

SV-502

Actief Bodembeheer de Kempen

Het Raamplan ABdK wetenschappelijk getoetst

dr. J. Japenga (Alterra)
dr. P.F.A.M. Römken (Alterra)

November 2002

Gouda, SKB

Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem

Auteursrechten

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze opgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van SKB.

Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduiding van de maker, indien deze in de bron voorkomt, "©"Actief Bodembeheer de Kempen - Het raamplan ABdK wetenschappelijk getoetst", november, 2002, SKB, Gouda."

Aansprakelijkheid

SKB en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker en SKB sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld zijdens SKB en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

Copyrights

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording and/or otherwise, without the prior written permission of SKB.

It is allowed, in accordance with article 15a Netherlands Copyright Act 1912, to quote data from this publication in order to be used in articles, essays and books, unless the source of the quotation, and, insofar as this has been published, the name of the author, are clearly mentioned, "©" Active Soil Management in de Kempen. - The general ABdK plan tested scientifically ", November 2002, SKB, Gouda, The Netherlands."

Liability

SKB and all contributors to this publication have taken every possible care by the preparation of this publication. However, it can not be guaranteed that this publication is complete and/or free of faults. The use of this publication and data from this publication is entirely for the user's own risk and SKB hereby excludes any and all liability for any and all damage which may result from the use of this publication or data from this publication, except insofar as this damage is a result of intentional fault or gross negligence of SKB and/or the contributors.

Titel rapport

Actief Bodembeheer de Kempen
Het raamplan ABdK wetenschappelijk getoetst

SKB rapportnummer

SV-502

Project rapportnummer

SV-502

Auteur(s)

Dr. J. Japenga
Dr. P.F.A.M. Römken

Aantal bladzijden

Rapport: 20
Bijlagen: -

Uitvoerende organisatie(s) (Consortium)

Alterra (dr. J. Japenga), 0317-474274
Alterra (dr. P.F.A.M. Römken), 0317-474782

Uitgever

SKB, Gouda

Samenvatting

Ten aanzien van de zink- en cadmium verontreiniging in de Kempen adviseerde de Technische Commissie Bodembescherming in 1997 de Minister van VROM om aldaar actief bodembeheer toe te passen. Ter implementatie werd het project Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK) gestart. Bij het beschrijven van de uitvoeringspakketten binnen het project ABdK werd uitgegaan van verschillende strategische aannamen, waarvan de wetenschappelijke onderbouwing in een aantal gevallen als onvoldoende werd beschouwd. Om hierin verbetering te brengen, werd het hier gerapporteerde project gestart met als doel deze strategische aannamen wetenschappelijk te toetsen. Een tweede doelstelling was na te gaan hoe deze onderbouwing, indien noodzakelijk geacht, binnen de randvoorwaarden van het project ABdK kan worden verbeterd. Aanvullende wetenschappelijke onderbouwing wordt door de opstellers van dit rapport, na raadplegen van derden, vooral noodzakelijk geacht op het gebied van het toepassen van kennis aangaande het biogeochemisch gedrag van zink, lood en cadmium in de relevante milieucompartimenten.

Trefwoorden**Gecontroleerde termen:**

cadmium, zware metalen

Vrije trefwoorden:

actief bodembeheer, beleids-
ondersteuning, risicoanalyse

Titel project

Actief Bodembeheer de Kempen

Projectleiding

Alterra (dr. J. Japenga, 0317-474274)

Dit rapport is verkrijgbaar bij:

SKB, Postbus 420, 2800 AK Gouda

Report title
Active Soil Management in de Kempen
The general ABdK plan tested scientifically

SKB report number
SV-502

Project report number
SV-502

Author(s)
Dr. J. Japenga
Dr. P.F.A.M. Römkens

Number of pages
Report: 20
Appendices: -

Executive organisation(s) (Consortium)
Alterra (dr. J. Japenga), 0317 474274
Alterra (dr. P.F.A.M. Römkens), 0317 474782

Publisher
SKB, Gouda

Abstract

In 1997, the Technische Commissie Bodembescherming (Soil Protection Technical Committee) advised the Ministry of Housing, Regional Development and the Environment to implement active soil management in de Kempen in relation to zinc and cadmium contamination. The Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK) (Active Soil Management in de Kempen) project was initiated. The description of the implementation package within the ABdK project was based on various strategic assumptions, several of which were regarded as having insufficient scientific grounding. To improve this situation, the project reported on here was started in order to test these strategic assumptions scientifically. A secondary aim was to ascertain how this grounding, if regarded as necessary, can be improved within the preconditions of the ABdK project. Subsequent to consultations with third parties, the authors of this report regard additional scientific grounding, particularly in the area of the application of knowledge relating to the biochemical behaviour of zinc, lead and cadmium in the relevant environmental compartments, as necessary.

Keywords

Controlled terms:
cadmium, heavy metals

Uncontrolled terms
active soil management,
policy support, risk analysis

Project title
Active Soil Management in de Kempen

Projectmanagement
Alterra (dr. J. Japenga, 0317 474274)

This report can be obtained by: SKB, PO Box 420, 2800 AK Gouda, The Netherlands
Netherlands Centre for Soil Quality Management and Knowledge Transfer (SKB)

INHOUD

		SAMENVATTING.....	V
		SUMMARY.....	VI
Hoofdstuk	1	INLEIDING	1
	1.1	Probleemstelling	1
	1.2	De doelstelling van het project "VERIFICATIE"	1
	1.3	De opbouw van het rapport "VERIFICATIE"	2
Hoofdstuk	2	HET PROJECT "VERIFICATIE"	3
	2.1	Bodemverontreiniging in de Kempen - de voorgeschiedenis	3
	2.2	Het project "Actief Bodembeheer de Kempen"	3
	2.3	Het project VERIFICATIE - aanleiding en achtergrond	4
	2.4	Het project "VERIFICATIE" - aanpak en werkwijze.....	5
Hoofdstuk	3	TOETSING VAN DE STRATEGISCHE AANNAMEN.....	7
	3.1	Inleiding.....	7
	3.2	Risico's van zware metalen in de ondergrond onder zinkassen.....	9
	3.3	Sanering op basis van concentraties in de bodem.....	10
	3.4	Relatie bovengrond - ondergrond - grondwater.....	12
	3.5	De realisatie van natuurdoelen in de Kempen	14
	3.6	Waterbodems.....	16
Hoofdstuk	4	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR ADDITIONEEL ONDERZOEK.....	19

SAMENVATTING

Actief Bodembeheer de Kempen Het raamplan ABdK wetenschappelijk getoetst

Vanaf het einde van de 19^e eeuw is de bodem in de Brabantse Kempen geleidelijk verontreinigd geraakt met zink, cadmium en lood als gevolg van de vestiging van de zinkfabriek in Budel. Met name was er sprake van atmosferische depositie en van vaste afvalstoffen (zinkassen), die onder andere werden gebruikt voor de ophoging van erven en de aanleg van wegen. Het gevolg is een complexe en heterogene belasting met zware metalen, die een groot landoppervlak bestrijkt en die zich in de loop der tijd heeft verspreid naar verschillende milieucompartmenten als bodem, oppervlaktewater en sedimenten. Dit leidt tot mogelijke risico's voor mens en ecosysteem in de wijde omgeving van Budel. Toen de omvang van het probleem duidelijk werd, mede door resultaten van wetenschappelijk onderzoek en als gevolg van een duidelijker normstelling, nam de overheid maatregelen die vooralsnog vooral bestonden uit het verwijderen van verontreinigde grond van erven en tuinen. Omdat de verontreiniging zich inmiddels had verspreid en omdat daardoor de verantwoordelijkheid bij vele beherende instanties lag, kwam men na verloop van tijd tot de conclusie dat een meer innovatieve en geïntegreerde aanpak noodzakelijk was. Het formuleren van de "beleidsvernieuwing bodemsanering" in 1997 opende daartoe nieuwe perspectieven: nieuwe concepten als "functiegericht saneren" en "actief bodembeheer" deden hun intrede. Ten aanzien van de zink- en cadmiumverontreiniging in de Kempen adviseerde de TCB (Technische Commissie Bodembescherming) de Minister van VROM om aldaar actief bodembeheer toe te passen, omdat de cadmiumproblematiek in de Kempen "*blijvende aandacht van de betrokken overheden zal vragen*". Het project Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK) werd om die reden gestart.

Voor de aanpak van de deelproblemen zijn binnen het project ABdK uitvoeringspakketten gedefinieerd, gericht op de verschillende relevante milieucompartmenten met hun sterk uiteenlopende risicoprofielen. Betrokken partijen beloven gezamenlijk prioriteiten te stellen, de voorgestelde maatregelen uit te voeren, de afspraken in hun reguliere beleid te implementeren en de afgesproken financiële inspanning te leveren. Meestal wordt bij deze uitvoeringspakketten uitgegaan van strategische aannamen, die in een beperkt aantal gevallen mogelijk onvoldoende wetenschappelijk zijn onderbouwd. Om hierin meer inzicht te verkrijgen, werd besloten tot het hier gerapporteerde project, waarbinnen een aantal van deze strategische aannamen wetenschappelijk wordt getoetst en waarin tevens wordt aangegeven in welke gevallen aanvullend wetenschappelijk onderzoek onzekerheden kan wegnemen. Dit alles binnen randvoorwaarden, met name bedoeld om te garanderen dat het project ABdK geen vertraging oploopt, dat het draagvlak voor maatregelen erdoor verhoogd wordt en dat optimaal gebruik wordt gemaakt van de resultaten van eerder onderzoek.

Aanvullende wetenschappelijke onderbouwing wordt door de opstellers van dit rapport, na raadpleging van derden, vooral noodzakelijk geacht op het gebied van het biogeochemisch gedrag van zink, lood en cadmium in de relevante milieucompartmenten. Het biogeochemisch gedrag beïnvloedt de mate waarin zinkassen en onderliggende bodems als secundaire bron kunnen optreden, maar bijvoorbeeld ook de mate waarin gewasopname optreedt en ecosystemen worden beïnvloed, de snelheid van uitspoelen van zware metalen vanuit het bodemprofiel en de mate van transport in het oppervlaktewater/sedimentsysteem. Dit zijn alle belangrijke basisgegevens voor uitvoeringspakketten, bijvoorbeeld op het gebied van zinkasverwijdering, gewasveiligheid, kwaliteit van waterbodems en de realisatie van natuurdoeltypen. In het rapport worden suggesties gedaan om de wetenschappelijke onderbouwing voor deze uitvoeringspakketten te verbeteren.

SUMMARY

Active Soil Management in de Kempen The general ABdK plan tested scientifically

Since the end of the 19th century, soils in the southern part of the Netherlands (Kempen region) gradually became polluted with zinc, cadmium and lead. The pollution source was a zinc smelter located in the village of Budel. Pollution was mainly caused by atmospheric deposition and by the use of zinc smelter waste for soil improvement around farms and road building. This has finally led to a complex and heterogeneous heavy metal pollution case, covering an extended area and having been spread out to different environmental compartments, including soils, sediments, surface waters. This led to potential risks for humans and ecosystems in an extended area around Budel village. When the extent of the pollution problem became clear (as a result of scientific research and the implementation of a more straightforward system of environmental quality criteria), authorities initiated remediation measures, mainly consisting of cleaning up gardens and farm soils. As the pollution had already spread to other environmental compartments leading to a diffuse liability network, it gradually became clear that a more innovative and integrated approach might be more successful. The introduction of the "policy innovation for soil remediation" in 1997 opened the door to alternative approaches: concepts like "function-oriented remediation" and "active soil management" were introduced. Related to the zinc- and cadmium pollution in the Kempen region, the Minister of the Environment was advised to apply active soil management in the area, as the cadmium problem would require "*prolonged attention by policy makers*". The project "Kempen area active soil management (ABdK)" started to implement these new policies.

To tackle the different parts of the problem the ABdK-project defined so-called "implementation packages" aiming at relevant environmental compartments with their strongly varying risk patterns. Involved parties have to agree upon setting priorities, have to carry out the proposed measures, have to incorporate the agreed measures in their regular policies and to deliver the funds that are agreed upon. In most cases implementation packages are based on strategic assumptions, which in a few cases may be insufficiently backed up by scientific data. To investigate this, the present project was started, in which a number of strategic assumptions were checked scientifically leading to suggestions on cases in which additional scientific research could remove uncertainties. All suggestions obey to restrictive conditions, i.e. the ABdK-project must not get delayed by additional research, research must increase public acceptance of proposed measures and earlier scientific results must be fully exploited.

Additional scientific research was considered useful and necessary by the authors of this report, after consulting third parties, especially in the field of the biogeochemical behaviour of zinc, lead and cadmium in relevant environmental compartments. Biogeochemical behaviour influences the degree to which zinc smelter wastes can function as a secondary pollution source, the degree to which heavy metals are taken up by crops or interact with ecosystems, the rate of leaching from the soil profile and the transport rate in surface water/sediment systems. These data are essential for the set-up of implementation packages, for example the removal of zinc smelter waste, food crop security, sediment environmental quality and the realisation of natural ecosystems. Suggestions are given to improve scientific soundness of strategic assumptions for the implementation packages of the ABdK-project.

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

1.1 Probleemstelling

In de Kempen bevindt zich het grootste geval van bodemverontreiniging in Nederland. De totale omvang van dit geval bedraagt ongeveer 2600 km². Om de politiek noodzakelijk geachte aanpak ervan te structureren en te coördineren is het project Actief Bodembeheer de Kempen (*project ABdK*) gestart.

De doelstellingen en daaruit voortvloeiende uitvoeringspakketten van het project ABdK worden op drie niveaus gedefinieerd en beschreven:

- de strategische doelstellingen in een *Raamplan*;
- de tactische doelstellingen in *Bodembeheerplannen*;
- de operationele doelstellingen in *Saneringsplannen*.

Bij het beschrijven van de strategische doelstellingen in het concept *Raamplan* is uitgegaan van impliciete en expliciete aannamen van verschillende aard. Voor een aantal van deze aannamen is een wetenschappelijke onderbouwing weliswaar noodzakelijk, maar niet evident aanwezig of mogelijk zelfs gebrekkig. Het vermoeden dat een aanname onvoldoende wetenschappelijk is onderbouwd kan leiden tot een aarzeling bij het nemen van besluiten: leidt het besluit wel tot het gewenste resultaat? Zeker bij de complexe problematiek in de Kempen kan dit leiden tot gebrek aan draagvlak bij belanghebbenden. Hierdoor kan uiteindelijk de effectiviteit van bodembeheerplannen en saneringsplannen onzeker worden. Een goede inschatting van de kwaliteit van de onderliggende aannamen is daarom van groot belang voor het inschatten van de uiteindelijke resultaten van het project ABdK.

1.2 De doelstelling van het project "VERIFICATIE"

Het projectbureau ABdK heeft begin 2001 besloten te laten nagaan of de in paragraaf 1.1 bedoelde aannamen wel aanvaardbaar zijn als uitgangspunt voor de aanpak van bodemverontreiniging in de Kempen. Dit ondanks mogelijk onvoldoende wetenschappelijke onderbouwing. Gekozen is hierbij voor het laten opstellen van een "expert view" door het onderzoeksinstituut Alterra in Wageningen; gezien de mogelijk bredere toepasbaarheid van de conclusies van dit onderzoek werd SKB bereid gevonden het project financieel te ondersteunen. Dit leidde tot het project "*Het Raamplan ABdK wetenschappelijk getoetst*" – afgekort "*project VERIFICATIE*" met de volgende doelstellingen:

1. Het identificeren van strategische aannamen en hun wetenschappelijke onderbouwing.
 - Het identificeren van die aannamen in het concept Raamplan, die de resultaten van daaruit voortvloeiende acties (bodembeheerplannen, saneringsplannen) sterk zouden kunnen beïnvloeden (strategische aannamen);
 - Het beoordelen welke van deze strategische aannamen onvoldoende wetenschappelijk zijn onderbouwd.
2. Het formuleren van de gevolgen van onvoldoende wetenschappelijke onderbouwing.
 - Het aangeven van mogelijke consequenties van gebrekkige wetenschappelijke onderbouwing, met name met betrekking tot de effecten op beoogde acties die zijn gebaseerd op deze strategische aannamen (beheerplannen, saneringsplannen);
 - Het zo goed mogelijk inschatten van deze consequenties, kwalitatief en kwantitatief.

3. Het voorstellen van doelgerichte oplossingen.
 - Het inventariseren van mogelijkheden om in (door Alterra-deskundigen en anderen) noodzakelijk geachte gevallen wetenschappelijke onderbouwing voor strategische aannamen te verkrijgen of te verbeteren;
 - Het voorstellen van toegepast en doelgericht onderzoek, dat kan worden voltooid binnen de looptijd van het project ABdK of binnen de looptijd van daarin voorziene specifieke uitvoeringspakketten.

1.3 De opbouw van het rapport "VERIFICATIE"

Na een inleiding waarin wordt uiteengezet hoe het project "VERIFICATIE" is ontstaan en hoe het zich verhoudt tot het Raamplan van het project ABdK, wordt de aanpak en werkwijze kort beschreven. Hierbij wordt ingegaan op de wijze waarop strategische aannamen zijn vastgesteld, hoe vervolgens in een aantal gevallen onvoldoende onderbouwing is geconstateerd en op welke wijze deze onzekerheden door een inzet van wetenschappelijke expertise en feedback met het project ABdK en anderen worden getoetst. De toetsing van een vijftal essentiële onzekerheden wordt vervolgens in detail besproken. Conclusies worden getrokken en er worden aanbevelingen voor verder onderzoek gedaan.

HOOFDSTUK 2

HET PROJECT "VERIFICATIE"

2.1 Bodemverontreiniging in de Kempen - de voorgeschiedenis

Ruim honderd jaar geleden was de Kempen een weinig ontwikkeld gebied. De beekdalen waren bewoond, maar de zandruggen waren daarentegen onvruchtbaar en ontoegankelijk.

De industriële ontwikkeling had vooral in het zuidelijk gelegen Wallonië, rondom Luik, plaatsgevonden. Toen de gebroeders Dor in dat gebied geen vestigingsvergunning kregen voor een nieuwe zinkfabriek, weken zij uit naar Budel en vonden daar ruimte en een warm welkom. Wie nu naar Budel-Dorplein komt, ziet een Belgisch dorp dat ontstaan is rondom de zinkfabriek.

Destijds werd zink uit erts gehaald door het in ovens te 'verdampen' en de metaaldamp op te vangen en te laten condenseren. Dit proces bleek ondanks aandacht voor technologische maatregelen toch te leiden tot luchtvervuiling. Als gevolg van atmosferische depositie van de verontreinigde stofdeeltjes is nu rondom Budel nog een zone van verhoogde concentraties zware metalen in de bodem te vinden: met name zink en cadmium en in mindere mate lood.

Een ander afvalproduct van het fabrieksproces, de "kelderassen", werd in de streek gebruikt om wegen en erven te verharderen: het leek een ideaal materiaal qua structuur en eigenschappen - er groeide immers vrijwel geen onkruid op - en het werd gratis door de zinkfabriek ter beschikking gesteld aan ieder die het op wilde halen. Ook het bij de zinkproductie gebruikte water leidde tot vervuiling, met name door lozing op de lokale Tungaloyse beek. Omdat door de Belgische zinkindustrie in Lommel en Neerpelt op de Dommel werd geloosd, is de waterbodem van deze beken eveneens verontreinigd. De verschillende routes, waarlangs de zware metalen in bodem, waterbodem en water terechtkwamen, maakt de Kempen tot een samenhangend maar toch zeer complex geval van diffuse industriële verontreiniging. Ook complex wat betreft verantwoordelijkheden overigens. De problematiek bestrijkt een gebied van 2600 km² waarvoor verschillende ministeries, twee provincies, vijfenvestig gemeenten en vijf waterschappen, maar ook individuele terreinbeheerders, agrarische bedrijven, volkstuinters en bewoners verantwoordelijk zijn.

In de jaren '80 werden in Budel en Boxel tuinen afgegraven die verontreinigd waren met zink en cadmium. Deze direct op verwijdering gerichte bodemsanering vond via een duidelijke procedure plaats en werd direct gefinancierd door de overheid. Binnen het juridische en financiële kader van de Wet bodembescherming werd steeds duidelijker dat een volledige verwijdering van de verontreiniging langs deze weg niet haalbaar zou zijn voor een complex verontreinigingsgeval als de Kempen. Dit enerzijds vanwege de hoge kosten en anderzijds vanwege de betrokkenheid van vele "stakeholders" en daaruit mogelijk voortvloeiende discussie over de aansprakelijkheid. Het formuleren van de "beleidsvernieuwing bodemsanering" in 1997 opende nieuwe perspectieven: nieuwe concepten als "functiegericht saneren" en "actief bodembeheer" deden hun intrede. Ten aanzien van de zink- en cadmiumverontreiniging in de Kempen adviseerde de TCB de Minister van VROM om aldaar actief bodembeheer toe te passen, omdat de cadmiumproblematiek in de Kempen *"blijvende aandacht van de betrokken overheden zal vragen"*.

2.2 Het project "Actief Bodembeheer de Kempen"

Met de start van het project "Actief Bodembeheer de Kempen" komt een duurzame beheersing van de complexe problematiek in de Kempen in zicht. De doelstelling: "Een maatschappelijk gedragen, milieuhygiënisch verantwoord beheer van de bodemverontreiniging in de Kempen" geeft goed weer dat de gekozen strategie binnen het project verschillende aspecten kent. Zo worden nieuwe inzichten op het gebied van het omgaan met risico's (voor mens en milieu) toegepast om

milieuhygiënisch verantwoorde beslissingen te nemen. Qua beheer leidt een herverdeling van taken en bevoegdheden tussen overheden tot een grotere transparantie en een betere communicatie met belanghebbenden, waardoor het maatschappelijk en bestuurlijk draagvlak verbetert. Het belangrijkste "logistieke" aspect is echter dat de complexe problematiek wordt gesplitst in een aantal deelproblemen, waarvoor verantwoordelijkheden duidelijk worden vastgelegd en waarvoor tevoren goed wordt gedefinieerd welke partijen bij het vinden van oplossingen worden betrokken. In een continu proces wordt de aanpak van de deelproblemen gecoördineerd door een projectbureau met beslissingsbevoegdheden. Enerzijds blijft door deze coördinatie de samenhang binnen het complexe geheel van verontreiniging van bodem, waterbodem en grondwater bewaard. Anderzijds wordt door het opsplitsen in deelproblemen voorkomen dat men "door de bomen het bos niet meer ziet".

Voor de aanpak van de deelproblemen zijn binnen het project ABdK uitvoeringspakketten gedefinieerd. Met het ondertekenen van een uitvoeringsconvenant beloven de bij de oplossing van het deelproject betrokken partijen prioriteiten te stellen, de voorgestelde maatregelen uit te voeren, de beleidsregels in hun reguliere beleid te implementeren en de afgesproken financiële inspanning te leveren.

De uitvoeringspakketten betreffen de volgende deelproblemen:

- zinkassen;
- tuinen;
- landbouwkavels;
- waterbodems;
- natuurgebieden;
- grondwater;
- grondstromen;
- bedrijfsterreinen.

In de samenvatting van het Raamplan ABdK is de inhoud van de bij deze uitvoeringspakketten behorende maatregelen in detail weergegeven. Deze samenvatting is verkrijgbaar bij het Project Actief Bodembeheer de Kempen, Postbus 2213, 5600 CE EINDHOVEN, tel. nr. 040-2329292.

2.3 Het project VERIFICATIE - aanleiding en achtergrond

Voor de inhoudelijke werkgroepen binnen het project ABdK, bestaande uit vertegenwoordigers van de betrokken partijen, is het vaak lastig om prioriteiten te stellen en maatregelen voor te stellen. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat in het verleden weliswaar veel ad hoc onderzoek in de Kempen is verricht, maar dat de gegevens vaak onvolledig zijn en met behulp van bestaande methoden (risico-analyse, koppeling van gegevensbestanden) niet altijd eenduidig te interpreteren. Dit kan in een aantal gevallen leiden tot een gevoel van onzekerheid bij het nemen van beslissingen. Tijd en geld ontbreken om veel extra gegevens te verzamelen.

In plaats daarvan heeft het projectmanagement besloten een "expert view" te laten opstellen om de kwaliteit van bestaande gegevens en interpretatiemethoden tegen het licht te houden. Hierdoor ontstaat meer zekerheid en in ieder geval wordt bestaande onzekerheid beter gedefinieerd en gekwantificeerd. In een aantal gevallen blijkt dan wellicht dat beperkte onderzoeksinspanningen dergelijke onzekerheden kunnen wegnemen. Om de "expert view" te kunnen realiseren werd het project "VERIFICATIE" gedefinieerd en werd additionele SKB-financiering verkregen. Dergelijke onderzoeksinspanningen kunnen in de meeste gevallen worden uitgevoerd door feedback met de uitvoering van de werkzaamheden, voorzien in het Raamplan en als zodanig worden verankerd in het Raamplan. Hierdoor ontstaat een werkwijze die in de wereld van ambachtelijk vakmanschap vanzelfsprekend is: de smid controleert continu de temperatuur van zijn vuur, maar test bij niet-routinematig werken ook of een andere temperatuur niet een beter resultaat geeft.

Zijn kennis is dus impliciet aanwezig. In de technische uitvoeringswereld van vandaag is deze werkwijze vervangen door een proces van ontwerpen > procedureel in bestekken vastleggen van werkzaamheden > uitvoering. Eventuele leerpunten worden verankerd in het volgende ontwerp. Tenzij het "leren" expliciet onderdeel wordt van de uitvoering, zal het lastig worden een eenmaal ontworpen wijze van werken bij te stellen.

2.4 Het project "VERIFICATIE" – aanpak en werkwijze

Vaststellen van strategische aannamen

Onderzoekers van Alterra hebben op basis van gesprekken met (leden van) de inhoudelijke werkgroepen binnen het project "ABdK" nagegaan welke aannamen, die de basis vormen voor beoordelingskaders en uitvoeringspakketten in het Raamplan, als "strategisch" konden worden beschouwd. Een strategische aanname is een aanname die, indien fout of onnauwkeurig, zodanig doorwerkt in de daaruit voortvloeiende acties, dat het succes van deze acties op losse schroeven komt te staan. Dit heeft geleid tot een eerste lijst van strategische aannamen, gerangschikt conform de in het concept Raamplan uitgewerkte uitvoeringspakketten.

Onvoldoende onderbouwde strategische aannamen

Op basis van de expertise van de onderzoekers van Alterra werd in eerste instantie een inschatting gemaakt van de mogelijke gevolgen van een onjuiste of onnauwkeurige strategische aanname. Aangezien het hier een beperkte "expert view" betreft, werden de voorgestelde strategische aannamen en de voorziene gevolgen van onzekerheden daarin, verder kritisch beschouwd in een workshop bij Alterra op 19 juli 2001. Er werd vervolgens een eerste aanzet gegeven om de strategische aannamen, die onvoldoende wetenschappelijk onderbouwd waren, onder te verdelen in twee categorieën: enerzijds de strategische aannamen waarvan de onzekerheden door aanvullend (kortlopend) onderzoek zouden kunnen worden weggenomen of tot acceptabele niveaus teruggebracht en anderzijds strategische aannamen waarvoor dat niet mogelijk was.

Feedback met het Raamplan

Het project "VERIFICATIE" ging van start op een moment dat het Raamplan van het project ABdK nog volop in ontwikkeling was. Sommige werkgroepen waren al vergevorderd, terwijl anderen nog bezig waren de grote hoeveelheid informatie te verwerken tot een uitvoerbaar plan. Hierdoor verliep het project "VERIFICATIE" in het begin nogal stroef. Het was, zeker achteraf beschouwd, ook een voordeel dat feedback tussen het project "VERIFICATIE" en het Raamplan in wording mogelijk was, zodat het Raamplan tijdens de ontwikkeling ervan al gebruik kon maken van de "expert view" en de suggesties die naar voren werden gebracht tijdens de workshop van 19 juli 2001. Dit proces van feedback, waarbij in de eindfase van het project "VERIFICATIE" ook SKB betrokken raakte, heeft voortgeduurd tot het moment van rapportage.

Het eindresultaat

Het bovengenoemde feedback-proces heeft geleid tot een herformulering van de strategische aannamen. Ook is een kader opgesteld om in de praktijk om te gaan met onzekerheden in de strategische aannamen. In een aantal gevallen heeft dit geleid tot aanbevelingen voor additioneel onderzoek binnen het Kenniscentrum van het project ABdK. Deze eindresultaten zijn in het vervolg van de voorliggende rapportage weergegeven.

TOETSING VAN DE STRATEGISCHE AANNAMEN

3.1 Inleiding

Gedurende het project "VERIFICATIE" zijn in een dynamisch en interactief proces de strategische aannamen, de wetenschappelijke onderbouwing ervan, de gevolgen van onvoldoende onderbouwing en mogelijke oplossingsrichtingen in hun definitieve versie uitgekristalliseerd.

Het dynamische proces omvatte de volgende fasen, die gedeeltelijk in de tijd samenvielen:

- Interactie tussen Alterra en een aantal inhoudelijke werkgroepen van het project ABdK;
- Discussie tijdens de workshop van 19 juli 2001;
- Feedback met het Raamplan in wording;
- Finale toetsing door SKB en de leiding van het project ABdK.

In de volgende vijf paragrafen worden de uiteindelijk overgebleven vijf strategische aannamen beschreven. Deze vijf strategische aannamen zijn alle essentieel voor het Raamplan en de uitvoeringspakketten en bieden mogelijkheden om door kortlopend additioneel onderzoek de wetenschappelijke onderbouwing te verbeteren.

Voor elk van deze strategische aannamen wordt naast een beschrijving van de aanname zelf, een beschrijving gegeven van mogelijke gevolgen van onvolledige onderbouwing voor de uitvoeringspakketten binnen het Raamplan. De paragrafen 3.2 tot en met 3.6 zijn alle onderverdeeld in drie subparagrafen:

- De strategische aanname;
- De wetenschappelijke onderbouwing;
- Nader onderzoek.

In figuur 1 wordt de onderlinge samenhang van de processen schematisch weergegeven, uitgaande van de voor beschrijving van de problematiek relevante milieucompartimenten en processen.

De pijlen geven de verspreiding van zware metalen weer, zowel op microschaal (bijvoorbeeld uitwisseling van zware metalen tussen sediment en oppervlaktewater) als op macroschaal (bijvoorbeeld transport van zware metalen met het grondwater naar het oppervlaktewater).

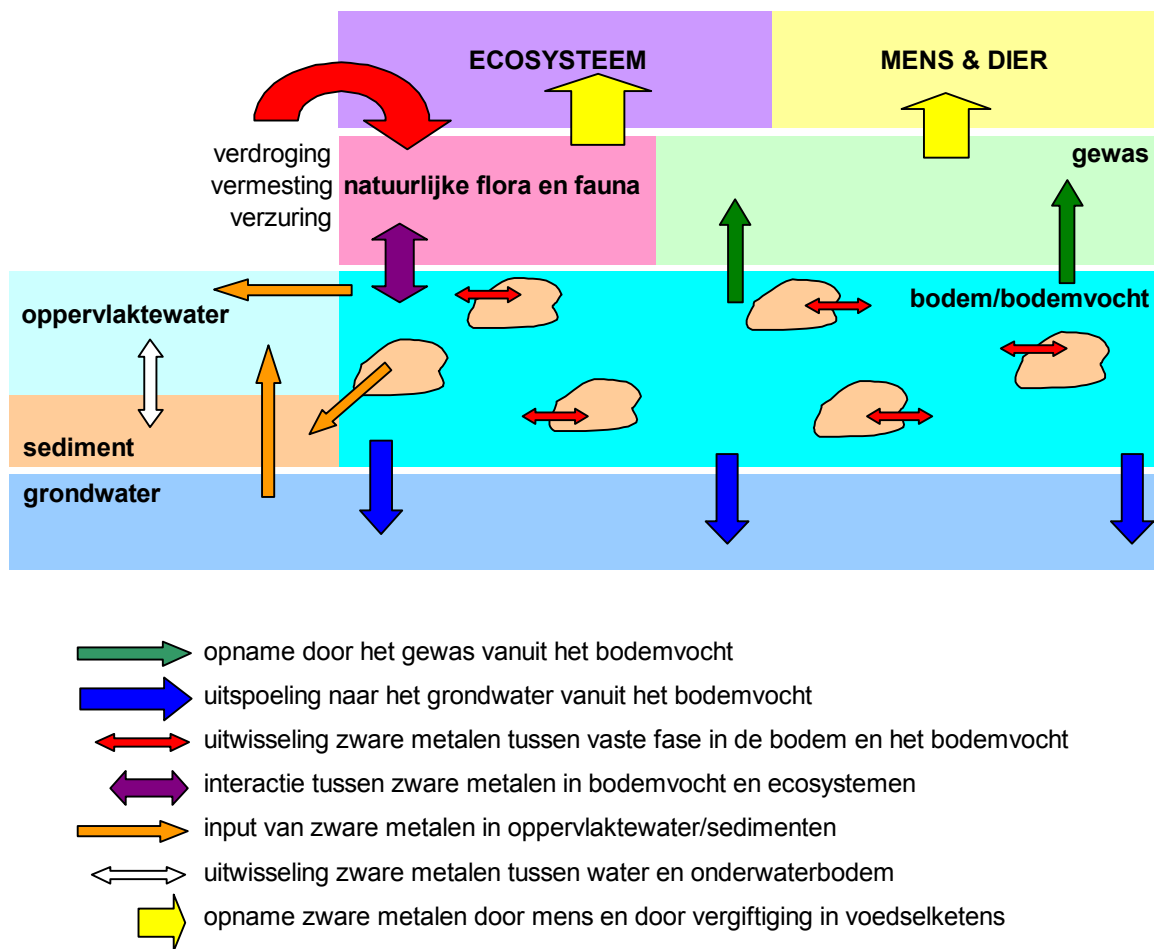


Fig. 1. Schematische weergave van de onderlinge samenhang van de processen, uitgaande van de voor beschrijving van de problematiek relevante milieucompartimenten en processen.

De hieronder in detail te bespreken strategische aannamen en met name ook de wetenschappelijke onderbouwing ervan staan alle in direct verband met de in bovenstaande figuur aangegeven lotgevallen van zware metalen in bodem, sedimenten, water en ecosystemen. Zo houden de uitspoeling en mogelijke ecologische risico's van zware metalen uit de ondergrond onder zinkassen (paragraaf 3.2) verband met de invloed van zinkassen op de uitwisseling van zware metalen tussen bodem en bodemvocht en het transport vanuit het bodemvocht naar het grondwater. De discussie aangaande sanering op basis van concentraties in de bodem (paragraaf 3.3) houdt ook verband met deze uitwisseling en met name ook de daarmee verband houdende effecten op ecosystemen en (via gewassen) de mens. Dit geldt ook voor de relatie bovengrond-ondergrond-grondwater (paragraaf 3.4) waarbij de verticale gradiënt in bodemeigenschappen prominent naar voren komt als beïnvloedende factor. In paragraaf 3.5 wordt de relatie tussen de bodemverontreiniging en de realiseerbaarheid van natuurdoeltypen ter discussie gesteld; dit houdt verband met de interactie tussen gehalten zware metalen in het bodemvocht en de mogelijkheden voor een diverse flora en fauna in en op de bodem. In paragraaf 3.6 komen waterbodems aan de orde en is met name de in de figuur geschetste dynamiek van het transport van zware metalen in de driehoek bodemvocht/grondwater - sediment - oppervlaktewater bepalend voor de problematiek.

3.2 Risico's van zware metalen in de ondergrond onder zinkassen

De strategische aanname

Bij verwijdering van zinkassen in het kader van ZIVEST wordt de bron van verontreiniging van het grondwater met zink, cadmium en lood effectief verwijderd.

Zinkassen worden in het Raamplan gezien als een bron voor verspreiding van zink en cadmium en in mindere mate van lood en arseen. Een aantal onderzoeken ondersteunt deze aanname (o.a. onderzoek van Tauw en OVAM). Bij de aanpak van de verontreiniging van het grondwater is er derhalve van uitgegaan dat de zinkassen nog steeds een voortdurende bron zijn van diffuse belasting van het grondwater met genoemde zware metalen. Het verwijderen van de zinkassen (ZIVEST) is zo georganiseerd, dat zoveel mogelijk open assenwegen en erven gesaneerd worden. Bij de gesloten assenwegen wordt gecheckt of verdere immobilisatie noodzakelijk is. Binnen het Raamplan ABdK is een procedure opgenomen om op basis van vrijwillige aanmelding zinkassen van erven te laten verwijderen.

De wetenschappelijke onderbouwing

Na het verwijderen van zinkassen kan, mede afhankelijk van de aard van de ondergrond en van de te gebruiken ophoogmaterialen, een secundaire bron ontstaan als gevolg van (re-)mobilisatie van zware metalen die reeds aanwezig zijn in de ondergrond.

Zinkassen zijn indertijd gedurende verschillende fasen van het fabrieksproces vrijgekomen en verschillen daarom sterk in hun chemische eigenschappen. Daarna zijn de assen over een lange periode en onder verschillende omstandigheden op vele plaatsen gebruikt voor ophoging en versterking. Als gevolg hiervan is het waarschijnlijk dat processen van uitloging en verwerking niet overal een even grote rol hebben gespeeld en dat verspreiding naar omliggende grond dientengevolge lokaal sterk uiteenloopt. Op dit moment gaat men er van uit dat het verwijderen van de zinkassen in alle gevallen een positief milieurendement heeft, omdat bronnen worden verwijderd. Het is echter mogelijk dat in bepaalde gevallen de ecologische risico's van nu aanwezige zinkasresiduen als geringer moeten worden ingeschat dan de ecologische risico's van de grond waarheen de zware metalen zich in de loop der jaren hebben verplaatst als gevolg van een combinatie van uitloging en verwerking. Ook is het mogelijk dat na het verwijderen van de zinkassen het ecologisch risico groter wordt doordat de metalen in de achterblijvende grond beter biologisch beschikbaar worden en dus beter uitspoelen of door gewas worden opgenomen. Dit als gevolg van hydrologische of chemische veranderingen in bodemomstandigheden na de verwijdering van de zinkassen, mede in relatie tot de aard van bepaalde ophoogmaterialen die worden gebruikt om de verwijderde zinkassen te vervangen (schone grond, doorlatende materialen).

Nader onderzoek

Het ontwikkelen van een standaardprocedure als voorbereiding op een ZIVEST-actie, die in principe bestaat uit:

- *Het nemen van een diep boormonster onder de zinkassen;*
- *Het analyseren van dit boormonster (zware metalen, bodemeigenschappen);*
- *Het op basis hiervan voorspellen van de milieugevolgen van een voorgenomen ZIVEST-procedure;*
- *Het doen van aanbevelingen voor risicobeperking (indien noodzakelijk).*

De manier waarop de ZIVEST-operatie (verwijdering, immobilisatie, begeleidende maatregelen) conform het Raamplan wordt uitgevoerd, is gebaseerd op een afweging tussen verschillende argumenten. Enerzijds kostenefficiëntie en anderzijds het voorkomen dat ook na verwijdering/immobilisatie verdere verspreiding naar het grondwater optreedt.

Als onderdeel hiervan kan behoefte ontstaan aan het ontwikkelen van een experimentele standaardprocedure, waarbij zonder hoge kosten een goede inschatting kan worden gemaakt van de risico's (verspreiding naar het grondwater, maar ook gewasopname) na ZIVEST. Een dergelijke standaardprocedure bestaat in principe uit het nemen van een diep boormonster, waarin de gradiënt wordt bepaald van de gehalten aan zware metalen: totaalgehalten, maar ook concentraties in extracten. Daarnaast zijn een aantal eigenschappen van de bodem onder de zinkassen van belang. Bestaande bodemchemische modellen en watertransportmodellen zijn vervolgens in staat om met behulp van deze gegevens een goede inschatting te geven van te verwachten risico's bij verschillende manieren van praktische invulling van de ZIVEST-procedure. Door de modelbenadering kunnen ook aanbevelingen worden gedaan (wijzigingen in de ZIVEST-procedure, aanvullende maatregelen).

3.3 Sanering op basis van concentraties in de bodem

De strategische aanname

Maatregelen in het kader van het Raamplan van het project ABdK worden gebaseerd op totaalgehalten aan zware metalen in de bodem, aangezien de risico's voor mens en milieu op basis daarvan voldoende worden verkleind.

Het Raamplan van het project ABdK gaat er van uit dat de risico's van zware metalen voor mens en milieu in de Kempen vooral afhangen van biogeochemische processen in combinatie met de gehalten in de bodem en van de manier waarop de zware metalen zich in de bodemprofielen en in watervoerende pakketten verplaatsen. Desondanks wordt de ernst van de bodemverontreiniging toch nog steeds vooral vastgesteld aan de hand van gemeten totaalgehalten in de bodem (in combinatie met bodemkarakteristieken). Dit sluit aan bij de huidige normen en grenswaarden. De voorgestelde uitvoeringspakketten worden dus ook op deze totaalgehalten gebaseerd, zoals bijvoorbeeld de in het Raamplan voorgestelde aanpak van particuliere tuinen.

De wetenschappelijke onderbouwing

De aanname dat de opname van zware metalen door gewassen direct en lineair is gerelateerd aan totaalgehalten in de bodem is te onnauwkeurig. De benadering is acceptabel voor landbouwgronden, maar kan tot onderschatting van risico's leiden bij moestuinen.

Bodemnormen worden van risiconormen afgeleid voor een standaardbodem met 10% organische stof en 25% klei (deeltjes < 2 µm). In de Kempen komen echter zure zandgronden met een laag gehalte organische stof en een laag kleigehalte het meest voor. Doordat in dergelijke bodems de zware metalen niet sterk zijn gebonden aan de bodemdeeltjes (waardoor ze "onschadelijk" worden), zijn de risico's voor mens en milieu bij hetzelfde gehalte aan zware metalen groter dan in de meeste andere regio's in Nederland. Illustratief is recent onderzoek van de Grontmij in de Kempen, waaruit blijkt dat gras in de Kempen reeds bij een cadmium gehalte van 1-2 mg/kg in de bodem de veevoedernorm overschrijdt. Onderzoek van Alterra toonde eerder aan dat in verontreinigde (maar organische-stofrijke en/of kleiige) Maasoevergronden zelfs bij 20 mg/kg in de bodem nog geen overschrijding van gewasnormen wordt geconstateerd!

Bodemkwaliteitsnormen voor zware metalen worden gerelateerd aan bodemkenmerken, maar totaalgehalten blijven toch het uitgangspunt voor de meeste risicomodellen. In het Raamplan wordt het model C-soil als basis genomen. In dit model wordt aangenomen dat de opname van

zware metalen door gewassen wordt bepaald door de totaalgehalten in de bodem, gecorrigeerd voor de gehalten klei en organische stof. Er is door het RIVM, Alterra en anderen recent overigens aangetoond dat deze aanname onnauwkeurig is, met name voor cadmium en zink; C-soil wordt momenteel op dit punt verbeterd. Voor landbouwgewassen is de benadering van C-soil overigens goed te gebruiken, omdat landbouwgronden om agronomische redenen constant in vergelijkbare condities worden gehouden (gehalte organische stof, zuurgraad). De aanname van een direct aan totaalgehalten gerelateerde opname leidt dan niet, of slechts tot geringere fouten. Bij alternatieve bedrijfsvoering en zeker ook in particuliere tuinen is de benadering van C-soil te onnauwkeurig voor een goede risicobeoordeling.

Indien gewassen worden geteeld op een relatief zure zandige grond (pH 4 – 5.5) neemt de opname van zink en cadmium door het gewas toe. De opnameroute via gewasconsumptie is in zo'n geval veel belangrijker dan de directe ingestieroute (het "eten" van grond met name door kleine kinderen), hetgeen ook door C-soil wordt berekend. Wordt een dergelijke grond echter goed bekalkt (pH > 6.5), dan daalt de opname door het gewas substantieel. Aangezien de blootstelling via directe ingestie niet of nauwelijks beïnvloed wordt door bekalking, wordt deze opnameroute relatief belangrijker. De aanname dat een moestuin "veilig" is indien een hoog cadmiumgehalte in de bodem wordt gecompenseerd door bekalking onderschat de opnameroute via directe ingestie van grond. Hier komt nog iets bij. Het juiste beheer van een moestuin, waarbij vanwege de relatief hoge cadmium gehalten wordt geadviseerd om te bekalken, is van overheidswege moeilijk te controleren. Het is dan riskant om geen maatregelen te nemen, ook bij deze relatief lage belasting met cadmium, omdat het nalaten van bekalking tot risico's kan leiden.

Voor landbouwgronden (akkerbouw) geldt dat de ondergrond waarschijnlijk niet verontreinigd is. Dit als gevolg van bekalking van de bovengrond (weinig uitspoeling). De gewasopname is dan ook relatief laag. De benadering in het Raamplan (intensief monitoren gewaskwaliteit op relatief zwaar vervuilde landbouwgrond) lijkt een voldoende effectieve maatregel om risico's te voorkomen.

Nader onderzoek

- *Het opstellen van -voor de Kempen specifieke- rekenregels om de overdracht van zink en cadmium naar het gewas te kunnen voorspellen op basis van bodemeigenschappen en zware-metalengehalten. Dit kan op basis van (extrapolatie van) bestaande gegevensbestanden, indien deze voldoende variatie in bodemkenmerken vertegenwoordigen.*
- *Het globaal vaststellen van de ruimtelijke variabiliteit van voor de biologische beschikbaarheid van zink en cadmium (en lood) relevante bodemeigenschappen (pH, gehalten klei en organische stof) in de Kempen. Dit resulteert in een kaart met gebieden met een hoge bodemkwetsbaarheid.*
- *Moestuinen in kwetsbare gebieden worden bemonsterd en analyses worden uitgevoerd, welke vervolgens tezamen met de rekenregels de risico's voor de mens kunnen inschatten.*
- *Uitgaande van deze bodemkenmerken wordt vastgesteld welke vorm van actief beheer de gewasopname het meest effectief kan verminderen. Dit betreft teeltmaatregelen, beheersrestricties en specifieke ingrepen (immobilisatie etc.).*

De gewasopname-module in C-soil wordt op dit moment verbeterd en is daarom binnenkort beter toegerust om de risico's van zware metalen in de Kempen te voorspellen. De gegevens waarop de verbeterde versie van C-soil momenteel is gebaseerd hebben voor opname van cadmium en zink door sla echter een beperkte geldigheid. In principe kan een verbeterde versie van C-soil ook dienen als basis voor maatregelen in het kader van actief bodembeheer in de Kempen.

Nieuwe kennis is ontwikkeld om de "kwetsbaarheid" van een bodem in kaart te brengen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van reeds voor zink, lood en cadmium ontwikkelde modellen, zoals die b.v. bij het RIVM en Alterra gebruikt worden. Op basis van nu bekende gegevens (verspreiding zware metalen, bodemkaarten) kan voor de Kempen worden aangegeven welke gebieden het meest kwetsbaar zijn. Deze "bodemkwetsbaarheid" is een functie van pH, gehalte organische stof en een aantal andere eenvoudig te bepalen of te schatten bodemparameters. Na het vaststellen van de meest kwetsbare gebieden in de Kempen kan dezelfde kennis worden gebruikt om lokaal de situatie in moestuinen vast te stellen op basis van analyses. Dit leidt tot een risico-beoordeling op basis van bodemkenmerken en een beoordeling van de daaruit voortvloeiende optimale beheersoptie(s). Zo kan worden vastgesteld welke percelen in de gaten moeten worden gehouden (monitoring), gesaneerd moeten worden dan wel als "veilig" beschouwd kunnen worden.

Bodemkwaliteitsnormen hebben in dit geheel vooral een indicatieve functie. Het al dan niet nemen van maatregelen (en zo ja, welke) wordt vooral gebaseerd op lokaal onderzoek, met name van moestuinen, in combinatie met bodemkwetsbaarheidsmodellen.

3.4 Relatie bovengrond - ondergrond - grondwater

De strategische aanname

- *Een gedeelte van de zware metalen in de bodem is gebonden aan vaste bodemdeeltjes en een gedeelte is aanwezig in het bodemvocht. Het transport tussen beide "fasen" is goed te beschrijven door een lineair "1^e orde"-model te gebruiken.*
- *Indien zware metalen het diepere grondwater bereiken, wordt hun transportsnelheid uitsluitend bepaald door hydrologische factoren.*

Om de risico's van verontreiniging van de bodem met zware metalen te kunnen inschatten is het noodzakelijk ongeveer te weten welk gedeelte van de totale hoeveelheid zware metalen er op elk moment op een bepaalde locatie aanwezig is in het bodemvocht. In het bodemvocht aanwezige zware metalen kunnen namelijk uitspoelen, dit in tegenstelling tot de zware metalen die zijn gebonden aan vaste bodemdeeltjes. Indien een relatief groot deel van de zware metalen zich in het bodemvocht bevindt, zijn de risico's van uitspoeling naar het grondwater dus groter dan indien bijna alles is gebonden aan vaste bodemdeeltjes.

In het Raamplan van het project ABdK worden beschouwingen gegeven en maatregelen voorgesteld die er van uitgaan dat de overdracht van zware metalen tussen de vaste bodemdeeltjes en het bodemvocht is te beschrijven met een lineair, 1^e orde-model (vergelijkbaar met de gewasopname, paragraaf 3.3). Voorbeelden hiervan in het Raamplan zijn de voorspelde verspreiding van zware metalen met het grondwater en de interpretatie van de resultaten van uitloogproeven.

De wetenschappelijke onderbouwing

- *De overdracht van zware metalen van de vaste naar de vloeibare fractie in de bodem (en vice versa) is sterk (niet-lineair!) afhankelijk van bodemeigenschappen, waardoor de bodemeigenschappen risico's voor mens en milieu mede bepalen (in combinatie met de gehalten aan zware metalen).*
- *De aanname dat zware metalen in het diepere grondwater volledig mobiel zijn, houdt onvoldoende rekening met processen waarbij zware metalen aan de vaste bodemdeeltjes in de ondergrond kunnen binden.*

De overdracht van zware metalen van de vaste naar de vloeibare fractie in de bodem (en vice versa) hangt af van bodemeigenschappen. Onderzoek in Nederland en daarbuiten heeft dit dui-

delijk aangetoond. De mate waarin zware metalen terechtkomen in het bodemvocht is dus afhankelijk van de samenstelling van de bodem en van andere bodemeigenschappen en is dan ook niet recht evenredig met de totaalgehalten zware metalen in de bodem. Aangezien de concentratie zware metalen in het bodemvocht de uitspoeling bepaalt, zijn ook deze risico's afhankelijk van bodemeigenschappen. Een belangrijk aspect is dat door in te grijpen in bepaalde bodemeigenschappen, de uitspoelingsrisico's kunnen worden verminderd. Vermindering van hieruit voortvloeiende verspreiding van risico's voor mens en milieu kan dus enerzijds worden bereikt door in te grijpen in de gehalten aan zware metalen (sanering) en anderzijds door bodemprocessen te sturen (hydrologisch beheer, bodemadditieven etc.).

Zware metalen zijn in de Kempen min of meer diffuus terechtgekomen in de bovengrond. Wat er verder met deze zware metalen is gebeurd, hangt af van het grondgebruik en bodemeigenschappen. Hoewel grote lokale verschillen optreden, kunnen toch globale uitspraken worden gedaan voor een aantal relevante vormen van bodemgebruik in de Kempen. Onderstaande analyse illustreert de invloed van bodemgebruik:

- In akkerbouwgebieden is de verontreiniging door landbouwkundige activiteiten homogeen verspreid in de ploeglaag van 0-30 cm diep en daar door toepassing van bekalking tijdelijk geïmmobiliseerd. Uitspoeling naar het grondwater verloopt daardoor langzaam of treedt in het geheel niet op, bovendien worden de zware metalen slechts in geringe mate met het gewas afgevoerd. Voor weidegebieden is de situatie anders: een wat minder homogene bovenlaag en iets meer uitspoeling omdat de bodem onder weidegebieden doorgaans zuurder is dan onder akkerbouwgebieden.
- Onder zinkassen(wegen) is inspoeling vanuit de assen in de onderliggende grond geconstateerd. De eigenschappen van deze zinkassen (met name uitloogkarakteristieken) alsmede de eigenschappen van de onderliggende grond bepalen de snelheid van uitspoelen naar het grondwater. Gezien het zandige karakter van de ondergrond is de kans op snelle uitspoeling groot (vgl. paragraaf 3.2).
- In natuurgebieden is de bovenlaag van de bodem verzuurd. Zware metalen kunnen daardoor gemakkelijk uitspoelen, maar worden ook effectief door de vegetatie opgenomen. De mate van uitspoelen naar het grondwater hangt dan af van de eigenschappen van de bovengrond en van de strooisellaag, de mate van verontreiniging en het vegetatietype.

Zodra de zware metalen het grondwater bereiken, worden zij verder getransporteerd door de ondergrond. De aanname dat de zware metalen in het diepere grondwater volledig mobiel zijn en zich samen met het zich verplaatsend water zonder enige interactie met de bodem verder bewegen is onjuist, zoals al veelvuldig is aangetoond. Indien deze interactie wel wordt meegenomen dan betekent dit dat op termijn te verwachten concentraties in het grondwater en in het ontvangende oppervlaktewater worden overschat. Aan de andere kant wordt de tijd gedurende welke de aanvoer van zware metalen naar het oppervlaktewater zal voortduren juist onderschat. De aanname van hoge mobiliteit van zware metalen in diepere bodemlagen kan er daarom toe leiden dat te nemen maatregelen op korte termijn te rigoureuus kunnen blijken te zijn. De lange termijn krijgt dan te weinig aandacht. Dit geldt vooral voor de in het Raamplan gedefinieerde "lokale (grondwater-)systemen" met een geschatte verblijftijd van minder dan 100 jaar.

Indien wordt aangenomen dat de afvoer van zware metalen met het grondwater in de Kempen aanzienlijk wordt vertraagd door mogelijke adsorberende lagen in de ondergrond, dan heeft dit gevolgen voor de effectiviteit van de in het Raamplan voorgestelde maatregelen. Zo heeft in zo'n geval beperking van uitspoeling vanuit de bovengrond nauwelijks effect op de kwaliteit van het grondwater op grotere afstand.

Nader onderzoek

- *Het globaal vaststellen van de fysische en geochemische eigenschappen van de ondergrond en het grondwater in de Kempen en van de ruimtelijke variatie daarin.*
- *Het verbeteren van bestaande geïntegreerde transportmodellen (NITG-TNO), zodat (bestaande) biogeochemische modules kunnen worden gekoppeld aan reeds hydrologisch gevalideerde grondwatertransportmodellen.*
- *Het beter nagaan of - en zo ja hoe - en in welke mate de risico's van uitspoeling van zware metalen in de Kempen kunnen worden verkleind door in te grijpen in bodemomstandigheden.*
- *Het integreren van bij bovenstaande acties verkregen kennis met kennis die op dit moment in Nederland wordt ontwikkeld op het gebied van "systeemgericht grondwaterbeheer" (vergelijk ook SKB-rapport SV-74).*

Op zo kort mogelijke termijn kan behoefte ontstaan aan een betere koppeling tussen enerzijds de reeds opgebouwde proceskennis aangaande zware metalen in bovengrond/bodemvocht en anderzijds de kennis van de ondergrond en het grondwatersysteem. Nu is eerstgenoemde kennis vooral bodemchemisch, bodembologisch en hydrologisch geïntendeerd en laatstgenoemde vooral bodemfysisch en hydrologisch. Onderzoek naar deze koppeling is reeds gestart (systeemgericht grondwaterbeheer, koppeling modellen, verbeteringen modelinstrumentarium voor het diepe grondwater) en er bestaan initiatieven voor verbreding en intensivering van dit onderzoek in het kader van ICES-3. Door koppeling van expertise kunnen de bovengenoemde geïntegreerde modellen worden ontwikkeld die een beter inzicht geven in het lange-termijngedrag van zware metalen in de Kempen. Dit leidt tot een betere inschatting van de (kosten-)effectiviteit van de in het Raamplan voorgestelde maatregelen op lange termijn.

Grondwaterbeheer in de Kempen is een kwestie van monitoring op lange termijn met daaraan gekoppelde sanerings- of beheermaatregelen, hetwelk de mogelijkheid geeft om te zoeken naar oplossingen op de eveneens langere termijn. Op deze wijze kan het beleid ad hoc aangepast worden, wanneer wordt vastgesteld dat er op een bepaalde plek in de ondergrond sterk adsorbende fasen voorkomen die de verspreiding van zware metalen via het diepe grondwater afremmen.

3.5 De realisatie van natuurdoelen in de Kempen

De strategische aanname

De aanwezigheid van zware metalen in het bodemprofiel van de Kempen heeft een negatieve invloed op de haalbaarheid van natuurdoeltypen.

Onderzoek heeft aangetoond dat er tussen de aanwezigheid van zware metalen in de bodem en het optreden van effecten op individuele dieren en planten, dan wel diersoorten en plantensoorten, een relatie bestaat. Hierbij worden vooral negatieve effecten van cadmium op dieren beschreven, met name die effecten, die het gevolg zijn van doorvergiftiging in voedselketens, welke leidt tot ophoping in top-predatoren. Ook wordt een ongewenste verschuiving in de structuur van ecosystemen waargenomen, zoals het wegvallen van soorten die verantwoordelijk zijn voor het verteren van organisch materiaal. Op basis van dergelijke onderzoeksresultaten wordt aangenomen dat de aanwezige verontreinigingen de haalbaarheid van natuurdoelen en derhalve de natuurkwaliteit negatief beïnvloeden. Ook in SKB-verband is daar, onder andere door Alterra, onderzoek naar gedaan.

De wetenschappelijke onderbouwing

Andere stress factoren zijn waarschijnlijk van een minstens even grote invloed op de natuurkwaliteit in de Kempen als de zware metalen, zeker bij matige verontreinigingsniveaus.

Naast een toxische respons op de aanwezigheid van zware metalen in de bodem kunnen andere stressfactoren tegelijkertijd een negatieve invloed uitoefenen op het functioneren van flora en fauna. Dit geldt voor de bodem zelf maar, direct of indirect, ook voor het bovengrondse deel van het lokale ecosysteem. Hierbij valt te denken aan de invloed van vermessing, verzuring en verdroging. Deze factoren zijn ook in de Kempen nadrukkelijk aan de orde. Wellicht nog belangrijker maar ook moeilijker te beschrijven zijn de effecten die het resultaat zijn van een combinatie van stressfactoren. Synergie-effecten zijn mogelijk en landschappelijke versnippering kan de effecten van deze combinaties nog verder versterken.

Een goede illustratie hiervan is de combinatie van verzuring en de aanwezigheid van zware metalen in de bodem. Enerzijds heeft verzuring zelf een direct effect op het ecosysteem, maar ook is er sprake van een versterking van het effect van zware metalen (vooral zink en cadmium), omdat deze zware metalen beter biologisch beschikbaar zijn onder zure omstandigheden in de bodem (zie ook de vorige paragrafen in dit hoofdstuk). Door het gecombineerde effect van verzuring, vermessing, verdroging en de aanwezigheid van zware metalen is het heel goed mogelijk dat saneringsmaatregelen, gericht op het "onschadelijk" maken van zware metalen, niet leiden tot een aantoonbare verbetering van de natuurkwaliteit. Andere processen kunnen een grotere invloed hebben op de natuurkwaliteit. Daarom zullen alle invloeden op de natuurkwaliteit gelijktijdig in ogenschouw genomen moeten worden. De gekozen benadering in het uitvoeringspakket natuurbeheer biedt hiervoor kansen, maar of de gewenste natuurkwaliteitsverbetering gerealiseerd kan worden, is niet altijd zeker.

Nader onderzoek

Nagaan of er alternatieve mogelijkheden zijn om de condities van de bodem ten aanzien van de belasting met zware metalen voor bepaalde natuurdoeltypen geschikt te maken, bijvoorbeeld:

- *Het toepassen van additieven om de biologische beschikbaarheid van zware metalen te verminderen.*
- *Het toepassen van energieteelt als voorbereiding op natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond.*
- *Het ontwikkelen van "grenswaarden" voor zware metalen in relatie tot een bepaald natuurdoel en het ontwikkelen van een mede hierop gebaseerde urgentiesystematiek.*

Het uitgangspunt dat factoren als verzuring, vermessing en verdroging naast de aanwezigheid van zware metalen het ontstaan van natuurdoeltypen in de Kempen kunnen belemmeren geeft handvatten om hierin verbetering te brengen. Zo kan het terugdringen van sterke verzuring een oplossing zijn, waarbij automatisch ook de risico's van zware metalen worden verkleind. Een voorbeeld is het gebruik van snel verwerend olivijn (in de praktijk in Zweden toegepast) dat functioneert als een soort "buffer" om de zuurgraad te stabiliseren op een voor het lokale ecosysteem geschikt niveau; de zware metalen zijn dan ook minder biologisch beschikbaar. Ook is in de Kempen (in Nederland en België) onderzoek verricht naar het toevoegen van stoffen die de zware metalen vastleggen aan de vaste bodemdeeltjes, waardoor zij minder biologisch beschikbaar zijn en daardoor minder een belemmering vormen voor het ontstaan van natuur. Als voorbereiding op natuurontwikkeling kunnen gedurende een aantal jaren gewassen worden geteeld die zowel zware metalen als fosfaat opnemen. Indien energiegewassen worden geteeld, verdient het systeem zichzelf voor een deel terug. Geleidelijk ontstaat dan een nutriëntarme bodem met een laag gehalte zware metalen, die geschikt is voor een breed scala natuurdoeltypen.

Bij de urgentiebepaling ten aanzien van ecologische risico's verdient het in het algemeen aanbeveling om in natuurgebieden op lokaal niveau na te gaan of de combinatie van (al dan niet veranderende) bodemomstandigheden leidt tot een hoge biologische beschikbaarheid van zware metalen en dus belemmerend werkt bij het ontstaan van een natuurlijk ecosysteem. Zo zal bijvoorbeeld voor een zorgvuldiger beheerssysteem worden gekozen indien er wél zeldzame soorten gewenst zijn terwijl de in de bodem aanwezige zware metalen in hoge mate (potentieel) beschikbaar zijn.

3.6 Waterbodems

De strategische aanname

Zware metalen worden niet gezien als het grootste probleem indien bepaalde inrichtingsdoelen (bijvoorbeeld natuurdoeltypen) worden nagestreefd, met name in bestaande beeklopen waar bijvoorbeeld juist stromingspatronen van groter belang worden geacht.

Belangrijk punt van zorg ten aanzien van verontreinigde waterbodems in het Raamplan is het voorkomen van her-verontreiniging van schone, stroomafwaarts gelegen gebieden en overstromingsvlakten. De aanname daarbij is dat de verontreinigde waterbodems als een secundaire bron voor verspreiding van zware metalen kunnen optreden. Dit wordt nog ernstiger indien de zware metalen zich verplaatsen naar een andere geochemische omgeving en biologisch beschikbaar komen. Het probleem wordt dan niet alleen verspreid maar ook nog verergerd. In een aantal gevallen kan dit worden opgelost door een sanering uit te voeren, zoals bijvoorbeeld in het geval van zandvangen in de Dommel. In andere gevallen is een dergelijke directe aanpak niet mogelijk.

Bij herinrichting van beeksystemen wordt impliciet aangenomen dat zware metalen maar een beperkte invloed hebben op de te realiseren beheerdoelen en zeker geen doorslaggevende factor zijn. Waterschappen wijzen erop dat bijvoorbeeld de stroming en de structuur van het watersysteem tenminste even belangrijk zijn als randvoorwaarden voor natuurdoelen, zoals de aan- of afwezigheid van bepaalde stoffen (meststoffen, zware metalen). Sanering wordt in dergelijke gevallen ondergeschikt aan het creëren van andere ecologische condities om de doelen te bereiken.

De wetenschappelijke onderbouwing

De verhoging van de kwaliteit van het oppervlaktewater door het stimuleren van de vastlegging van zware metalen aan sedimenten, leidt tot ecologische risico's voor met name oeverecosystemen.

Voor bestaande beeklopen, zoals b.v. de Kleine Dommel of de Tongelreep, lijkt een directe sanering van de onderwaterbodems minder voor de hand te liggen:

- Door hun natuurlijk verloop heeft het systeem een meer dynamisch karakter, zodat onduidelijk is waar de verontreinigde waterbodems zich exact opgehoopt hebben.
- Door het natuurlijk verloop is ook minder duidelijk waar de schadelijke werking op het ecosysteem het grootst is of waar de kans op her-verontreiniging van de overstromingsvlakten het meest aanwezig is.
- Er is geen logisch moment om de waterbodems te verwijderen: een dergelijke operatie zou in ieder geval veel schade aan de huidige natuur toebrengen.

In het bodem-/water-/grondwatersysteem is de waterbodem te beschouwen als een plaats waar zware metalen zich in veel gevallen uiteindelijk ophopen. Dit als gevolg van geochemische eigenschappen zoals een anaëroob karakter en daaraan gekoppeld een neutrale pH.

Een organische-stofrijke bodem zou op deze wijze als een soort natuurlijk koolstoffilter voor een kwetsbaar beekstelsel kunnen fungeren als daar verontreinigd grondwater opkwelt. Zo zou de stroomsnelheid, de keuze van de oevervegetatie, de plaats waar de zandvangen aangevuld worden met slibvangen etc. wel eens meer effect op de kwaliteit van het oppervlaktewater kunnen hebben dan het verwijderen van verontreinigde waterbodems. In de waterbodembeheerplannen is een dergelijke benadering voorzien. Het vraagt wel om een goede monitoring van de fluxen van zware metalen - meer dan het eenmalig in kaart brengen van een (statische) verontreinigingssituatie. Bovendien houdt een verhoging van de kwaliteit van het water door middel van maatregelen die de vastlegging van zware metalen aan het sediment stimuleert in, dat de waterbodems sterker verontreinigd raakt. Ophoping in het oeversediment kan de ecologische kwaliteit van oevervegetaties en aldaar fouragerende hogere organismen nadelig beïnvloeden. Het is dus mogelijk dat door het oplossen van het waterkwaliteitsprobleem andere problemen ontstaan.

Nader onderzoek

Het opzetten van een biologisch, chemisch en ecologisch monitoringsysteem voor natuurlijke beeksystemen.

De aanpak van bestaande beeklopen is een zeer complex geheel, waarbij enerzijds de verontreinigingssituatie van het oppervlaktewater en met name van de sedimenten een rol speelt en anderzijds stromingspatronen. Deze laatste kunnen worden beïnvloed door beheersactiviteiten. Om dit complexe geheel in de hand te houden en te kunnen ingrijpen, is monitoring tijdens en na de introductie van de beheersoptie noodzakelijk. Monitoring dient zich daarbij te richten op de onderlinge samenhang tussen de chemische kwaliteit van oeversedimenten (in relatie tot zware metalen en nutriënten), de vitaliteit van het bodemecosysteem en kwaliteitsindicatoren van het natuurtype van het oeverecosysteem.

HOOFDSTUK 4

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN VOOR ADDITIONEEL ONDERZOEK

Op basis van de "expert view" van Alterra kunnen de uitvoeringspakketten in het Raamplan van het project ABdK worden beschouwd als "*best practice*" en conform recente inzichten. Dit geldt zeker indien in aanmerking wordt genomen dat een evenwicht moest worden gezocht tussen de kosten en de te voorziene effectiviteit van de maatregelen. Dit oordeel geldt zowel voor uitvoeringspakketten, die een sterk beheersaspect hebben als voor uitvoeringspakketten die vooral zijn gericht op sanering.

De resultaten van het project tonen aan dat het effectief zou kunnen zijn om op een aantal punten additioneel onderzoek uit te voeren. Effectief betekent hier dat aan één of meer van de volgende voorwaarden moet worden voldaan:

- Onderzoek moet het uiteindelijk resultaat van het project ABdK sterk verbeteren of de kans op het niet halen van de in het Raamplan verwoorde doelen sterk verminderen.
- Onderzoek moet de kosten van voorgenomen operaties verlagen ten opzichte van de geschatte kosten in het Raamplan bij gelijkblijvende doelstellingen.

Daarnaast zijn er nog een aantal voorwaarden te noemen waaraan additioneel onderzoek zou moeten voldoen om in het kader van het project ABdK te kunnen worden uitgevoerd:

- Onderzoek mag het project ABdK niet vertragen of leiden tot het uitstellen van de aanvang van het feitelijke werk, tenzij het door alle betrokkenen als absoluut onvermijdelijk wordt ervaren.
- Onderzoek dient direct en duidelijk te zijn gericht op de behoeften van het project ABdK en bij voorkeur en waar mogelijk ter plekke te worden uitgevoerd. Hierdoor wordt ook het draagvlak bij betrokkenen (beleid, publiek) vergroot.
- Onderzoek moet maximaal gebruik maken van bestaande kennis en gegevens, die verspreid aanwezig zijn als resultaat van eerdere onderzoeken en waarvan de combinatie tot meerwaarde kan leiden. Geen uitgebreide nieuwe bemonsteringscampagnes.

Om de wetenschappelijke onderbouwing van een aantal aspecten van de uitvoeringspakketten van het project ABdK te verbeteren is naar de mening van Alterra het volgende onderzoek prioritaair, met inachtneming van de bovengenoemde randvoorwaarden:

- Het ontwikkelen van een standaardprocedure als voorbereiding op een ZIVEST-actie, die in principe bestaat uit:
 - Het nemen van een diep boormonster onder de zinkassen;
 - Het analyseren van dit boormonster (zwarte metalen, bodemeigenschappen);
 - Het op basis hiervan voorspellen van de milieugevolgen van een voorgenomen ZIVEST-procedure;
 - Het doen van aanbevelingen voor risicobeperking (indien noodzakelijk).
- Het opstellen van voor de Kempen specifieke rekenregels om de overdracht van zink en cadmium naar het gewas te kunnen voorspellen op basis van bodemeigenschappen en zware metalengehalten. Dit kan op basis van (extrapolatie van) bestaande gegevensbestanden, indien deze voldoende variatie in bodemkenmerken vertegenwoordigen.
- Het globaal vaststellen van de ruimtelijke variabiliteit van voor de biologische beschikbaarheid van zink en cadmium (en lood) relevante bodemeigenschappen (pH, kleigehalte, gehalte organische stof) in de Kempen. Dit resulteert in een kaart met gebieden met een hoge bodemkwetsbaarheid. In laatstgenoemde gebieden worden moestuinen bemonsterd en ana-

lyses uitgevoerd, die tezamen met de rekenregels de risico's voor de mens kunnen inschatten.

- Het vaststellen welke vorm van actief beheer de gewasopname het meest effectief kan verminderen. Dit betreft teeltmaatregelen, beheersrestricties en specifieke ingrepen (immobilisatie etc.).
- Het globaal vaststellen van de fysische en geochemische eigenschappen van de ondergrond en het grondwater in de Kempen en van de ruimtelijke variatie daarin.
- Het verbeteren van bestaande geïntegreerde transportmodellen (NITG-TNO), zodat (bestaande) biogeochemische modules kunnen worden gekoppeld aan reeds hydrologisch gevalideerde grondwatertransportmodellen.
- Het beter nagaan of en zo ja, hoe de risico's van uitspoeling van zware metalen in de Kempen kunnen worden verkleind door in te grijpen in bodemomstandigheden. Het integreren van bij bovenstaande acties verkregen kennis met kennis die op dit moment in Nederland wordt ontwikkeld op het gebied van "systeemgericht grondwaterbeheer" (bijvoorbeeld bij de provincie Gelderland).
- Nagaan of er alternatieve mogelijkheden zijn om de condities van de bodem ten aanzien van de belasting met zware metalen voor bepaalde natuurdoeltypen geschikt te maken, bijvoorbeeld:
 - Het toepassen van additieven om de biologische beschikbaarheid van zware metalen te verminderen;
 - Het toepassen van energieteelt als voorbereiding op natuurontwikkeling op voormalige landbouwgrond;
 - Het ontwikkelen van "grenswaarden" voor zware metalen in relatie tot een bepaald natuurdoel en het ontwikkelen van een mede hierop gebaseerde urgentiesystematiek;
 - Het opzetten van een biologisch, chemisch en ecologisch monitoringsysteem voor natuurlijke beeksystemen.