

Verificatieonderzoek Ecologie 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 321 Systeemgerichte Ecotoxicologie; 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.

Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard

Eindrapport

J.H. Faber

J.J.C. van der Pol

N.W. van den Brink



Alterra-rapport 1016

Alterra, Wageningen, 2004

REFERAAT

Faber, J.H., J.J.C. van der Pol, N.W. van den Brink, 2004. *Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard. Eindrapportage*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1016. 48 blz.; 5 fig.; 9 tab.; 6 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 gaandeweg vastgestelde criteria. Dit rapport geeft een overzicht van werkwijze en resultaten, van de beoordelingssystematiek en toetscriteria en de conclusies van het Verificatieonderzoek Ecologie.

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

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door €13,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1016. 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

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
1.1 Probleemstelling	13
1.2 Doelstelling Verificatieonderzoek Ecologie	14
2 Fase 1: Plan van Aanpak	17
2.1 Opzet en fasering VE	17
2.1.1 Beslisstructuur onderzoek volgens ‘afpel-principe’	18
3 Beoordelingscriteria	21
3.1 Ontwikkelingsproces van de beoordelingssystematiek	21
3.2 Uitgangspunten voor de systematiek	24
3.3 De beoordelingssystematiek	25
4 Fase 2a: Screening onvoldoende afgedekte dempingen	29
4.1 Opzet screeningsonderzoek	29
4.2 Resultaten screeningsonderzoek	30
5 Fase 2B: Uitgebreid vervolgonderzoek afgedekte dempingen	33
5.1 Opzet vervolgonderzoek	33
5.2 Resultaten en discussie vervolgonderzoek	33
6 Fase 3: Gebiedsgerichte opschaling	37
6.1 Opzet gebiedsgerichte opschaling	37
6.2 Resultaten en discussie gebiedsgerichte opschaling	37
6.3 Opschaling van effecten	39
7 Slotconclusies	41
8 Aanbevelingen	43
Literatuur	47

Woord vooraf

In de voorliggende rapportage wordt een integraal overzicht gegeven van het Verificatieonderzoek Ecologie (VE), dat gericht is op toetsing van de toereikendheid van risicoreducerende maatregelen voor slootdempingen met betrekking tot ecologische risico's voor natuur, landbouw en recreatie, zoals voorgesteld in het bodembeheerplan Krimpenerwaard. Het uiteindelijke doel is een uitspraak te doen over de aannahme uit het bodembeheerplan dat afdekken met 30 cm schone grond de ecologische risico's voldoende wegneemt.

Deze integrale rapportage van het Verificatieonderzoek Ecologie is gebaseerd op deelrapportages die eerder en apart zijn opgeleverd aan de opdrachtgever. Deze deelrapporten zijn als bijlagen aan dit eindrapport toegevoegd, nu in de vorm van Alterra rapport, en zijn op zichzelf staand te lezen:

1. Bijlage 1: Actief bodembeheer Krimpenerwaard; Plan van aanpak Verificatieonderzoek Ecologie (Faber & van den Brink, 2000; Alterra-rapport 1017);
2. Bijlage 2: Criteria bij ecologische beoordeling van noodzaak en effectiviteit van risicobeheermaatregelen voor gedempte sloten in de Krimpenerwaard (Faber *et al.* 2003; Alterra-rapport 1018);
3. Bijlage 3: Contaminanten en ecotoxicologische effecten in slootdempingen in de Krimpenerwaard. Verificatieonderzoek Ecologie fase 2a: Screening (Van der Pol *et al.*, 2003; Alterra-rapport 1019);
4. Bijlage 4: Verificatieonderzoek Ecologie Krimpenerwaard fase 2 en fase 3. Onderzoek aan deklagen op slootdempingen, opschaling naar de Krimpenerwaard (Van den Brink *et al.*, 2003; Alterra-rapport 1020).

Het Verificatieonderzoek is uitgevoerd door een consortium bestaande uit: Royal Haskoning (penvoerder en Verificatieonderzoek Verspreiding), Alterra (Verificatieonderzoek Landbouw en Verificatieonderzoek Ecologie), Wageningen Universiteit (Verificatieonderzoek Verspreiding) en Van Bruggen Communicatie Advies in opdracht van de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) en met medefinanciering van de Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB, projectnummer SV-027). Verder heeft ook het Ministerie van LNV financieel bijgedragen vanuit DWK programma's 321 (Systeemgerichte Ecotoxicologie), 329 (Effecten van bodembeheer en bodemgebruik op de risico's van bodemverontreiniging) en 396 (Bodemkwaliteit: Risicobeoordeling en Risicobeheersing in het Landelijk Gebied).

Het VE is een zeer groot en een zeer complex onderzoeksproject geweest waaraan veel mensen en organisaties medewerking hebben verleend. Binnen de projectstructuur moeten twee groepen met name genoemd te worden. Het 'Afstemmingsoverleg' van consortiumpartijen, waarbinnen naast de SBK en de Provincie Zuid-Holland ook de projectleiders van de Verificatie-deelonderzoeken en het communicatie-onderzoek en de SKB vertegenwoordigd waren. Binnen dit overleg is de 'dagelijkse' gang van zaken rond het project aan de orde geweest, en

werden inhoudelijke beslissingen over het onderzoek in onderlinge afstemming genomen. Een wetenschappelijke begeleidingsgroep bij het VE gaf onafhankelijk wetenschappelijk advies over het onderzoeksplan, de uitvoering en de interpretatie van resultaten. Deze groep heeft bestaan uit N.M. van Straalen (Vrije Universiteit, Amsterdam), M. Rutgers (RIVM) en R. Mes (Provincie Zuid-Holland), onder voorzitterschap van S. Moolenaar (NMI) en vertegenwoordiging vanuit opdrachtgevers door A. Verbruggen (SBK) en P. van Mullekom (SKB).

Vele anderen hebben meegewerkt bij de uitvoering van dit project. Vrijwilligers van de Natuur- en Vogelwerkgroep “De Krimpenerwaard” hebben medewerking verleend aan veldonderzoek aan weidevogels en hebben welwillend gegevens ter beschikking gesteld. Landeigenaren met een beheerovereenkomst hebben desgevraagd toegang verleend tot voor het onderzoek geselecteerde weidepercelen. De selectie van percelen werd verzorgd door de Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard met ondersteuning van IWACO (tegenwoordig Royal Haskoning). Hans Schekkerman en Jaap Bloem (Alterra) hebben bijgedragen aan interpretatie van resultaatonderdelen voor dit rapport. Allen worden hartelijk bedankt voor de geleverde bijdrage.

Samenvatting

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 natuur, landbouw en recreatie heeft sterk te kampen gehad met stagnatie van grondmobiliteit als gevolg van bodemverontreiniging. Met het Gebiedsgericht Bodembeheerplan Krimpenerwaard moet de noodzakelijke verkaveling en herinrichting van het gebied worden gefaciliteerd. 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 dempingsmaterialen 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.

Binnen fase 1 is een onderzoeksplan opgesteld. 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. Bij deze keuze is gebruik gemaakt van de zogenaamde Triadebenadering, waarin chemische, toxicologische en ecologische (onderzoeks)parameters samen argumenten leveren voor beantwoording van de onderzoeksvragen. Daarnaast is een beslisstructuur opgesteld waarlangs het onderzoek verloopt volgens een zogenaamd 'afpelprincipe'. Op grond van resultaten uit de experimenten wordt beslist of dempingscategorieën voor verder onderzoek af kunnen vallen, waarbij eerst de 'worst case' wordt onderzocht (bijvoorbeeld effecten in het dempingsmateriaal zelf). Als daarin afwijkingen van de gebiedseigen referentie worden gevonden, kan ervan worden uitgegaan dat deze in minder slechte situaties ook niet optreden (bijvoorbeeld in het deklaag materiaal).

Gaandeweg de uitvoering van fase 2 zijn beoordelingscriteria opgesteld, in samenwerking met actoren uit de streek, beleidsmatige belanghebbenden en wetenschappelijke partners. Het streven was een wetenschappelijk aanvaardbare werkwijze, uitgaande van beleidsmatige visies en acceptatie bij belangenpartijen in de Krimpenerwaard ten aanzien van ecologische risico's voor natuur, landbouw en recreatie.

De beoordeling is alleen gericht op beleidsmatig negatief te beoordelen ecologische effecten, vindt plaats ten opzichte van een gebiedseigen referentie en valt uiteen in twee onderdelen: voor elk van de zes categorieën verdacht dempingmateriaal en per locatie. Op categorieniveau wordt bekeken of de dempingen statistisch significant afwijken van de referentie op basis van naar landgebruik gedifferentieerde onbetrouwbaarheidsdrempels. Voor de functie 'natuur' wordt daarbij een meer gevoelig toetscriterium ($\alpha=0,05$) gehanteerd dan voor 'landbouw'; minder gevoelig toetscriterium ($\alpha=0,025$). Als geen significante afwijking wordt gevonden, wordt nog

bekeken of afzonderlijke locaties buiten de bandbreedte van de referentie vallen. Er wordt een maximaal toelaatbaar aantal locaties (MTA) berekend dat van de referentie zou mogen afwijken. Het MTA is gebaseerd op het aantal beschikbare metingen. Ook deze locatiespecifieke beoordeling gebeurt op basis van naar functie gedifferentieerde criteria: natuur o.b.v. het 97,5-percentiel; landbouw o.b.v. het 95-percentiel. Bij geconstateerde statistische afwijking of bij overschrijding van het MTA wordt de voorgenomen standaardmaatregel 'afdekken met 30 cm' voor de betreffende categorie als ontoereikend beoordeeld.

In het eerste deel van fase 2 is een *screening* uitgevoerd op verhoogde beschikbare gehalten en effecten van contaminanten in verdachte dempingscategorieën. Omdat in deze fase in dempingsmateriaal alle onderzochte categorieën ecotoxicologische effecten gevonden zijn, is voor alle categorieën uitgebreid effectonderzoek in de deklaag uitgevoerd. Beoordeling heeft plaatsgevonden volgens bovenstaande beoordelingscriteria.

In het tweede deel van fase 2 is onderzoek gedaan naar effecten in de deklaag. Hiertoe werden locaties geselecteerd met verdacht dempingsmateriaal en een schone deklaag van tenminste 30 cm. Door toepassing van de Triade benadering kan een breed en coherent beeld worden verkregen van de invloed van deze slootdempingen op het ecosysteem. Het onderzoek valt uiteen in milieuchemische en toxicologische waarnemingen (metaalgehalten in wormen, bioassays met regenwormen en micro-organismen in het laboratorium) en ecologische veldwaarnemingen (inventarisaties van regenwormen en nematoden). Daarnaast is door middel van simulatie-experimenten onderzocht of herverontreiniging van een schone deklaag mogelijk is door bioturbatie door regenwormen en opname door plantenwortels. Beoordeling heeft plaatsgevonden volgens bovenstaand principe.

In fase 3 is vooral gekeken naar opschaling van locatiespecifieke effecten en naar effecten op weidevogels. Daartoe werd de Grutto verkozen, als ambassadeur van het veenweidegebied. De opschaling van locatiespecifiek naar gebiedsgericht wordt uitgevoerd volgens verschillende afleidingen: (i) modellering van doorvergiftiging van de keten regenworm-grutto, (ii) bioassays op eieren van de grutto, (iii) veldonderzoek aan broedsucces van de grutto.

Resultaten

In fase 2a van het VE heeft een screening plaatsgevonden van het dempingsmateriaal uit de slootdempingen (voor de dempingscategorieën bagger, bouw- en sloopafval, huishoudelijk afval, bedrijfsafval, lompen en shredder. Gekeken is naar de aanwezigheid van toxicanten en het optreden van effecten, met als doel dempingscategorieën uit te kunnen sluiten voor verder onderzoek (afpellen). Er is gebruik gemaakt van een beperkt pakket onderzoeksparameters om snel inzicht te krijgen in het functioneren van het ecosysteem in de Krimpenerwaard. Gebruikt zijn: EROD-inductie, beschikbare metaalgehalten in bodem, bioassay met regenwormen, BIOLOG-bioassay en potentiële nitrificatie.

De resultaten geven aan dat in elke dempingscategorie effecten optreden die volgens de beoordelingscriteria duiden op een significante afwijking van de gebiedseigen referentie (hetzij categoriegewijs, hetzij locatiespecifiek). Dit geldt voor zowel het meer gevoelige toetscriterium (functie natuur) als het minder gevoelige toetscriterium (functie landbouw) beoordeling. Op grond van deze resultaten, wordt geconcludeerd dat in alle dempingscategorieën verder onderzoek aan deklagen noodzakelijk is.

In fase 2b is uitgebreid onderzoek verricht aan de deklagen van alle dempingscategorieën. Het betreft hier milieuchemisch, toxicologisch en ecologisch onderzoek (Triade). De keuze van de parameters is gebaseerd op het verkrijgen van inzicht met betrekking tot functioneren van het ecosysteem, aanwezigheid van stoffen in de voedselketen en mogelijke wegen van her-verontreiniging van een schone deklaag. De experimenten die zijn uitgevoerd, zijn: veldinventarisatie regenwormen en nematoden, metaalgehalten in wormen, bioassay met regenwormen, bioturbatie door regenwormen, opname en transport door brandnetel.

De resultaten van de verschillende experimenten zijn alle getoetst volgens de eerder beschreven beoordelingssystematiek. In alle dempingscategorieën worden afwijkingen gevonden ten opzichte van de gebiedseigen referentie, zowel op basis van het meer gevoelige toetscriterium (natuur) als het minder gevoelige toetscriterium (landbouw). Op basis van *multiple weight of evidence* en de grootte van de aangetoonde effecten in het deklaagmateriaal, worden de gevonden afwijkingen van de gebiedseigen referentie als relevant beschouwd.

In fase 3 van het VE is nagegaan of weidevogels effecten kunnen ondervinden van de verontreinigingen in verdachte dempingen. Dit is volgens verschillende afleidingen gedaan: modelmatig, een bioassay met eieren en analyse van veldgegevens over broedsucces.

Modelberekeningen laten zien dat doorvergiftiging van cadmium in de Grutto nierschade kan veroorzaken in volwassen vogels vanaf het 7-12e levensjaar (afhankelijk van het aandeel regenwormen in het dieet). De leeftijdsgroep van dieren ouder dan 7 jaar levert een significante bijdrage aan de reproductie van de populatie: daarvan komt 27-44% voor rekening van deze groep (onder aanname van leeftijdsonafhankelijke fecunditeit en mortaliteit, en een overlevingspercentage in de broedpopulatie van respectievelijk 77-85%). Additionele effecten van andere metalen werden niet gesimuleerd.

Omdat deze nierschade niet te herleiden is tot verdachte slootdempingen, kunnen hieraan geen conclusies worden verbonden met betrekking tot afdekken van categorieën. In het veldonderzoek aan de Grutto is gekeken of aanwezigheid van dempingen in het broedterritorium invloed heeft op het uitkomen van eieren van de Grutto. Een significante relatie is niet aangetoond, hoewel er wel een negatieve trend zichtbaar is. In extracten van de geraapte eieren (van niet uitgekomen nesten) is door middel van een EROD-bioassay onderzocht of stoffen als PAK's, dioxinen en PCB's in de eieren aanwezig zijn en of deze aanwezigheid valt te relateren aan slootdempingen. Er is een relatie aangetoond tussen de aanwezigheid van (al dan niet afgedekte) slootdempingen en de mate van EROD-inductie. Dit betekent dat deze dempingen bijdragen aan blootstelling aan dioxine-achtige stoffen en EROD-

inductie is ook aangetoond in extracten van het dempingsmateriaal. Daarnaast zijn PCB's aangetoond in grond en demping.

Conclusie

Het VE aan de deklagen op dempingen, heeft beperkingen in de zin van bijvoorbeeld het aantal monsters dat gebruikt kon worden, de relatief lage statistische 'power' die van dit lage aantal het gevolg kan zijn, en het mogelijk optreden van type I fouten¹ in de analyses. Er zijn echter effecten aantoonbaar gebleken in verschillende typen parameters, zowel in het veldonderzoek als in de laboratoriumexperimenten, als op grotere ruimtelijke schaal in geval van de eieren van de Grutto. Dit laatste kon echter niet uitgewerkt worden tot het niveau van dempingcategorie.

Rekening houdend met de beperkingen kan op basis van deze *multiple weight of evidence* toch geconcludeerd worden dat voor alle onderzochte categorieën dempingmateriaal, te weten bedrijfsafval, bagger, bouw en sloopafval, huishoudelijk afval, lompen en shredder, op basis van functiegerichte criteria ecologische effecten gevonden worden in de deklaag van dempingen met een voldoende dikke deklaag (>30 cm). Dit geldt zowel voor de gebruiksfunctie natuur (en impliciet de gebruiksfunctie recreatie) als voor de gebruiksfunctie landbouw. Hierdoor kan vanuit het VE de aanname in het bodembeheerplan t.a.v. de effectiviteit van de maatregel niet onderschreven worden.

¹ Deze fout houdt in dat het mogelijk is dat een statistisch significante afwijking van een referentie gevonden wordt, zonder dat in werkelijkheid sprake is van een verschil; het verschil berust op toeval. Er kunnen zo effecten worden genoteerd die er eigenlijk niet zijn (vals-positief). Het optreden van type I fouten is inherent aan wetenschappelijk onderzoek, en kan niet worden uitgesloten. De kans op type I fouten kan echter verminderd worden door bijvoorbeeld het aantal waarnemingen te verhogen.

1 Inleiding

1.1 Probleemstelling

De Krimpenerwaard beslaat een groot aaneengesloten gebied met voornamelijk landbouw (85%) en natuur (2%), naast wegen, watergangen en bebouwing. Het beleid van de rijksoverheid en de provincie is gericht op het behouden en versterken van de groene functies, zoals natuur, landbouw en recreatie. Daartoe zijn in het gebied twee landinrichtingsprojecten gaande, te weten Krimpenerwaard en Krimpen, met de bedoeling om de landbouwkundige mogelijkheden te verbeteren, de natuurwaarden te vergroten en de natuur- en landschapsgerichte recreatie te ontwikkelen. Deze gebiedsontwikkeling gaat gepaard met grondtransacties en de inrichting van beheersgebieden, reservaatgebieden en natuurontwikkelingsprojecten, maar heeft sterk te kampen gehad met een stagnerende grondmobiliteit als gevolg van bodemverontreiniging.



Figuur 1. Ligging van de Krimpenerwaard binnen de gestippelde lijn

Binnen de Krimpenerwaard is sprake van een groot aantal slootdempingen, ophogingen en stortplaatsen, voornamelijk aangebracht in de vijftiger tot tachtiger jaren. Het aangevoerde dempingsmateriaal loopt uiteen van agrarisch en huishoudelijk afval tot bouw- en sloopafval, industrieel- en scheepswerfafval en baggerslib. Ten gevolge hiervan is de bodem op vele plaatsen verontreinigd, onder meer met zware metalen, polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK) en gechlloreerde koolwaterstoffen. Het algemene uitgangspunt van het bodembeschermingsbeleid is het duurzaam handhaven of herstellen van een goede bodemkwaliteit, ofwel het bewerkstelligen van een zodanige kwaliteitsverbetering van de bodem dat deze in principe geschikt is voor alle functies.

De omvang van het aantal dempinglocaties (meer dan 5000), de onbekendheid met de voor iedere demping gebruikte materialen, de ligging van dempingen binnen het hele gebied van de Krimpenerwaard en de heterogeniteit in aard van het dempingmateriaal op ruimtelijke schaal hebben geleid tot de beleidsmatige opstelling de Krimpenerwaard als één enkel ernstig en urgent geval van bodemverontreiniging aan te merken. Dit om stagnatie van de beleidsmatige voornemens met betrekking tot behoud en versterking van de groene functies tegen te gaan.

In een bestuursovereenkomst tussen dertien belangenpartijen is een bodembeheerplan vastgesteld dat uitgaat van actief bodembeheer voor de Krimpenerwaard, waarbij een functiegerichte sanering wordt voorgestaan door afdekking van dempingen met gebiedseigen grond. De Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard (SBK) is belast met de uitvoering van het bodembeheerplan. Daarbij wordt de juridische aansprakelijkheid en het beheer van verontreinigde locaties contractueel overgenomen door de SBK tegen een vergoeding van de landeigenaar. Als onderdeel van het bodembeheerplan dienen richtlijnen te worden opgesteld voor keuzevorming binnen de functiegerichte aanpak, voor werkzaamheden ten behoeve van beperking van nadelige effecten en voor het verruimen van de gebruiksmogelijkheden. De functies die in dit kader van belang zijn betreffen landbouw, natuur en recreatie.

Als maatregel bij de sanering van verdachte dempingen met ontoereikende deklaag wordt uitgegaan van het opbrengen van minimaal 30 cm gebiedseigen grond. De bodemkwaliteitseis van de dikte van de deklaag van 30 cm is nog niet definitief vastgesteld. Deze deklaag zal voor het wegnemen van fysieke belemmeringen worden gebruikt, maar ook voor bescherming van o.a. ecologische en landbouwkundige functies. Voor het wegnemen van fysieke belemmeringen en bescherming tegen humane risico's wordt de dikte van 30 cm voldoende geacht; wat betreft ecologische en landbouwkundige risico's staat dit nog ter discussie.

Als onderdeel van het bodembeheerplan wordt tevens een onderzoek geïnitieerd dat tot doel heeft de beleidsmatige aannamen ten aanzien van het bestaan van mogelijke nadelige effecten van slootdempingen al naar gelang het dempingmateriaal en de aard en dikte van een afdeklaag te verifiëren. Dit verificatieonderzoek omvat deelonderzoeken met betrekking tot effecten ten aanzien van landbouw, ecologie en verspreiding, en is opgedeeld in drie onderzoeksfases (fase 1, 2 en 3) en een eventuele monitoringsfase (fase 4, nog niet uitgewerkt).

1.2 Doelstelling Verificatieonderzoek Ecologie

Het verificatieonderzoek heeft tot doel het verifiëren van de juistheid van de aannamen zoals geformuleerd in het bodembeheerplan ten aanzien van het optreden van nadelige effecten. Het Verificatieonderzoek Ecologie richt zich daarbij specifiek op nadelige ecologische effecten voor de gebruiksfuncties natuur, landbouw en recreatie. Het onderzoek onderscheidt zich van het Verificatieonderzoek Landbouw, doordat niet naar landbouwkundige productkwaliteit wordt gekeken, maar naar

risico's voor het ecosysteem in landbouwgebieden die nadelig kunnen uitwerken op agrarisch landgebruik.

In dit rapport wordt per projectfase weergegeven wat de aanpak resultaten en discussie en conclusies zijn. Tenslotte wordt een algehele slotconclusie geformuleerd, en worden aanbevelingen voor verder onderzoek aan resterende kennisvragen en monitoring.

2 Fase 1: Plan van Aanpak

Het VE omvat onderzoek met betrekking tot ecologische risico's, en is opgedeeld in onderzoeksfasen. De eerste fase betrof het opstellen van het Plan van Aanpak. Het VE is opgezet als gebiedspecifiek onderzoek, de onderzoeksparameters zijn aangepast aan de eigenschappen van de Krimpenerwaard. Hierbij worden resultaten van locatiespecifiek milieuchemisch en ecotoxicologisch onderzoek in dempingsmateriaal en ecologisch onderzoek in de directe omgeving (fase 2) opgeschaald. Daarbij wordt gebruik gemaakt van beleidsdoelstellingen op het niveau van gehele Krimpenerwaard (fase 3). Er wordt een functiegerichte benadering gevolgd. Uitgaande van het gewenste bodemgebruik zijn voor de functies natuur, landbouw en recreatie de concrete doelstellingen voor beleid en beheer 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 zijn vervolgens vertaald naar parameters die meetbaar of voorspelbaar zijn met bestaande of specifiek te ontwikkelen technieken of modellen (conform Rutgers *et al.*, 1998). De eindbeoordeling van de parameterwaarden zal geschieden op basis van gaandeweg vastgestelde criteria. Het onderzoek volgt een "afpel-principe" waarbij de resultaten van eerdere onderdelen bepalend zullen zijn voor de verder te volgen stappen.

In eerste instantie zal voor de beleidsmatig als verdacht aangemerkte categorieën dempingsmateriaal van locaties met onvoldoende afdekking worden onderzocht of metalen en organische microverontreinigingen in het dempingsmateriaal beschikbaar zijn. Wanneer deze stoffen worden aangetroffen worden oriënterende effectenstudies uitgevoerd aan betreffende dempingmaterialen (fase 2a van het VE). Gekozen is voor ecotoxicologische bioassays met regenwormen en microbiële activiteit. Uit deze screening zal moeten blijken in welke categorieën dempingsmateriaal verhoogde gehalten verontreinigingen en effecten laten zien en in welke niet. Volgens het 'afpelprincipe' zal alleen de groep waar verhoogde risico's zijn vastgesteld in vervolgonderzoek worden meegenomen.

Dit vervolgonderzoek (fase 2b van het VE) zal zich richten op locaties met, een volgens het bodembeheerplan, reeds gerealiseerde afdekking. Hier zal worden gekeken naar eventuele verontreiniging in de deklaag en het ecologisch risico voor opname door bodemdieren en diepwortelende planten zal worden bepaald. Daarnaast zullen de risico's voor weidevogels en andere natuurdoelstellingen worden beoordeeld met hiertoe te ontwikkelen methodiek voor opschaling van locatiespecifieke effecten naar gebiedsniveau (fase 3 van het VE).

2.1 Opzet en fasering VE

Het VE is opgedeeld in vier fasen: drie onderzoeksfasen en een monitoringsfase. De resultaten van onderzoek in eerdere fasen bepalen de werkwijze en onderzoeksparameters voor het vervolgonderzoek in latere fasen. Het project werd daarom

“werkenderwijs” steeds verder ingevuld met betrekking tot specifieke onderzoeksactiviteiten.

In fase 2 van het onderzoek werd allereerst een schatting gemaakt van de potentiële ecotoxicologische risico's op locatieniveau, die de verschillende dempingtypen en eventueel verdachte deklagen vormen voor het realiseren van de verschillende bestemmingsdoelen. Het eerste probleem dat zich hierbij voordoet is het feit dat de uiteindelijke bestemmingen veelal nog niet gerealiseerd zijn. Instelling van waterpeilen, afplaggen en andere inrichtingsmaatregelen ten behoeve van natuurontwikkeling hebben nog niet plaatsgevonden. Het onderzoek heeft daarom qua locatiekeuze te kampen met een zeer beperkte voorraad B-locaties en locaties met bestemming 'natuur'.

2.1.1 Beslisstructuur onderzoek volgens 'afpel-principe'

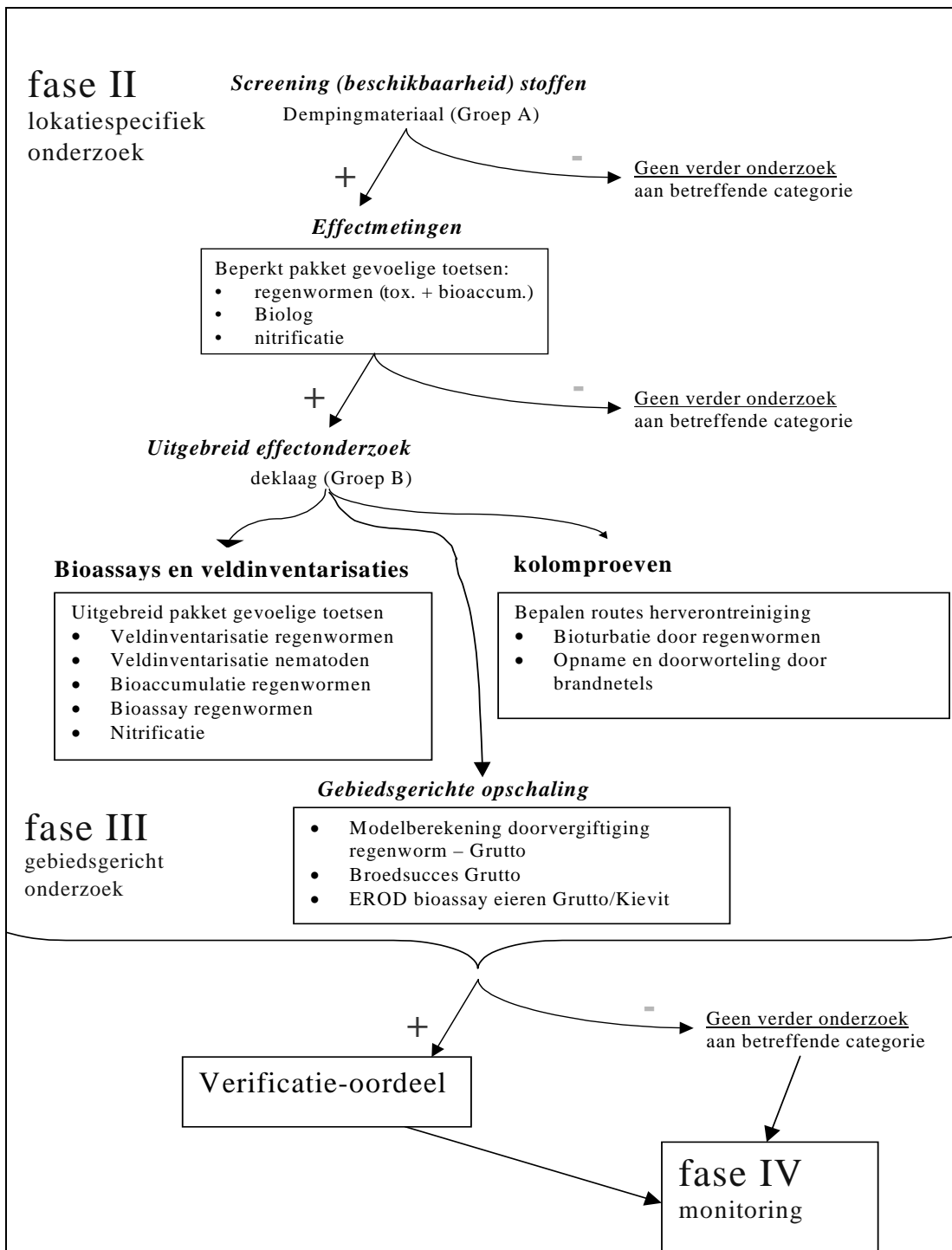
Figuur 2.1 laat de beslisstructuur zien waarin voor dempingmateriaal, en eventueel later gecombineerd met deklaagmateriaal, staat weergegeven bij welke condities en resultaten verschillende onderzoekstappen moeten worden uitgevoerd. Binnen het onderzoek wordt een afpel-principe gehanteerd, waarbij uit te voeren onderzoekstappen afhankelijk worden gesteld van de resultaten van voorafgaande onderzoekstappen.

Fase 2

In een screening wordt voor locaties uit Groep A² aangetoond of verontreinigingen in het dempingsmateriaal per dempingscategorie aanwezig en beschikbaar zijn. Indien dit niet het geval is, zijn geen potentiële risico's te verwachten in de desbetreffende categorie, en hoeft geen vervolgonderzoek plaats te vinden. Bij aantoonbare beschikbaarheid dient te worden vastgesteld of effecten aantoonbaar zijn, of in de toekomst mogen worden verwacht. Het is in deze fase van het onderzoek van belang beslismomenten zo vroeg mogelijk te kunnen leggen. Er is gekozen om een beperkt pakket aan effectmetingen uit te voeren om te bepalen of er effecten zijn (*screening*). De eventueel gevonden effecten worden beoordeeld volgens de functiegerichte criteria³ zoals opgesteld in samenspraak met de gebruikers. De parameters in het beperkt pakket zijn zodanig gekozen dat verschillende aspecten wat betreft structuur en functioneren van het ecosysteem beschouwd kunnen worden: toxiciteit bodemorganismen (wormen toxiciteits-assay), bioaccumulatie (regenwormen bioaccumulatie-assay), functionele samenstelling micro-organismen (Biolog), en nitrificatie als indicatie van het functioneren van de bodem. Bij aangetoonde effecten wordt aanvullend effectonderzoek uitgevoerd aan de deklaag van betreffende categorieën.

² Groep A locaties betreffen onvoldoende afgedekte slootdempingen, of met afdek materiaal met verdachte bijmenging.

³ Deze criteria werden ontwikkeld gaandeweg het onderzoek in fase 2b van het VE. Aanvankelijk zijn de gevonden effecten op een 'normale' statistische wijze beoordeeld. Later heeft (her)beoordeling volgens ondertussen vastgestelde functiegerichte criteria plaatsgevonden. Deze (her)beoordeling wordt gepresenteerd in dit eindrapport en in Bijlage 3 van dit eindrapport (Van der Pol *et al* 2003).



Figuur 2.1. Beslisboom VE (onderzoeksfasen en monitoring) volgens appelmechanisme

Bij gebleken effecten zal in een vervolgstap in het VE de demping in combinatie met een deklaag van minimaal 30 cm worden beschouwd. Dit betreft dus onderzoek aan locaties uit Groep B. Er worden dan twee sporen in fase 2 bewandeld en één in fase 3⁴ (zie figuur 2.1):

1. Bioassays en veldinventarisaties
2. Kolomproeven voor het bepalen van routes van (her)verontreiniging.

Bij de keuze van de testen is rekening gehouden met de verschillende blootstellingsroutes van stoffen uit het dempingsmateriaal zodat een breed beeld van het functioneren van het ecosysteem ontstaat.

In fase 2b van het VE wordt locatiespecifiek onderzoek verricht aan dempingsmateriaal en deklaagen (verdeeld in een aantal dempingscategorïeën). 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 categorieën dempingsmaterialen een risico opleveren voor de omgeving. Deze stap is nodig voor fase 3 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).

Fase 4 van het VE is nog niet uitgewerkt, daarover wordt een besluit genomen na afronding van fase 2 en 3. Aanbevelingen voor deze fase van het VE worden in het laatste hoofdstuk van dit rapport gedaan.

⁴ Dit wijkt af van het oorspronkelijke plan van Aanpak, waarin het afpel mechanisme veel verder wordt doorgevoerd. Afwijking van dit principe is overeengekomen binnen het Afstemmingsoverleg als gevolg van tijds- en gelddruk.

3 Beoordelingscriteria

3.1 Ontwikkelingsproces van de beoordelingssystematiek

De hier beschreven beoordelingsprocedure is speciaal voor het doel van het VE ontwikkeld. Bij de ontwikkeling van beoordelingscriteria werden oriënterende gesprekken gevoerd met enkele partijen met betrokkenheid bij beleid rond landbouw, natuur en recreatie in de Krimpenerwaard. Doel van deze uitwisseling was het inventariseren van basale uitgangspunten en doelstellingen achter het beleid van deze partijen, en het benoemen van acceptatiegrenzen voor eventuele nadelige effecten van bodemverontreiniging op deze doelstellingen. Deze werkwijze is conform de Basisbenadering voor locatiespecifieke ecologische risicobeoordeling (Rutgers *et al.* 1998).

De Krimpenerwaard wordt als *pilot*project beschouwd door de ministeries van VROM en LNV. Er worden oplossingen voor de problematiek nagestreefd die ook elders toepasbaar kunnen zijn (een doelstelling die ook door SKB wordt gehanteerd). Daarom werden in eerste instantie landelijk opererende partijen met directe betrokkenheid in de Krimpenerwaard benaderd voor de gesprekken. Deze partijen waren de Dienst Landelijk Gebied (DLG) van Zuid Holland (voor de gebruiksfunctie natuur) en het Ministerie van LNV/Directie Zuid West (voor de gebruiksfuncties natuur en landbouw). Voor recreatieve functies werd eerder al besloten uit te gaan van natuurwaarden als ecologische randvoorwaarden (Faber & van den Brink 2000), en dus te beoordelen als voor natuur, zodat voor deze functie geen specifieke belangenpartij werd benaderd.

De oriënterende gesprekken hadden het karakter van een interview, op basis van een vooraf aangeboden vragenlijst en achtergrondinformatie over het VE. Op basis van de zo verkregen informatie werden de doelstellingen van DLG en LNV-DZW voor landbouw- en natuurbeleid vertaald in een aantal ecologische randvoorwaarden. Hieruit volgde een controle op de relevantie van de in het Plan van Aanpak geselecteerde onderzoeksparameters. De geselecteerde onderzoeksparameters bleken goed op deze doelstellingen aan te sluiten. Echter, niet alle doelstellingen zijn met een onderzoeksparameter vertegenwoordigd (zoals rode lijst soorten, natuurdoeltypen en vegetatietypen).

Beide partijen verkozen een vergelijking van slootdempingen met een lokale of 'gebiedseigen' referentie boven andere veenweidegebieden of landelijke achtergrondgehalten. Er bleken echter accentverschillen te bestaan voor wat betreft de mate van acceptatie van effecten voor de verschillende gebruiksfuncties. De acceptatiegraad voor eventuele effecten bleek bij beide partijen evenwel zeer beperkt. Ook kwam het standpunt naar voren om liever niet met "normen" te werken, maar met een statistische vergelijking ten opzichte van interne en gebiedseigen referenties. De beleidsmatige acceptatie van eventuele effecten bleek hierbij bij beide partijen op voorhand te verschillen van de wetenschappelijke: trendmatige afwijkingen zonder

statistische significantie zouden sturend kunnen zijn voor beleid wanneer het ecologisch relevante parameters betreft. Voor relevante parameters zou ook een, in de wetenschap minder vaak gebruikt, toetspercentage van 10% acceptabel zijn. In onderstaande tabel worden de resultaten van de gesprekken samengevat.

Tabel 3.1. Overzicht van ecologische randvoorwaarden en beoordelingscriteria van DLG en LNV-DZW met betrekking tot gebruiksfuncties in de Krimpenerwaard.

Organisatie	Natuur	Landbouw	Recreatie
DLG Zuid-Holland	Duurzame populaties weidevogels, vegetatietypen; Geen remming ($\leq 10\%$ remming buiten range van natuurlijke variabiliteit acceptabel)	Beheerspakketten; Maximaal 10% remming; Productkwaliteit	Als natuur
LNV Directie Zuid-West	Duurzame populaties doelsoorten; bijzondere soorten; bodemprocessen; Geen remming (onbetrouwbaarheidsdrempel tot $\alpha=0,10$)	Productkwaliteit; Maximaal 25% remming	-

De serie interviews is na deze twee belangenpartijen afgebroken, en andere partijen zijn niet meer op eenzelfde wijze benaderd. Enerzijds was met de gesprekken voldoende materiaal verzameld om het onderzoeksplan met betrekking tot de parameterkeuze te onderbouwen. De randvoorwaarden zijn voor het VE vertaald in onderzoeksparameters met daaraan gekoppelde beoordelingscriteria (tabel 3.1). Aan de andere kant werd duidelijk dat de door deze stakeholders gewenste nauwkeurigheid voor effectgrenzen niet verenigbaar was met de reeds eerder gemaakte keuze voor een breed ingestoken verificatieonderzoek. Er ontstond een spanningsveld met betrekking tot de vereiste bemonsteringsintensiteit en de budgettaire beperkingen.

Teneinde het draagvlak voor onderzoeksparameters en beoordelingscriteria te optimaliseren bij beleid en uitvoering zijn deze voorgelegd aan een aantal belanghebbende partijen uit de Krimpenerwaard. Aan dit “stakeholdersoverleg” hebben bijgedragen: Stichting Bodembeheer Krimpenerwaard, Provincie Zuid-Holland, LNV Directie Zuid-West, de Westelijke Land- en Tuinbouworganisatie, Dienst Landelijk Gebied Zuid-Holland en de Stichting Het Provinciaal Landschap Zuid-Holland. Daarnaast heeft de wetenschappelijke begeleidingsgroep hierover geadviseerd. Aldus resulteerde een werkbare en breed geaccepteerde beoordelingssystematiek voor het bepalen van ecologische risico’s van afgedekte slootdempingen in de Krimpenerwaard.

Tabel 3.2. Uitwerking van standpunten van DLG en LNV-DZW met betrekking tot beoordelingscriteria voor onderzoeksparameters van het Verificatieonderzoek Ecologie

Afpelfase ⁵	Onderzoeksparameter	Criterium
Screening grondmonsters op aanwezigheid van stoffen (locaties groep A)	<ul style="list-style-type: none"> • EROD inductie • PCB gehalten bodem (VL) • Potentieel beschikbare fractie zware metalen 	Geen significant aantoonbare verhoging t.o.v. referentie ⁶ (specifiek voor dempingmateriaal of hele Krimpenerwaard) in géén van de onderzochte locaties
Screening grondmonsters op (potentiële) toxiciteit (locaties groep A)	<ul style="list-style-type: none"> • Bioassay regenwormen; • Bioassay Biolog; • Bioassay nitrificatie 	Geen effect ⁷ (niet per categorie dempingmateriaal, noch per locatie)
Aanvullende effectenstudies locaties groep B	<ul style="list-style-type: none"> • Veldinventarisatie en bioaccumulatie regenwormen; • Nematoden maturity index; • Nitrificatie 	Géén effect (DZW) of max. 10% effect (DLG) voor functie 'natuur' <i>aq.</i> 10% (DLG) tot 25% (DZW) effect voor functie 'landbouw' (noch per categorie dempingmateriaal, noch per locatie) recreatie als natuur.
Bepalen of een deklaag van 0,3 meter voldoende bescherming biedt tegen blootstelling door bioturbatie en doorworteling (locaties groep B)	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminatiepatroon in de deklaag Groep B (VL) • Kolomproeven met regenworm • Opnameproef met brandnetel 	Geen verhoogde contaminantgehalten in de deklaag, in regenwormen of in bovengrondse plantedelen en een soortensamenstelling van regenwormen conform referentie ² (noch per categorie dempingmateriaal, noch per locatie)
Weidevogelonderzoek en gebiedsgerichte opschaling van locatiespecifieke effecten	<ul style="list-style-type: none"> • Broedsucces Grutto • EROD-inductie Grutto eieren • Modellerings doorvergiftiging zware metalen Grutto 	Geen verminderd broedsucces of enzyminductie in eieren, noch versnelde bioaccumulatie ten opzichte van referentie (niet per categorie dempingmateriaal, noch per locatie)

⁵ Na de screening van grondmonsters van locaties uit groep A op (potentiële) toxiciteit is het afpelprincipe losgelaten, omdat ondanks vertraging van het onderzoek door MKZ en onjuiste gegevens in de locatiedatabase om bestuurlijke redenen wordt vastgehouden aan de oorspronkelijke einddatum voor oplevering van de resultaten. De afzonderlijke onderzoeksactiviteiten van fasen 2 en 3 (zie figuur 2.1) werden parallel aan elkaar uitgevoerd.

⁶ Als referentie gaat de voorkeur uit naar: naastliggend grasland (LNV-DZW) of geschikte deelgebieden Krimpenerwaard (DLG). Eventueel (maar tweede keus) kan een bredere, gebiedseigen achtergrond worden gehanteerd. Een veenweidegebied elders wordt liever niet als referentie gehanteerd vanwege afwijkende milieuomstandigheden. Hiernaast worden door de Provincie Zuid-Holland gegevens voor de Krimpenerwaard uit Provinciaal Integraal Milieu Meetnet (PIMM) ter referentie voorgesteld.

⁷ N.B.: DLG en LNV-DZW geven aan dat effecten niet *per se* significant hoeven te zijn, maar wel ecologisch relevant moeten zijn om er consequenties aan te willen verbinden.

3.2 Uitgangspunten voor de systematiek

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). Voor terrestrische bodems was dit initiatief gefocussed 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.

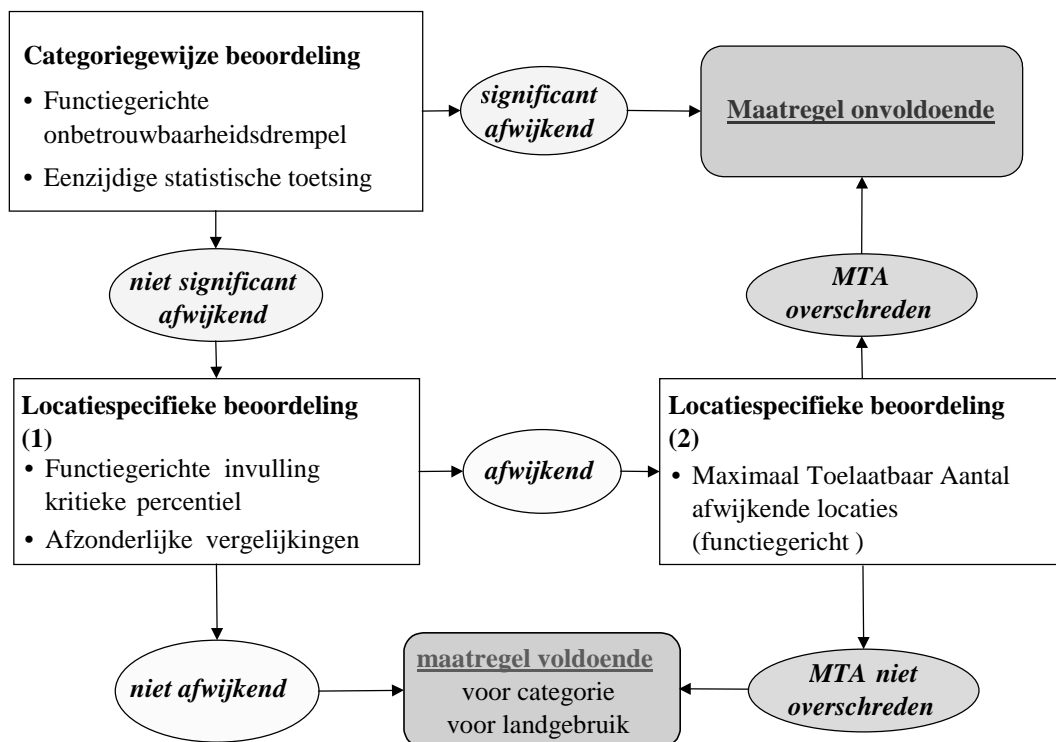
De onderzoeksparameters die zijn opgenomen in het VE zijn voorgesteld door Alterra en besproken door een wetenschappelijke begeleidingsgroep van het VE en door het Afstemmingsoverleg, en zijn alle te beschouwen als relevante ecologische parameters. Minder relevante parameters zijn in het voorafgaande 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 (zie bemonsteringsschema: Bijlage 2, aanhangsel 1). 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 beleidmatig als negatief te beoordelen effecten werden in beschouwing genomen.

3.3 De beoordelingsystematiek

In het VE wordt de beoordeling in twee stappen uitgevoerd. In eerste instantie worden de verdachte categorieën dempingmateriaal afzonderlijk getest (*categoriegewijze beoordeling*). Wanneer geen significant effect wordt gevonden, volgt een *locatiespecifieke beoordeling*⁸. 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.



Figuur 3.1: 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

⁸ ‘Locatiespecifieke beoordeling’ heeft hier geen relatie met ‘locatiegericht onderzoek’, zoals in het Bodembeheerplan wordt beschreven.

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 standaard gevoelige toetsing (*cf.* ‘natuur’), en 97.5% ($\alpha=0.025$) voor een minder gevoelige toetsing (*cf.* landbouw (tabel 3.3)). Deze onbetrouwbaarheidsdrempels zijn arbitrair gekozen, maar zijn een afspiegeling van de beleidsmatige acceptatie van effecten bij de verschillende functies (zie 2.1). 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 (“standaard”) 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 klassenindeling van de mate van effect voorgesteld.

Tabel 3.3. Differentiatie in de onbetrouwbaarheidsdrempel (a) 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.

Functie	Relatieve ecologische gevoeligheid	Relatieve statistische gevoeligheid	Relatie met wetenschappelijke traditie	Onbetrouwbaarheidsdrempel (eenzijdig)
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 3.1), 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 wél 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. 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 (om de gevoeligheid van de toetsen tussen de categoriegewijze en de locatiespecifieke vergelijkbaar te houden, zodat de totale kans op type I fouten gelijk is) wordt gedaan, is de gevoeligheid van de locatiespecifieke toetsing relatief lager dan de categoriegewijze toetsing (tabel 3.4). 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 (“standaard”) 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 3.4. 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.

Functie	Relatieve ecologische gevoeligheid	Relatieve statistische gevoeligheid	Relatie met wetenschappelijke traditie	Kritiek percentiel (tweezijdig)
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 uitsluitsel 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 integere waarde, evenredig met het aantal waarnemingen en omgekeerd evenredig met de hoogte van het kritieke percentiel (Tabel 3.4). Er is sprake van overschrijding van het MTA wanneer binnen een dempingscategorie meer locaties significant afwijken van de gebiedseigen referentie dan het aantal dat wordt weergegeven in de tabel.

Tabel 3.5: Het maximaal toelaatbaar aantal locaties dat mag afwijken van de referentie bij verschillende waarnemingsintensiteit (aantallen onderzoekslocaties of experimentele eenheden).

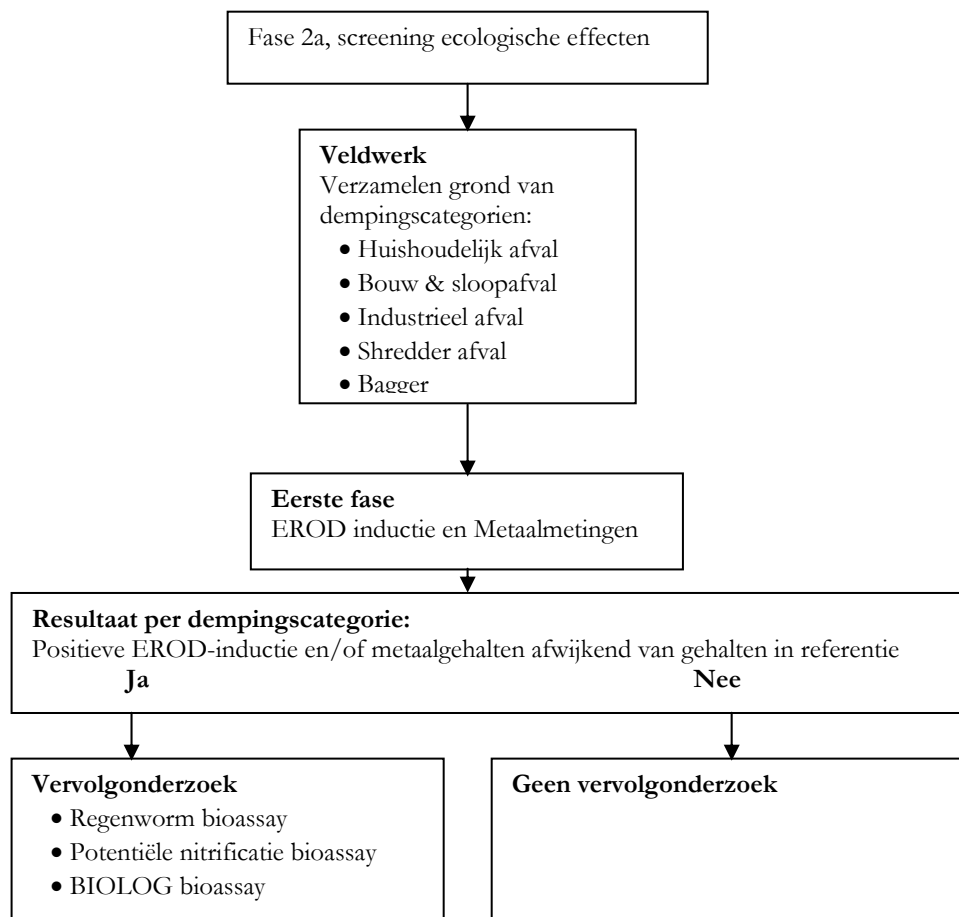
Kritiek percentiel	Aantal waarnemingen						
	3	4	5	6	7	20	23
P95 (meer gevoelig toetscriterium)	1	1	1	1	1	2	3
P97,5 (minder gevoelig toetscriterium)	1	1	1	2	2	4	5

4 Fase 2a: Screening onvoldoende afgedekte dempingen

4.1 Opzet screeningsonderzoek

Fase 2a vormt het eerste onderdeel van Fase 2 van het VE. Zoals in de paragraaf van het plan van aanpak is aangegeven, wordt in deze fase van het VE een eerste screening van de ecologische risico's van de slootdempingen uitgevoerd. Doel hiervan is aan te geven welke categorieën dempingsmaterialen mogelijk een ecologisch risico veroorzaken en vooral: welke niet. Fase 2a is daartoe in twee delen gesplitst (Figuur 4.1). In het eerste deel worden metaalmetingen aan in het veld verzamelde grond uitgevoerd en wordt een EROD-inductie test uitgevoerd. In het tweede deel van fase 2a, wordt de toxiciteit van de verschillende dempingsmaterialen onderzocht op regenwormen en microbiële processen (Biolog) en potentiële nitrificatie.

Beoordeling van de resultaten vindt in grote lijnen plaats volgens vastgestelde criteria (Faber *et.al.*, 2003), zie hoofdstuk 3.



Figuur 4.1: Schematisch overzicht van Verificatieonderzoek Ecologie, fase 2a.

Afhankelijk van de resultaten wordt na afloop van het eerste deel van fase 2a besloten welke dempingscategorieën in het tweede deel van fase 2a 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 dempingscategorie *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 dusdanige gehalten dat deze afwijken van de gebiedseigen referentie, of als de resultaten lastig te interpreteren zijn, zullen met deze dempingscategorieën de experimenten uit het tweede deel van fase 2a uitgevoerd worden. Dit zogenaamde “afpellen” is ook reeds beschreven in hoofdstuk 2.

4.2 Resultaten screeningsonderzoek

De categorieën dempingsmateriaal die in dit 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 4.1 staan de verschillende experimenten zoals ze per categorie zijn uitgevoerd, met daarbij de verschillende relevante parameters die geanalyseerd zijn.

Tabel 4.1. Waarnemingen experimenten met bijbehorende parameters van het 1e deel van fase 2 van het VE

Veldwaarnemingen	Parameter	Experiment	Parameter
Beschikbare metalen grond	Cd	Bioassay regenwormen	Aantal cocons
	Cr		Groei
	Cu		Overleving
	Ni	Biolog	Bacteriële biomassa
	Pb		Omzetting capaciteit
	Zn		Fysiologische diversiteit
EROD	Inductie	Potentiële nitrificatie	NO ₃
			NH ₄

In tabel 4.2 staan de resultaten van de verschillende toetsingen weergegeven. Hierbij is de zwaarst kwalificerende parameter bepalend voor de beoordeling. Wanneer wordt gekeken naar de screening op de aanwezigheid van stoffen dan blijken voor alle categorieën overschrijdingen aantoonbaar. 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 meerdere metalen verhoogde concentraties lieten zien. Bij alle dempingscategorieën werden ook verhoogde EROD gehalten aangetoond. Deze resultaten laten zien dat in dempingsmateriaal van alle

categorieën in principe verhoogde concentraties zware metalen en dioxine-achtige stoffen (als PCBs, PAKs en dioxines) aanwezig zijn.

Tabel 4.2. Toetsings tabel fase 2b 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 de wormen bioassay, als de Biolog assay laten in alle categorieën effecten zien. De potentiële nitrificatie is nergens aantoonbaar verlaagd. Dit is mogelijk gelegen in het feit dat variatie in pH, waarvoor nitrificatie gevoelig is, het aantonen van een duidelijk relatie met dempingscategorie bemoeilijkt. Er waren grote verschillen in de pH van het dempingsmateriaal.

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 toetscriterium 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 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.

5 Fase 2B: Uitgebreid vervolgonderzoek afgedekte dempingen

5.1 Opzet vervolgonderzoek

Op basis van de resultaten in Fase 2a van het VE is besloten om in deklagen van alle onderzochte categorieën dempingen nader onderzoek uit te voeren. Daartoe is in het tweede deel van fase 2 onderzoek gedaan naar effecten in de deklaag. Hiertoe werden locaties geselecteerd met verdacht dempingsmateriaal en een schone deklaag van tenminste 30 cm (dempingen uit groep B⁹). Door toepassing van de Triade benadering kan een breed en coherent beeld worden verkregen van de invloed van deze slootdempingen op het ecosysteem. Het onderzoek valt uiteen in milieuchemische en toxicologische waarnemingen (metaalgehalten in wormen, bioassays met regenwormen en micro-organismen in het laboratorium) en ecologische veldwaarnemingen (inventarisaties van regenwormen en nematoden). Daarnaast is door middel van simulatie-experimenten onderzocht of herverontreiniging van een schone deklaag mogelijk is door bioturbatie door regenwormen en opname door plantenwortels.

5.2 Resultaten en discussie vervolgonderzoek

Omdat in vorige fasen van het verificatieonderzoek geen categorieën zijn afgevallen, worden alle dempingcategorieën nu meegenomen in deze fase van het onderzoek. Ook de beleidsmatig 'niet verdachte' categorie bagger werd meegenomen. Het betreft dus: bouw- en sloopafval, bedrijfsafval, huishoudelijk afval, shredder, lompen en bagger. Voor alle categorieën zijn op telkens vijf door de SBK en Royal Haskoning geselecteerde locaties veldinventarisaties uitgevoerd en bodemmateriaal verzameld waarmee de verschillende experimenten 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 verschillende experimenten zoals ze per categorie zijn uitgevoerd, met daarbij de verschillende relevante parameters die geanalyseerd zijn.

In tabel 2 staan de resultaten van de verschillende toetsingen weergegeven. Hierbij is uitgegaan van de zwaarst kwalificerende parameter binnen een veldwaarneming of experiment (cf. tabel 1). Hierin schuilt een gevaar van het optreden van een zogenaamde type I fout in de statistische beoordeling. Deze fout houdt in dat het mogelijk is dat een statistisch significante afwijking van een referentie gevonden kan worden, zonder dat in werkelijkheid sprake is van een verschil; het verschil berust op toeval. Er kunnen zo effecten worden genoteerd die er eigenlijk niet zijn (vals-positief). Het optreden van type I fouten is inherent aan wetenschappelijk onderzoek, en kan niet worden uitgesloten. De kans op type I fouten kan echter verminderd worden door bijvoorbeeld het aantal waarnemingen te verhogen. Ook kan op basis

⁹ B-dempingen zijn slootdempingen met een onverdachte deklaag van 30 cm of meer.

van ‘multiple weight of evidence’ de betrouwbaarheid van conclusies worden vergroot. Door coherente keuze van parameters binnen Triade benadering kan nader worden bekeken of effecten wellicht optreden in een geïsoleerde groep van waarnemingen, of effecten bijvoorbeeld wel zichtbaar zijn in de chemische parameters, maar niet in de ecologische. In een dergelijk geval zou een type I fout meer aannemelijk zijn. Zoals bij onderzoek was het aantal waarnemingen om budgettaire redenen beperkt, maar is bij de selectie van een breed scala aan veldwaarnemingen en experimenten de mogelijkheid de toetsingen te bediscussieren in relatie tot ‘multiple weight of evidence’ geoptimaliseerd.

Tabel 5.1. Waarnemingen experimenten met bijbehorende parameters van het 2e deel van fase 2 van het VE

Veldwaarnemingen	Parameter	Experiment	Parameter
Veldinventarisatie regenwormen	Totaal aantal	Bioturbatie door regenwormen	As
	Totale biomassa		Cd
Metalen wormen	Cd		Cr
			Cu
			Ni
			Pb
		Zn	
Veldinventarisatie nematoden	MI 1-5	Opname en transport door Grote brandnetel	As
	MI 2-5		Cd
Bioassay regenwormen	Aantal cocons		Cr
	Groei		Cu
	Overleving		Ni
		Zn	
Nitrificatie	NO ₃		
	NH ₄		

Tabel 5.2. Toetsingstabel fase 2b van het VE. C: categoriegevoelige afwijking t.o.v. de referentie; MTA: overschrijding van het MTA, voor de semicolon staat de toetsing volgens het meer gevoelige toetscriterium, achter de semicolon volgens het minder gevoelige toetscriterium.

	Bedrijfsafval	Bagger	Bouw- & sloopafval	Huishoudelijke afval	Lompen	Shredder
Veldinventarisatie regenwormen	MTA ; MTA	C ; -	MTA ; MTA	C ; -	- ; -	MTA ; MTA
Veldinventarisatie nematoden	MTA ; MTA	- ; -	- ; -	MTA ; MTA	MTA ; MTA	C ; C
Bioassay regenwormen	C ; C	MTA ; -	- ; -	- ; -	MTA ; MTA	MTA ; -
Bioaccumulatie metalen wormen	MTA ; MTA	- ; -	MTA ; MTA	MTA ; MTA	MTA ; MTA	C ; C
Nitrificatie	- ; -	MTA ; MTA	- ; -	MTA ; MTA	MTA ; MTA	- ; -
Bioturbatie	C ; C	C ; MTA	C ; C	C ; C	C ; C	C ; C
Brandnetel	MTA ; MTA	C ; MTA	C ; C	MTA ; MTA	C ; C	C ; C

In tabel 2 is duidelijk zichtbaar dat in alle categorieën afwijkingen aantoonbaar zijn ten opzicht van de gebiedseigen referentie, ook bij toetsing aan het minder gevoelige toetscriterium.

De vraag is dan hoe deze afwijkingen gewaardeerd moeten worden. De *grootte* van het effect is daarbij van belang. Bij de waardering van de grootte van effecten dient verschil gemaakt te worden tussen veldwaarnemingen en laboratoriumexperimenten. In geval van veldwaarnemingen vertoonden de resultaten vaak grote spreiding in de referenties, en in samenhang met het lage aantal waarnemingen is daarmee de aantoonbaarheid van effecten relatief beperkt (lage 'power' van de statistische analyses). Dit geldt met name voor de categoriegewijze toetsing en in iets mindere mate ook voor de locatiespecifieke toetsing. Gezien het voorgaande is het aannemelijk dat alleen grotere effecten significant aantoonbaar zijn op basis van de statistische analyses, en kunnen aangetoonde effecten als het gaat om de veldinventarisaties regenwormen en nematoden en de bioaccumulatie van metalen in regenwormen daarom als relevant worden beschouwd. Bij experimenten als de bioturbatieproef en de brandnetelproef is een kleine afwijking van de referenties reeds aantoonbaar. Echter, in deze experimenten is de grootte van het effect van minder belang. De hier gemeten parameters dienen beschouwd te worden als indicatoren van het optreden van processen, te weten bioturbatie en opname van metalen door de plant. De experimenten waren opgezet om het optreden van deze processen te verifiëren, eerder dan om de omvang van de effecten vast te stellen. Daartoe zijn zeer langdurige experimenten of metingen in het veld nodig.

Een ander punt van belang bij de waardering van de toetsing is of de effecten wel *toe te schrijven* zijn aan verontreinigingen in de demping. Voor nitrificatie worden in het huidige onderzoek effecten aangetoond in de deklaag. Echter, in de voorafgaande *screening* (1e deel van fase 2) zijn in dempingmateriaal geen effecten aantoonbaar gebleken. Het is dus mogelijk dat de effecten op nitrificatie in de deklaag minder met de demping te maken hebben, dan wel met het deklaagmateriaal zelf. Ook voor wat betreft het voorkomen van nematoden is het mogelijk dat de effecten in enigermate toe te schrijven zijn aan het type deklaagmateriaal of andere fysische verschillen. De vraag naar *oorzaak en gevolg* moet daarom worden benaderd via de weg van *multiple weight of evidence*. Met andere woorden, het is altijd mogelijk dat in een afzonderlijke waarneming een effect onterecht wordt toegewezen aan de verontreinigingen in de demping, maar het optreden van effecten in een breed scala van uiteenlopende waarnemingen maakt de kans op een verkeerde eindconclusie klein.

In geval van het minder gevoelige toetscriterium kan worden gesteld dat er in alle categorieën bij minimaal drie parameters afwijkingen van de gebiedseigen referentie zijn gevonden. Indien nitrificatie buiten beschouwing wordt gelaten, zijn dit er twee. Wanneer getoetst aan het meest gevoelige toetscriterium is de afwijking minimaal viervoudig. Over het algemeen worden de effecten per categorie in verschillende typen waarnemingen gevonden. Alleen bij bagger worden slechts twee afwijkingen gevonden, in de bioturbatieproef en de brandnetelproef (voor wat betreft toetsing aan het minder gevoelige toetscriterium). Deze categorie daargelaten lijkt het er daarmee op dat op basis van *multiple weight of evidence* en de grootte van aangetoonde effecten de gevonden effecten in het deklaagmateriaal als relevant moeten worden beschouwd. Overigens is ook in geval van bagger bij toetsing t.o.v. het minder gevoelige toetscriterium het optreden van herverontreiniging aannemelijk.

6 Fase 3: Gebiedsgerichte opschaling

6.1 Opzet gebiedsgerichte opschaling

In fase 3 is vooral gekeken naar opschaling van locatiespecifieke effecten en naar effecten op weidevogels. Daartoe werd de Grutto verkozen, als ambassadeur van het veenweidegebied. De opschaling van locatiespecifiek naar gebiedsgericht wordt uitgevoerd volgens verschillende afleidingen: (i) modellering van doorvergiftiging van de keten regenworm-grutto, (ii) bioassays op eieren van de grutto, (iii) veldonderzoek aan broedsucces van de grutto.

6.2 Resultaten en discussie gebiedsgerichte opschaling

In fase 3 van het VE wordt nagegaan of weidevogels effecten kunnen ondervinden van de verontreinigingen in verdachte dempingen. Weidevogels vormen een belangrijke doelstelling voor gebiedsgericht beleid. Tevens kan door dergelijk onderzoek duidelijk worden of lokale verontreinigingen op grotere schaal kunnen doorwerken. Dit onderzoek is volgens verschillende afleidingen uitgevoerd: modelmatig, een bioassay met eieren en analyse van veldgegevens over broedsucces. Modelmatig is beschouwd of cadmium kan doorvergiftigen naar de Grutto, waardoor nierschade kan optreden (direct effect). Tevens is beschouwd of mogelijke effecten op wormen kunnen leiden tot verminderd voedselaanbod voor de Grutto (indirecte effect).

Modelberekeningen laten zien dat doorvergiftiging van cadmium in de Grutto nierschade kan veroorzaken in volwassen vogels vanaf het 7-12e levensjaar (afhankelijk van het aandeel regenwormen in het dieet). Hierbij wordt ervan uitgegaan dat alleen in het broedgebied accumulatie van cadmium plaatsvindt en dat de grutto's ieder jaar naar hetzelfde gebied terugkeren. De gemiddelde levensverwachting van de Grutto in de Krimpenerwaard is circa 6 jaar - het oudste geringde exemplaar had een leeftijd van 15 jaar. De leeftijdsgroep van dieren ouder dan 7 jaar levert een significante bijdrage aan de reproductie van de populatie: daarvan komt 27-44% voor rekening van deze groep (onder aanname van leeftijdsafhankelijke fecunditeit en mortaliteit, en een overlevingspercentage in de broedpopulatie van respectievelijk 77-85%). Additionele effecten van andere metalen werden niet gesimuleerd.

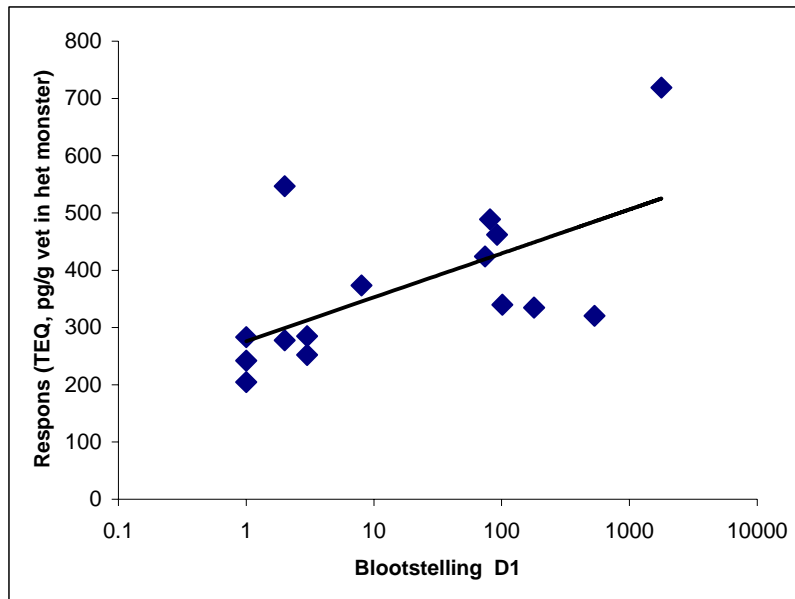
Dit is echter niet te herleiden tot verdachte dempingen en er kan dus niet geconcludeerd worden dat risico's op nierschade voor de grutto-populatie groter is op verdachte dempingen. In relatie tot de indirecte effecten kunnen we stellen dat regenwormen (*Lumbricus rubellus*) op populatieniveau mogelijk last ondervinden van de aanwezige kopergehalten in deklagen boven shredder. De mate waarin andere zware metalen deze effecten versterken valt niet te onderzoeken vanwege het ontbreken van relaties tussen zink en het functioneren van *L. rubellus* populaties. Aangezien shredder dempingen slechts gering in aantal zijn, en omdat veronderstelt

mag worden dat een shredder demping in het algemeen slechts een klein deel van een territorium beslaat, is het niet de verwachting dat voedselschaarste voor de Grutto zal optreden als gevolg van het verminderd voorkomen van wormen op shredder dempingen. Zeker niet op populatieniveau.

In het veldonderzoek aan weidevogels (bioassays in eieren en broedsucces bepaling) is de relatie onderzocht tussen het voorkomen van schadelijke stoffen in eieren (Grutto, Kievit) en het broedsucces (Grutto) enerzijds en de nabijheid van verdachte dempingen anderzijds. Voor de analyse van effecten op het broedsucces is de relatie onderzocht tussen het voorkomen van onvolledig uitgekomen Grutto nesten en de nabijheid van verdachte dempingen. Een effect van doorvergiftiging op het broedsucces zou tot uitdrukking kunnen komen in het aantal eieren dat gedurende de gehele broedperiode bebroed is, maar desondanks niet is uitgekomen. Er is op verschillende manieren berekend wat het oppervlak aan verdachte dempingen is die in een bepaald territorium voorkomt (op basis van GIS-data van de Provincie Zuid-Holland en de SBK). Hoewel een negatieve trend zichtbaar was, kon op basis van beschikbare gegevens geen significant verband worden gelegd tussen het broedsucces van de Grutto en het voorkomen van dempingen in het foerageergebied.

De resultaten van het bioassay onderzoek leveren een aanwijzing óf en in welke mate (relatief ten opzichte van de referentie of andere dempingsmaterialen) stoffen als PCBs, dioxines en PAKs in de eieren/kuikens aanwezig zijn. Bepalingen aan kuikens in het ei of naast het nest lieten aanmerkelijk hogere en gevarieerde responswaarden zien dan bepalingen aan dooiermateriaal. Kuikens hebben gediend als basismateriaal voor verdere analyse. De monsters vertoonden grote variatie in gemeten gehalten aan verontreiniging. Deze werd voor een belangrijk deel verklaard door de aanwezigheid van dempingen met verdachte of onbekende inhoud in de nabijheid van de nesten (Figuur 5.1). Dat dempingen kunnen bijdragen aan blootstelling aan dioxine-achtige stoffen is ook aangetoond in het screeningsonderzoek, waarin voor alle categorieën verhoging van de EROD activiteit in het dempingmateriaal gevonden is. In alle gevallen hadden eieren bij verdachte dempingen met <30 cm afdeklaag verhoogde gehalten, in overeenstemming met de verwachting. De resultaten wijzen er echter ook op dat verdachte dempingen met ≥ 30 cm afdeklaag verder bijdragen aan de blootstelling.

Hoewel op basis van analyses aan eieren en kuikens aannemelijk is geworden dat er doorvergiftiging van verontreiniging naar eieren plaatsvindt, was er geen significant verband tussen de nabijheid van verdachte dempingen en het broedsucces van grutto's. Dit onderzoek ging uit van enkele vooronderstellingen, waarvan de juistheid niet altijd volledig vaststond. Zo is het denkbaar dat de aanmaak van eieren in beperktere mate plaatsvindt op basis van voedsel in het foerageergebied dan verondersteld. Ook is het mogelijk dat het voedsel van de Grutto in de Krimpenerwaard een kleiner aandeel lokale regenwormen bevat dan verondersteld. Dat er echter ondanks de beperkingen van dit veldonderzoek toch een verband werd gevonden tussen de blootstelling aan afgedekte dempingen en verontreiniging in eieren is daarom des te meer van betekenis.



Figuur 5.1. Verontreiniging in weidevogeleieren in de Krimpenerwaard (TEQ-response uitgedrukt als pg/g TCDD in vet) als functie van het oppervlak aan verdachte slootdempingen, al dan niet afgedekt, binnen een straal van 300m rond het nest.

6.3 Opschaling van effecten

Bij de opschaling van effecten van locatieniveau naar een grotere ruimtelijke schaal moet aandacht besteed worden aan het ruimtelijk schaalniveau dat ecologisch en beleidsmatig van belang is. Dit is afhankelijk van het type organisme of andere parameter die beschouwd wordt, en van de beleidsvraag. Voor wat betreft de Grutto, een soort die op een grotere ruimtelijke schaal foerageert, laten de resultaten zien dat zelfs wanneer een relatief klein deel van het territorium dempingen omvat, dit kan leiden tot een verhoogde blootstelling aan verontreinigingen. Wanneer bijvoorbeeld 1% van een gebied vervuild is (met aantoonbaar risico op effecten), is het niet vanzelfsprekend dat voor dat hele gebied het risico door honderd gedeeld kan worden. Dit hangt onder meer samen met het feit dat hogere organismen geen ‘random’ gedrag vertonen, maar gericht zoeken naar voedsel.

Voor wat betreft bodemorganismen en bodemprocessen is de regionale schaal van de Krimpenerwaard als geheel waarschijnlijk van minder belang. Doordat percelen vaak door sloten omgeven zijn, en deze als barrière werken voor uitwisseling tussen percelen, is wellicht dit de schaal waarop effecten op bodemorganismen en processen beschouwd zouden moeten worden. Dit is ook de schaal waarop boeren mogelijke effecten kunnen ervaren. Op perceelniveau kunnen dempingen een significant deel van het oppervlak uitmaken, zeker in geval van smalle percelen. Op dit schaalniveau is het eerder mogelijk dat effecten op bodemorganismen en processen, maar ook risico’s op herverontreiniging van de bodem door bijvoorbeeld bioturbatie of opname door planten van betekenis zijn voor het hele perceel.

7 Slotconclusies

In het verificatieonderzoek ecologie is als eerste is een *screening* van ecologische risico's uitgevoerd waarin niet of onvoldoende afgedekte dempingen met verdacht dempingmateriaal onderzocht zijn (Van der Pol *et al.*, 2003). De conclusie van deze *screening* was dat géén van de dempingcategorieën voor het vervolgonderzoek kon afvallen, hetgeen wel de oorspronkelijke onderzoeksopzet was (afpelprincipe).

Het onderzoek aan de deklagen op dempingen kent een beperking in het aantal locaties en monsters dat gebruikt kon worden, de relatief lage statistische 'power' die hiervan het gevolg is, en het mogelijk optreden van type I fouten in de conclusies hierdoor. Er zijn echter meerdere effecten aantoonbaar gebleken bij uiteenlopende parameters, zowel in het veldonderzoek als in laboratorium experimenten, lokaal en op grotere ruimtelijke schaal (al kan dit laatste niet uitgewerkt worden op het niveau van dempingcategorie). Deze effecten zijn:

- Aantoonbare (eco)toxicologische effecten in de deklaag
- Het optreden van herverontreiniging van het ecosysteem via beide onderzochte routes
- Aantoonbare verhoging van contaminantgehalten in eieren van weidevogels

Rekening houdend met bovengenoemde beperkingen kan op basis van *multiple weight of evidence* ten aanzien van alle onderzochte categorieën dempingmateriaal (te weten bedrijfsafval, bagger, bouw en sloopafval, huishoudelijk afval, lompen en shredder) toch geconcludeerd worden dat op basis van functiegerichte criteria ecologische effecten gevonden worden bij een deklaag van tenminste 30 cm. Dit geldt zowel bij toetsing aan het meer gevoelige toetscriterium als aan het minder gevoelige toetscriterium.

Met betrekking tot de te verifiëren aannamen in het bodembeheerplan geven de resultaten van het VE daarom aan dat de beleidsmatig als verdacht aangemerkte categorieën dempingsmateriaal alle in aanmerking komen voor beschermende maatregelen. Ook de niet verdachte categorie bagger komt hiervoor in aanmerking. Verder geven de resultaten aan dat op dempinglocaties met een reeds bestaande afdeklaag van 30 cm de voorgenomen maatregel ontoereikend is om ecologische risico's weg te nemen. De beleidsmatige aannamen ten aanzien van de doelmatigheid van de voorgenomen maatregel (afdekken) worden dus op essentiële punten niet ondersteund door de resultaten van het Verificatieonderzoek Ecologie.

8 Aanbevelingen

In onderstaande paragraaf worden de resterende vragen en kennislacunes van het Verificatieonderzoek Ecologie geïnventariseerd en worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek. Ook worden voorstellen gedaan voor een aansluitende monitoring van oude en nieuwe locaties met een aangebrachte afdeklaag. Daarnaast is er aandacht voor continuering van het proces en financiering van het verificatieonderzoek. Daarnaast worden ook aanbevelingen gedaan voor verdere ontwikkeling en overdracht van kennis buiten de Krimpenerwaard.

Restvragen en kennislacunes

- Het VE is uitgevoerd aan (onder meer) locaties waar in het verleden al een deklaag op de demping is aangebracht. De oorspronkelijke kwaliteit van het afdek materiaal is echter niet bepaald, en is dan ook onzeker. Er blijft behoefte aan aanvullende informatie, bijvoorbeeld in de vorm van gestratificeerde bodemkwaliteitsbepalingen op deze locaties.
- Er is grote behoefte aan inzicht in de mate van effect. Voor een deel zijn de gekozen onderzoeksparameters niet geschikt om de omvang van een effect te kwantificeren (slechts bedoeld om de aanwezigheid of mobiliteit van contaminanten o.i.d. vast te stellen: een *screening*). Voor een ander deel gaat het om vragen naar risico's van effecten voor de duurzaamheid van populaties of processen in het ecosysteem, waartoe de stand van wetenschappelijke kennis of gebiedsgerichte informatie nog ontoereikend is. Toch kan met aanvullend veldonderzoek en modelsimulaties een beter antwoord worden bereikt.
- De als 'mogelijk verdacht' aangemerkte categorie bagger heeft nadere kwalificatie. Er zijn ecologische risico's aantoonbaar, ook na afdekken. Het is onduidelijk of de categorie als geheel moet worden beheerd, of dat de waargenomen effecten zijn toe te schrijven aan een heterogene herkomst (grotendeels gebiedseigen bagger, gedeeltelijk ook havenslib [mondelinge mededeling. landeigenaren]) en dat het beheer moet worden gericht op gebiedsvreemd materiaal.
- Relevantie van bioturbatie op termijn. De opwaartse beweging van metalen is in het veld tentatief beoordeeld; voor organische verontreinigingen is dit niet uitgevoerd, terwijl voor die stofgroep de mitigerende bijdrage van het neerslagoverschot van minder betekenis moet worden geacht.
- Nadere specificatie en lokalisatie (naar categorie dempingsmateriaal) van organische microverontreinigingen waarvan de aanwezigheid is aangetoond in dempingsmateriaal en in eieren van weidevogels. Onderscheid tussen PCB's, coplanaire PCB's en dioxinen.
- Doorvergiftiging vanuit dempingen is mogelijk vanwege de aanwezigheid van organische contaminanten (PCB's en dioxine-achtige stoffen) in eieren van weidevogels. Het werkelijk optreden van toxische effecten bij hogere diersoorten en de omvang daarvan moet nu worden vastgesteld. Ook carnivore kleine zoogdieren kunnen hierbij worden gebruikt, zodat ook andere voedselketens in

beeld worden gebracht. Er dient vastgesteld te worden wat nu de feitelijke blootstellingsroute is, m.a.w. of deze ook werkelijk via regenwormen verloopt.

- Variabiliteit van veldpopulaties van bodemdieren (regenwormen, nematoden) in relatie brengen met beheer van grondwaterpeil en bodemgesteldheid van het grasland (bemesting, bekalking, compactie, e.d.).
- Uit het VE komt sterke aanwijzing voor verontreiniging van referentiegrasland met zware metalen en EROD inducerende stoffen, vooral bij niet afgedekte shredder dempingen. Dit zou kunnen duiden op verspreiding van de metalen vanuit de dempingen naar het omliggende grasland, bijvoorbeeld door agrarisch beheer. Deze potentiële route van verspreiding is niet specifiek onderzocht.

Monitoring

- Voor nieuw afgedekte locaties kan worden aanbevolen monitoring te doen van eventuele herverontreiniging van de deklaag door periodieke, gedetailleerde metingen van relevante contaminanten op meerdere diepten in het bodemprofiel. Het is goed om bij uitvoering van de maatregel een t=0 meting te doen. Verder is het zinvol om ook de populatie regenwormen te monitoren als voorname vector voor turbatie. Zowel dichtheid als bioaccumulatie zijn dan zinvolle parameters. Hiermee kan worden aangesloten op het PIMM van Zuid-Holland.
- Opname van contaminanten door diepwortelende planten is aangetoond in laboratorium kolomproeven. Na inrichting van nieuwe locaties kunnen kleine proefveldjes worden aangelegd, waarbij gewasopname wordt gemonitord met brandnetels of wilgen. Het is dan ook relevant om fytotoxiciteit te onderzoeken. Tevens kunnen effecten op herbivoren worden onderzocht, daar deze voedselketen nog niet in beeld is gebracht.
- Het broedsucces van weidevogels wordt jaarlijks gevolgd door vrijwilligers van de Natuur- en Vogelwerkgroep “De Krimpenerwaard”. De nieuwe gegevens kunnen worden toegevoegd aan de database om t.z.t. een hernieuwde analyse met groter onderscheidend vermogen mogelijk te maken. Eventuele effecten op populatieniveau kunnen vervolgens modelmatig worden doorgerekend. Op basis van geruide slagpennen en achtergebleven eieren kan de blootstelling van vogels na grootschalige uitvoering van afdekmaatregelen worden gevolgd.
- Niet onderzochte doelstellingen van *stakeholders* (zoals Rode lijstsoorten, natuurdoeltype vegetaties) kunnen in een monitoringsplan worden opgenomen.

Voortzetting en financiering verificatieonderzoek

- Mogelijkheden voor additionele externe financiering kunnen worden gezocht bij Europese fondsen. Het Programma INTERREG IIIB stimuleert projecten op het gebied van regionale ruimtelijke ontwikkeling waarin overdracht en operationalisering van kennis een grote rol speelt. De oplossingsgerichtheid van het verificatieonderzoek en de onderliggende vragen rond risicobeoordeling lijken goed aan te sluiten bij dit programma. Het is dan zaak om buiten het bestaande consortium nieuwe partners met eenzelfde type probleemstelling te vinden binnen dezelfde EU-regio.

Kennisontwikkeling en -overdracht

- Op grond van een presentatie op ConSoil 2003 in de *special session 'Site specific ecological risk assessment: where are we now?'* is gebleken dat de omvang en de gevolgde methodiek van het VE op Europese schaal uniek en vernieuwend is. Ook vanuit Australië is inmiddels belangstelling gebleken. Met name de beoordelings-systematiek met de ontwikkeling ecologische criteria, de interactieve overleg-structuur tussen wetenschap en praktijk, en niet in de laatste plaats het integrerend karakter van het veldonderzoek oogsten veel belangstelling. Ook op nationaal vlak was er andermaal ruimte voor een presentatie tijdens BodemBreed 2003. Hier werd discussie gevoerd over verdere ontwikkeling van de ecologische risicobeoordeling en de wenselijkheid van ecologische “normen” *versus* beoordelingssystemen met een hoge mate van locatiespecificiteit in de criteria. Er is gesteld dat het Platform Ecologische Risicobeoordeling PERISCOOP dit als aandachtspunt bij verdere criteriaontwikkeling wil meenemen bij vervolgvactiteiten onder SKB II (Van der Waarde, mond. mededeling). Hierbij kan onder meer speciale aandacht worden gegeven aan het verder ontwikkelen van het inzicht in type I fouten op Triade niveau (aggregatie van meerdere onderzoeksparameters). Deze zouden beter moeten kunnen worden gekwantificeerd en “genormeerd”. Een onderzoeksparameter als het gehalte aan metalen is op zich relatief gevoelig voor type I fouten, omdat er vele elementen tegelijkertijd kunnen worden gemeten, die stuk voor stuk aanleiding kunnen geven tot de conclusie dat er sprake is van verhoging.
- De gebiedseigen achtergrond die voor elke onderzoeksparameter van het VE is verkregen, is nog niet vergeleken met achtergrondwaarden voor andere veen-weidegebieden. Voor ontwikkeling van “ecologische normen” (PERISCOOP) zou dat een zinvolle aanvulling zijn.

Toetsing

Het Verificatieonderzoek zal als geheel nog worden getoetst door de Toetsingscommissie van SKB. Gezien het belang van het bodembeheer voor de streek zou tevens kunnen worden overwogen om de onderzoeksrapportage en het daarop nog te baseren beleidsstandpunt voor te leggen aan de Technische Commissie Bodembescherming (TCB) voor advies.

In het licht van bovengenoemde aanbevelingen lijkt het zinvol om het bestaande consortium in stand te houden, en de communicatielijnen via het Afstemmings-overleg te continueren.

Literatuur

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).

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).

Pol, J.J.C. van der, N.W. van den Brink & J.H. Faber (2003) 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., J. Faber, J.F. Postma en H. Eijsackers (1998) Lokatiespecifieke ecologische risico's: Een basisbenadering voor functiegerichte beoordeling van bodemverontreiniging. Rapporten Programma Geïntegreerd BodemOnderzoek deel 16, 17pp.

Waarde, J. van der, M. Wagelmans, T. Crommentuijn, M. Hopman, J. de Jonge & M. Rutgers (2003) PERISCOOP - Platform ecologische risicobeoordeling. SKB rapport, Gouda
http://www.skbodem.nl/upload/documents/pro/SP-015_eindrapport.pdf

