtsverandering	Nee	Geen significante afwijkingen van gebiedsreferentie
	<b>Coconproductie</b>	<b>Ja</b>	<b>Overschrijding MTA in geval van meer gevoelig toetscriterium</b>
Bagger	Overleving	Nee	Geen significante afwijkingen van gebiedsreferentie
	<b>Gewichtsverandering</b>	<b>Ja</b>	<b>Overschrijding MTA, meer en minder gevoelig toetscriterium</b>
	<b>Coconproductie</b>	<b>Ja</b>	<b>Overschrijding MTA, meer en minder gevoelig toetscriterium</b>
Huishoudelijk afval	Overleving	Nee	Geen significante verschillen met de gebiedsreferentie
	<b>Gewichtsverandering</b>	<b>Discussie</b>	<b>Overschrijding MTA in geval van meer gevoelig toetscriterium</b>
	<b>Coconproductie</b>	<b>Ja</b>	<b>Overschrijding MTA, meer en minder gevoelig toetscriterium</b>
Industrieel afval	<b>Overleving</b>	<b>Ja</b>	<b>Categoriegewijze afwijking van gebiedsreferentie</b>
	Gewichtsverandering	Nee	Geen significante afwijkingen van gebiedsreferentie
	<b>Coconproductie</b>	<b>Ja</b>	<b>Overschrijding MTA, meer en minder gevoelig toetscriterium</b>
Shredder afval	Overleving	Nee	Geen significante verschillen met gebiedsreferentie
	<b>Gewichtsverandering</b>	<b>Ja</b>	<b>Overschrijding MTA, meer en minder gevoelig toetscriterium</b>
	<b>Coconproductie</b>	<b>Ja</b>	<b>Categoriegewijze afwijking van gebiedsreferentie</b>

De dempingcategorieën bagger, huishoudelijk afval, industrieel afval en shredder dienen in ieder geval meegenomen worden voor verder onderzoek in het VE. Van deze categorieën zal onderzocht moeten worden of de gevonden effecten ook in de

deklaag optreden. De resultaten van de dempingcategorie bouw & sloopafval geven aanleiding voor discussie. In geval van een meer gevoelige toetsing is de reproductie verminderd ten opzicht van de referenties. Om tot een gedegen conclusie over deze dempingcategorie te kunnen komen, moeten ook de resultaten van de andere bioassays meegenomen worden. In de algemene discussie (Hoofdstuk 6) wordt hierop teruggekomen.

### 5.2.2 Microbiologische analyses (BIOLOG bioassay)

In dit deel worden de resultaten gepresenteerd van microbiologische analyses aan monsters van de dempingen en referentiemonsters (BIOLOG bioassay). Er zijn vier typen analyses uitgevoerd:

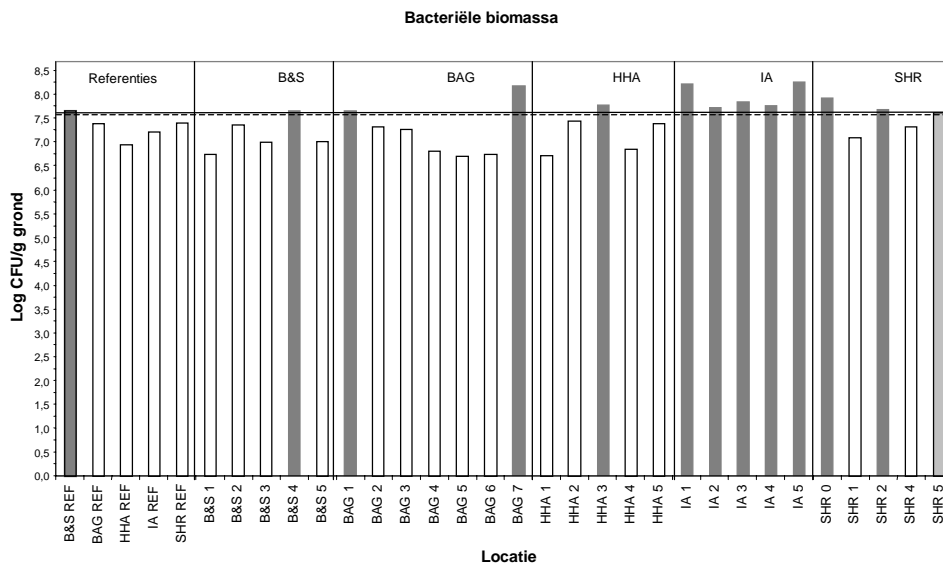
- Als indicatieve maat voor de bacteriële biomassa werd het aantal kolonie vormende micro-organismen per gram droge grond (cfu/g) bepaald (cfu = *colony forming unit*),
- Een maat voor de gemiddelde bacteriële omzettingssnelheid ( $CFU_{50awcd}/g$  droge grond) werd bepaald m.b.v. zogenaamde Biolog-platen. Dit zijn standaard *multiwell*-platen met een drievoudige set van 31 verschillende substraten. De mate waarin deze substraten kunnen worden omgezet door bacteriën is een activiteitsmaat.
- Met behulp van dezelfde analyse in Biolog-platen werden de fysiologische diversiteit berekend (diversiteit in de omzetting van verschillende substraten in de Biolog-plaat)
- De analyse met Biolog platen bevat ook informatie over de fysiologische samenstelling van de microbiële gemeenschap op basis van de 31 verschillende reacties in de platen. De euclidische afstand (dissimilariteit) tussen gemeenschappen uit diverse dempingcategorieën voor wat betreft de fysiologische samenstelling werd berekend m.b.v. een multivariate analyse. De resultaten kunnen gebruikt worden om aan te geven in welke mate gemeenschappen afwijken van de referenties of van elkaar. Hieronder volgen de samengevatte resultaten.

#### ***Bacteriële biomassa***

Geteld is hiervoor het aantal micro-organismen dat in staat was een kolonie te vormen op agar-platen. Daartoe is het aantal kolonies geteld van een aantal verdunningen uit een verdunningsreeks. Het gemiddeld aantal cfu's per dempingslocatie is in figuur 18 weergegeven. De waarden zijn weergegeven als de logaritme van het aantal micro-organismen per gram droge grond.

Omdat de tellingen van de cfu's enkelvoudige metingen betreffen, kan geen onderlinge vergelijking tussen de gemiddelde biomassa voor de referenties plaatsvinden. Voor deze analyse wordt aangenomen dat de vijf referentiemonsters onderling niet verschillen. Deze worden dan, omwille van de statistische toetsbaarheid als één gezamenlijke gebiedsreferentie bacteriële biomassa beschouwd, zodat een vergelijking kan worden gemaakt tussen de gemiddelde bacteriële biomassa in het dempingmateriaal per categorie en de waarde

voor de gemiddelde bacteriële biomassa in de gebiedsreferentie. In figuur 18 staan voor de verschillende locaties de bacteriële biomassa gegeven.



Figuur 18. Locatiespecifieke vergelijking van de bacteriële biomassa in grond (in Log CFU/g grond). Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referenties staat de bacteriële biomassa in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Gemiddelde bacteriële biomassa boven het toetscriterium is ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium).

In tabel 14 wordt de beoordeling volgens de standaardmethodiek weergegeven voor de bacteriële biomassa, aan de hand van beide normen.

Tabel 14. Beoordeling van BIOLOG-bioassay voor de verschillende categorieën dempingmateriaal.. Beoordeling weergegeven voor zowel het meer en het minder gevoelige toetscriterium.

	Meer gevoelig toetscriterium				
	BAG	B&S	HHA	IA	SHR
<b>BIOLOG bioassay</b>					
Bacteriële biomassa	MTA (2/7)			C	MTA (3/5)
Omzettingcapaciteit	MTA (4/7)			C	C
Fysiologische diversiteit	C	C	C		
	Minder gevoelig toetscriterium				
	BAG	B&S	HHA	IA	SHR
<b>BIOLOG bioassay</b>					
Bacteriële biomassa	MTA (2/7)			MTA (5/5)	MTA (2/5)
Omzettingcapaciteit	MTA (4/7)			C	C
Fysiologische diversiteit	C	C	C		

MTA overschrijding van het MTA, C: categoriegewijze afwijking

In geval van toepassing van het meer gevoelige toetscriterium laat de dempingcategorie industrieel afval in categoriegewijze afwijking zien ten opzichte van de gebiedsreferentie bacteriële biomassa. Bij de categorieën bagger en shredder is een overschrijding van het MTA aantoonbaar gebleken. Bij toepassing van het minder gevoelige toetscriterium is voor de drie bovenstaande categorieën een overschrijding van het MTA aantoonbaar. In geval van bouw en sloopafval en huishoudelijk afval zijn geen afwijkingen in de biomassa aantoonbaar gebleken.

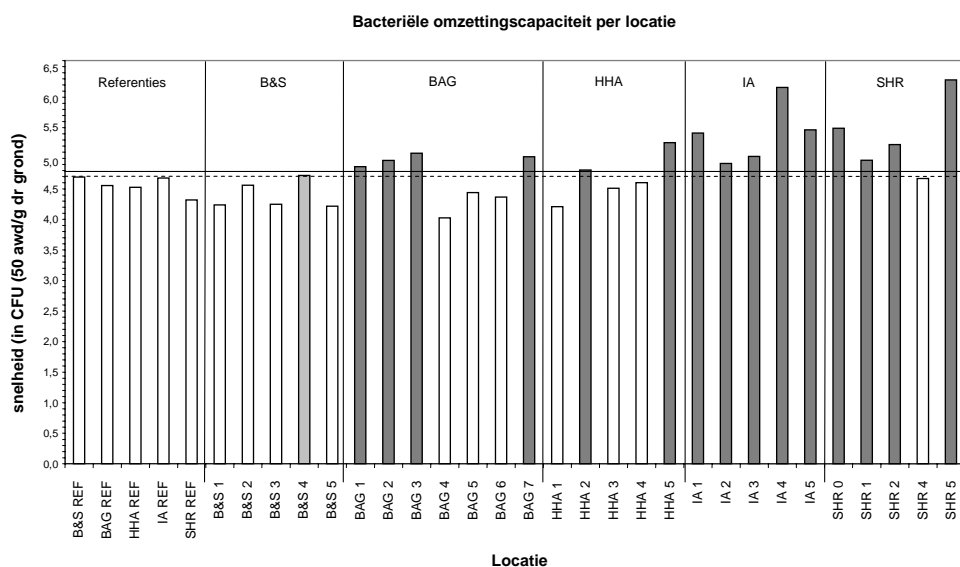
### De bacteriële omzettingssnelheid

Als maat voor de totale omzettingcapaciteit werd de  $CFU_{50awcd}$  gebruikt. Deze maat geeft aan hoeveel CFU er nodig is om 50% van alle substraten in de BIOLOG multiwell plaat om te zetten.

Omdat ook de bepaling van de totale omzettingcapaciteit is uitgevoerd zonder herhalingen, kan geen onderlinge vergelijking tussen de gemiddelde biomassa voor de referentie plaatsvinden. Er wordt vanuit gegaan dat er geen verschillen zijn tussen de referentiemonsters wat betreft de omzettingcapaciteit. Vergelijking zal daarom plaatsvinden tussen de gemiddelde biomassa in de dempingen per categorie en de gemiddelde waarde voor de bacteriële biomassa van de referenties.

In figuur 19 staan de omzettingssnelheden zoals bepaald voor de verschillende monsters.

In tabel 17 staan de resultaten van de beoordeling volgens de standaard methodiek. Zowel in geval van toepassing van het meer gevoelige toetscriterium als het minder gevoelige toetscriterium zijn de resultaten van de beoordeling van de omzettingssnelheden identiek. De categorieën industrieel afval en shredder wijken categoriegewijs af van de referenties, terwijl in geval van bagger overschrijdingen aangetoond worden van het MTA. Het lijkt er daarbij op dat bij deze categorieën meer bacteriën nodig (gekwantificeerd op basis van CFU) om 50% van de BIOLOG substraten om te zetten dan in de referentiemonsters en de andere categorieën. De omzettingssnelheid van substraat in deze dempingcategorieën is geremd.



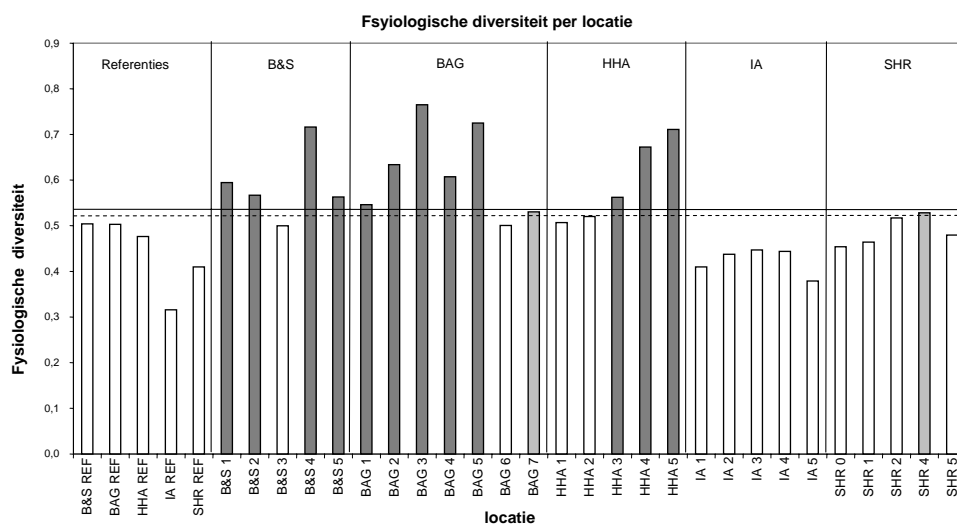
Figuur 19. Locatiespecifieke vergelijking van de bacteriële omzettingssnelheid in grond (in  $CFU_{50awd/g}$  grond). Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referentiemonsters staat de bacteriële omzettingssnelheid in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Overschrijdingen van de toetscriteria zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium).

### De fysiologische diversiteit

Als maat voor de fysiologische diversiteit werd de 'hillslope' gebruikt van de log-normale relatie tussen de bacteriebiomassa (cfu) en de kleuring in de Biolog-plaat (Breure *et al.*, 1997). Hoe hoger deze coëfficiënt, hoe lager de diversiteit, ofwel hoe beperkter het aantal substraten dat door de micro-organismen kan worden omgezet. De 'hillslope' in veldmonsters varieert normaliter tussen 0,3 en 0,9.

Omdat de bepaling van de fysiologische diversiteit is uitgevoerd zonder herhalingen, kan geen vergelijking tussen de fysiologische diversiteit voor de referenties plaatsvinden. Er wordt vanuit gegaan dat er geen verschillen zijn tussen de referentiemonsters wat betreft de fysiologische diversiteit. Vergelijking van de gemiddelde fysiologische diversiteit in de dempingen per categorie kan daarom plaatsvinden met de gemiddelde waarde voor de referenties (gebiedsreferentie fysiologische diversiteit).

In figuur 20 staan voor de individuele monsters de fysiologische diversiteit weergegeven. In tabel 17 staan de resultaten van de standaard beoordeling. Zowel bij toepassing van het meer als het minder gevoelige toetscriterium is de gemiddelde diversiteit op de categorieën bagger, bouw en sloop afval en huishoudelijk afval categoriegewijs lager dan in de referenties. Voor wat betreft de andere categorieën zijn geen overschrijdingen van het MTA aantoonbaar gebleken.



Figuur 20. Locatiespecifieke vergelijking van de fysiologische diversiteit van bacteriën in grond. Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referentiemonsters staat de gemiddelde fysiologische diversiteit van bacteriën in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Overschrijdingen van de toetscriteria zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium).

### ***Principale Componenten Analyse (PCA)***

De individuele responsen in de welletjes van de Biolog-platen vormen gezamenlijk het zogenaamde fysiologische profiel of CLPP (*community-level physiological profile*). Deze werd bepaald met BIOLOG platen, bestaande uit 31 verschillende reacties (substraten). De resultaten werden m.b.v. de standaardmethode van het RIVM verwerkt (Breure *et al.*, 1997; Rutgers & Breure, 1998).

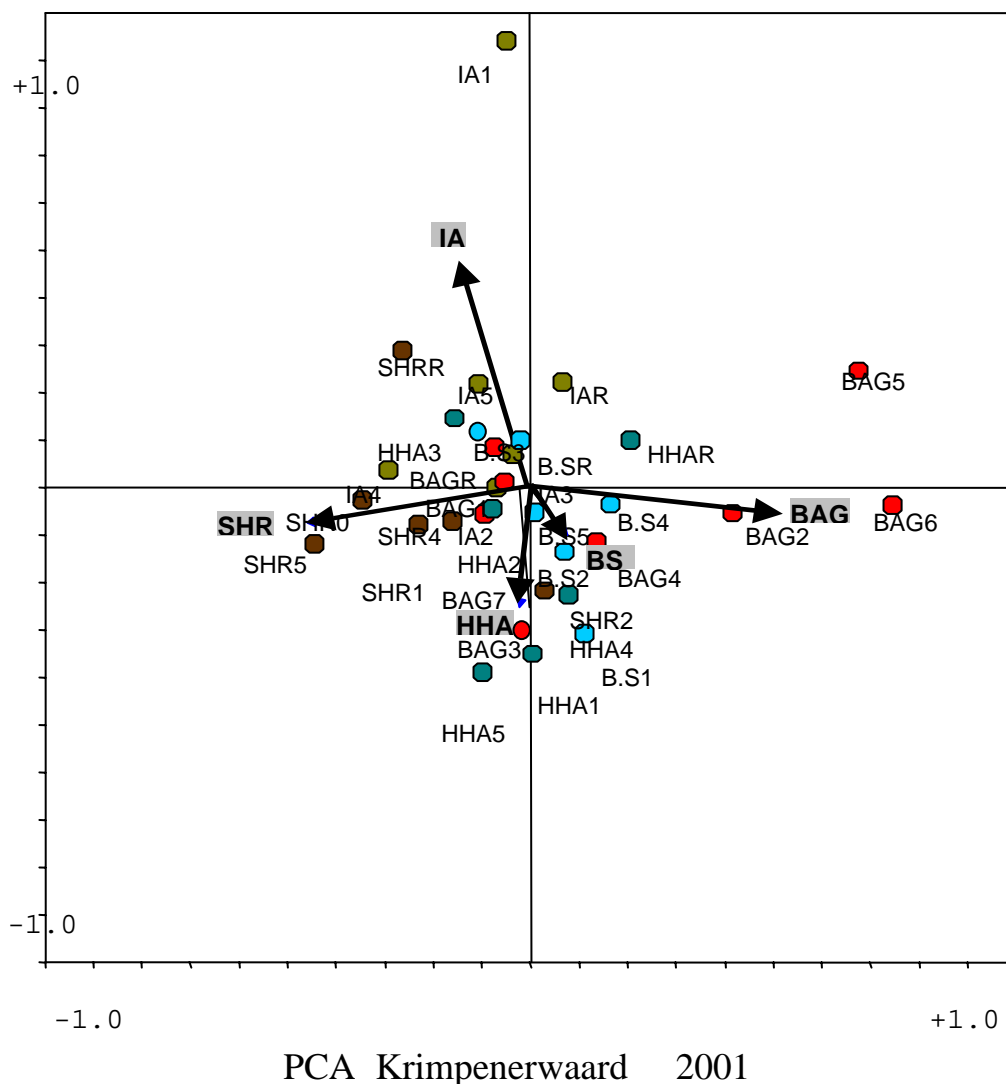
De fysiologische profielen werden geanalyseerd m.b.v. een principale componenten analyse (PCA; zie figuur 21). Een PCA is een statistische techniek voor multivariate (gelijktijdige) analyse van variabelen en factoren.

Uit de figuur blijkt dat de fysiologische profielen van monsters uit de Krimpenerwaard (diverse type dempingen en referentielocaties) in eerste instantie een enigszins gespreid beeld laten zien. Een aantal monsters (bijv. BAG5, BAG6, SHR5, IA1) lijkt afwijkend te zijn van de andere monsters, omdat ze buiten het centrum liggen. In analogie met de andere analyses werden de referenties samengevoegd (= gebiedsreferenties berekend) en werd de dissimilariteit tussen de monsters en de gepoolde referenties berekend m.b.v. de Euclidische afstand op de eerste 4 assen van de PCA (tabel 15).

*Tabel 15: Dissimilariteit (Euclidische afstand op de eerste 4 assen van de PCA) tussen fysiologische profielen van bacteriegemeenschappen uit de diverse dempingcategorieën en gebiedsreferenties.*

Dempingcategorie	Gemiddelde Euclidische afstand tot de gepoolde referentie met standaard deviatie	Gemiddelde Euclidische afstand tot centrum van betreffende categorie met standaarddeviatie
B&S	1,87 ± 0,61	0,91 ± 0,32
BAG	2,67 ± 0,52	1,53 ± 0,69
HHA	2,23 ± 0,47	1,36 ± 0,65
IA	1,91 ± 1,62	1,93 ± 1,06
SHR	2,73 ± 0,91	1,57 ± 0,95





Figuur 21: Ordinatiediagram van een principale componentenanalyse van het fysiologisch profiel van bacteriegemeenschappen in dempingmaterialen van de Krimpenerwaard. De grafiek toont de ligging van de locaties in de eerste en tweede dimensie (verklaarde variatie respectievelijk 19% en 15%). De gemiddelde ligging van de categorieën is met pijlen aangegeven.

Uit deze analyse komt het volgende beeld naar voren. De fysiologische profielen uit de categorie shredder zijn gemiddeld het meest afwijkend ten opzichte van de referenties (EA = 2,73) en bagger (EA = 2,67). De profielen van monsters uit shredder lokaties zijn bovendien onderling meer verschillend dan binnen de categorie bagger (grotere standaarddeviatie). De fysiologische profielen uit de categorie industrieel afval liggen gemiddeld niet ver van de referenties (EA = 1,91), maar vertonen onderling veel meer variatie dan de profielen uit de andere categorieën (EA tot centrum industrieel afval =  $1,93 \pm 1,06$ ; EA tot centrum bouw & slooafval =  $0,91 \pm 0,32$ ). De profielen uit de categorie huishoudelijk afval liggen op enige afstand van de referentie, maar zijn relatief homogeen. De profielen uit de categorie bouw &

sloopafval liggen dicht bij de referentie en zijn ook homogeen. De conclusie is dat op basis van deze analyse de categorie shredder het sterkst afwijkt van de referentie en bouw & sloopafval het minst. Tevens vertoont de categorie industrieel afval de grootste onderlinge variatie.

Bovenstaande analyse werd vergeleken met een tweede analyse waarbij alle monsters werden samengevoegd tot één kunstmatige referentie. Op basis van de resultaten daarvan werden dezelfde conclusies bereikt als bij de eerste analyse met alleen de referentiemonsters als referentie.

Uit de PCA kunnen de locaties met de sterkst afwijkende fysiologische profielen geselecteerd worden. De eerste negen meest afwijkende locaties worden weergegeven in tabel 16.

*Tabel 16 Meest afwijkende locaties op basis van het fysiologisch profiel van bacteriegemeenschappen in het dempingmateriaal. Het getal geeft de Euclidische afstand in de eerste 4 assen van de PCA tot de gepoolde referentie.*

<b>Locatie</b>	<b>Euclidische afstand</b>
IA1	4,66
SHR5	4,29
BAG6	3,30
BAG5	3,25
BAG3	2,87
BAG2	2,82
B&S1	2,77
HHA5	2,65
SHR2	2,64

Tevens werd een PCA uitgevoerd voor de Krimpenerwaard monsters met inbegrip van een set van 30 monsters uit de Demmerikse polder (Bosveld, 2000), een veenweidegebied in De Ronde Venen (Provincie Utrecht). De fysiologische profielen van de bacteriegemeenschappen uit de Demmerikse polder verschilden significant van de profielen uit monsters afkomstig van de Krimpenerwaard. Verder bleek dat de onderlinge verschillen tussen de profielen van de 30 monsters uit de Demmerikse polder ( $EA = 1,15 \pm 0,56$ ) veel kleiner was dan die van de 32 monsters uit de Krimpenerwaard ( $EA = 1,85 \pm 1,21$ ). De conclusie is dat de monsters uit de Krimpenerwaard een grotere variatie vertonen dan een vergelijkbare set monsters uit de Demmerikse polder.

De observatie dat de categorie bagger sterk afwijkt van referentiemonsters is niet onverwacht. Het is mogelijk dat de fysiologische profielen in dit dempingmateriaal sterk worden beïnvloed door andere bodemfactoren (zuurgraad, organisch stofgehalte, bodemstructuur, e.d.) dan door de verontreinigingen die in dit materiaal aanwezig zijn. Een analyse van de invloed van abiotische factoren op de fysiologische profielen werd niet uitgevoerd.

### **Conclusies *BIOLOG bioassay***

Op basis van de drie gemeten microbiële parameters (biomassa, omzettingcapaciteit en diversiteit) zijn er voor alle categorieën dempingen afwijkingen ten opzichte van

de referentie geconstateerd in één of meer parameters. Dit wil zeggen dat op grond van de BIOLOG-bioassay geen van de categorieën ‘afgepeld’ kan worden. In onderstaande tabel worden de conclusie samengevat.

Tabel 17: Conclusies van de BIOLOG-bioassay.

Dempingcategori e	Parameter	Vervolg- onderzoek?	Onderbouwing
Bouw & sloopafval	Bacteriële biomassa	Nee	Geen significante verschillen met gebiedsreferentie
	Omzettingcapaciteit	Nee	Geen significante verschillen met gebiedsreferentie
	Fysiologische diversiteit	<b>Ja</b>	<b>Categoriegewijze afwijking van de gebiedsreferentie (meer en minder gevoelig toetscriterium)</b>
Bagger	<b>Bacteriële biomassa</b>	<b>Ja</b>	<b>MTA overschrijding, meer en minder gevoelig toetscriterium</b>
	<b>Omzettingcapaciteit</b>	<b>Ja</b>	<b>MTA overschrijding, meer en minder gevoelig toetscriterium</b>
	<b>Fysiologische diversiteit</b>	<b>Ja</b>	<b>Categoriegewijze afwijking van de gebiedsreferentie (meer en minder gevoelig toetscriterium)</b>
Huishoudelijk afval	Bacteriële biomassa	Nee	Geen significante verschillen met gebiedsreferentie
	Omzettingcapaciteit	Nee	Geen significante verschillen met gebiedsreferentie
	Fysiologische diversiteit	<b>Ja</b>	<b>Categoriegewijze afwijking van de gebiedsreferentie (meer en minder gevoelig toetscriterium)</b>
Industrieel afval	Bacteriële biomassa	<b>Ja</b>	<b>Categoriegewijze afwijking van de gebiedsreferentie (meer gevoelig toetscriterium) MTA overschrijding bij minder gevoelig toetscriterium</b>
	Omzettingcapaciteit	<b>Ja</b>	<b>Categoriegewijze afwijking van de gebiedsreferentie (meer en minder gevoelig toetscriterium)</b>
	Fysiologische diversiteit	Nee	Geen significante verschillen met gebiedsreferentie
Shredder afval	<b>Bacteriële biomassa</b>	<b>Ja</b>	<b>MTA overschrijding, meer en minder gevoelig toetscriterium</b>
	Omzettingcapaciteit	<b>Ja</b>	<b>Categoriegewijze afwijking van de gebiedsreferentie (meer en minder gevoelig toetscriterium)</b>
	Fysiologische diversiteit	Nee	Geen significante verschillen met gebiedsreferentie

Een andere belangrijke conclusie die uit dit bioassay getrokken kan worden is dat rekening moet worden gehouden met de grote spreiding binnen dempingcategorieën. Blijkbaar zijn de categorieën zoals die gekozen zijn niet zo homogeen als op voorhand werd verwacht. Dit is een factor waarmee voor toekomstig onderzoek rekening moet worden gehouden. De gevonden effecten zijn meer locatiespecifiek dan dempingcategorie afhankelijk. Dit blijkt ook uit de PCA, de meest afwijkende monsters van de onderzoeksassen liggen verspreid over de verschillende dempingcategorieën (zie tabel 16). Dit feit zal gevolgen hebben voor de opschaling

van locatiespecifiek naar de hele Krimpenerwaard. De vraag rijst namelijk of met ‘afpellen’ wel categorieën tegelijk uit het onderzoek moeten afvallen of dat, beter bepaalde locaties van verder onderzoek kunnen worden uitgesloten.

### 5.2.3 Potentiële nitrificatie bioassay

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de bepaling van de potentiële nitrificatie weergegeven. In onderstaande paragrafen worden de belangrijkste resultaten weergegeven.

#### *pH meting in de grond*

Voor de potentiële nitrificatie speelt de zuurgraad van de grond een grote rol. Nitrificatie wordt namelijk geremd bij een  $\text{pH} < 4$ . Deze grens ligt vrij scherp, wat wil zeggen dat bij een  $\text{pH} > 4$  geen remming optreedt. In onderstaande tabel wordt de  $\text{pH}(\text{KCl})$  weergegeven.

Tabel 18: Zuurgraad als  $\text{pH}(\text{KCl})$  bepaald in duplo aan mengmonsters.

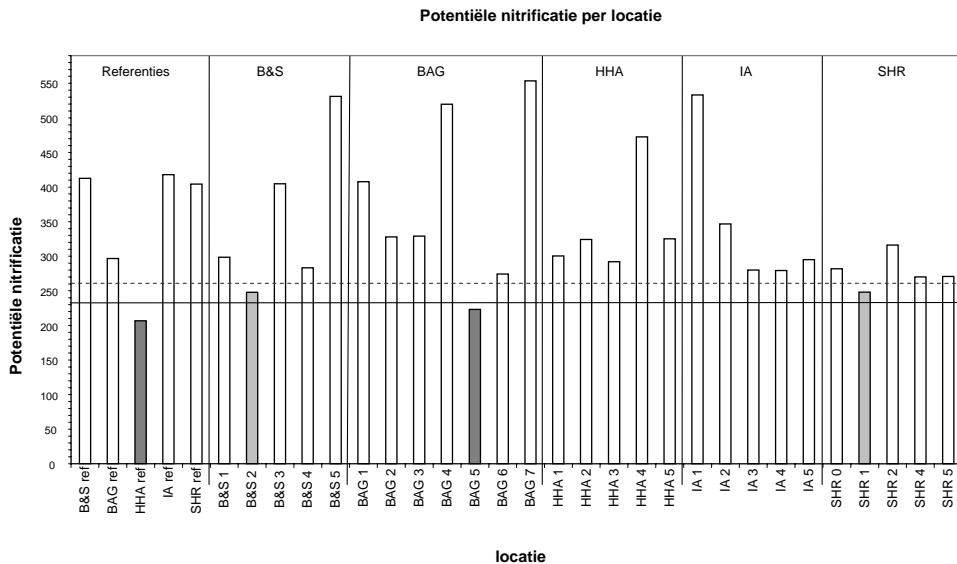
Code monster	$\text{pH}(\text{KCl})$	Code monster	$\text{pH}(\text{KCl})$
B&S REF	4,96	IA REF	4,72
B&S1	6,97	IA1	4,34
B&S2	7,50	IA2	7,12
B&S3	5,82	IA3	5,85
B&S4	7,10	IA4	6,34
B&S5	6,52	IA5	4,89
BAG REF	4,44	SHR REF	5,02
BAG1	5,37	SHR0	5,87
BAG2	4,32	SHR1	7,10
BAG3	5,95	SHR2	6,19
BAG4	4,66	SHR4	6,73
BAG5	3,84	SHR5	6,87
BAG6	3,87		
BAG7	4,80		
HHA REF	4,49		
HHA1	7,28		
HHA2	7,16		
HHA3	7,13		
HHA4	5,02		
HHA5	6,40		

Er zijn twee locaties die een  $\text{pH}$  van lager dan 4 vertonen (BAG5 en BAG6). Bekeken moet worden of in de monsters van deze locaties minder nitraat wordt gevormd dan er aan het begin van het experiment aan toe werd gevoegd. In dat geval treedt er namelijk remming van de nitrificatie op en kunnen eventuele effecten door aanwezige contaminanten niet worden onderscheiden van remming door ongunstige zuurgraad.

#### *Ammonium en nitraat metingen*

De potentiële nitrificatie is berekend uit het verschil tussen de vorming van nitraat bij  $25^\circ\text{C}$  en bij  $-20^\circ\text{C}$ . Daarbij wordt er van uit gegaan dat bij  $-20^\circ\text{C}$  geen nitrificatie optreedt. Tegelijk met de toename van de hoeveelheid nitraat, moet de hoeveelheid

ammonium in de grond moet zijn afgenomen. Als dit niet het geval is, vindt een ander proces plaats, dan de hier te meten nitrificatie. De potentiële nitrificatie wordt berekend als de hoeveelheid nitraat gevormd bij 25°C minus de hoeveelheid nitraat aanwezig bij -20°C. In figuur 22 wordt de potentiële nitrificatie per locatie weergegeven.



Figuur 22. Locatiespecifieke vergelijking van de gemiddelde potentiële nitrificatie in grond. Links in de grafiek staan de referentie mengmonsters. Op deze referenties zijn twee toetscriteria gebaseerd (onderbroken lijn: 95-percentiel; doorgetrokken lijn: 97,5-percentiel). Rechts van de referentiemengmonsters staat de gemiddelde potentiële nitrificatie in het dempingmateriaal, geordend per dempingcategorie. Overschrijdingen van de toetscriteria zijn ingekleurd (donker: overschrijding minder gevoelig toetscriterium; licht: overschrijding meer gevoelig toetscriterium).

Duidelijk is te zien dat zowel de BAG5 als de BAG6 een lagere nitrificatie vertonen dan de andere monsters in deze dempingcategorie. Dit is mogelijk veroorzaakt door de lage pH in deze monsters.

Om vergelijking mogelijk te maken van de nitrificatie in de verschillende dempingcategorieën met de referenties, is voor de nitrificatie een gebiedsreferentie nitrificatie berekend. Daartoe zijn de vijf verschillende referentiemetingen samengevoegd. Omdat het hier enkelvoudige metingen betrof kon niet bepaald worden of er significante verschillen waren tussen de referenties. Aangenomen is daarom (na overleg met J. Bloem, Alterra) dat geen verschillen tussen de referenties bestaan voor wat betreft de nitrificatie.

Er zijn voor wat betreft nitrificatie geen categoriegewijze afwijkingen aantoonbaar gebleken, en ook geen overschrijdingen van MTA's opgetreden. In figuur 22 is wel te zien dat enkele monsters onder de criteria liggen, echter per dempingcategorie is dit op minder locaties dan het MTA voorschrijft. De afwezigheid van effecten is mogelijk gelegen in het feit dat pH verschillen in de bodem een grotere variatie in de referenties tot gevolg hebben, en dat daarmee het vaststellen van verschillen met de referenties bemoeilijkt wordt.



## 6 Betekenis van de resultaten voor fase 2b en 3

In dit hoofdstuk worden de resultaten van alle experimenten samengevat, worden aandachtspunten voor vervolgonderzoek genoemd en wordt een algemene conclusie gepresenteerd.

### 6.1 Samenvatting van de resultaten

In onderstaande kruisjestabel wordt per bioassay aangegeven welk van de resultaten leidt tot de conclusie dat een bepaalde dempingcategorie meegenomen zou moeten worden voor verder onderzoek in het VE. Van deze dempingcategorieën zal onderzocht moeten worden of de gevonden effecten of risico's ook nog optreden in een aanwezige afdeklaag. In aanhangsel 3 is de totale toetsingstabel weergegeven waarop onderstaande tabel is gebaseerd.

Tabel 19: Argumenten voor meenemen dempingcategorieën voor verder onderzoek in VE (0, geen argument; x, argument; (x), discussiepunt, zie betreffende hoofdstuk).

	dempingcategorie				
	B&S	BAG	HHH	IA	SHR
	<i>Screening op stoffen</i>				
Metaalmetingen	X	X	X	X	X
EROD-analyse	X	X	X	X	X
	<i>Screening op effecten</i>				
Regenworm-bioassay	(X)	X	X	X	X
BIOLOG bioassay	X	X	X	X	X
Potentiële nitrificatie bioassay	0	0	0	0	0
Conclusie	X	X	X	X	X

### 6.2 Aandachtspunten voor het vervolgonderzoek

Op grond van de resultaten van de EROD-analyse en de resultaten van de metaalmetingen kan niet worden uitgesloten dat verspreiding van stoffen uit de dempingen naar de naastgelegen (schone) weidegronden mogelijk is. In de gevallen van hoge belastingen in dempingmateriaal, zijn namelijk ook verhoogde gehalten contaminanten in de bijbehorende referentiemonsters aangetroffen. Een aandachtspunt dat hieruit af te leiden valt is dat nagedacht moet worden over de te gebruiken referentiemonsters voor vergelijking van effecten. Ondanks de voorkeur voor naastgelegen referentiemonsters, is het misschien verstandig om naast deze referentiemonsters een ander referentiemonster me te nemen, hetzij afkomstig uit de Krimpenerwaard, hetzij afkomstig uit een ander veenweide gebied. Voordeel van deze aanpak zou zijn dat de resultaten van het onderzoek in de Krimpenerwaard in een kader geplaatst kunnen worden, nadeel is dat een extra onzekere factor meegenomen wordt, vanwege de mogelijke fysieke verschillen tussen locaties.

Een ander aandachtspunt, dat kan worden afgeleid uit de bioassay met regenwormen en de BIOLOG-bioassay, is het feit van de soms grote spreiding van effecten binnen een dempingcategorie. De spreiding *binnen* een dempingcategorie is van even grote betekenis als de verschillen *tussen* dempingcategorieën. Dit heeft verschillende consequenties voor het vervolgonderzoek, maar het is ook al iets waarmee rekening moet worden gehouden bij het toekomstig beheer van slootdempingen. De implicaties voor het vervolgonderzoek zouden normaliter moeten zijn dat de aanpak via dempingcategorieën losgelaten moet worden en dat een meer locatiegerichte aanpak wordt verkozen (alleen de hoger belaste slootdempingen). Dit is lastig omdat van circa 3500 van de 5000 slootdempingen niet bekend is wat de actuele concentratie van contaminanten is, en dit ook niet eenvoudig te achterhalen zal zijn (kosten). Voorstel is dan ook de aanpak met dempingcategorieën voor het vervolgonderzoek toch maar voort te zetten in de volgende fase van het VE. Wellicht geeft dit vervolgonderzoek meer zicht op deze problematiek. Bij volgende keuzemomenten in het VE zal met deze spreiding echter rekening gehouden moeten worden. Voor het latere beheer van de slootdempingen kan de spreiding in de waargenomen effecten binnen dempingcategorieën ook gevolgen hebben. Binnen *elke* dempingcategorie zijn namelijk slootdempingen te vinden waar effecten waargenomen werden. De gemiddelde effecten van een dempingcategorie kunnen niet significant verschillen van een gekozen referentie, maar in lokale gevallen kunnen wel degelijk effecten optreden (ten opzichte van de gekozen referentie). De vraag die dan rijst is dan of deze locatiespecifieke effecten acceptabel zijn. Dit is een vraag die in de ‘criteriadiscussie’ beantwoord zal moeten worden.

Een derde aandachtspunt (komt naar voren uit de BIOLOG-bioassay) zijn de fysische bodemeigenschappen. Deze zullen als mogelijke verklarende factor in het VE meer aandacht moeten krijgen, naast contaminantengehalten. Overigens zullen in het onderzoek van de locaties uit groep B (deklaag >30cm) de verschillen van fysische bodemeigenschappen kleiner zijn, omdat, in tegenstelling tot het dempingmateriaal, deze deklaag veelal uit gebiedseigen materiaal bestaat.

### **6.3 Algemene conclusie screeningsonderzoek fase 2A**

Op grond van de resultaten van het screeningsonderzoek uitgevoerd op locaties van Groep A kan worden geconcludeerd dat *alle* onderzochte categorieën dempingmateriaal voor het nemen van risicoreducerende maatregelen in aanmerking komen, zowel met betrekking tot de functie natuur als voor landbouw (meer gevoelige en minder gevoelige toetscriterium). Deze conclusie is voor iedere categorie gebaseerd op zowel categoriegewijze verschillen als locatiespecifieke afwijkingen van de gebiedseigen referentie. Daarbij werden voor meerdere onderzoeksparameters locatiespecifieke afwijkingen vastgesteld.

De effectiviteit van de in principe voorgenomen maatregel ‘afdekken met 30 cm gebiedseigen grond’ om risico’s weg te nemen, wordt in latere onderzoeksfasen bestudeerd.



## Literatuur

Bodembeheerplan Krimpenerwaard, 1998. Gebiedsgericht Bodembeheerplan Krimpenerwaard, 23 april 1998, 21 pp. + bijlagen.

Bosveld, A.T.C., T.C. Klok, J.M. Bodt & M. Rutgers, 2000. Ecologische risico's van bodemverontreinigingen in toemaakdek in de gemeente De Ronde Venen. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 151. 92 blz. 24 fig.; 24 tab.; 46 ref.

Braak, C.J.F. ter & P.Smilauer, 1998. CANOCO Reference Manual and user's guide to CANOCO for Windows: Software for CANOCO Community Ordination, Version 4. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.

Brink, N.W. van den, J.J.C. van der Pol, J.M. Bodt, M.B.E. Lee-de Groot, T.C. Klok, P.A. Jansen, P. Doelman & J.H. Faber, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard fase 2 en fase 3. Onderzoek aan deklagen op slootdempingen; gebiedsgerichte opschaling. Bijlage 4 bij Eindrapport VE. Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 1020 (uitgegeven in 2004).

Breure, A.M. B.S. Wind, S.J.H. Crum & M. Rutgers, 1997. Naar een indicator voor functionele biodiversiteit van microbiele gemeenschappen. RIVM Report no. 607601001, RIVM, Bilthoven, The Netherlands.

Crommentuijn, T., M.D. Polder & E.J. van de Plassche, 1997. Maximum Permissible Concentrations and Negligible Concentrations for metals, taking background concentrations into account. RIVM Report No. 601501001, Bilthoven, The Netherlands.

DGM, 2000. Circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering. Ministerie van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Directoraat-Generaal Milieubeheer, Directie Bodem.

Faber J.H. & N.W. van den Brink, 2000. Actief bodembeheer Krimpenerwaard; Plan van aanpak Verificatieonderzoek Ecologie Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 1017 (uitgegeven in 2004).

Faber, J.H., J.J.C. van der Pol & N.W. van den Brink, 2003. Criteria bij ecologische beoordeling van noodzaak en effectiviteit van risicobeheermaatregelen voor gedempte sloten in de Krimpenerwaard. Bijlage 2 bij Eindrapport VE. Alterra, Wageningen, Alterra-rapport 1018 (uitgegeven in 2004).

Faber, J.H., J.J.C. van der Pol & N.W. van den Brink, 2003. Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapportage. Alterra, Wageningen, Alterra-rapport nr. 1016.

Garland, J.L., 1997. Analysis and interpretation of community-level physiological profiles in microbial ecology. *FEMS Microbiol. Ecol.* 24, 289-300.

Häni, H., 1989. Die Richtwerte für Schwermetalle und Fluor in der Schweizerischen Verordnung über Schadstoffe im Boden. In: D. Behrens & J. Wiesner (eds.), *Beurteilung von Schwermetallkontamination im Boden*, p. 97-119. Dechema-Fachgespräche Umweltschutz, Frankfurt am Main.

IWACO, 2000. Basisprojectplan van het onderzoek: 'Verificatie van de risico's van bodemverontreinigingen in de Krimpenerwaard'. Fase 2.

Ma, W., 1982. Regenwormen als bio-indicators van bodemverontreiniging. *Bodembeschermingsreeks* Nr. 15, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu.

Pol, J. van der & J. Faber, 2002a. Contaminanten en ecotoxicologische effecten in slootdempingen in de Krimpenerwaard; Verificatieonderzoek Ecologie fase 2a: Screening. Ongepubliceerde onderzoeksrapportage Alterra, Wageningen, 7 juni 2002. 68 pp.

Pol, J. van der & J. Faber, 2002b. Contaminanten en ecotoxicologische effecten in slootdempingen in de Krimpenerwaard; Verificatieonderzoek Ecologie fase 2a: Screening. Oplegnotitie bij ongepubliceerde onderzoeksrapportage Alterra, Wageningen, 7 juni 2002. 28 pp.

Pol, J.J.C. van der, N.W. van den Brink & J.H. Faber, 2004. Contaminanten en ecotoxicologische effecten in slootdempingen in de Krimpenerwaard. Verificatieonderzoek Ecologie fase 2a: Screening. Bijlage 3 bij Eindrapport VE. Alterra, Wageningen, Alterra rapport 1019 (uitgegeven in 2004).

Rutgers, M., I.M. van 't Verlaat, B. Wind, L. Posthuma & A.M. Breure, 1998. Rapid method for assessing pollution-induced community tolerance in contaminated soil. *Environ. Toxicol. Chem.* 17, 2210-2213.

Smit, E., P. Leeftang & K. Wernars, 1997. Detection of shifts in microbial community structure and diversity in soil caused by copper contamination using amplified ribosomal DNA restriction analysis. *FEMS Microbiol. Ecol.* 23, 249-261.

SWV E.1306. Bepaling van de potentieel beschikbare fractie aan Al, As, Ca, Cd, Cu, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, en Zn in grond met ICP-AES na extractie met 0,05 mol l<sup>-1</sup> Ca-EDTA (pH 5) of 0,43 mol l<sup>-1</sup> salpeterzuur. Alterra intern Standaard Werkvoorschrift, 2000.

SWV E1307. Bepaling van het gehalte aan Al, As, Ca, Cd, Cu, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, en Zn in grond, compost en gewas met behulp van ICP-AES na destructie met koningswater. Alterra intern Standaard Werkvoorschrift, 2000.

## Aanhangsel 1 Bemonsteringslocaties

Code Alterra	Code SBK	Code SBK	Soort afval	Locatie	Datum monstername
IA 1	25	38bz05406	Industrieel afval	W. Verduijn, Benedenkerkseweg 146, Stolwijk	23-jul-01
SHR 1	21	561/009	Shredder afval	Vonk-Noordergraaf Beijerseweg 11 Stolwijk	7-aug-01
HHa 5	7	38cn02222	Huishoudelijk afval	Kaptein de Noord 8 Krimpen	7-aug-01
BAG 4	44	38az02146	Bagger	Vonk-Noordergraaf Ijsseldijk Noord 244 Ouderkerk	30-jul-01
BAG 6	46	?	Bagger	Vonk-Noordergraaf Beijerseweg 11 Stolwijk	7-aug-01
BAG 7	38	38bz02408	Bagger	Meerkerk Benedenberg 110A Bergambacht	23-jul-01
B&S 4	1	38az06137	Bouw en Sloopafval	Bogaard Benedenheulseweg 52 Stolwijk	30-jul-01
B&S 2	6	38az02119	Bouw en Sloopafval	Scheer Westeinde 42 Berkenwoude	23-jul-01
SHR 4	19	38bz02035	Shredder afval	A.C. v/d Graaf Benedenkerkseweg 138 Stolwijk	24-jul-01
SHR 5	15	38az02037	Shredder afval	A.C. v/d Graaf Benedenkerkseweg 138 Stolwijk	24-jul-01
HHa 4	13	38bz02401	Huishoudelijk afval	v Zwiene Bovenberg 126 Bergambacht	24-jul-01
IA 4	29	38bz02365	Industrieel Afval	A.C. v/d Graaf Benedenkerkseweg 138 Stolwijk	25-jul-01
IA 5	27	38bz02020	Industrieel Afval	A.C. v/d Graaf Benedenkerkseweg 138 Stolwijk	25-jul-01
IA 2	26	38bz05604	Industrieel Afval	J. Schep-Holstein Bovenberg 61 Bergambacht	25-jul-01
BAG 3	36	38cn02348	Bagger	A. Nobel Tiendweg West 30 Lekkerkerk	30-jul-01

Code Alterra	Code SBK	Code SBK	Soort afval	Locatie	Datum monstername
IA 3	24	38bz05533	Industrieel Afval	J. Rijnveld Westvlisterdijk 64 Vlist	31-jul-01
SHR 2	20	38bz00631	Shredder afval	G. Anker (gebruiker) Goudseweg 92 Stolwijk	26-jul-01
BAG 5	40	38bz02157	Bagger	H. Speksnijder Benedenberg 23 Bergambacht	31-jul-01
B&S 5	4	38az02086	Bouw en Sloopafval	Schep Zuidbroek 15 Bergambacht	31-jul-01
BAG 1	42	38cn02292	Bagger	J.A. Broere Wetering Oost 7b Lekkerkerk	1-aug-01
B&S 1	5	38dn02017	Bouw en Sloopafval	Zuidhollands Landschap Tiendweg Oost	26-jul-01
BAG 2	41	38cn02323	Bagger	G. v/d Hoek Opperduit 122 Lekkerkerk	26-jul-01
HHH 1	14	38cn02364	Huishoudelijk Afval	L. v/d Graaf Opperduit 408a Lekkerkerk	1-aug-01
HHH 3	11	38cn00851	Huishoudelijk Afval	A.B. Vonk-Noordergraaf Schuwacht 168 Lekkerkerk	1-aug-01
B&S 3	2	38az02119	Bouw en Sloopafval	J. Jansen Oudelandseweg 14a Ouderkerk	3-aug-01
SHR 0	xx		Shredder	Ploum	3-aug-01
HHH 2	12	NW0041	Huishoudelijk Afval	A.B. Vonk-Noordergraaf Schuwacht 168 Lekkerkerk	1-aug-01

## Aanhangsel 2 Metaalgehalten in dempingmaterialen (Groep A locaties) op basis van drooggewichten

monstercode	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[µg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
B&S 1	4,77	0,62	3,37	47,21	< 5.8	6,5	617,2	500,4
B&S 2	2,16	0,40	2,54	9,26	< 5.8	2,7	52,0	84,3
B&S 3	4,65	0,50	1,38	18,91	< 5.8	9,7	56,2	94,4
B&S 4	1,97	0,47	4,02	11,84	< 5.8	4,7	60,2	114,8
B&S 5	3,74	0,63	1,04	15,90	< 5.8	7,1	91,8	241,6
B&S ref.	2,31	0,59	1,61	17,76	35,2	11,7	35,1	55,4
BAG 1	4,59	0,44	1,77	11,58	< 5.8	8,6	41,4	66,9
BAG 2	7,88	0,89	2,81	17,90	< 5.8	13,3	42,8	99,9
BAG 3	4,92	0,47	1,28	10,10	< 5.8	10,5	28,2	46,7
BAG 4	4,66	0,71	0,86	12,45	< 5.8	12,4	33,4	73,4
BAG 5	3,83	0,48	0,54	14,79	< 5.8	11,5	29,7	93,2
BAG 6	8,08	0,76	1,51	26,42	< 5.8	15,4	77,4	103,5
BAG 7	4,53	0,87	0,59	14,53	< 5.8	11,3	30,8	90,8
BAG ref.	4,15	0,48	1,75	20,95	< 5.8	10,9	60,7	63,0
HHH 1	5,32	3,08	8,32	1070,94	< 5.8	16,9	1289,3	> 4000
HHH 2	3,31	0,24	1,96	12,41	< 5.8	5,8	48,2	64,1
HHH 3	2,73	0,46	4,64	832,04	< 5.8	6,0	167,6	186,4
HHH 4	5,07	0,56	1,39	17,82	< 5.8	13,8	33,9	68,6
HHH 5	5,54	0,95	3,17	79,79	< 5.8	8,6	351,4	254,1
HHH ref.	3,91	0,28	2,15	18,45	< 5.8	6,9	42,0	39,7
I A 1	2,51	1,27	1,36	35,09	< 5.8	12,3	77,4	250,4
I A 2	2,33	0,51	4,28	7,96	< 5.8	5,2	31,9	124,2
I A 3	4,66	0,19	1,95	14,75	< 5.8	7,3	63,7	56,3
I A 4	0,91	38,45	39,85	>2000	17,2	266,2	>2000	> 4000
I A 5	1,16	5,96	9,06	519,48	< 5.8	27,7	192,7	589,5
IA ref.	1,65	0,64	2,84	16,09	< 5.8	14,1	40,2	51,1
SHR 0	1,58	27,31	26,03	>2000	< 5.8	347,6	>2000	> 4000
SHR 1	1,38	34,04	69,30	>2000	< 5.8	178,7	>2000	> 4000
SHR 2	0,58	26,31	22,14	>2000	< 5.8	122,7	1752,0	> 4000
SHR 4	1,89	4,55	7,60	267,79	< 5.8	22,1	689,7	1551,1
SHR 5	0,67	108,97	32,99	>2000	< 5.8	149,9	>2000	> 4000
SHR ref.	2,79	1,45	2,97	123,46	< 5.8	22,9	120,7	365,0



### Aanhangsel 3 Totale beoordelingstabel resultaten screeningsonderzoek VE fase 2A

Meer gevoelig toetscriterium	Categorie dempingmateriaal				
	BAG	B&S	HHA	IA	SHR
<b>Screening op stoffen</b>					
<b>Metalen beschikbare fractie</b>					
As	C	MTA (2/5)	MTA (3/5)		
Cd				C	C
Cr		MTA (2/5)	MTA (3/5)	C	C
Cu			MTA (2/5)	MTA (2/5)	C
Hg	-	-	-	-	-
Ni				MTA (2/5)	C
Pb		MTA (2/5)	C	MTA (2/5)	C
Zn		MTA (2/5)	C	C	C
<b>PAK/PCBs</b>					
EROD-bioassay	MTA (4/7)	C	C	C	C
<b>Screening op effecten</b>					
<b>Regenworm-bioassay</b>					
Groei	MTA (4/7)		MTA (2/5)		MTA (4/5)
Reproductie	MTA (5/7)	MTA (2/5)	MTA (5/5)	MTA (4/5)	C
Mortaliteit	-	-	-	-	-
<b>BIOLOG bioassay</b>					
Bacteriële biomassa	MTA (2/7)			C	MTA (3/5)
Omzettingcapaciteit	MTA (4/7)			C	C
Fysiologische diversiteit	C	C	C		
<b>Bodemprocessen</b>					
Potentiële nitrificatie bioassay					
<b>Ecologische risico's en effecten voor de functie 'natuur' maken het nemen van maatregel bodembeheer wenselijk:</b>	JA	JA	JA	JA	JA

*C = Categoriegewijze afwijking; MTA = overschrijding van Maximaal Toelaatbaar Aantal locaties afwijkend van gebiedseigen referentie, aantal afwijkende locaties op het totale aantal wordt weergegeven.*

Minder gevoelig toetscriterium	Categorie dempingmateriaal				
	BAG	B&S	HHA	IA	SHR
<b>Screening op stoffen</b>					
<b>Metalen beschikbare fractie</b>					
As	C	MTA (2/5)	MTA (3/5)		
Cd				MTA (3/5)	C
Cr		MTA (2/5)	MTA (3/5)	MTA (3/5)	C
Cu			MTA (3/5)	MTA (2/5)	C
Hg	-	-	-	-	-
Ni				MTA (2/5)	C
Pb			MTA (3/5)	MTA (2/5)	C
Zn		(1/5)	MTA (2/5)	C	C
<b>PAK/PCBs</b>					
EROD- bioassay	MTA (4/7)	C	C	C	C
<b>Screening op effecten</b>					
<b>Regenworm-bioassay</b>					
Groei	MTA (4/7)				MTA (3/5)
Reproductie	MTA (4/7)		MTA (4/5)	MTA (4/5)	C
Mortaliteit	-	-	-	-	-
<b>BIOLOG bioassay</b>					
Bacteriële biomassa	MTA (2/7)			MTA (5/5)	MTA (2/5)
Omzettingcapaciteit	MTA (4/7)			C	C
Fysiologische diversiteit	C	C	C		
<b>Bodemprocessen</b>					
Potentiële nitrificatie bioassay					
<b>Ecologische risico's en effecten voor het minder gevoelige toetscriterium maken het nemen van maatregel bodembeheer wenselijk:</b>	JA	JA	JA	JA	JA

*C = Categoriegenwijze afwijking; MTA = overschrijding van Maximaal Toelaatbaar Aantal locaties afwijkend van gebiedseigen referentie, aantal afwijkende locaties op het totale aantal wordt weergegeven.*