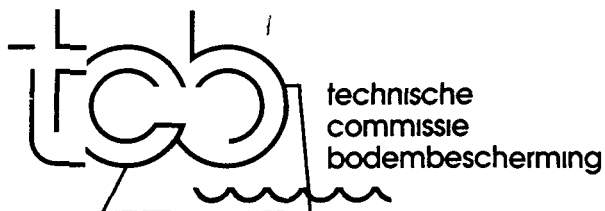


technische
commissie
bodembescherming



ADVIES
AANPAK BODEM-
VERONTREINIGING IN DE KEMPEN



Bezoekadres
Rijnstraat 8
Den Haag
Postadres
Postbus 30947
2500 GX Den Haag
Telefoon
070 - 3393034
Fax
070 - 3391342

Aan
de Minister van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
Postbus 30945
2500 GX 's-Gravenhage

Ons kenmerk TCB S17(1997)

Den Haag, 17 maart 1997

Betreft Advies Aanpak bodemverontreiniging in de Kempen

Mevrouw de Minister,

In uw brief van 17 oktober 1995 vroeg u de Technische commissie bodembescherming (TCB) om advies over de saneringswijze van de met zware metalen verontreinigde bodem van de Brabantse Kempen. De commissie heeft u in de tussengelegen tijd vier deeladviezen over dit onderwerp aangeboden, waarin specifiek wordt ingegaan op de problematiek van de particuliere tuinen, het grondwater, de zinkassen en het landelijk gebied¹. Bij de start van de advisering was het de commissie echter duidelijk dat er ook behoefte was aan een algemeen advies over dit zeer grote geval van bodemverontreiniging, waarin aandacht wordt besteed aan een integrale benadering van de problematiek. Dit algemene advies is in januari 1997 vastgesteld door de commissie.

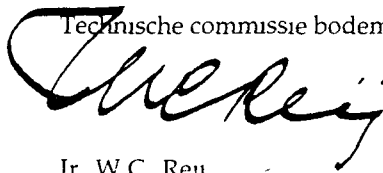
De deeladviezen kunnen niet los worden gezien van het algemene advies. Om daar uiting aan te geven zijn alle adviezen gebundeld tot de voorliggende publicatie met de titel "Aanpak bodemverontreiniging in de Kempen". Het is mij een genoegen u het algemene advies, getiteld "Actief bodembeheer voor de Kempen", middels deze gebundelde uitgave te kunnen aanbieden. De beschrijving van het actief bodembeheer voor de diffuse verontreiniging in de Kempen kan als voorbeeld dienen voor andere, zeer grote gevallen van bodemverontreiniging, en verdient wellicht ook internationaal de aandacht. In ieder geval zal het overleg over deze aanpak met de Belgische autoriteiten geïntensiveerd moeten worden. Bodemverontreiniging op regionale schaal zoals in de Kempen kan grote consequenties hebben voor de ruimtelijke planning. Daarom wordt er in het actief bodembeheer een duidelijke relatie gelegd tussen ruimtelijke planning en milieu.

¹ Zware metaal verontreiniging in de Kempen: particuliere tuinen, A15(1996), grondwater, A16(1996), zinkassen, A18(1996), landelijk gebied, A17(1996)

Voor een overzicht van alle bevindingen en aanbevelingen van de commissie over de bodemverontreiniging in de Kempen verwijs ik u graag naar de samenvatting aan het begin van de gebundelde uitgave. Tot slot zou ik uw aandacht willen vestigen op het feit dat wij niet in staat zijn geweest een duidelijke eindsituatie ten aanzien van de bodemverontreiniging in de Kempen te omschrijven. Dit geval van bodemverontreiniging zal een voortdurende bron van overheidszorg blijven.

Met de meeste hoogachting,
de voorzitter van de

Technische commissie bodembescherming,



Ir. W.C. Reij

- Erratum

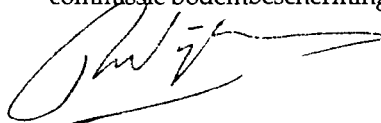
Ons kenmerk TCB S25(1997)

Den Haag, 26 maart 1997

Betreft samenvatting advies "Aanpak bodemverontreiniging in de Kempen"

Onlangs ontving u het advies Aanpak bodemverontreiniging in de Kempen, TCB A20(1997), van de Technische commissie bodembescherming. In tegenstelling tot wat in de inhoudsopgave en de inleiding staat is de samenvatting van het advies achteraan terechtgekomen. De commissie hecht veel waarde aan de samenvatting, waarin een overzicht van de aanbevelingen over de aanpak van de bodemverontreiniging in de Kempen wordt gegeven. Door de positie achterin het advies is er een kans dat deze samenvatting over het hoofd wordt gezien. Daarom hebben wij besloten deze pagina's nogmaals onder uw aandacht te brengen. U kunt de losse bladzijden op de juiste plaats in het advies schuiven.

Met vriendelijke groet,
de adjunct secretaris van de Technische
commissie bodembescherming,



Drs R. Wijland

ADVIES AANPAK BODEM- VERONTREINIGING IN DE KEMPEN

SAMENVATTING

SAMENVATTING

De Kempen kunnen worden aangeduid als een urgent te saneren geval van ernstige bodemverontreiniging "Urgent" wil zeggen dat er sprake is van onaanvaardbare actuele risico's zowel voor de mens als voor ecosystemen Tevens is er sprake van een onaanvaardbaar verspreidingsrisico Zowel voor het vaststellen van "ernstige bodemverontreiniging" als het bepalen van de urgentie van sanering wordt uitgegaan van risico's, dat wil zeggen de kans dat er een effect optreedt In het geval van de Kempen worden er echter ook daadwerkelijk effecten van de bodemverontreiniging geconstateerd, althans in onderzoeken die overwegend in de jaren '80 zijn uitgevoerd Deze zijn

- Uitspoeling van metalen naar het grondwater,
- Verspreiding van metalen met het grondwater,
- Verspreiding van verontreinigd slib stroomafwaarts en sedimentatie op overstromingsgronden,
- Genetische aanpassing van planten en ongewervelde dieren,
- Accumulatie van strooisel in de omgeving van Budelco,
- Afwijkende nierfuncties bij mensen

Daarnaast zijn er aanwijzingen voor

- Accumulatie van metalen in commercieel geteelde gewassen,
- Accumulatie van metalen in de nieren van hogere diersoorten (doorvergiftiging),
- Verminderde reproductie bij koeien

Saneringsmaatregelen zouden dan ook in eerste instantie gericht moeten zijn op het wegnemen van effecten, en vervolgens op de reductie van risico's Met betrekking tot de effecten en de risico's voor de mens zijn of worden deze stappen ondernomen Het probleem doet zich voor dat er nauwelijks middelen zijn om een deel van de overige effecten op te heffen, of de risico's hiervan te reduceren Dit houdt in dat sommige effecten als een voldongen feit geaccepteerd moeten worden, en dat alle inspanning erop gericht dient te zijn om de situatie zoveel mogelijk te beheersen Daarbij kan nog worden opgemerkt dat de verontreiniging in de bovengrond op de zeer lange termijn door uitspoeling zal afnemen en dat de daarmee samenhangende effecten geleidelijk zullen verminderen of verdwijnen Daartegenover staat dat de grondwaterverontreiniging en verspreiding zullen toenemen

Aanbevolen wordt om actief bodembeheer voor de Kempen te ontwikkelen. Actief bodembeheer bestaat in eerste instantie uit de volgende zeven actiepunten:

- 1 Kennis vergroten van de verontreinigingssituatie,
- 2 Gebruiksbeperkingen inventariseren die samenhangen met de aanwezige bodemverontreiniging,
- 3 Monitoring van effecten van de bodemverontreiniging,
- 4 Bij veranderingen in het landgebruik rekening houden met effecten hiervan op de bodemverontreiniging,
- 5 Rekening houden met de mogelijke effecten van veranderingen in milieuomstandigheden,
- 6 Landgebruik zodanig inrichten dat de situatie beheersbaar wordt en verbetert,
- 7 Opzetten van een "grondbank" voor de Kempen

Als direct te nemen maatregelen ziet de commissie

- Een algemeen advies uitvaardigen om geen groenten uit particuliere tuinen te consumeren, gevolgd door het onderzoek en de beheersmaatregelen zoals die in het deeladvies over de particuliere tuinen zijn aanbevolen,
- Het voortzetten van de inventarisatie van depots, erven of wegverhardingen van zinkassen, en het organiseren van een inzamelingsstructuur voor de vrijkomende zinkassen, die op het Budelco-terrein gedeponneerd kunnen worden,
- Het opzetten van een overkoepelende organisatie, die het beheer, advies en onderzoek in de Kempen ter hand gaat nemen

Om het actief beheer van de bodemverontreiniging in de Kempen uit te kunnen voeren, zal er coordinatie tussen verschillende overheden (gemeenten, provincies, waterschappen) en met België moeten plaatsvinden. Hierbij dienen vooral praktisch en locatiespecifieke factoren voorop te staan. De commissie beveelt aan om een aparte beheersorganisatie in het leven te roepen, waar alle activiteiten die een relatie (kunnen) hebben met de bodemverontreiniging in de Kempen, zoals beheersmaatregelen, onderzoek en sanering, worden gecoördineerd. Op deze wijze kan de onderlinge afstemming van de activiteiten worden gewaarborgd.

Het saneren van deelgebieden met metaalgehalten boven de interventiewaarden door verwijderen of isoleren van de verontreiniging wordt daarnaast noodzakelijk geacht in verband met de risico's die uitgaan van deze deelgebieden voor verdere verspreiding van de verontreiniging. Dit houdt in principe in verwijdering van de verontreinigde waterbodems en overstromingsgronden. Uitvoering is echter pas realistisch indien de bron van verontreiniging definitief is aangepakt. Zolang dit

nog niet het geval is, dient het functioneren van de zandvangen in stand te worden gehouden. Overige gronden die in de omgeving van Budelco zijn gelegen zouden onder het regime van de geohydrologische isolatie van het Budelco-terrein kunnen worden ondergebracht.

Ten aanzien van de bodemverontreiniging is voor de Kempen geen duidelijke eind-situatie te voorzien. De bodemverontreiniging in de Kempen zal derhalve voortdurende overheidszorg behoeven.

Het beheren en deels saneren van dit geval van bodemverontreiniging brengt het nodige onderzoek met zich mee. De commissie heeft de gedane onderzoeksaanbevelingen ingedeeld in twee categorieën, te weten monitoring en analytisch onderzoek. De onderzoeksaanbevelingen die zijn gemerkt met een "#" worden als prioritair gezien, en dienen op de korte termijn te worden uitgevoerd. De overige aanbevelingen zijn voor de komende jaren.

Onder monitoring wordt verstaan het volgen, door middel van bijvoorbeeld metingen, van het te onderzoeken verschijnsel in de tijd. De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- # monitoren van metaalgehalten in commercieel verbouwde gewassen,
- # monitoren van de zuurgraad van landbouwgronden,
- # monitoren van de effecten van de cadmiumverontreiniging op de mens en het vee,
- # bepaling van de actuele kwaliteit van het grondwater, en het monitoren van de verspreiding van metalen door uitloging en verspreiding via het grondwater,
 - bepaling van de actuele effecten van de metalen op natuurgebieden als geheel en het monitoren hiervan,
 - bepaling van de actuele effecten van de metalen op het grondwaterecosysteem en het monitoren hiervan

Bij analytisch onderzoek ligt de nadruk op de verklarende mechanismen achter de te onderzoeken verschijnselen. De volgende aanbevelingen zijn gedaan:

- # onderzoek ten behoeve van de indeling van zinkassen naar afdekking en ligging ten opzichte van kwetsbare gebieden,
- # onderzoek ten behoeve van de afbakening van het gebied rond Budelco dat boven de interventiewaarden is verontreinigd en wellicht bij het geohydrologisch beheersysteem van het Budelco-terrein kan worden opgenomen,
- # onderzoek naar vastlegging van de metalen in de bodem door toevoeging van immobiliserende stoffen,

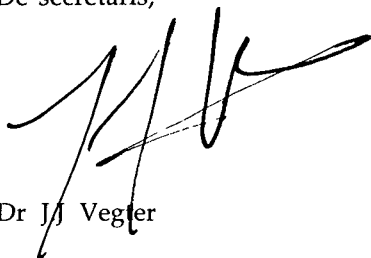
- # onderzoek naar het verwijderen van de metalen uit de bodem met behulp van metaalaccumulerende planten (fytoremediëring),
- ontwikkeling van een model waarmee de verspreiding van het verontreinigde grondwater gemodelleerd kan worden en dat kan aangeven in hoeverre verschuivende bronnen bijdragen aan de verontreiniging van het grondwater, ook in de toekomst, als milieuomstandigheden veranderen,
- aanvullend (geo)hydrologisch onderzoek ter ondersteuning van een grondwater-verspreidingsmodel,
- het schatten van de risico's op de korte of lange termijn voor gevoelige grondwaterafhankelijke ecosystemen en gevoelige vormen van gebruik van grondwater, zoals drinkwater,
- onderzoek naar natuurontwikkeling op verontreinigde grond

ADVIES
AANPAK BODEMVERONTREINIGING IN DE KEMPEN

Dit advies is vastgesteld op de TCB-vergadering van 15 januari 1997

Namens de commissie,

De secretaris,



Dr J.J. Vegter

De voorzitter,



Ir W C Reij

INHOUD

SAMENVATTING

1	INLEIDING	1
2	ACTIEF BODEMBEHEER VOOR DE KEMPEN	9
3	PARTICULIERE TUINEN	23
4	GRONDWATER	57
5	ZINKASSEN	97
6	LANDELIJK GEBIED	125

" je tiens impossible de connaître les parties sans connaître le tout, non plus que de connaître le tout sans connaître particulièrement les parties"

Pascal, Pensées

1 INLEIDING

Aan het einde van de negentiende eeuw vestigde zich in de Nederlandse en Belgische Kempen een aantal zinkfabrieken. Het proces dat door deze fabrieken werd gebruikt om het zware metaal zink uit erts te winnen, thermische raffinage, leidde tot een grote uitstoot van zink via de schoorsteen, tot lozing van met zink verontreinigd water op nabijgelegen riviertjes en tot een grote hoeveelheid afval, de zinkassen. De uitstoot van zink via de schoorsteen leidde tot het neerslaan van zink op de bodem tot ver in de wijde omgeving van de fabrieken. Het verontreinigde oppervlaktewater resulteerde in verontreinigde waterbodems en transport van verontreinigd sediment stroomafwaarts. Na overstromingen in de winter bleef verontreinigd slib achter op de oeversgronden. De zinkassen werden grotendeels op de fabrieksterreinen opgeslagen, maar ook toegepast als erf- en wegverharding. De zinkassen logen echter uit, wat tot gevolg heeft dat de onder- en naastliggende bodem verontreinigd is geraakt met zink. Het zinkerts bevatte behalve zink ook arseen en de zware metalen cadmium, lood, koper. Deze metalen werden op dezelfde wijze als zink in het milieu verspreid.

In 1973 schakelde de Nederlandse zinkfabriek, De Kempensche Zink Maatschappij (later Budelco en thans Budel Zink genaamd¹) in Budel-Dorplein, over op een minder vervuilend elektrolytisch proces om zink te winnen. Dit heeft de uitstoot van alle genoemde metalen naar het milieu drastisch verminderd. Nadeel van dit proces is echter dat het chemisch afvalproduct jarosiet ontstaat, dat in bassins wordt opgeslagen en tot op heden niet wordt verwerkt. Het is de bedoeling nog voor de eeuwwisseling over te stappen op een ander type zinkerts dat niet leidt tot grote hoeveelheden afval. In de Belgische Kempen zijn nog twee producerende zinkfabrieken, die ook gebruik maken van het minder vervuilende elektrolytische proces.

In de jaren '80 ontstond grote bezorgdheid over de gevolgen van de bodemverontreiniging in de Kempen. Vele onderzoeken werden uitgevoerd naar de verspreiding van de metalen en effecten op de mens en het ecosysteem. Cadmium is, naast zink, een mobiel metaal, dat wil zeggen dat het zich sneller door het milieu verspreidt en gemakkelijker wordt opgenomen door organismen dan andere metalen. Voor de mens wordt cadmium beschouwd als het meest toxische van de metalen die in de Kempen

¹ In de TCB-adviezen wordt de fabriek met "Budelco" aangeduid.

als verontreiniging voorkomen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de meeste aandacht zich heeft gericht op de verspreiding en effecten van cadmium.

Het consumeren van groenten die op met cadmium verontreinigde bodems worden gekweekt, wordt beschouwd als de voornaamste blootstellingsroute voor de mens. De meeste aandacht richtte zich dan ook op de moestuinen, omdat het voedselpakket van moestuinbezitters voor een groot deel bestaat uit groenten afkomstig uit deze tuinen. Daarnaast werd de kwaliteit van commercieel geteelde gewassen uit de Kempen onderzocht.

In de jaren '80 is de door de Nederlandse zinkfabriek veroorzaakte bodemverontreiniging op basis van de Interimwet bodemsanering geïnclassificeerd als een omvangrijk geval van bodemverontreiniging. In 1989 ging de Minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) in principe akkoord met een uitwerkingsplan voor de sanering. De nadruk lag in dit plan op het in eerste instantie saneren van particuliere tuinen met een cadmiumgehalte boven de 2,5 mg/kg. Een beperkt deel van de sanering van de particuliere tuinen is inmiddels uitgevoerd. Op 17 oktober 1995 vroeg de Minister van VROM de Technische commissie bodembescherming (TCB) om advies over de saneringswijze van de met zware metalen verontreinigde bodem van de Brabantse Kempen (brief kenmerk DBO/04995015, zie bijlage van dit hoofdstuk). De Minister stelt in de adviesaanvraag dat recente ontwikkelingen in het saneringsbeleid en de omvang van de problematiek in de Kempen aanleiding geven tot een belangrijk ijkmoment ten aanzien van de sanering in de Kempen.

Mede op voorstel van de Minister hebben wij het advies vormgegeven in een aantal deeladviezen, te weten: particuliere tuinen, grondwater, zinkassen en het landelijk gebied van de Kempen². Het Budelco-terrein komt in de TCB-deeladviezen niet aan de orde, hier is inmiddels een sanering in eigen beheer gestart. Onder het landelijk gebied vallen landbouwgronden, natuur- en recreatiegebieden en overige niet-bebouwde gebieden. De recente belangstelling voor diffuus verontreinigde bodems in relatie tot veranderend landgebruik, en de daaraan gekoppelde vraag of sanering of beheer van grote, diffuus verontreinigde oppervlakken mogelijk is, heeft ons doen besluiten ook een deeladvies over het landelijk gebied uit te brengen. De waterbodems en overstromingsgebieden zijn hierin ook opgenomen, omdat deze gebieden naar hun aard grotendeels onder landbouwgrond of toekomstig natuurgebied vallen.

² Advies zware metaal verontreiniging in de Kempen: particuliere tuinen, TCB A15(1996), grondwater, TCB A16(1996), zinkassen, TCB A18(1996), landelijk gebied, TCB A17(1996).

Omdat we een meerwaarde zagen in de benadering van het geval van bodemverontreiniging in de Kempen als geheel, hebben we al bij de start besloten de reeks van deeladviezen af te sluiten met een algemeen advies³ over de aanpak van zeer grote gevallen van bodemverontreiniging, toegespitst op de Kempen. Het algemene advies bevat bovendien een aantal onderwerpen die betrekking hebben op de deeladviezen, waarvan wij het bij nadere beschouwing nodig vonden deze nog toe te voegen aan de advisering. Tevens wordt in het algemene advies ingegaan op een aantal vragen uit de adviesaanvraag van de Minister, voor zover deze vanwege het algemene karakter ervan niet zijn beantwoord in de deeladviezen. Deze vragen die de Minister van belang acht, zijn

- 1 De evaluatie van het liggende onderzoeksmateriaal en een hieruit voortvloeiende aanbeveling voor een saneringsaanpak,
- 2 Aanbevelingen of er nieuw uit te voeren bodemonderzoek ten behoeve van saneringsbeslissingen voor cadmium in de Kempen aan de orde is en zo ja, waarop zich dat dan specifiek moet richten,
- 3 Het gevaar van mogelijke verdere verspreiding c.q. herverontreiniging in relatie tot nalevering en de aanwezigheid van cadmium in het grondwater in samenhang met aanbevelingen omtrent een aanpak van de waterbodempromblematiek
- 4 Een eindsituatieschets in relatie tot de aanvaardbare risiconiveaus en de daarin betrokken tijdsdimensies

De voorliggende publicatie bestaat ten eerste uit een samenvatting, met daarin een overzicht van de aanbevelingen uit de deeladviezen en het algemene advies. Hoofdstuk 2 bevat het algemene advies, genaamd "Actief bodembeheer voor de Kempen". Dit hoofdstuk is als een afzonderlijk advies te lezen. De hoofdstukken 3 tot en met 6 bevatten de deeladviezen en zijn bestemd voor de lezers die meer specifiek in een bepaald deelprobleem zijn geïnteresseerd. De voorwoorden en inleidingen bij deze documenten zijn ten behoeve van deze gebundelde uitgave verwijderd.

Hoofdstuk 3 betreft het deeladvies over de particuliere tuinen. Hierin zal worden ingegaan op de validiteit van de gehanteerde saneringsmaat (3.1), de saneringsaanpak in samenhang met de risicoafweging (3.2), de gevalsafbakening in relatie tot de problematiek van de particuliere tuinen (3.3) en de conclusies (3.4).

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de grondwaterproblematiek. Achtereenvolgens komen aan de orde de huidige situatie in het grondwater in relatie tot de bodemver-

³ In de deeladviezen wordt naar het algemene advies verwezen als overkoepelend advies.

ontreiniging (4 1), een aantal eenvoudige senario's voor de toekomstige ontwikkeling in het grondwater (4 2), het beleidskader voor de beoordeling van grondwaterverontreiniging (4 3), de mogelijke aanpak van de grondwaterverontreiniging (4 4) en het gebruik van grondwaterkwaliteitsmodellen (4 5) Het hoofdstuk wordt afgesloten met de conclusies (4 6)

Hoofdstuk 5 gaat over de zinkassen Eerst worden de inventarisatiestudies naar het voorkomen van zinkassen besproken (5 1) Vervolgens komen de effecten van zinkassenvoorkomens behandeld (5 2) Er wordt afgesloten met een voorstel voor de aanpak van de zinkassen (5 3)

Hoofdstuk 6 behandelt het landelijk gebied van de Kempen Hierin zal worden ingegaan op de mate en omvang van de verontreiniging in het landelijk gebied (6 1), de waargenomen effecten van de verontreiniging (6 2), een inventarisatie van de mogelijke technische ingrepen (6 3) en wordt afgesloten met een beschouwing over de mogelijke oplossingen voor de verontreinigingsproblematiek in de Kempen (6 4)

Met nadruk wordt gesteld dat de hoofdstukken over de deeladviezen niet los kunnen worden gezien van het algemene advies in hoofdstuk 2



Ministerie van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
Hoofddirectie Milieukwaliteit en Emissiebeleid
Directie Bodem / C625
Postbus 30945
2500 GX Den Haag
tel 070 3393939
fax 070-3391290

DIRECTORAAT-GENERAAL MILIEUBEHEER
Directie Bodem
bodemsanering\35

Aan de voorzitter van de Technische
Commissie Bodembescherming
t a v dhr ir W C Reij
Postbus 30947
2500 GX DEN-HAAG

Uw kenmerk

Uw brief

Kenmerk

Datum

DBO/04995015

17 OKT. 1995

Onderwerp

Advies saneringswijze Cadmium in de Kempen

Geachte voorzitter,

In de loop van 1982 en 1983 is uit diverse onderzoeken gebleken dat in delen van de Kempen een verhoogd gehalte aan cadmium in het milieu aanwezig is (zowel in de grond als in het grondwater). De verontreiniging hangt samen met de aanwezigheid van zinkverwerkende industrie in dit deel van Nederland, maar ook in het aangrenzend deel van België. Overigens komen ook andere metalen in het milieu voor naast cadmium, zoals zink, lood, koper, arseen en antimoon als gevolg van deze industrie. Langs vele wegen heeft verspreiding van de verontreiniging plaatsgevonden, zoals via de aanleg van "assenwegen", verstuuving, transport via het water en uitspoeling. Uit onderzoek naar de volksgezondheid bleek een mogelijke verandering van de nierfunctie te herleiden tot cadmiumverontreiniging. Op basis van de gegevens is een ernstig gevaar voor de volksgezondheid en het milieu (in de termen van de toen vigerende Interimwet bodemsanering) vastgesteld en is dit geval tevens als omvangrijk geval erkend en is in de praktijk gekozen voor een saneringsaanpak op basis van isoleren, beheersen en controleren. Tot slot is inmiddels op een enkele plaats een (deel) sanering aangevat (Budel Dorplein).

Bijlagen

Verzoekte bij beantwoording onderwerp, datum en kenmerk van deze brief te vermelden.
In verband met het overheidsbeleid om het aantal auto kilometers terug te dringen wordt het zeer op prijs gesteld dat u bij bezoek aan een VROM kantoor gebruik maakt van het openbaar vervoer.

Bijlage adviesaanvraag



Kenmerk

Datum

Bladnummer

DBO\04995015

-2-

Deze eerste maatregelen doen echter niet af aan een antwoord op de fundamentele vragen, te weten:

- 1) Wat is de omvang van het geval,
- 2) Hoe wordt omgegaan met de uitwerking van de keuze voor een IBC-variant,
- 3) Op welke wijze kan het doel van de IBC-sanering worden gedifferentieerd rekening houdende met het gebruik per deelgebied, en wat betekent dit dan voor de besluitvorming en de aanpak van de sanering,
- 4) Welke is de samenhang met andere wet en regelgeving en moet een afstemming in het kader van integrale aanpak plaatsvinden en hoe moet deze vorm krijgen,

In het kader van de integrale aanpak is een uitwerkingsplan door betrokken overheden voor de Kempen ontwikkeld, waarin tot een stapsgewijze aanpak zou worden gekomen bij de aanpak van de problematiek. Destijds heeft Minister Nijpels bij brief van 2 februari 1989 in principe ingestemd met dit uitwerkingsplan, met in achtneming van een aantal voorwaarden, zoals het verstrekken van gedetailleerdere opgaven v.w.b. de kosten van de deelprojecten en het verrichten van vervolgonderzoek. Een en ander werd begeleid door een stuurgroep.

In mijn optiek en tevens in de optiek van Gedeputeerde Staten is er thans echter een belangrijk ijkmoment aan de orde. Recente ontwikkelingen in het saneringsbeleid, met name de integratie van risicobeleid en bodemsaneringsbeleid, o.a. weerspiegeld in de introductie van de interventiewaarden en de bodemonderzoeksprotocollen, de ontwikkelingen op het gebied van actief bodembeheer, de introductie van de saneringsparagraaf in de Wet bodembescherming en de publicatie van de inwerkingtredingscirculaire van de tweede fase van de saneringsregeling van de Wet bodembescherming, brengen met zich mee dat de saneringsaanpak van Cadmium in de Kempen mogelijk aan een nadere vormgeving toe kan zijn. Ook is het besef aanwezig dat de omvang van de problematiek in de Kempen zodanig is dat de doelstellingen van de Wet Bodembescherming in dit geval mogelijk anders gedimensioneerd moeten worden. Tegen deze achtergrond moet mijn adviesaanvraag aan u worden gezien.

Ambtelijk vooroverleg heeft geleid tot het inzicht dat de problematiek ingedeeld kan worden aan de hand van een zestal categorieën, te weten

- De sanering van het Budelco-terrein;
- De sanering van de particuliere tuinen en de volks- en moestuinen,
- De sanering van de zinkassen-gebieden (wegen, erven en depots);
- De sanering van het grondwater (diep en ondiep),
- De sanering van de waterbodems;
- De sanering van de overstromingsgebieden,

De mogelijke sanering van de verschillende gebieden moet in samenhang worden gezien en tegen de achtergrond van de geformuleerde fundamentele vragen, doch gezien het feit dat inmiddels bij Budelco een sanering in eigen beheer is gestart en het feit dat de sanering van de tuinen politiek en maatschappelijk de grootste belangstelling kent, kan ik mij voorstellen dat uw advies uit verschillende samenhangende deeladviezen bestaat, waarbij een eerste voorkeur uitgaat naar een deeladvies omtrent de sanering van de tuinen. In dit verband moge ik uw verzoeken uw advisering toe te spitsen op de volgende onderwerpen:



Kenmerk

Datum

Bladnummer

DBO\04995015

-3-

- de validiteit van de gehanteerde saneringsmaat van cadmiumconcentratie van 2,5 mg/kg droge stof, dit mede tegen de achtergrond van de aanpak in België,
- de saneringsaanpak in samenhang met de risico-afweging, mede tegen de achtergrond van de mogelijke IBC-benaderingen en deelsaneringsaanpak, gedimensioneerd naar tijd en omvang;
- de gevalsafbakening en de destijds gehanteerde vooronderstellingen ten aanzien van de saneringsaanpak;

Ik verzoek u mij ten aanzien van de tuinenproblematiek te adviseren voor 1 maart 1996.

Ten aanzien van de overige gebieden moge ik u verzoeken uw advisering toe te spitsen op de volgende onderwerpen

- evaluatie van het liggende onderzoeksmateriaal en een hieruit voortvloeiende aanbeveling voor een saneringsaanpak,
- aanbevelingen of er nieuw uit te voeren bodemonderzoek ten behoeve van saneringsbeslissingen voor Cadmium in de Kempen aan de orde is en zo, ja waarop zich dat dan specifiek zou moeten richten;
- het gevaar van mogelijke verdere verspreiding cq herverontreiniging in relatie tot nalevering en de aanwezigheid van Cadmium in het grondwater in samenhang met aanbevelingen omtrent een aanpak van de "waterproblematiek";
- een eindsituatieschets in relatie tot de aanvaardbare risiconiveau's, de daarin betrokken tijdsdimensie;

Ik verzoek u mij hieromtrent te adviseren voor 1 juli 1996.

Een afschrift van mijn brief is gezonden aan Gedeputeerde Staten van de provincies Noord-Brabant en Limburg.

Hoogachtend,
de Minister van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,

Margretha de Boer

2 ACTIEF BODEMBEHEER VOOR DE KEMPEN

BODEMVERONTREINIGING OP REGIONALE SCHAAL

De Kempen worden wel beschouwd als het grootste aaneengesloten gebied met bodemverontreiniging in Nederland. Toch zijn er andere, zeer grote gebieden met bodemverontreiniging te noemen, zoals toemaakgronden, uiterwaarden, gebieden met ernstig fosfaatverzadigde gronden en polders die zijn opgespoten met verontreinigde baggerspecie. De Kempen onderscheiden zich van deze gebieden doordat de verontreiniging is veroorzaakt door aanwijsbare puntbronnen van eenzelfde aard: de zinkfabrieken. Deze hebben niet alleen geleid tot een groot, diffuus, niet-ernstig verontreinigd oppervlak, maar ook tot een aantal ernstig verontreinigde deelgebieden. De bodemverontreiniging in de Kempen heeft ten opzichte van de genoemde andere grootschalige bodemverontreiniging tot nu toe meer aandacht gekregen. Hiertoe hebben de aanwezigheid van het bij relatief lage blootstelling giftige cadmium en de relatief ongunstige bodemomstandigheden wellicht bijgedragen. Hoewel er redenen zijn tot bezorgdheid, moeten de Kempen echter niet worden beschouwd als een gebied waarin het gevaarlijk is om te wonen. Wel zijn bodemfuncties ernstig aangetast.

Met de aanpak van bodemverontreiniging van een dergelijke omvang is in Nederland nauwelijks ervaring. De meeste bodemverontreiniging die in het kader van de Interimwet bodemsanering en de Wet bodembescherming als geval wordt aangepakt is veel kleiner van omvang. Omdat verwijdering van alle verontreiniging in de Kempen geen reële optie is, wordt de sanering aangepakt volgens de IBC¹-benadering. De grote omvang van de Kempen geeft ook hier problemen: fysieke isolatie van 150 km² (of inclusief het Belgische deel 300 km²) is niet reëel uitvoerbaar. Aan IBC zal in de Kempen dus op een andere wijze vorm moeten worden gegeven dan bij de kleinere gevallen van bodemverontreiniging. Er zijn naast de omvang van de verontreiniging nog een aantal andere verschillen tussen een uitvoerbare IBC-benadering voor de Kempen en de IBC-benadering voor kleinere gevallen.

¹ IBC = Isoleren, Beheersen en Controleren

Bij IBC-oplossingen voor kleinere locaties heeft men meestal slechts te maken met één soort bodemgebruik dat bepalend is voor de uitvoering van IBC-voorzieningen. IBC voor deze gevallen is er daarnaast vooral op gericht om de bodem buiten het geval van bodemverontreiniging te beschermen. Bij een groot geval als de Kempen is de situatie veel complexer, omdat er meer vormen van bodemgebruik bepalend zijn of er acceptabele risico's zijn of niet. Bovendien worden de ruimtelijke ordening van deze vormen van bodemgebruik en de veranderingen daarin, binnen het geval, belangrijk. Daarnaast verandert ook het belang dat aan bepaalde effecten van de bodemverontreiniging moet worden toegekend. Bij kleine gevallen van bodemverontreiniging zijn met name de humaan toxicologische aspecten en de verspreiding van verontreiniging naar het grondwater van belang. Ecologische aspecten lijken bij kleine oppervlakken (behalve in natuurgebieden) slechts van belang voorzover deze voor het menselijk bodemgebruik belangrijk zijn. Zo stelt een tuin of een kleine groenvoorziening bepaalde ecologische eisen aan de bodem. Bij grote gevallen van bodemverontreiniging worden ecologische risico's echter steeds belangrijker. Niet alleen omdat een groter geval van bodemverontreiniging zoals in de Kempen natuurgebieden kan bevatten, maar ook omdat een groot gebied een significant deel van een verspreidingsgebied van een soort kan bevatten en een grote invloed kan hebben op grootschalige stofkringlopen en hydrologische kringlopen. Dit heeft ook zijn weerslag gekregen in de urgentiebepaling van gevallen van bodemverontreiniging.

Bij grootschalige verontreinigingen als de Kempen zijn de effecten binnen de locatie dermate belangrijk dat de aandacht daar naar uit moet gaan. De verspreiding van de verontreiniging speelt zich ook binnen het geval af en niet alleen vanuit het geval naar overige gebieden. Het verdient daarom aanbeveling om in een IBC-strategie voor de Kempen onderscheid te maken in twee schaalniveaus waarop risicobeheersing zou moeten plaatsvinden. Bij IBC op het lokale schaalniveau gaat het om de lokale effecten, het veilig stellen van vormen van bodemgebruik en het tegengaan van nadelige effecten. IBC op het regionale niveau betreft monitoring en controle van het grondwater binnen het geval en naar de omgeving van het geval. Hier gaat het dus om regionale effecten. Het deeladvies over het grondwater (hoofdstuk 4) is met name hierop gericht.

Het onderscheid in lokale en regionale effecten kan een rol spelen bij het beoordelen van allerlei verontreinigingssituaties in de Kempen. Bijvoorbeeld bij een omvangrijke toepassing van zinkassen dient men te schatten wat de bijdrage van deze toepassing kan zijn aan de grondwaterverontreiniging in de Kempen op de lange termijn en wat het rendement is van isolatie of verwijdering van de toepassing. Dit is dus een

beoordeling gericht op regionale effecten. Daarnaast dient beoordeeld te worden of de zinkastoepping ook lokale effecten met zich meebrengt. Uitloging kan bijvoorbeeld plaatsvinden in een kwetsbaar gebied of een watervoerend pakket belasten dat gebruikt wordt voor de drinkwaterwinning. Op grond van lokale effecten kan dan tot verwijdering of isolatie worden overgegaan ook al is het rendement bezien vanuit de kwaliteitsontwikkeling van het grondwater in de Kempen als geheel verwaarloosbaar. Omgekeerd kan bij de beoordeling van een perceel diffuus verontreinigde landbouwgrond blijken dat deze lokaal niet bijdraagt tot wezenlijke risico's. Als dit perceel echter is gelegen in een groot gebied met diffuus verontreinigde bodems dan kan in het totale gebied, op regionale schaal, een risico bestaan op verspreiding naar het grondwater. Op basis van een regionale beoordeling kan het perceel wel als risicodragend worden gezien.

BOUWSTENEN VOOR ACTIEF BODEMBEHEER

In de deeladviezen wordt duidelijk gemaakt dat het milieurendement van het verwijderen van de verontreiniging in **diffuus** verontreinigde gebieden in de Kempen niet groot is, vanwege het betrokken volume grond en het destructieve karakter van deze maatregel in bijvoorbeeld natuurgebieden. Isoleren van de bodemverontreiniging is eveneens slechts beperkt mogelijk voor bepaalde deellocaties. Blootstelling van de mens aan cadmium via consumptie van in eigen tuin geteelde gewassen kan het best worden voorkomen door gebruikbeperkingen. Uitsluiten van deze consumptie in de Kempen biedt wat dat betreft voldoende zekerheid, ervan uitgaande dat er geen particuliere drinkwaterwinning meer plaats vindt. Over de risico's voor de consument van verontreinigde landbouwproducten, die op de markt worden gebracht, bestaat nog onzekerheid. In elk geval moeten deze producten voldoen aan bestaande voorschriften bijvoorbeeld die ingevolge de Warenwet. Ook over risico's voor ecosystemen is onvoldoende bekend. Deze onzekerheden kunnen door meer onderzoek worden verminderd. Via de voorgestelde deelsaneringen en geleidelijke uitspoeling van de verontreiniging zal het probleem in de bovengrond afnemen, maar er zal nog lange tijd met nadelige gevolgen van bodemverontreiniging moeten worden geleefd. De problemen zullen zich bovendien geleidelijk verplaatsen naar het grondwater.

Waar in een IBC-variant isolatie niet goed uitvoerbaar is, worden beheersing en controle belangrijker. In het advies over het landelijk gebied wordt voorgesteld om voor de Kempen een vorm van actief bodembeheer te ontwikkelen. Vanwege de grote omvang en de complexiteit van de verontreinigingssituatie in de Kempen moet dit ac-

tieve bodembeheer breder worden opgezet dan hetgeen uit de huidige discussies over actief bodembeheer naar voren komt. Het gaat om de volgende elementen

1 De kennis van de verontreinigingssituatie

Hierbij gaat het niet alleen om zogenoemde bodemkwaliteitskaarten, maar ook om prognoses met betrekking tot uitloging van de verontreiniging en verspreiding. Om de toekomstige verspreiding via het grondwater in te kunnen schatten is specifieke (geo)hydrologische kennis nodig (zie ook het deeladvies over het grondwater, hoofdstuk 4).

2 De gebruiksbeperkingen die samenhangen met de aanwezige bodemverontreiniging

Deze kennis is van belang om te beoordelen of de verontreiniging verwijderd, geïsoleerd of geïmmobiliseerd moet worden om een bepaalde bestemming te kunnen realiseren.

3 Monitoring van effecten van de bodemverontreiniging

- Bij natuurgebieden dient de ontwikkeling van het ecosysteem te worden gevolgd. Destructieve saneringsingrepen zijn niet wenselijk en van andere technieken is het resultaat onvoorspelbaar. Deelsaneringen en bijsturing van autonome ontwikkelingen kunnen echter wel perspectieven bieden.
- Bij landbouwgronden dient regelmatige controle van de kwaliteit van de geproduceerde gewassen plaats te vinden totdat blijkt dat overschrijdingen van de normen van de Warenwet niet meer optreden. Deze monitoring is ook van belang om het succes van bepaalde mogelijke behandelingen zoals immobilisatie en fytoremediëring te kunnen beoordelen.
- De resultaten van een onderzoek te Luyksgestel naar mogelijke effecten van cadmiumverontreiniging op de gezondheid van de mens waren mede aanleiding om de Kempen als een ernstig geval van bodemverontreiniging aan te merken. In België heeft eveneens onderzoek plaatsgevonden dat thans wordt herhaald. Het verdient aanbeveling ook het Nederlandse deel van de Kempen daarbij te betrekken. Resultaten van dergelijke monitoring studies zouden kunnen uitwijzen in hoeverre de effecten van de blootstelling aan cadmium nog steeds optreden.
- Monitoring van grondwaterkwaliteit is op twee schaalniveaus van belang. Ten eerste op regionaal niveau, zeker waar het gaat om de omvang en de verspreiding van verontreinigd grondwater uit de Kempen naar andere gebieden. Ten

tweede op lokaal niveau, in relatie tot gebieden binnen de Kempen waar een bijzonder beschermingsniveau is vereist en in verband met de drinkwatervoorziening. In het deeladvies over het grondwater wordt dieper ingegaan op de opzet van grondwaterstudies in de Kempen. Hoewel de problematiek in eerste instantie verkend kan worden aan de hand van bestaande gegevens is voor de opzet van de monitoring wellicht aanvullend veldonderzoek nodig.

4 Rekening houden met de effecten van (geplande) veranderingen in het landgebruik op de bodemverontreiniging

Bij wijzigingen in bestemming wordt beoordeeld in hoeverre de bodem geschikt is - of na sanering geschikt te maken is - voor het beoogde gebruik. In de Kempen dient aanvullend daarop beoordeeld te worden wat het effect is van wijziging van het landgebruik op de aanwezige bodemverontreiniging. Is het voor de wijziging in bodemgebruik nodig om een deel van de verontreiniging te verwijderen dan kan het doelmatig zijn om meer te verwijderen indien daarmee winst, zoals het opheffen van allerlei gebruiksbeperkingen, kan worden geboekt.

5 Rekening houden met de mogelijke effecten van veranderingen in milieucondities

Uit de deeladviezen over het landelijk gebied en het grondwater is naar voren gekomen dat de risico's en effecten van de zware metaal verontreiniging in de Kempen sterk worden beïnvloed door milieucondities zoals verzuring of de hoeveelheid organische stof in de bodem. Onderdeel van actief bodembeheer is dus ook het volgen van milieu-omstandigheden die van belang zijn voor het beheersen van de verontreinigingssituatie, en zonodig ingrijpen als zich ongunstig ontwikkelingen voordoen. Daarnaast moet ook rekening worden gehouden met de invloed van maatregelen die in verband met andere milieuproblemen, zoals verdroging en fosfaatverzadiging, worden genomen.

Uit het deeladvies over het landelijk gebied blijkt dat de pH van met metalen verontreinigde landbouwgronden door bekalking bij voorkeur op 6 zou moeten worden gebracht. Uit recente metingen in het kader van nulmetingen voor het provinciaal meetnet bodemkwaliteit van de provincie Noord-Brabant blijken echter het gemiddelde en de mediaan van de pH in landbouwgronden op zand en veen 5,2 te zijn. In hoeverre deze situatie representatief is voor het verontreinigde gebied in de Kempen is niet helemaal duidelijk omdat de nulmetingen maar weinig meetpunten in dit gebied omvatten. Toch geven deze waarnemingen aanleiding tot zorg. De pH

van landbouwgronden in het verontreinigde gebied moet gevolgd worden, en zonodig worden aangepast. Daarnaast kan het op de lange termijn nodig zijn meer restricties op te leggen aan activiteiten die een verzurende invloed hebben op de omgeving.

6 Landgebruik zodanig inrichten dat de situatie beheersbaar wordt en verbetert

Nauw verbonden met de punten 4 en 5 is dat enerzijds de kwaliteit van het milieu beperkend is voor de ruimtelijke ordening, omdat ten gevolge van de verontreiniging niet alle vormen van bodemgebruik meer mogelijk zijn. Anderzijds heeft de wijze waarop de bodem wordt gebruikt consequenties voor gedrag en effecten van bodemverontreiniging. In het kader van actief bodembeheer kunnen verstandige combinaties van aan landgebruik gekoppelde milieuomstandigheden en bodemgebruik gebruikt worden om de verontreiniging beheersbaar te houden. Een nadere verkenning van de mogelijkheden voor deze combinaties voor de situatie in de Kempen is gewenst.

7 Opzetten van een "grondbank" voor de Kempen

Vanwege de grote omvang van dit geval van bodemverontreiniging blijken bepaalde maatregelen al snel onuitvoerbaar vanwege de kosten die zijn gemoed met het storten of reinigen van verwijderde verontreinigde grond of zinkassen. Toch zullen deze materialen bij deelsaneringen en in het kader van andere werken vrijkomen. Het verplaatsen van deze materialen binnen de Kempen moet mogelijk zijn, zolang de verplaatsing leidt tot concentratie van het verontreinigde materiaal op een beperkt aantal locaties in de Kempen. Een dergelijke benadering wordt nu reeds in een aantal grote steden gehanteerd. Wij bevelen aan de mogelijkheden hiervoor nader te onderzoeken.

BEPERKT VERWIJDEREN OF ISOLEREN

In de deeladviezen is het verwijderen of isoleren van bepaalde deelgebieden in de Kempen, afgezien van de zinkassenvoorkomens, nog niet aan de orde gekomen. Hiervoor komen met name deelgebieden in aanmerking die gehalten bevatten boven de interventiewaarden. Deze gebieden dragen in belangrijke mate bij aan de verdere verspreiding van metalen en de ecologische effecten. Dit zijn

- de waterbodems van de Dommel en Tungelroysche beek,
- de overstromingsgebieden van de Dommel en Tungelroysche beek,
- het Budelco-terrein,

- de grond niet behorend tot het Budelco-terrein, maar binnen een straal van ± 1500 meter ervan gelegen,
- mogelijk waterbodems van andere oppervlaktewateren

De omvang van de twee laatste categorieën moet door nader onderzoek worden vastgesteld. Zoals reeds in de inleiding is vermeld, is het Budelco-terrein geen onderwerp van advies.

In verband met de waterbodems ligt ook de volgende vraag van de Minister voor

- het gevaar van mogelijke verdere verspreiding c q herverontreiniging in relatie tot nalevering en de aanwezigheid van cadmium in het grondwater in samenhang met aanbevelingen omtrent een aanpak van de waterbodempromblematiek

De Minister doelt hier op de mogelijkheden tot sanering van waterbodems in relatie tot het risico op herverontreiniging door verontreinigd grond- en oppervlaktewater, en in relatie tot de risico's op verdere verspreiding van verontreinigd sediment.

Ontgraven en afvoeren van de ernstig verontreinigde waterbodems en overstromingsgronden is in principe gewenst, maar alleen zinvol als

- de lozingen van metalen op het oppervlaktewater in België stopgezet worden,
- er geen verontreinigd grondwater (meer) opkwelt in de beken,
- er rekening wordt gehouden met bestaande natuur op deze locaties

Ten aanzien van het eerste punt is overleg met overheden in België nodig. Met betrekking tot het tweede punt is nader onderzoek noodzakelijk. Het Waterschap de Dommel wijst er op dat de toename van het cadmiumgehalte in het oppervlaktewater van de Dommel in 1994 en 1995 vermoedelijk is te wijten aan een verandering in grondwatergebruik in België. In 1996 zijn de cadmium- en zinkgehalten in het oppervlaktewater van de Dommel weer gedaald tot het niveau van 1993, door bemaling van het grondwater op het fabrieksterrein in Overpelt (België)². De mogelijkheid van kwel van verontreinigd grondwater is dus aanwezig. Het voorgestelde verspreidingsmodel voor grondwater (hoofdstuk 4) kan hier mogelijk ook meer zicht op geven.

Zolang de waterbodems niet gesaneerd zijn of saneren vanwege bovenstaande voorwaarden of om andere redenen toch niet mogelijk blijkt, is het in stand houden van een optimale werking van de zandvangen van groot belang in verband met verdere verspreiding van verontreinigd slib stroomafwaarts. De zandvangen dienen met

² Bron: brief van het Waterschap de Dommel aan de TCB, dd 24 februari 1997

enige regelmaat te worden uitgebaggerd. Deze werkzaamheden vallen binnen de werkingssfeer van de saneringsparagraaf van de Wet bodembescherming.

Voor het Budelco-terrein is in eigen beheer een geohydrologisch beheerssysteem aangelegd. Het is mogelijk dat zich direct buiten het Budelco-terrein bodems met metaalgehalten boven de interventiewaarden bevinden, die mogelijk niet onder invloed van de geohydrologische isolatie staan. Het ligt niet voor de hand om deze bodems te ontgraven, vanwege de ligging, de bestemming (bos, zandverstuving ed.) en het volume grond dat daarbij is betrokken. De commissie beveelt aan te onderzoeken om welke bodems het gaat en of deze beheerst worden door de geohydrologische isolatie van Budelco, en zo niet, of er een mogelijkheid is om ze daarbij onder te brengen.

ORGANISATORISCHE ASPECTEN

Het creëren van een samenhang tussen het beheer van de bodemverontreiniging met andere beleidsterreinen zoals waterbeheer, ruimtelijke ordening, natuurontwikkeling, landbouwkwaliteit en drinkwatervoorziening, is in de Kempen noodzakelijk. Niet alleen om het bodemgebruik zodanig aan te passen dat dit zo min mogelijk nadelige effecten oplevert, maar ook om het juiste beoordelingskader te leveren voor veranderingen in het bodemgebruik. Waar bij kleine IBC-oplossingen nog uitgegaan kan worden van één type bodemgebruik dat in de tijd vanwege de aanwezige bodemverontreiniging "constant" kan worden gehouden, is een dergelijke beperking op regionale schaal van de Kempen weinig realistisch. Er zal met veranderend landgebruik rekening moeten worden gehouden. Voor grotere veranderingen in het gebied zullen in bepaalde gevallen milieu-effect rapportages worden vereist. Het is van belang om in deze mer's specifiek in te gaan op de consequenties van de bodemverontreiniging voor de geplande activiteit (gebruiksbeperkingen en dergelijke) en op de gevolgen van de activiteit op de verspreiding van de bodemverontreiniging. De regionale schaal waarover het beheer van de bodemverontreiniging zich uit dient te strekken maakt nauwe samenwerking tussen de betrokken provincies en Belgische overheden noodzakelijk. Daarnaast is het ter wille van een grotere samenhang noodzakelijk dat het nog uit te voeren onderzoek, de monitoring en de daaruit voortvloeiende advisering en handhaving vanuit een centraal orgaan gecoördineerd wordt.

Wij bevelen aan om een aparte beheersorganisatie in het leven te roepen, waar alle activiteiten die een relatie (kunnen) hebben met de bodemverontreiniging in de

Kempen, zoals bijvoorbeeld beheersmaatregelen, advies, onderzoek en sanering, worden gecoördineerd. Op deze wijze kan de onderlinge afstemming van deze activiteiten worden gewaarborgd. Daarvoor moet deze organisatie door alle belanghebbenden als overkoepelend orgaan worden erkend. Een breed draagvlak is noodzakelijk. Wij hebben vernomen dat de provincie Noord-Brabant naar aanleiding van de adviezen van de TCB is gestart met het opzetten van een "denktank", waarin maatregelen worden besproken die inhoud moeten gaan geven aan de adviezen. Deze denktank zou een belangrijke aanzet kunnen vormen voor een op te richten beheersorganisatie.

EINDSITUATIE

De Minister heeft de TCB verzocht een eindsituatieschets te geven in relatie tot de aanvaardbare risiconiveaus en de daarin betrokken tijdsdimensies. Ten aanzien van de bodemverontreiniging in de Kempen is er ook op langere termijn geen duidelijke eindsituatie te voorzien. Dit wordt met name veroorzaakt door het feit dat door de grote verspreiding van de verontreiniging het niet meer mogelijk is om nulemissies naar het grondwater en vanuit het grondwater naar gebieden buiten de Kempen te realiseren. Waar het bij individuele lokale bronnen zoals zinkassenvoorkomens of het Budelco-terrein nog mogelijk is om met technische voorzieningen een nulemissie te benaderen, is het onmogelijk om de diffuus verontreinigde bovengrond van het grondwater te isoleren. Na aanpak van de eerste prioritaire zaken zullen voor de mens de risico's en effecten vrijwel onmiddellijk tot een acceptabel niveau gereduceerd zijn. Met betrekking tot ecosystemen en het grondwater is het met name op de lange termijn zaak om de situatie goed in beeld te krijgen en zoveel mogelijk beheersbaar te houden. De Kempen zullen echter een voortdurende bron van overheidszorg blijven.

ONDERZOEK

Zowel uit deeladviezen als uit bovenstaande beschouwing over beheer van bodemverontreiniging op grote schaal komen aanbevelingen voor verder onderzoek voort. Omdat het onderzoek hier niet wordt gebruikt om aan te geven dat er een probleem is, maar wordt ingezet in het kader van beheer, is het louter vaststellen van effecten niet voldoende. Het onderzoek zal aan een aantal eisen moeten voldoen. In het onderstaande zal op deze eisen worden ingegaan. Aan het einde van deze paragraaf zal een overzicht worden gegeven van het onderzoek dat wordt aanbevolen. Allereerst zullen hier echter twee onderwerpen worden behandeld die verband hou-

den met het reeds uitgevoerde onderzoek en aan aanbevelingen voor nieuw uit te voeren onderzoek, conform de vragen van de Minister ter zake

- de evaluatie van het liggende onderzoeksmateriaal en een hieruit voortvloeiende aanbeveling voor een saneringsaanpak,
- aanbevelingen of er nieuw uit te voeren bodemonderzoek ten behoeve van saneringsbeslissingen voor cadmium in de Kempen aan de orde is en zo ja, waarop zich dat dan specifiek moet richten

Het liggende onderzoeksmateriaal stelde de commissie voor een aantal problemen. Tot 1973 was er sprake van een voortdurende depositie van metalen op de bodem³. Globaal gesproken kunnen metalen in de bodem vastgelegd worden of mobiel zijn, en bestaat er een dynamisch evenwicht tussen deze twee fracties. De mobiele fractie metalen is in principe beschikbaar voor opname door planten en dieren of kan uitspoelen. In het algemeen wordt gesteld dat metalen die recent aan de bodem zijn toegevoegd mobieler zijn dan reeds lang in de bodem aanwezige metalen. Sorptie is immers een langzaam proces, en evenwichtinstellingen duren jaren. Op die gronden mag (theoretisch) worden verwacht dat de fractie mobiele metalen sinds 1973 is afgenomen ten opzichte van de totale hoeveelheid in het milieu aanwezige metalen. Veranderingen in het milieu die sinds 1973 hebben plaats gevonden, zoals verzuring en verlies van organisch materiaal uit de bodem kunnen echter de mobiliteit van metalen verhogen. Dit kan enerzijds leiden tot verhoogde uitspoeling maar anderzijds ook tot een verhoogde beschikbaarheid. Door dergelijke complexe wisselwerkingen is het niet op voorhand te zeggen dat effecten die in het verleden zijn geconstateerd thans nog aanwezig zijn.

Het meeste onderzoeksmateriaal dat de commissie ter beschikking stond, heeft betrekking op de periode 1980-1987, dit is de periode waarin het probleem van de zware metaal verontreiniging in de Kempen ook politiek werd onderkend. De periode ligt ongeveer halverwege tussen het vrijwel tot nul reduceren van de uitstoot en het moment waarop dit advies wordt opgesteld. Daarnaast zijn de technieken voor het meten van metaalgehalten in grondwater wegens onnauwkeurigheid sinds 1987 geheel herzien. De commissie heeft zich alleen op basis van theoretische overwegingen een beeld kunnen vormen over de dynamiek van de metalen in de Kempen. Het is dan ook niet aan te geven in hoeverre het liggende onderzoeksmateriaal nog relevant is voor de huidige situatie. De twijfel hierover heeft ertoe geleid

³ In 1973 werd overgegaan op het electrolytische procédé in de zinkfabriek te Budel, hetgeen de uitstoot van metalen drastisch reduceerde.

dat er in de deeladviezen regelmatig voor aanvullend, danwel nieuw onderzoek wordt gepleit. Tevens leidt het besef dat de verontreinigingssituatie een dynamisch geheel is, tot de aanbeveling om de situatie te monitoren.

In het kader van beheer zijn twee typen onderzoek noodzakelijk. Het eerste type betreft monitoring, het volgen van het te onderzoeken verschijnsel in de tijd. Monitoring dient ter signalering van problemen (vaststellen van de nulsituatie) en het bewaken van processen. Het tweede type onderzoek betreft analytisch onderzoek, oftewel onderzoek de verklarende mechanismen achter de te onderzoeken verschijnselen. Dit onderzoek dient om voorspellingen te doen voor toekomstige situaties en om oplossingen voor technische problemen aan te dragen.

Monitoring

Er is voldoende kennis om te constateren dat er verschillende problemen zijn in de Brabantse Kempen. Leemtes in kennis zijn echter wel geconstateerd, met name met betrekking tot de kwaliteitsontwikkeling van het grondwater en ecologische effecten in natuurgebieden en in het grondwater. Ten aanzien van het grondwater is het niet duidelijk hoe de verontreinigingssituatie is. In natuurgebieden zijn er nadelige effecten geconstateerd op individuele soorten, en zijn er aanwijzingen dat de afbraak van organische stof vertraagd is in ernstig verontreinigde delen. Toch blijkt het niet mogelijk te zijn om op grond van de huidige kennis de toestand van de natuurgebieden als geheel te bepalen, en de ontwikkeling van deze gebieden te voorspellen. In het grondwater spelen zich ecologische processen af die essentieel onderdeel zijn van natuurlijke kringlopen van stoffen. Zo worden organische stoffen, ook van antropogene oorsprong, in het grondwater afgebroken. Hoewel er veel waarde wordt gehecht aan dit systeem, is er niet veel bekend over de mogelijke gevolgen van verstoring door giftige stoffen. Wij bevelen aan de basale kennis over deze onderwerpen uit te breiden.

Zoals hierboven is aangegeven ligt het voor de hand te verwachten dat zowel de verontreinigingssituatie als de effecten van de verontreiniging in de tijd veranderen, ook als er niet wordt ingegrepen. Monitoring is dan noodzakelijk om de dynamiek en de effecten van de verontreiniging te volgen en het beheer daarop aan te passen. De verspreiding van metalen in het grondwater en de effecten van metalen op het grondwaterecosysteem dienen gevolgd te worden. Tevens komen de effecten van de metalen op natuurgebieden in aanmerking voor monitoring. Tot nu toe is er weinig ervaring met het monitoren van biologische effecten van bodemverontreiniging. Dit is

vooral veldonderzoek, dat tevens als voorbeeldonderzoek zou kunnen zijn voor veel andere gevallen van bodemverontreiniging in natuurgebieden. De ontwikkeling van monitoringssystemen hiervoor is echter noodzakelijk.

Analytisch onderzoek

Voor een omvangrijk probleem zoals het langzaam verontreinigd raken van het grondwater, en de verspreiding van het verontreinigde grondwater, kan niet worden volstaan met het monitoren van gehalten in het grondwater. Ter ondersteuning van beslissingen is het noodzakelijk inzicht te hebben in de nog te verwachten ontwikkelingen. In dit kader bevelen wij de ontwikkeling van een verspreidingsmodel aan, dat zou aangeven in hoeverre verschillende bronnen bijdragen aan de verontreiniging van het grondwater, ook in de toekomst, als milieuomstandigheden veranderen. Daarnaast zou de verspreiding van het verontreinigde grondwater gemodelleerd moeten worden. Aanvullende kennis over de (geo)hydrologie van het gebied is daarvoor noodzakelijk.

De commissie heeft hierover in de deeladviezen een aantal aanbevelingen gedaan. Uit het reeds uitgevoerde onderzoek is de commissie gebleken dat voor het treffen van lokale maatregelen om de effecten van bodemverontreiniging tegen te gaan, oplossingsgericht wetenschappelijk onderzoek nodig is dat ter plekke uitgevoerd dient te worden. Dit stelt bijzondere eisen aan de opzet van het onderzoek, zoals hieronder wordt beschreven.

De wetenschappelijke traditie is om op grond van waarnemingen in sterk gecontroleerde omstandigheden tot algemeen geldige wetmatigheden te komen. Deze kunnen dan vervolgens in praktijksituaties worden toegepast. Helaas bestaat er bij zeer complexe objecten zoals bodems en bodemecosystemen een zeer grote afstand tussen de producten van wetenschappelijk onderzoek en toepassingen in concrete situaties. Fundamenteel onderzoek kan hier alleen met zeer grote moeite toepasbaar worden gemaakt. Een andere strategie met betrekking tot wetenschappelijk onderzoek kan hier wellicht uitkomst bieden. Door wetenschappelijk en toegepast onderzoek te koppelen aan het ontwikkelen van (deel)oplossingen van concrete milieuproblemen in de Kempen wordt praktijkervaring met bepaalde oplossingen opgebouwd waarbij tevens een fundament wordt gelegd voor wetenschappelijke generalisatie. De wetenschappelijke kennis die wordt verkregen is in eerste instantie minder universeel gel-

dig, maar wel direct toepasbaar en wellicht overdraagbaar naar andere vergelijkbare situaties. Dit is ook de filosofie achter bijvoorbeeld het NOBIS⁴-programma.

Onderzoeksprioritering

Bij de maatregelen ligt de prioriteit bij het voorkomen en beheersen van effecten. Hieruit volgt dat aan effectmonitoring een hoge prioriteit moet worden gegeven. Daarmee kan de vraag beantwoord worden welke effecten er nog zijn en kan het resultaat van effectgerichte maatregelen worden beoordeeld. Daarnaast heeft de voorspelling van de ontwikkeling van de grondwaterkwaliteit, zoals aanbevolen in het deeladvies over het grondwater, een middelhoge onderzoeksprioriteit. Resultaten van dit onderzoek kunnen aangeven hoe urgent verdere belasting van het grondwater moet worden teruggebracht. Dit zou met name bepalend kunnen zijn voor het tempo waarin de zinkassen moeten worden aangepakt. Ook middelhoge prioriteit heeft het onderzoek naar fyto-remediering en immobilisatietechnieken, zoals is aanbevolen in het deeladvies over het landelijk gebied. Vooral in het kader van de aanpak van particuliere tuinen kunnen experimenten plaatsvinden met immobiliserende stoffen (Berengiet, Mn-oxiden en dergelijke). Experimenten met fyto-remediering zouden vooral bij professionele teelten uitgevoerd moeten worden. Er is zeer weinig ervaring met deze techniek in Nederland. De keuze van accumulerende gewassen en inpasbaarheid in de bedrijfsvoering zijn eveneens onderwerpen van onderzoek. De resultaten van deze onderzoeken kunnen mogelijk bijdragen tot het opheffen van gebruiksbeperkingen. Minder hoge prioriteit heeft het onderzoek ten behoeve van het beheer voor het gebied als geheel, dit onderzoek is vooral gericht op de lange termijn.

Hieronder volgen alle aanbevelingen die de commissie ten aanzien van het onderzoek heeft gedaan. Aanbevelingen die gemerkt zijn met "#" worden als het meest prioritair beschouwd.

Monitoring

- # monitoren van metaalgehalten in commercieel verbouwde gewassen,
- # monitoren van de zuurgraad van landbouwgronden,
- # monitoren van de effecten van de cadmiumverontreiniging op de mens en het vee,
- # bepaling van de actuele kwaliteit van het grondwater, en het monitoren van de verspreiding van metalen door uitloging en verspreiding via het grondwater,

⁴ NOBIS = Nederlands Onderzoeksprogramma Biotechnologische In-Situ Sanering

- bepaling van de actuele effecten van de metalen op natuurgebieden als geheel en het monitoren hiervan,
- bepaling van de actuele effecten van de metalen op het grondwaterecosysteem en het monitoren hiervan

Analytisch onderzoek

- # onderzoek ten behoeve van de indeling van zinkassen naar afdekking en ligging ten opzichte van kwetsbare gebieden,
- # onderzoek ten behoeve van de afbakening van het gebied rond Budelco dat boven de interventiewaarden is verontreinigd en wellicht bij het geohydrologisch beheersysteem van het Budelco-terrein kan worden opgenomen,
- # onderzoek naar vastlegging van de metalen in de bodem door toevoeging van immobiliserende stoffen,
- # onderzoek naar het verwijderen van de metalen uit de bodem met behulp van metaalaccumulerende planten (fytoremediëring),
- ontwikkeling van een model waarmee de verspreiding van het verontreinigde grondwater gemodelleerd kan worden en dat kan aangeven in hoeverre verschuivende bronnen bijdragen aan de verontreiniging van het grondwater, ook in de toekomst, als milieuomstandigheden veranderen,
- aanvullend (geo)hydrologisch onderzoek ter ondersteuning van een grondwater-verspreidingsmodel,
- het schatten van de risico's op de korte of lange termijn voor gevoelige grondwaterafhankelijke ecosystemen en gevoelige vormen van gebruik van grondwater, zoals drinkwater,
- onderzoek naar natuurontwikkeling op verontreinigde grond

3 PARTICULIERE TUINEN

INHOUD

3 1 DE VALIDITEIT VAN DE GEHANTEERDE SANERINGSMAAT	25
3 2 DE SANERINGSAAHPAK IN SAMENHANG MET DE RISICOAFWEGING	35
3 3 GEVALSAFBAKENING	43
3 4 CONCLUSIES	47
3 5 REFERENTIES	51
BIJLAGE GRAFIEKEN	53

Deze tekst is eerder gepubliceerd in

Advies zware metaal verontreiniging in de Kempen particuliere tuinen,
TCB A15(1996)

3 1 DE VALIDITEIT VAN DE GEHANTEERDE SANERINGSMAAT

Inleiding

In overleg met provincie, de Regionale Inspectie Milieuhygiene (RIMH) van Noord-Brabant en de Directie Bodem van het Directoraat-Generaal Milieubeheer (DGM) zijn destijds voor de sanering van de bodemverontreiniging in de Kempen uitgangspunten vastgesteld. Deze zijn vastgelegd in het "Uitwerkingsplan Integrale aanpak Zware Metalen verontreiniging in de Kempen", een gezamenlijk stuk van de provincies Limburg en Noord-Brabant (1). Dit stuk werd in maart 1988 aangeboden aan Minister Nijpels, en in februari 1989 door hem op hoofdlijnen goedgekeurd (2).

Voor tuinen in particulier gebruik is in het uitwerkingsplan een saneringswaarde vastgesteld van 2,5 mg cadmium/kg d s. Met saneringswaarde wordt hier een waarde bedoeld die de grens aangeeft tussen situaties waar op grond van de toen vigerende Interimwet Bodemsanering (IBS) wel, en situaties waar geen saneringsmaatregelen in de rede liggen. Nadrukkelijk wordt niet bedoeld dat het cadmiumgehalte bij sanering slechts teruggebracht zou moeten worden tot 2,5 mg/kg d s.

De saneringswaarde van 2,5 mg cadmium/kg d s is afkomstig uit een advies van het Staatstoezicht op de Volksgezondheid uit 1987 (3), waarin werd aangegeven dat maatregelen genomen zouden moeten worden om de belasting van de mens met cadmium terug te dringen. De Inspecteur Milieuhygiene adviseerde het volgende:

"De blootstelling van de inwoners van de Kempen aan de milieuverontreiniging met cadmium en andere zware metalen zal (op korte termijn) zoveel mogelijk verminderd moeten worden. De belangrijkste blootstellingsroute lijkt te gaan via het consumeren van groenten, die zijn verbouwd op verontreinigde grond van privé- en volkstuinten. Daarom dient ten aanzien van al deze tuinen een beslissing te worden genomen over de te treffen saneringsmaatregelen."

"Voor concentraties tussen 0,7 en 2,5 mg cadmium/kg d s moet besloten worden welke maatregelen (inclusief afgraven) daartoe het meest geschikt zijn. Voor concentraties, die hoger zijn dan in Luyksgestel in de bodem zijn aangetroffen, namelijk boven 2,5 mg/kg d s is een definitieve sanering van privé-

en volkstuinten noodzakelijk , zoals afgraven en vervangen door schone grond"

Het advies van het Staatstoezicht op de Volksgezondheid om de saneringsgrens te leggen bij een waarde van 2,5 mg cadmium/kg d s is gebaseerd op twee onderzoeken, te weten

- het nader onderzoek, fase II uitgevoerd door het adviesbureau Haskoning (4),
- een onderzoek van het RIVM (5) uitgevoerd door Kreis *et al* naar de effecten van langdurige blootstelling aan cadmium

In 1992 is door adviesbureau CSO een risicobeoordeling uitgevoerd op een locatie te Budel (6) Hoewel dit onderzoek niet primair tot doel had om een specifieke saneringsgrens af te leiden, is een bespreking van dit onderzoek van belang in verband met de beoordeling van risico's voor de mens als gevolg van bodemverontreiniging in de Kempen Hieronder zal kort op de bovengenoemde onderzoeken worden ingegaan

Haskoning nader onderzoek, fase II

Het onderzoek van Haskoning, in opdracht van de provincies Noord-Brabant en Limburg, werd afgesloten met een concluderend rapport, bestaande uit een samenvatting van de resultaten van vier deelrapporten en een toxicologische en milieuhygiënische evaluatie van de onderzoeksresultaten Doel van het onderzoek was om

- de omvang en verspreiding van de zware metaal verontreiniging in een gedeelte van Noord-Brabant en Limburg weer te geven,
- de onderzoeksresultaten te analyseren door middel van een studie naar de effecten van cadmiumverontreiniging op de volksgezondheid in het onderzoeksgebied,
- de risico's voor de volksgezondheid en het milieu te beoordelen,
- een eerste aanzet te geven voor een saneringsmogelijkheid

Ten behoeve van de toxicologische evaluatie werd een schatting gemaakt van de samenhang tussen de cadmiuminname door de mens en het cadmiumgehalte in de bodem De cadmiuminname door de mens werd berekend door de "achtergrondinname" aan cadmium (gemiddelde dagelijkse cadmiuminname via voedsel, anders dan groenten, in Nederland) te vermeerderen met een "additieve cadmiuminname" via in de Kempen verbouwde groenten Bij deze schatting is gebruik gemaakt van gegevens uit een notitie van de Ministers van VROM en (het toenmalige) Landbouw en Visserij (L&V) "Cadmium in de Kempen" (7)

Voor het bepalen van de "additieve" cadmiuminname is de aanname gedaan dat een groot deel van de geconsumeerde voedselgewassen (onderzocht werden aardappelen, bladgroenten, en wortelen) uit eigen tuin wordt betrokken. Voor de niet onderzochte groenten is het landelijk gemiddelde cadmiumgehalte aangehouden. De "additieve" cadmiuminname werd gebaseerd op een met statistische technieken verkregen empirische relatie tussen het cadmiumgehalte in het gewas en het cadmiumgehalte in de bodem waarop het gewas werd geteeld.

Haskoning is voor de analyse van de relatie tussen het cadmiumgehalte van het gewas en van de bodem in eerste instantie uitgegaan van metingen die door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB) in Haren (8) en de Keuringsdienst van Waren in Den Bosch (verzameld door Van Velde, 1985) zijn uitgevoerd in de Kempen. Later heeft Haskoning voor het definitieve rapport gebruik gemaakt van gegevens die afkomstig zijn van een studie van Haskoning in samenwerking met het LISEC (het Studiecentrum voor Ecologie en Bosbouw te Bokrijk, België), gebaseerd op Belgische analyseresultaten.

Ter illustratie zijn drie grafieken bijgevoegd uit de rapportage van Haskoning waarin de relatie wordt aangegeven tussen het cadmiumgehalte van de bodem en het cadmiumgehalte van sla (zie bijlage van dit hoofdstuk). In de eerste grafiek is de grote spreiding van waarnemingen goed te zien. Deze grafiek is gebaseerd op metingen van het IB te Haren en de Keuringsdienst van Waren in Den Bosch. De tweede en derde grafiek zijn gebaseerd op de studie van LISEC en Haskoning waarin onderscheid is gemaakt tussen bodems met een $\text{pH} < 5$ en bodems met een $\text{pH} > 5,5$.

De geschatte cadmiuminname werd getoetst aan de WHO-aanbeveling van 400 - 500 μg cadmium per week. In het rapport van Haskoning is veiligheidshalve uitgegaan van een maximaal toelaatbare inname van 400 μg per week. Het resultaat van het onderzoek werd als volgt verwoord:

"Wanneer de pH van de bouwvoor kleiner is dan 5, is er een kans van 10 % dat bij een cadmiumgehalte in de bouwvoor van 2,5 mg/kg d.s. de WHO-aanbeveling van 400 μg cadmium per week wordt overschreden. De kans dat de WHO-aanbeveling wordt overschreden bij een hoger cadmiumgehalte in de bouwvoor is groter dan 10%."

Kanttekeningen van de commissie bij het nader onderzoek, fase II

Een nadere beschouwing van de manier waarop de conclusies met betrekking tot de mogelijke blootstelling aan cadmium tot stand zijn gekomen, roept een aantal vragen op omtrent de betrouwbaarheid daarvan

- Als achtergrondbelasting van de gemiddelde Nederlander is een waarde gebruikt van 175 µg cadmium per week. Deze achtergrondbelasting is relatief hoog vergeleken met een cadmiuminname behorend bij de WHO-aanbeveling van 400 - 500 µg cadmium per week. Dit betekent dat de schatting van de totale cadmiuminname niet alleen afhankelijk is van de betrouwbaarheid van het gevonden verband tussen het cadmiumgehalte in gewassen en het cadmiumgehalte in de bodem, maar ook van de betrouwbaarheid van de schatting van de achtergrondblootstelling.
- De verhoudingen tussen het cadmiumgehalte van de bodem en de cadmiumgehalten van groenten variëren. De gegevens die voor het onderzoek zijn gebruikt, tonen aan dat in groenten die zijn geteeld op bodems met relatief lage cadmiumgehalten (< 2,5 mg/kg d s), relatief hoge cadmiumgehalten kunnen worden gemeten. Dit suggereert dat indien gewassen uit eigen tuin worden geconsumeerd die zijn geteeld op een bodem met een lager cadmiumgehalte dan 2,5 mg/kg d s er toch een cadmiuminname kan optreden die de WHO-aanbeveling (of de daarop gebaseerde Toelaatbare Dagelijkse Inname, TDI) kan overschrijden. Overigens worden ook relatief lage gehalten in consumptiegewassen waargenomen bij hoge cadmiumgehalten in de bodem.

Het komt er dus op neer dat het afleiden van een algemeen geldige saneringswaarde voor het totaalgehalte van cadmium in de bodem, zoals bedoeld in het "Uitwerkingsplan Integrale aanpak Zware Metalen verontreiniging in de Kempen" (1), feitelijk onmogelijk is. Tevens moet worden opgemerkt dat de wijze van afleiden van de saneringswaarde van 2,5 mg/kg d s cadmium een kwantitatieve nauwkeurigheid suggereert die niet wordt waargemaakt met de beschikbare empirische gegevens. Dit geldt met name voor de uitspraak dat bij een pH < 5 en een cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg d s de kans op overschrijding van de WHO-aanbeveling als gevolg van consumptie van gewassen uit eigen tuin 10% is. Bij de statistische analyse die aan deze uitspraak ten grondslag ligt, zijn een aantal methodologische kanttekeningen te plaatsen. De commissie acht deze echter minder bezwaarlijk dan de erdoor veroorzaakte schijn van "wetenschappelijke hardheid". Deze heeft tot gevolg gehad dat in de verdere meer beleidsmatige beoordeling van de aanpak van de bodem-

verontreiniging geen rekening meer is gehouden met de onzekerheden over de mate waarin blootstelling aan cadmium optreedt

Onderzoek naar de effecten van langdurige blootstelling aan cadmium

In 1983 was door de Geneeskundige Hoofdinspectie opdracht gegeven voor het uitvoeren van een medisch onderzoek naar de lichaamsbelasting met cadmium en de effecten op de nierfunctie in een langdurig blootgestelde populatie in de Kempen. Dit onderzoek werd uitgevoerd in Luyksgestel (blootgestelde populatie) en in het dorp Zeeland (Noord-Brabant), als controle populatie. Als indicatie voor de mate van bodemverontreiniging in Luyksgestel is uitgegaan van het onderzoek van Haskoning. In dit onderzoek zijn op basis van analyses van bodemonsters op een kaart zones ingetekend die marges van de cadmiumgehalten in de bodem aangeven. Luyksgestel valt volgens deze kaart in de zone met een gehalte van 1 - 2,5 mg cadmium/kg d.s. Volgens de gegevens van Vos (1984) is het cadmiumgehalte in de bodem in Zeeland minder dan 0,4 mg/kg d.s.

In januari 1987 verscheen het rapport van Kreis *et al.* (5) waarin verslag werd gedaan van dit onderzoek. Onderstaand worden de conclusies van het onderzoek weergegeven.

"Er werd een duidelijk verschil tussen de plaatsen aangetoond in de concentratie aan cadmium van de urinemonsters, waarbij Luyksgestel hoger uitkomt dan Zeeland en waarbij het verschil toeneemt met de leeftijd"

Hierbij dient te worden aangetekend dat de cadmiumconcentratie in de urine wordt gebruikt als indicator voor de hoeveelheid cadmium die zich in de nier bevindt als gevolg van chronische blootstelling aan cadmium.

Verder was een conclusie van het onderzoek dat "er eveneens een verschil tussen de plaatsen zichtbaar was bij een aantal van de parameters voor de nierfunctie, zoals bij de parameters die een verminderde terugresorptie in de proximale tubulus weerspiegelen: de verhouding tussen laag- en hoogmoleculaire eiwitten en retinolbindend eiwit"

(Voor retinolbindend eiwit geldt dat dit verschil alleen werd gevonden als de subgroepen van bewoners die lokaal geteelde gewassen consumeerden, werden vergele-

ken Deze constatering ondersteunt de hypothese dat gewasname de belangrijkste blootstellingsweg is in geval van cadmiumverontreiniging van de bodem)

"Een verschil is aangetoond bij parameters die de functie van de lysozymen in de proximale tubulus meten (N-acetyl- β -d-glucosaminidase)"

Verschillen in nierfunctie zijn ook gevonden in bevolkingsonderzoeken die in de Belgische Kempen zijn uitgevoerd het Cadmibel-onderzoek (1985-1989) en het vervolgonderzoek PheeCad (1991-1994) (9, 10, 11, 12, 13, 14)

Verder is in het onderzoek van Kreis *et al* ook een verschil tussen de plaatsen Zeeland en Luyksgestel gevonden voor een aantal andere parameters van de nierfunctie, zoals een hogere uitscheiding van calcium met de urine

Volgens Kreis "past dit bij de, door de respondenten aangegeven, hogere frequentie van het voorkomen van nierstenen en zou dit kunnen berusten op een (licht) verschillend voedingspatroon vooral voor het gebruik van melkproducten"

Overigens leken ook de resultaten uit de Cadmibel-studie te wijzen op een geleidelijk effect van cadmiumblootstelling op de calciumuitscheiding (9, 10)

Eveneens werd in het onderzoek van Kreis *et al* "een verschil gevonden voor de aangegeven frequentie van de behandeling met antihypertensiva en diuretica (beide medicijnen worden gebruikt tegen hoge bloeddruk) voor het ooit geleden hebben aan hoge bloeddruk en de in het onderzoek gemeten bloeddruk Al deze parameters waren in Luyksgestel hoger dan in Zeeland" Volgens Kreis *et al* "past dit bij een eveneens gevonden hogere uitscheiding van natrium met de urine en berust dit mogelijk op een iets hoger zoutgebruik"

Verschillen in de frequentie van hoge bloeddruk en de behandeling met medicijnen tegen hoge bloeddruk werden niet bevestigd door het Cadmibel- en het PheeCad-onderzoek (9, 10, 11, 12, 13, 14)

Kanttekeningen van de commissie bij het onderzoek naar effecten van langdurige blootstelling aan cadmium

In de studie van Kreis *et al* is een verhoogde blootstelling aan cadmium aangetoond, waarbij ook verschillen in de uitscheiding van eiwitten zijn gevonden. Dat deze blootstelling met name het gevolg is van de consumptie van verontreinigde gewassen is aannemelijk gemaakt. Een kwantitatief verband tussen de mate van bodemverontreiniging en de mate van een verhoogde blootstelling aan cadmium is echter niet op grond van het onderzoek af te leiden. Daarvoor ontbreken gegevens over het werkelijke cadmiumgehalte van de bodem en van de daarop geteelde consumptiegewassen, waaraan de onderzochte personen waren blootgesteld.

Er zijn wel een aantal metingen bekend van het cadmiumgehalte in de bodem van Luyksgestel. In een rapport van CSO uit 1992 (15) zijn kanscontouren getekend voor verschillende plaatsen. Volgens deze gegevens valt Luyksgestel in de contour waar de kans op overschrijding van het cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg d s groter is dan 10%. Dit is het resultaat van een geostatistische schattingsmethode. Worden echter de individuele metingen in Luyksgestel beschouwd die als basis hebben gediend voor het bepalen van de kanscontouren, dan blijkt dat de waarde van 2,5 zelden wordt overschreden. De hoogst gemeten waarde is 3,6 mg cadmium/kg d s. Dit illustreert dat de ligging van de kanscontouren sterk kan worden beïnvloed door een beperkt aantal waarnemingen van hoge gehalten, hetgeen ook door de auteurs van het rapport wordt benadrukt.

De gegevens uit bovengenoemd CSO-rapport suggereren dat de populatie uit Luyksgestel niet behoort tot de populatie die aan de hoogst voorkomende cadmiumgehalten in de Kempen is blootgesteld. Op andere plaatsen in de Kempen, waar de bodem sterker verontreinigd is, kan de blootstelling aan cadmium hoger zijn (geweest) dan in Luyksgestel. Met name in België zijn hogere cadmiumgehalten in de bodem aangetroffen. De bevolkingsonderzoeken die zijn uitgevoerd in België (9, 10, 11, 12, 13, 14) lijken te wijzen op een hogere blootstelling aan cadmium.

Het bevolkingsonderzoek van Kreis *et al* en de gegevens over cadmiumgehalten in de bodem van Luyksgestel suggereren dat er ook bij minder dan 2,5 mg/kg d s cadmium in de bodem sprake zou kunnen zijn van extra blootstelling aan cadmium en veranderingen in de excretie van eiwitten. In dit licht bezien is een saneringswaarde van 2,5 mg/kg d s zeker niet te streng. Men dient zich echter wel te realiseren dat de

relatie tussen bodemverontreiniging en de genoemde verschijnselen niet eenduidig is. De effecten die bij het onderzoek te Luyksgestel zijn gevonden, zijn het gevolg van een langdurige blootstelling aan cadmium die in het verleden vermoedelijk hoger was dan nu. Het is zeer wel mogelijk dat het cadmiumgehalte van consumptiegewassen thans lager is, omdat de fractie van het in de bodem aanwezige cadmium die voor planten beschikbaar is, in de loop van de tijd door uitspoeling is afgenomen. Tevens is de cadmiumbelasting via de lucht in de loop der jaren hoogstwaarschijnlijk sterk verminderd. Dit roept de vraag op in hoeverre de gevonden verschijnselen bij het huidige blootstellingsniveau in de toekomst nog zullen optreden en derhalve in hoeverre maatregelen ter reductie van de huidige blootstelling nog effect sorteren.

Kwantitatieve risicobeoordeling op een lokatie te Budel

In 1992 is door Adviesbureau CSO een risico-evaluatie uitgevoerd voor de situatie in Budel (6). Op basis van frequentieverdelingen van cadmiumgehalten in de bodem en gegevens over het cadmiumgehalte van een aantal in Budel geteelde gewassen zijn modelmatige schattingen gemaakt van de kans op een blootstelling boven TDI niveau. CSO komt tot de conclusie dat de kans op een overschrijding van de TDI voor cadmium als gevolg van de extra blootstelling te Budel ten opzichte van een situatie zonder bodemverontreiniging toeneemt van 0,9% naar 12,6% voor kinderen en van vrijwel 0% naar 11,4% voor volwassenen. Deze verhoging wordt met name veroorzaakt door de verhoogde gehalten in consumptiegewassen.

Het CSO-onderzoek leidt niet tot een grenswaarde voor cadmium in de bodem waarbij de risico's acceptabel genoemd kunnen worden. De onderzoekers beoogden dit ook niet, zij zien in het berekenen van de kans op overschrijding van de TDI een waardevol instrument om prioriteiten te stellen bij het nemen van saneringsmaatregelen.

Kanttekeningen van de commissie bij het CSO-onderzoek

De benadering die door CSO bij de risicobeoordeling is gevolgd maakt zoveel mogelijk gebruik van meetgegevens en houdt expliciet rekening met de variabiliteit daarvan. Dit is een positief punt. Om de risicoberekeningen uit te voeren zijn echter een aantal kengetallen nodig, bijvoorbeeld over de samenstelling van het voedselpakket en de hoeveelheid geconsumeerde groenten, die mogelijk onbetrouwbaar zijn. Wat deze kengetallen betreft zijn de tekortkomingen vergelijkbaar met die van het model CSOIL, dat behalve voor het afleiden van interventiewaarden, waar het

model voor ontwikkeld is, ook, volgens de TCB ten onrechte (16, 17, 18, 19), wordt gebruikt voor de schatting van de actuele blootstelling

De commissie zou graag zien dat een statistische benadering in de besluitvorming, waarvoor in het CSO-rapport een aanzet is gegeven, ten behoeve van de uitvoering van de bodemsanering verder wordt uitgewerkt. Het belang van een statistische benadering is dat onzekerheden expliciet worden gemaakt, en dat niet de indruk wordt gewekt dat besluitvorming volledig op basis van algemeen geldende bodemnormen kan plaatsvinden.

Eén van de belangrijkste bronnen van onzekerheid bij het vaststellen van cadmiumgehalten in de bodem waarboven tot sanering moet worden overgegaan, is de grote variabiliteit in de relatie tussen het cadmiumgehalte in de bodem en in het gewas. Uit onderzoek van Boekhold (20) blijkt dat zelfs op een schaal van enkele m² de ruimtelijke variabiliteit van het totale cadmiumgehalte, het met CaCl₂ extraheerbare cadmium (als maat voor planten beschikbare en uitlogbare cadmium), de pH en het organisch stofgehalte erg groot kan zijn. Aangezien de variabiliteit op zeer kleine schaal speelt (zelfs op het schaalniveau van het wortelstelsel van individuele planten), zijn grootschalige karteringen van cadmiumgehalten en andere bodemeigenschappen die voor de opneembaarheid van cadmium in gewassen van belang zijn, van weinig voorspellende waarde voor de kans dat men bij consumptie van gewassen uit eigen tuin de TDI overschrijdt.

Conclusies

Op basis van zowel het onderzoek van Haskoning als het onderzoek van Kreis *et al* zijn conclusies getrokken over een saneringswaarde van 2,5 mg/kg d.s. Op grond van een analyse van deze onderzoeken wordt duidelijk dat er feitelijk onvoldoende reden is om te kiezen voor een algemeen geldige saneringswaarde van 2,5 mg/kg d.s., waarbij in het geval van overschrijding van die waarde gesaneerd dient te worden. Ook bij lagere waarden kunnen gewasnormen worden overschreden en kan aannemelijk worden gemaakt dat de WHO-aanbeveling c.q. de TDI als gevolg van consumptie van gewassen uit verontreinigde tuinen kan worden overschreden.

Omdat de zware metaal verontreiniging in de Kempen als een omvangrijk geval van bodemverontreiniging moet worden beschouwd en aannemelijk kan worden gemaakt dat in delen van het geval, in casu een aantal particuliere moestuinen, sprake is van een overschrijding van de TDI, is het hele geval ook als urgent te beschouwen. De

commissie acht het onderzoek dat door Haskoning, Kreis *et al* en CSO is uitgevoerd voldoende om deze beslissing te nemen

Het onderzoek geeft echter onvoldoende informatie voor de keuze van saneringsmaatregelen. De zogenoemde locatiespecifieke omstandigheden die voor het gehele geval van toepassing zijn, leiden tot sanering volgens een IBC-benadering. In deze benadering liggen maatregelen in de rede om de humane blootstelling tot een acceptabel niveau (beneden TDI) terug te dringen en dienen ook ecologische risico's en verspreidingsrisico's tot een acceptabel niveau te worden gereduceerd. Omdat het bij discussie over de sanering van particuliere tuinen vooral om de humane blootstellingsrisico's gaat, zou het uitgevoerde onderzoek moeten aangeven in welke tuinen blootstellingsreducerende maatregelen wel of niet getroffen moeten worden. Dit is niet uit de uitgevoerde onderzoeken af te leiden. Om te bepalen in hoeverre in deze concrete situatie de TDI wordt overschreden, is meting van gehalten in ter plaatse geteelde gewassen de enige mogelijkheid. Zoals gezegd is de voorspellende waarde van het cadmiumgehalte in de bodem daarvoor te laag.

3.2 DE SANERINGSAAHPAK IN SAMENHANG MET DE RISICOAFWEGING

Inleiding

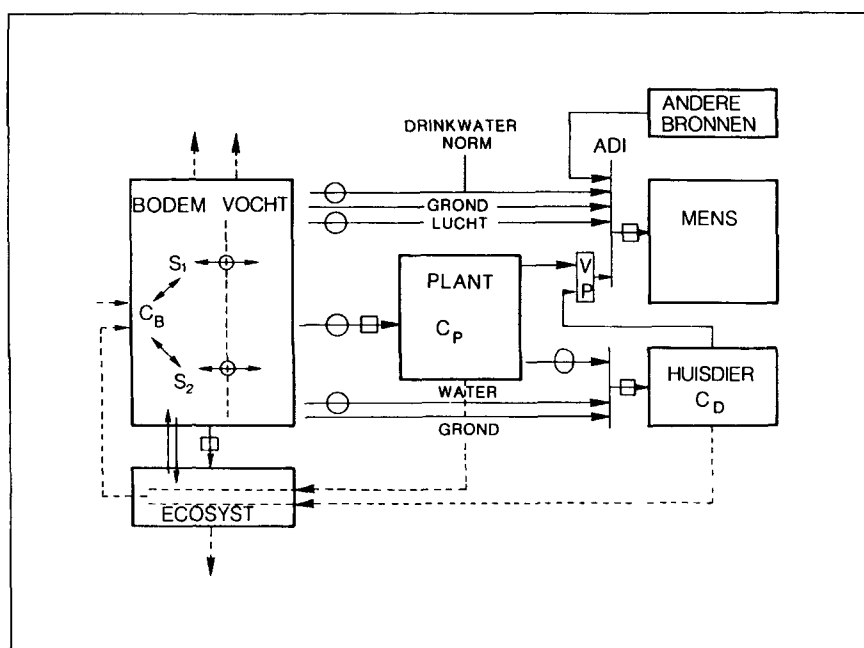
De aanpak van de cadmiumverontreiniging in particuliere tuinen in de Kempen die thans wordt voorgestaan komt er op neer dat alle tuinen (potentiele moestuinen) waar het cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg d s wordt overschreden, zouden moeten worden afgegraven en voorzien van een schone teeltlaag. Omdat voor de Kempen niet gekozen is voor de zogenoemde multifunctionele variant (volledig herstel), moet deze maatregel worden gezien als een blootstellingsreducerende maatregel. De commissie is er niet van overtuigd dat het vervangen van grond in tuinen met hogere gehalten dan 2,5 mg/kg d s voldoende is, gegeven het uitgangspunt dat in het geval van een IBC-maatregel de blootstelling teruggebracht dient te worden tot onder de TDI.

Het onderzoek van de bodemverontreiniging in de Kempen heeft immers uitgewezen dat de relatie tussen het cadmiumgehalte in de bodem en het cadmiumgehalte in het gewas sterk kan variëren, zodat ook in tuinen waar het cadmiumgehalte lager is dan 2,5 mg/kg d s nog gehalten in gewassen kunnen worden verwacht waarbij overschrijding van de TDI mogelijk is.

Ook is het zeer wel mogelijk dat tuinen worden ontgraven waarbij ondanks de overschrijding van het cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg d s, vanwege andere bodemeigenschappen zoals een hoge pH geen overschrijding van de TDI bij consumptie van gewassen plaatsvindt. Het toepassen van een saneringsgrens alleen op basis van het cadmiumgehalte in de bodem kan er toe leiden dat een deel van de tuinen onterecht wordt afgegraven, en een ander deel ten onrechte niet wordt afgegraven.

Slechts indien de verontreiniging volledig wordt verwijderd, met andere woorden alle grond in tuinen waarvan het cadmiumgehalte de streefwaarde overschrijdt wordt vervangen door schone grond, kan te hoge blootstelling aan cadmium via in eigen tuin geteelde gewassen volledig worden voorkomen. Zolang hiertoe niet wordt overgegaan blijven er wellicht situaties bestaan waar de toelaatbare blootstelling als gevolg van gewasconsumptie wordt overschreden. De commissie kan zich voorstellen dat op grond van logistieke en financiële overwegingen van volledige verwij-

dering van de verontreiniging uit tuinen wordt afgezien. In dit hoofdstuk wil de commissie een aantal alternatieve maatregelen aangeven.



Figuur 3.1 Model van de stroming van een stof vanuit de bodem langs meerdere wegen naar de mens en de relatie van de stof met het bodem-ecosysteem. Een ring in de pijl betekent een relatie die door een overdrachtsfactor (concentratie verhoudingsfactor) kan worden weergegeven. Een vierkant in de pijl betekent een concentratie-effectrelatie. VP = standaardvoedselpakket (21).

Alternatieve maatregelen

De belangrijkste blootstellingsroute van cadmium loopt via het transport van cadmium van grond naar plant en van plant naar mens. In deze keten (zie figuur 3.1) heeft men in iedere tussenstap te kampen met onzekerheden over de hoeveelheid cadmium die wordt overgedragen naar de volgende schakel. Indien de kans op effecten bij de mens als gevolg van blootstelling aan een met cadmium verontreinigde bodem moet worden voorspeld op grond van het cadmiumgehalte in de bodem, dan heeft men met een cumulatie van onzekerheden te maken. Het cadmiumgehalte in de bodem is dan ook een slechte voorspeller van de blootstelling van de mens en de daaraan verbonden risico's. Op grond van de gehalten in gewassen zijn betere voorspellingen mogelijk omdat er minder onzekerheden zijn. De variabiliteit in de opname door planten van cadmium uit de bodem is dan niet meer van belang. Hoe minder tussenstappen (in termen van overdrachtsfactoren in de blootstellingsketen) in de

risicoschatting, des te betrouwbaarder is de schatting. Met andere woorden, hoe dichter een parameter bezien vanuit de blootstellingsketen bij de mens ligt, hoe geringer de onzekerheden bij de voorspelling van blootstelling en effecten zijn.

Dit geldt ook voor maatregelen ter reductie van de blootstelling. Afgezien van de volledige verwijdering van de bodemverontreiniging geldt dat, hoe dichter het aangrijpingspunt (gezien vanuit de blootstellingsketen) bij de mens ligt, des te meer men zeker is van het resultaat van de maatregelen. De volgende aangrijpingspunten met de daarbij behorende maatregelen kunnen worden onderscheiden:

- 1 gewasconsumptie door de mens: teeltadviezen,
- 2 cadmiumtransport van bodem naar plant: vermindering van beschikbaarheid van cadmium voor planten,
- 3 cadmiumgehalte in de bodem: verminderen van het cadmiumgehalte van de bodem,

Mits het resultaat van de maatregelen gegarandeerd is en de maatregelen ook daadwerkelijk worden uitgevoerd, geven, vanuit dit perspectief bezien, maatregelen waarbij de consumptie van met cadmium verontreinigde gewassen wordt voorkomen (teeltadviezen) de meeste zekerheid, en het (selectief) verminderen van het cadmiumgehalte van de bodem (selectieve verwijdering van alleen grond in tuinen die een cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg d.s. overschrijden) de minste zekerheid ten aanzien van blootstellingsreductie. Vermindering van de beschikbaarheid van cadmium voor planten neemt een tussenpositie in.

Teeltadviezen

Teeltadviezen kunnen variëren van het advies om geen groente uit eigen tuin te consumeren, tot een meer gedifferentieerd advies waarin het telen van een beperkt aantal gewassen wordt gekoppeld aan cadmiumgehalten en bodemeigenschappen zoals pH en organisch stofgehalte, die op het betreffende perceel voorkomen. Voor gedifferentieerde teeltadviezen is een onderzoek naar deze bodemeigenschappen voor elke tuin noodzakelijk.

In de Kempen zijn meerdere malen teeltadviezen gegeven. In 1982 heeft het Staatstoezicht op de Volksgezondheid op verzoek van de GGD Valkenswaard reeds het algemene advies gegeven om de teelt van alle voedingsgewassen (uitgezonderd aardappelen) in het verontreinigde gebied ten behoeve van regelmatige consumptie te beëindigen (22). Door de provincies Noord-Brabant en Limburg zijn in 1989 aan de

eigenaren/gebruikers van tuinen in Budel en Weert gedifferentieerde teeltadviezen gegeven op basis van onderzoeksgegevens van hun tuin (23) In 1996 is naar aanleiding van de overstroming van de oevers van de Neerbeek in de winter van 1994 -1995 en de afzet van verontreinigd sediment, door de GGD Midden-Limburg het advies gegeven om bij voorkeur bepaalde gewassen niet meer te telen en een aantal voorzorgsmaatregelen te nemen (24) De Vlaamse Gemeenschap heeft een brochure uitgegeven waarin teeltadviezen worden gegeven aan de hand van drie categorieën cadmiumgehalten (3-6 mg cadmium/kg, 6-12 mg cadmium/kg en ≥ 12 mg cadmium/kg) (25)

De commissie kan niet overzien in hoeverre deze adviezen ook daadwerkelijk door de bevolking zijn opgevolgd Tevens twijfelt zij aan de geldigheid van de differentiaties die in de adviezen zijn aangebracht Zo worden in het Belgische advies relatief hoge waarden genoemd, die alleen verantwoord lijken indien de bodemeigenschappen die van invloed zijn op de opname van cadmium door de planten zeer gunstig zijn voor de beperking van de gewasopname In een dergelijke brochure zou daarom meer aandacht moeten worden besteed aan die bodemeigenschappen die naast het cadmiumgehalte van invloed zijn op de opname van cadmium door planten

Mede gezien de grote variabiliteit in de relatie tussen bodemeigenschappen en de opneembaarheid van cadmium door planten, is de commissie voorstander van een eenvoudig algemeen advies om geen gewassen uit eigen tuin te consumeren die cadmium accumuleren Blijkt echter in een specifiek geval uit gewasonderzoek dat de risico's van de consumptie van gewassen beperkt blijven, dan kan het advies voor die situatie worden ingetrokken Voor het geven van gedifferentieerde teeltadviezen aan de hand van verschillende bodemeigenschappen lijkt momenteel nog onvoldoende kennis aanwezig Mogelijk dat gewasonderzoek in combinatie met de bepaling van de relevante bodemeigenschappen de kennis hieromtrent kan uitbreiden zodat het geven van gedifferentieerde teeltadviezen op termijn meer zekerheid kan bieden

Vermindering van de beschikbaarheid voor planten

Een vermindering van het cadmiumgehalte in groenten kan worden bereikt door het toevoegen van bepaalde stoffen aan de bodem De meest voor de hand liggende manier is het bekalken om de pH in de bodem te verhogen Dit leidt er toe dat cadmium minder makkelijk door gewassen wordt opgenomen

Andere methoden zouden mogelijk het toevoegen van organische stof of het immobiliseren van cadmium zijn. Momenteel worden verschillende stoffen onderzocht op hun vermogen om cadmium te binden (26). Zo wordt aan de Landbouwniversiteit van Wageningen een onderzoek uitgevoerd naar de immobilisatie van cadmium met mangaanoxides.

Bij het nemen van maatregelen waarbij de beschikbaarheid van cadmium voor gewassen wordt verlaagd, is de zekerheid dat de cadmiuminname van de mens werkelijk wordt verminderd, kleiner dan bij het tegengaan van consumptie van verontreinigde gewassen. Over de mate waarin de beschikbaarheid voor planten van cadmium in de bodem bij een bepaalde dosering van kalk of andere stoffen wordt verlaagd bestaan nog veel onzekerheden. Het is vooralsnog onduidelijk hoe vaak en voor welke periode de maatregelen herhaald zou moeten worden.

Verwijderen van de bodemverontreiniging

Het vervangen van de teeltlaag van alle tuinen waarvan het cadmiumgehalte de streefwaarde overschrijdt is de meest zekere maatregel. Aangezien deze maatregel naar de inschatting van de commissie niet zal voldoen aan de beleidsmatig gestelde eisen van een IBC-maatregel, namelijk dat deze sober en doelmatig dient te zijn, wordt deze maatregel hier niet uitgebreid besproken. Het selectief ontgraven en vervangen van de teeltlaag door schone grond is als saneringsmaatregel reeds eerder uitgebreid besproken.

Een andere manier van verwijderen die voor de situatie in de Kempen wellicht perspectieven biedt, is het onttrekken van (voor planten beschikbaar) cadmium aan de bodem door sterk cadmiumaccumulerende gewassen (fytoremediëring). Omdat specifiek de voor planten beschikbare fractie wordt onttrokken zou deze techniek ook als "vermindering van de beschikbaarheid voor planten" kunnen worden gerubriceerd. De techniek biedt in theorie dan ook meer zekerheid dan verwijdering op basis van een overschrijding van een norm (hoger dan de streefwaarde of de achtergrondwaarde) voor het totaalgehalte van cadmium in de bodem.

Fytoremediëring staat nog in de kinderschoenen, maar kent een toenemende belangstelling (27). Onlangs is een omvangrijk onderzoek op dit terrein door de EU gefinancierd (28). Ook in de Verenigde Staten bestaan uitgebreide onderzoeksprogramma's op dit gebied, onder meer gecoördineerd door het Waterways Experiment Station te Vicksburg, Mississippi (29).

Hoewel er een aantal sterk accumulerende plantensoorten in situaties zoals in de Kempen kunnen worden geteeld, is de onttrekking van cadmium aan de bouwvoor door het oogsten van biomassa vooralsnog een langdurig proces, met name omdat de biomassaproductie van accumulerende plantensoorten relatief laag is. Door genetische technieken kunnen eigenschappen van een aantal plantensoorten zodanig worden verbeterd (27) dat dit mogelijk voor situaties als in de Kempen perspectieven biedt. De commissie beveelt aan om hier praktijkonderzoek naar te starten, zoals ook in het rapport Groene Bodemsanering van het Centrum voor Landbouw en Milieu (CLM) (30) wordt aanbevolen.

In eerste instantie moet uit praktijkonderzoek blijken of fytoremediering in de praktijk kan bijdragen aan een reductie van de cadmium- en zinkverontreiniging in de Kempen. Vervolgens is het de vraag of het ook een geschikte maatregel zou zijn om in particuliere tuinen toe te passen. In het geval dat fytoremediering zou kunnen bijdragen aan een oplossing, zou het alleen een oplossing voor de lange termijn kunnen zijn.

De voorkeur van de commissie

Selectieve ontgraving op basis van de saneringswaarde van 2,5 mg/kg d.s. biedt, zoals eerder gesteld, onvoldoende zekerheid, omdat er situaties blijven bestaan waar blootstelling boven de TDI mogelijk is.

Het verwijderen van de verontreinigde bovengrond in alle tuinen leidt vrijwel zeker tot logistieke en financiële problemen. Een advies om geen groenten uit eigen tuin te consumeren is dan de enige maatregel die, indien het advies wordt opgevolgd, met betrekking tot blootstellingsreductie volledige zekerheid kan bieden. Dit advies zou naar het inzicht van de commissie voor het hele verontreinigde gebied moeten gelden, tenzij op grond van analyses van gewassen wordt aangetoond dat voor de desbetreffende locatie een uitzondering kan worden gemaakt.

De commissie beseft dat een dergelijk teeltadvies er toe leidt dat bewoners geconfronteerd zullen blijven met een verlies aan gebruiksmogelijkheden van hun tuin en wellicht met een waardevermindering van het onroerend goed. Dit kan maatschappelijk als bezwaarlijk worden ervaren. De volgende opzet kan hier wellicht uitkomst bieden.

- 1] Vanuit het oogpunt van rechtsgelijkheid en rechtszekerheid verdient het aanbeveling om de gebruiksbepalingen van tuinen die met het teeltadvies samenhangen en de aanwezigheid van restverontreiniging in tuinen waarvan de teeltlaag is vervangen (reeds gesaneerde tuinen) kadastraal vast te leggen

- 2] Indien een niet gesaneerde tuin in gebruik is als moestuin of als moestuin in gebruik wordt genomen, dan kan aan de hand van een van overheidswege gefinancierd gewasonderzoek worden vastgesteld in hoeverre de consumptie van gewassen uit eigen tuin verantwoord is. Indien de gehalten in gewassen uitwijzen dat consumptie verantwoord is, dan zijn geen saneringsmaatregelen van overheidswege verplicht. Wel blijft het perceel als verontreinigd in het kadaster geregistreerd.

- 3] Indien gehalten in gewassen zodanig zijn verhoogd dat consumptie van gewassen niet meer verantwoord is, dan zou kunnen worden vastgesteld in hoeverre dit het gevolg is van teelttechnisch gezien suboptimale omstandigheden in de bodem of van een ook onder optimale omstandigheden te hoog cadmiumgehalte. Is dat laatste het geval dan zou tot ontgraving en vervanging van de teeltlaag kunnen worden besloten. Indien de hoge cadmiumgehalten in gewassen te wijten zijn aan suboptimale omstandigheden, dan kan een bemestingsadvies worden gegeven om de bodemvruchtbaarheid op een zodanig niveau te brengen dat de opname van cadmium door het gewas afneemt.

Het in opdracht van de provinciale overheid uitgevoerde onderzoek van particuliere tuinen te Budel en Weert (23) zou model kunnen staan voor het hierboven voorgestelde onderzoek, zij het dan dat niet het cadmiumgehalte van de bodem maar van de daarop geteelde gewassen moet worden onderzocht, en de belangrijkste bodemeigenschappen die het gedrag van cadmium in de bodem bepalen (met name pH en organisch stofgehalte)

De commissie heeft in de hierboven beschreven opzet afgezien van het geven van kwantitatieve criteria voor bemestingsadviezen en gehalten in gewassen waarboven consumptie moet worden afgeraden. Bemestingsadviezen die zijn toegesneden op de bodemomstandigheden en de gewaskeuze in individuele tuinen verdienen de voorkeur. Met betrekking tot gehalten in gewassen zijn er weliswaar algemene criteria voorhanden in de vorm van productnormen die in het kader van de Warenwet zijn

opgesteld, maar deze produktnormen zijn met name gericht op de professionele teelt. De indruk bestaat dat de produktnormen van de Warenwet onvoldoende bescherming bieden indien het aandeel aan groenten in het voedselpakket volledig bestaat uit groenten met gehalten gelijk aan die produktnormen. Indien moestuinbezitters wat hun voedselvoorziening betreft niet volledig zijn aangewezen op zelfgeteelde gewassen, dan kan het hanteren van de produktnormen van de Warenwet een pragmatische keuze zijn. Met betrekking tot de toelaatbare gehalten in gewassen zouden de produktnormen van de Warenwet dan als een bovengrens moeten worden beschouwd.

In een onderzoek naar cadmiumgehalten in zelfgeteelde gewassen moet er mee rekening worden gehouden dat deze gehalten niet alleen per soort gewas kunnen verschillen maar ook in ruimte en tijd kunnen variëren. De commissie beveelt daarom aan om bij het onderzoek deskundigen in te schakelen die op het gebied van monsternamen van gewassen en de interpretatie van de resultaten van dat type onderzoek expertise hebben opgebouwd. Deze deskundigen zouden aan de hand van de onderzoeksresultaten, afhankelijk van de bodemomstandigheden en de aard en hoeveelheid gewassen die uit eigen tuin wordt geconsumeerd, specifieke adviezen kunnen geven over de toelaatbare gehalten in gewassen en de eventuele bemesting van tuinen.

In de hierboven beschreven opzet worden maatregelen gericht op het saneren van de bodem slechts ingezet in die situaties waarvoor dat op grond van de actuele blootstellingsrisico's noodzakelijk lijkt. Gezien de omvang van de bodemverontreiniging in de Kempen en de omvang van de gebruiksbepalingen die daaruit voortvloeien, ligt het vanuit het oogpunt van een op bodemkwaliteit gericht bodembeheer in de rede om naar een verdere reductie van de cadmiumverontreiniging te streven. Fyto-remediation zou, indien operationeel, als maatregel goede perspectieven kunnen bieden om de gebruiksmogelijkheden van de bodem in de Kempen te herstellen, zonder de technische en financiële nadelen van ontgraving en vervanging van de bovengrond. De commissie beveelt aan om onderzoek naar de toepasbaarheid van deze techniek in de Kempen te starten.

3.3 GEVALSAFBAKENING

De bepaling van de omvang van de bodemverontreiniging en daarmee de afbakening van het geval is in de Kempen minder eenvoudig dan bij meer lokale gevallen van bodemverontreiniging zoals gasfabrieksterreinen. Het gaat in de Kempen niet alleen om de bedrijfsterreinen waar de zinkproductie heeft plaatsgevonden, maar ook om grootschalige diffuse verontreiniging als gevolg van atmosferische depositie en afzet van verontreinigd slib in overstromingsgebieden door de Dommel en de Tungelroijsche beek. Daarnaast zijn er talrijke secundaire lokale gevallen van bodemverontreiniging door de toepassing van zinkassen als erfverharding of in infrastructurele werken. Deze complexiteit heeft ertoe geleid dat het onderzoek al snel werd toegespitst op deelproblemen.

Ten behoeve van de aanpak van de bodemverontreiniging op grond van de Interimwet Bodemsanering en de Wet Bodembescherming (Wbb) is het noodzakelijk om in eerste instantie de omvang van het gehele geval te bepalen. Ook indien tot aanpak van deelproblemen binnen een geval wordt besloten, dan dient duidelijk te zijn welke verontreinigingssituaties tot het geval behoren en welke niet. De eerste onderzoeken van Haskoning proberen dan ook een totaalbeeld te schetsen. Het onderzoek dat in opdracht van Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant en Limburg (4) werd uitgevoerd, was onder andere bedoeld om de omvang en de verspreiding van zware metalen in een gedeelte van Noord-Brabant en Limburg weer te geven. Voor de afbakening van het onderzoeksgebied heeft men gekozen voor een praktische benadering, namelijk door middel van coördinaten, rijks-, provincie- en gemeentegrenzen. Binnen dit gebied is vervolgens een onderverdeling gemaakt in 5 zones aan de hand van het cadmiumgehalte. Het gebied waar het cadmiumgehalte in de bouwvoor was verhoogd ten opzichte van de achtergrondwaarde (de plaatsen waar het cadmiumgehalte de waarde van 1 mg/kg d.s. (de voormalige A-waarde) overschrijdt, werd vervolgens aangemerkt als extra belast gebied ten gevolge van diffuse verontreiniging.

Als afbakening van het totale geval diende in dit geval de waarde 1 mg cadmium/kg d.s. Door de manier waarop men in eerste instantie het onderzoeksgebied heeft vastgesteld, heeft men waarschijnlijk het grootste deel van het totale verontreinigde oppervlak wel meegenomen. Er bestaat echter een kans dat bepaalde gebieden buiten het gedefinieerde onderzoeksgebied ten onrechte buiten beschouwing zijn gelaten. Een echte omvangsbepaling waarbij het geval wordt afgebakend ten opzichte van lokale achtergrondwaarden heeft niet plaatsgevonden. Later onderzoek

van TAUW in opdracht van de provincie Limburg suggereert dat dit wel mogelijk is (31)

CSO heeft in haar onderzoek uit 1992 (15) ten behoeve van de omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging getracht een afbakening te maken van deelgevallen op basis van de verspreidingsroutes

- diffuus verontreinigd gebied (atmosferische depositie),
- overstromingsgebieden Dommel en Tungelroijsche beek,
- assenwegen

Een bepaling van de omvang van grootschalige diffuse verontreiniging werd vooral van belang geacht om de omvang te bepalen van het aantal tuinen waarvoor maatregelen genomen zouden moeten worden. Met name ging het daarbij om het schatten van het aantal tuinen met een cadmiumgehalte hoger dan 2,5 mg/kg d.s. die potentieel als moestuin kunnen worden gebruikt. Van deze tuinen zou de bovengrond gesaneerd (ontgraven en vervangen) moeten worden. In verband met de kosten leek een goede prognose van het aantal te saneren tuinen van belang.

De noodzaak van afbakening van het geval hangt overigens samen met de keuze van de te nemen maatregelen. Het belang van afbakening van een deelgeval wordt groter naarmate maatregelen worden gekozen die zijn toegespitst op specifieke situaties (maatwerk). Indien bijvoorbeeld wordt gekozen voor het geven van gedifferentieerde teeltadviezen aan de hand van verschillende bodemeigenschappen dan is het noodzakelijk om verschillende typen bodem te onderscheiden waaraan verschillende adviezen met betrekking tot de teelt van gewassen worden gekoppeld.

Aangenomen dat blijvende zekerheid van risicoreductie kan worden geboden, heeft de commissie in paragraaf 3.2 de voorkeur gegeven aan een eenvoudig en algemeen advies om geen gewassen meer uit eigen tuin te consumeren. Bij de vaststelling van dit gebied zou als uitgangspunt moeten dienen dat de verontreiniging veroorzaakt is door de activiteiten van zinkfabrieken in het Nederlandse en Belgische deel van de Kempen. Vooralsnog zou het gehele beleidsmatig vastgestelde gebied als indicatie voor de omvang kunnen worden gehanteerd. Dit gebied kan echter in werkelijkheid zowel te groot als te klein zijn. De commissie beveelt aan om, voorzover het particuliere tuinen betreft, ook tuinen buiten het onderzoeksgebied onder de werkingssfeer van de maatregelen te brengen indien kan worden aangetoond dat de verontreiniging dezelfde oorzaak heeft als in de Kempen.

De verontreiniging in de Kempen is niet beperkt tot particuliere tuinen. Ook bij andere vormen van bodemgebruik, zoals landbouwgronden, natuurterreinen, waterbodems en in het grondwater is er sprake van ernstige verontreiniging. In de overige nog uit te brengen deeladviezen zal voor deze verontreinigingssituaties nader aandacht worden besteed aan de omvang van het gebied waarop specifieke maatregelen van toepassing moeten worden verklaard.

3 4 CONCLUSIES

Inleiding

In de Kempen is relatief veel onderzoek verricht naar de risico's van blootstelling van de mens aan de cadmiumverontreiniging. In een tijd dat in het algemeen pas bij overschrijding van de C-waarde voor cadmium (20 mg/kg d s) saneringsmaatregelen mochten worden genomen, is deze extra inspanning om effecten van de relatief lage cadmiumgehalten in de bodem van de Kempen aan te tonen, alleszins te rechtvaardigen. Na de herziening van Leidraad bodembescherming werd het mogelijk om beslissingen over de noodzaak en de urgentie van de sanering te baseren op toxicologische risico's in plaats van op vaste normen. Het gebruik van het model CSOIL (32) voor de afleiding van de interventiewaarden bodemsanering heeft vele betrokkenen bij de bodemsanering duidelijk gemaakt dat gehalten in de bodem en de daaraan verbonden risico's voor de mens zelden een vaste verhouding kennen. Tevens werd duidelijk dat in sommige situaties zelfs beneden de interventiewaarden sprake kan zijn van urgent te saneren bodemverontreiniging. Tegenwoordig zou de beslissing dat het bij de Kempen gaat om een ernstig en urgent geval van bodemverontreiniging, wellicht op grond van minder intensief onderzoek zijn genomen.

Nieuwe ontwikkelingen in het bodemsaneringsbeleid zijn niet beperkt tot een verbetering van de beoordeling van de noodzaak en de urgentie van een sanering. Het repertoire aan maatregelen dat bij de sanering kan worden ingezet is aanzienlijk vergroot, zodat meer maatwerk kan worden geleverd en de bodem maatschappelijk bruikbaar blijft. In dit licht bezien is de wens om de bodemverontreiniging selectief te verwijderen in situaties waarbij bepaalde risicogrenzen worden overschreden legitiem, ook in het kader van een algemene oplossing voor de Kempen die gericht is op het isoleren, beheersen en controleren van de verontreiniging.

Een dergelijke specifieke inzet van maatregelen vraagt echter ook om specifieke kennis van de verontreinigings situatie, om te kunnen beslissen waar wel en waar geen maatregelen noodzakelijk zijn. Het uitgevoerde onderzoek heeft deze kennis niet kunnen opleveren. Niet alleen omdat het onderzoek zoals gezegd een ander doel had, maar ook vanwege de grote variaties en onzekerheden in de relatie tussen bodemverontreiniging en risico's bij particuliere tuinen in de Kempen, zoals de commissie in dit advies constateert.

De conclusies van de commissie

- 1] De destijds gekozen saneringsgrens van 2,5 mg/kg d s is op grond van technisch inhoudelijk onderzoek voorgesteld en beleidsmatig overgenomen. Het onderzoek laat echter een dergelijke kwantitatieve conclusie niet toe. Wetenschappelijk zijn er, vanwege de heterogeniteit van de bodem, de variatie in de relatie tussen het cadmiumgehalte van de grond en de cadmiumopname van het gewas, de variatie in cadmiumopname van verschillende soorten gewassen en de mate waarin gewasconsumptie bijdraagt aan de blootstelling van de mens, geen scherpe grenzen te geven voor acceptabele niveaus van cadmiumverontreiniging. Boven de streefwaarde kunnen zich in de Kempen reeds situaties voordoen waar blootstelling door consumptie van zelfgeteelde gewassen de toelaatbare dagelijkse inname (TDI) kan overschrijden. Aan de andere kant doen zich ook situaties voor waarbij ondanks de verhoogde cadmiumgehalten in de bodem geen sprake is van verhoogde gehalten in consumptiegewassen.
- 2] De sanering in de Kempen stoelt op een IBC-benadering, hetgeen betekent dat de maatregelen gericht zijn op blootstellingsreductie. Omdat de saneringsgrens van 2,5 mg/kg d s onvoldoende bescherming biedt, zou, indien men de blootstelling door ontgraving van de bovenlaag van tuinen wenst te reduceren, sanering vanaf de streefwaarde moeten plaatsvinden. Een dergelijke maatregel is naar het zich laat aanzien in strijd met de beleidsmatige wens van sobere en doelmatige IBC maatregelen, omdat er in dat geval zeer veel tuinen ten onrechte worden ontgraven. Aangezien voor de mens de blootstelling via gewassen geteeld op verontreinigde locaties de voornaamste blootstellingsroute is, zou een algemeen advies om in verontreinigde particuliere tuinen geen gewassen voor eigen consumptie te telen, een eenvoudige maatregel zijn die voldoende zekerheid kan bieden.
- 3] Bij de vaststelling van het gebied waar het teeltadvies zou moeten gelden, dient als uitgangspunt te dienen dat de verontreiniging veroorzaakt is door de activiteiten van zinkfabrieken in het Nederlandse en Belgische deel van de Kempen. Naar het oordeel van de commissie zou het teeltadvies vooralsnog in principe in het gehele (beleidsmatig vastgestelde) onderzoeksgebied moeten gelden. Indien kan worden aangetoond dat de verontreiniging dezelfde oorzaak heeft als in de Kempen, zouden particuliere tuinen buiten het onderzoeksgebied eveneens onder de werkingssfeer van het teeltadvies gebracht moeten worden. De gebruiksbepalingen van tuinen die met het teeltadvies samenhangen en de aanwezigheid van

restverontreiniging in tuinen waarvan de teeltlaag is vervangen (in reeds gesaneerde tuinen) zou kadastraal moeten worden vastgelegd

4] Voor niet gesaneerde tuinen die in gebruik zijn als moestuin of als moestuin in gebruik worden genomen, stelt de commissie het volgende voor

- Aan de hand van een van overheidswege gefinancierd gewasonderzoek wordt vastgesteld in hoeverre de consumptie van gewassen uit eigen tuin verantwoord is. Indien de gehalten in gewassen uitwijzen dat consumptie verantwoord is, dan zijn van overheidswege geen saneringsmaatregelen verplicht. Wel blijft het perceel als verontreinigd in het kadaster geregistreerd.
- Indien gehalten in gewassen zodanig zijn verhoogd dat consumptie van de gewassen niet meer verantwoord is, dan zou kunnen worden vastgesteld in hoeverre dit het gevolg is van teelttechnisch gezien suboptimale omstandigheden in de bodem of van een ook onder optimale omstandigheden te hoog cadmiumgehalte. Is dat laatste het geval, dan zou tot ontgraving en vervanging van de teeltlaag kunnen worden besloten. Indien de hoge cadmiumgehalten in gewassen te wijten zijn aan suboptimale omstandigheden, dan kan een bemestingsadvies worden gegeven om de bodemvruchtbaarheid op een zodanig niveau te brengen dat de opname van cadmium door het gewas afneemt.

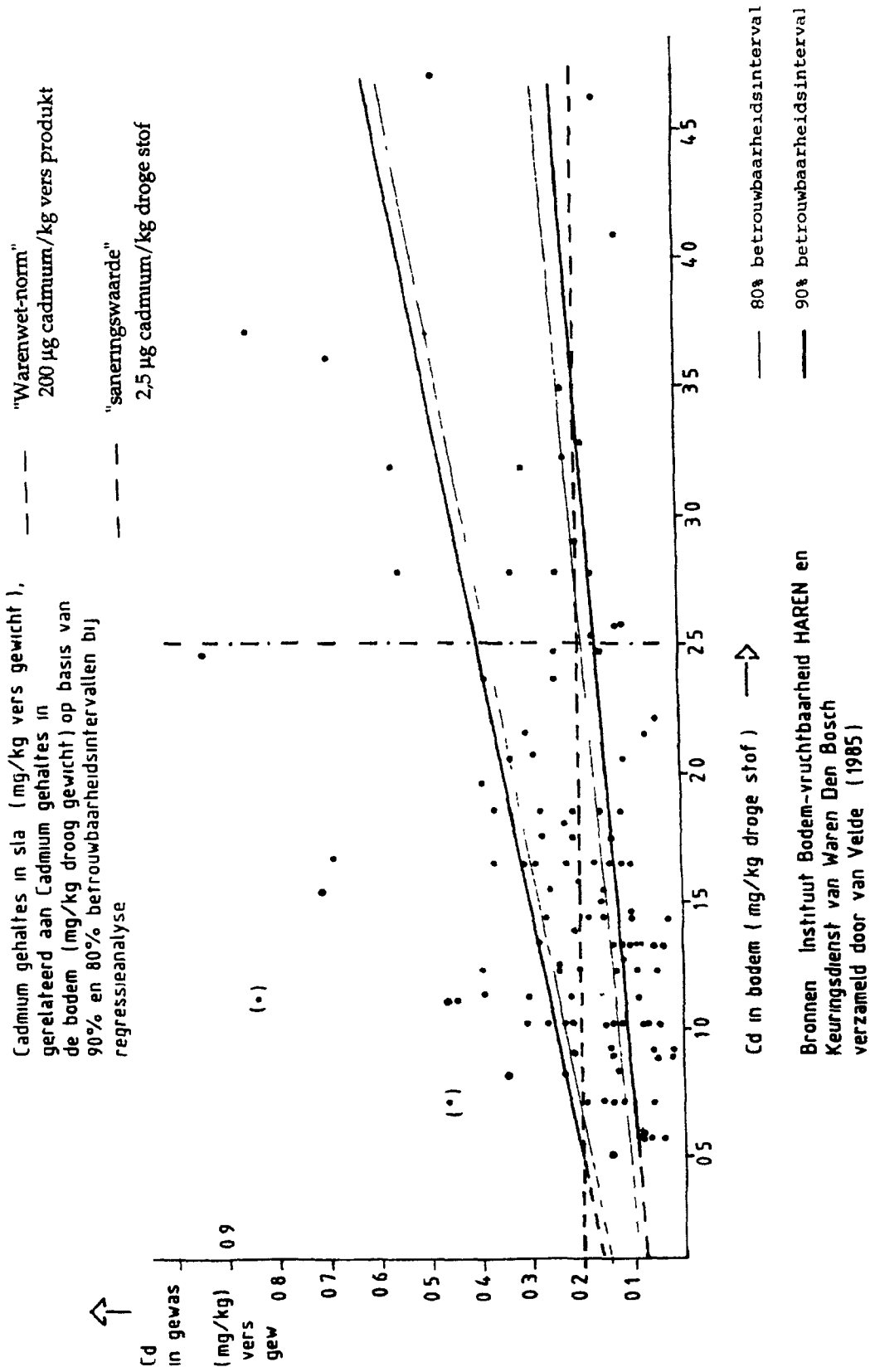
5] De commissie heeft in haar advies de bovenbeschreven procedure niet in detail uitgewerkt. Zij adviseert het onderzoek te laten begeleiden door deskundigen die op basis van de onderzoeksresultaten, gerichte individuele adviezen aan moestuinbezitters kunnen geven en per tuin de noodzaak van ontgraving en vervanging van de teeltlaag kunnen beoordelen.

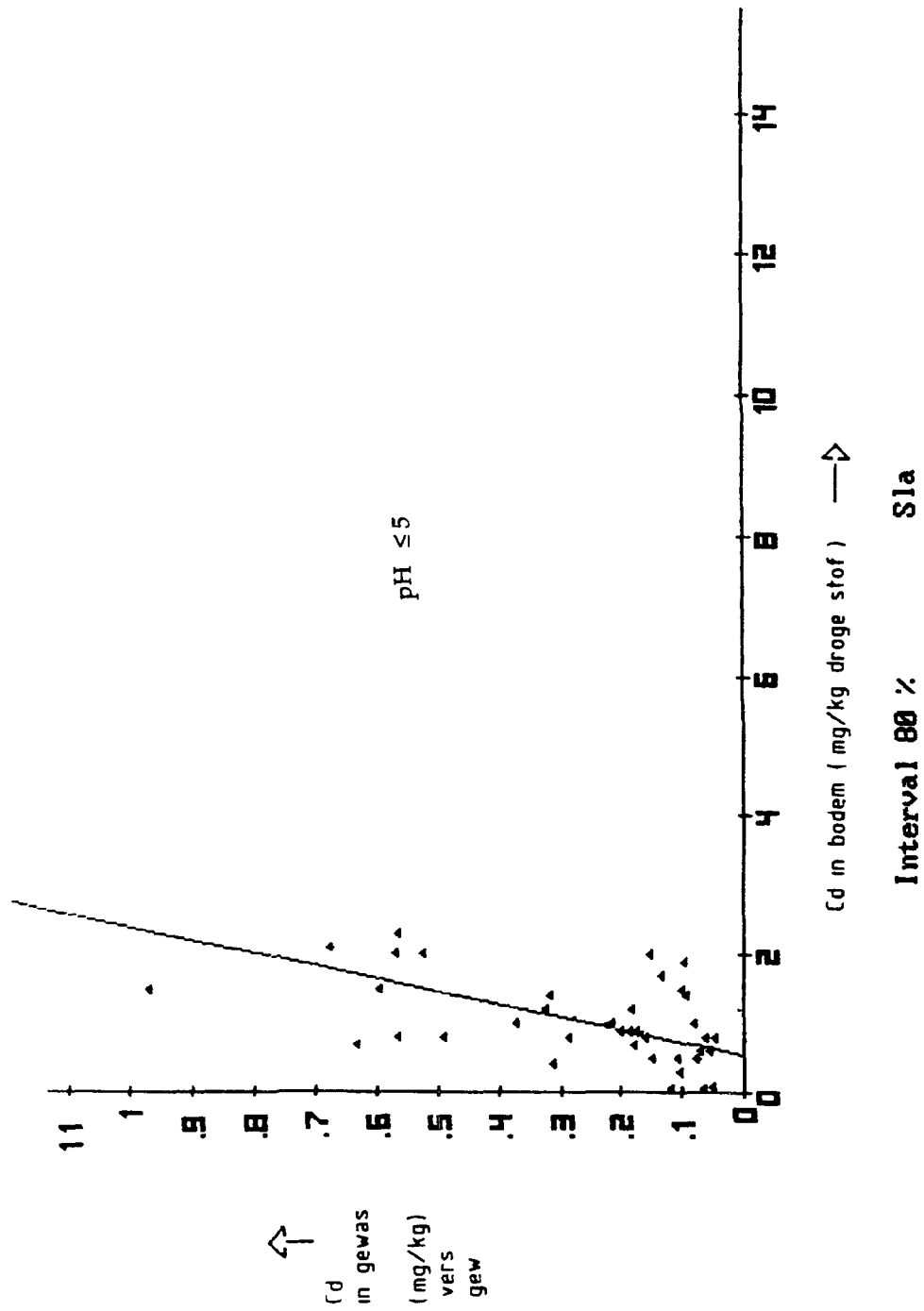
6] Vanuit het oogpunt van een op bodemkwaliteit gericht bodembeheer ligt het in de rede om naar een verdere reductie van de cadmiumverontreiniging te streven. Fytoremediering zou, indien operationeel, als maatregel goede perspectieven kunnen bieden om de gebruiksmogelijkheden van de bodem in de Kempen te herstellen, zonder de technische en financiële nadelen van ontgraving en vervanging van de bovengrond. Mogelijk kunnen de resultaten van lopende onderzoeken naar fytoremediering bijdragen aan inzichten met betrekking tot de toepasbaarheid van deze methode in de Kempen.

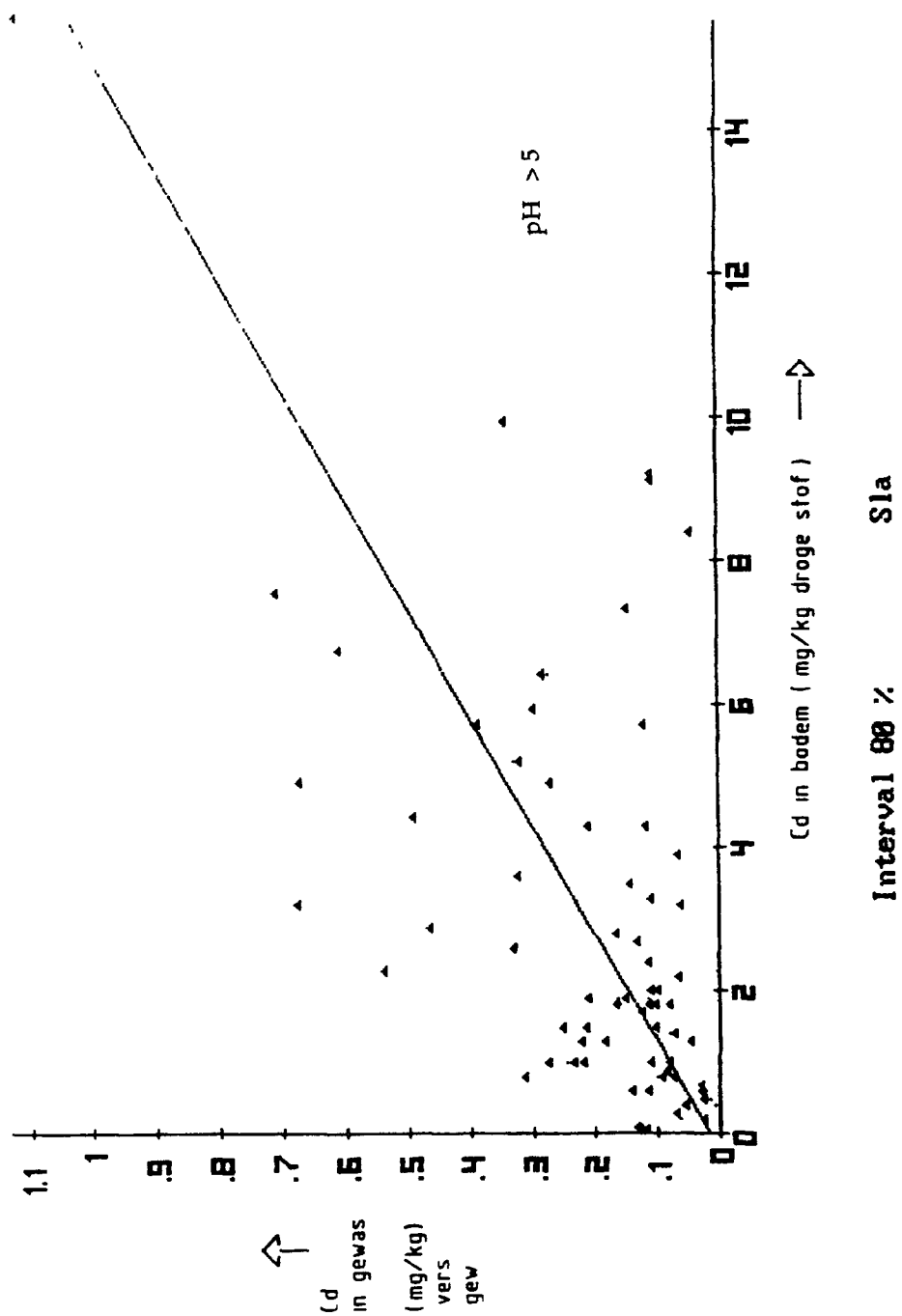
3 5 REFERENTIES

- 1 Provincie Noord-Brabant en Provincie Limburg, 1988 "Uitwerkingsplan Integrale aanpak Zware Metalen verontreiniging in de Kempen"
- 2 Minister van VROM, 1989 Brief aan College van Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Brabant
- 3 Staatstoezicht op de Volksgezondheid, 1987 Brief aan College van Gedeputeerde Staten van de provincie Noord-Brabant
- 4 Haskoning, 1985 De zware metalenverontreiniging in een gedeelte van Noord-Brabant en van Limburg Nader onderzoek, fase II Evaluatie van de onderzoeksresultaten, Haskoning, Nijmegen
- 5 Kreis I A , *et al* , 1987 Rapportage van een onderzoek naar effecten op de nierfunctie in een langdurig aan cadmium blootgestelde populatie in de Kempen en een controle populatie RIVM rapportnr 528303010, RIVM, Bilthoven
- 6 Hoogerwerf, M R & E R V Busink, 1992 Kwantitatieve risicobeoordeling op een lokatie in Budel Bijlage bij Onderzoek ten behoeve van de omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging in de Kempen, rapportnummer CSO 013 92A CSO Adviesbureau voor Milieuonderzoek, Bunnik
- 7 Ministers van VROM en L&V, 1984 Brief aan de voorzitter van de Tweede Kamer der Staten Generaal, "Cadmium in de Kempen"
- 8 Luit, B van, 1984 cadmiumopname door gewassen, Landbouwkundig Tijdschrift, pp 19-20
- 9 Lauwerys, R *et al* , 1990 Health Effects of Environmental Exposure to Cadmium Objectives, Design and Organization of the Cadmibel Study A Cross-Sectional Morbidity Study Carried Out in Belgium from 1985 to 1989, Environmental Health Perspectives, vol 87, pp 283-289
- 10 Buchet, J P *et al* , 1990 Renal Effects of cadmium body burden of the general population, The Lancet, vol 336, pp 699-702
- 11 Staessen, J *et al* , 1991 Effects of exposure to cadmium on calcium metabolism a population study, British Journal of Industrial Medicine, vol 48, pp 710-714
- 12 Staessen, J *et al* , 1991 Beïnvloedt blootstelling aan cadmium via het milieu de volksgezondheid?, Tijdschrift voor Geneeskunde, vol 47, nr 13, pp 921-925
- 13 Staessen, J *et al* , 1994 Renal function and historical environmental cadmium pollution from zinc smelters, The Lancet, vol 343, pp 1523-27
- 14 Staessen, J *et al* , 1995 Nierfunctiestoornissen ten gevolge van historische milieuverontreiniging met cadmium, Tijdschrift voor Geneeskunde, vol 51, nr 16, pp 1105-1115
- 15 Hoogerwerf, M R & E R V Busink, 1992 Onderzoek ten behoeve van de omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging in de Kempen, CSO Advies bureau voor Milieuonderzoek, Bunnik

- 16 TCB, 1992 Advies Herziening Leidraad Bodembescherming I C-toetsingswaarden en urgentiebeoordeling, Leidschendam
- 17 TCB, 1993 Advies Herziening Leidraad Bodembescherming III Locatiespecifieke omstandigheden, Leidschendam
- 18 TCB, 1994 Advies Urgentiebepaling, inwerkingtredingscirculaire saneringsparagraaf Wet Bodembescherming, Den Haag
- 19 TCB, 1995 Advies Systematiek beoordeling bodemverontreiniging bij bouwvergunningen, Den Haag
- 20 Boekhold, A E , 1992 Field Scale Behaviour of cadmium in Soil Proefschrift Landbouwuiversiteit Wageningen
- 22 Staatstoezicht op de Volksgezondheid, 1982 Brief aan het bestuur van de DGD Valkenswaard, Den Bosch
- 21 VTCB, 1986 Symposium Bodemkwaliteit, Leidschendam
- 23 Oranjewoud, 1990 Onderzoek moestuinen in de gemeenten Budel en Weert, Oosterhout
- 24 GGD Midden-Limburg, 1996 Brief aan eigenaar/gebruikers van moestuinen langs de Neerbeek
- 25 Vlaamse Gemeenschap, Provinciebesturen Antwerpen en Limburg, cadmium, hoe verminderen
- 26 Mench, M , *et al* , 1994 Evaluation of Metal Mobility, Plant Availability and Immobilization by Chemical Agents in a Limed-Silty Soil, Environmental Pollution vol 86, pp 279-286
- 27 Weller, K , 1995 Metal-Scavenging Plants To Cleanse the Soil, Agricultural Research, pp 4-9
- 28 Verkleij, J A C *et al* , 1996 Strategies for rehabilitation of metal polluted soils in situ phytoremediation, immobilization and revegetation A comparative study Projectbeschrijving, Vrije Universiteit, Amsterdam
- 29 Cunningham, S D & C R Lee, 1995 "Phytoremediation Plant-Based Remediation of Contaminated Soils and Sediments" in Bioremediation Science and Application, pp 145-156
- 30 Wecksel, H J , Hanegraaf, M C & G A Pak, 1995 Groene Bodemsanering Functioneel agrarisch gebruik van verontreinigde percelen, CLM 178-1995, Utrecht
- 31 Tauw, 1995 Geval 2 Cadmiumverontreiniging in West-Limburg, Deventer
- 32 Berg, R van den & J M Roels, 1991 Beoordeling van risico's voor mens en milieu bij blootstelling aan bodemverontreiniging, Integratie van deelaspecten, rapportnummer 725201007, RIVM, Bilthoven







4 GRONDWATER

INHOUD

4.1 DE HUIDIGE SITUATIE	59
4.2 EEN BLIK IN DE TOEKOMST	63
4.3 BELEIDSMATIGE INVALSHOEKEN	71
4.4 DE AANPAK	77
4.5 NAAR EEN BESLISSINGSONDERSTEUNEND MODEL	81
4.6 CONCLUSIES	87
4.7 REFERENTIES	89
BIJLAGE GEOHYDROLOGIE VAN DE KEMPEN	91

Deze tekst is eerder gepubliceerd in

Advies zware metaal verontreiniging in de Kempen grondwater, TCB A16(1996)

4.1 DE HUIDIGE SITUATIE

Als voorbereiding op de oordeelsvorming over de grondwaterverontreiniging en eventuele oplossingen voor het probleem, heeft de commissie zich een beeld gevormd van de huidige verontreinigingssituatie op grond van een inventarisatie van onderzoeksrapporten. In dit hoofdstuk wordt dit beeld globaal geschetst. In de conclusie van deze paragraaf geeft de commissie aan hoe ze in dit advies omgaat met de beschikbare kennis.

Diffuse verontreiniging

In het kader van een tweetal onderzoeken van Haskoning uit 1985 (1) en Tauw uit 1991 (2) naar de diffuse verontreiniging van het grondwater in de Kempen, zijn metingen verricht van cadmium- en zinkconcentraties en de pH in het grondwater. Het doel van de onderzoeken was het zoneren en afbakenen van de diffuse cadmium- en zinkverontreiniging in het grondwater. De veldonderzoeken omvatten in totaal 78 meetpunten¹.

In tabel 4.1 zijn de resultaten van de beide onderzoeken samengevat. De tabel geeft de percentages weer van het aantal monsters waarin cadmium- en zinkconcentraties binnen de aangegeven concentratietrajecten werden aangetroffen. De grens tussen het eerste en tweede concentratietraject in de tabel valt samen met de streefwaarde voor cadmium en zink in grondwater (respectievelijk 0,4 µg/l en 150 µg/l). De grens tussen het tweede en het derde concentratietraject komt overeen met de interventiewaarde voor cadmium en zink in grondwater (respectievelijk 6 en 800 µg/l) (4, 5). De ondergrens van het laatste concentratietraject is willekeurig gekozen, dit traject is toegevoegd om aan te geven hoe frequent concentraties ver boven de interventiewaarden worden aangetroffen.

¹ Grondwatermonsters zijn onttrokken met de peilbuismethode. Van deze methode is door Grondmechanica Delft vastgesteld dat de resultaten van analyses met enige voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd, aangezien de grondwaterverontreinigingsbepaling van met name zware metalen sterk overschat kunnen worden door onzorgvuldig toepassen van de peilbuismethode (3).

Tabel 4 1 Cadmium- en zinkconcentraties gemeten in grondwater in de Kempen De resultaten zijn weergegeven als het percentage van het totaal aantal waarnemingen dat binnen een concentratietraject valt

Concentratie cadmium ($\mu\text{g/l}$)	Waarnemingen (%)	Concentratie zink ($\mu\text{g/l}$)	Waarnemingen (%)
< 0,4	27	< 150	34
0,4 - 6	49	150 - 800	35
6 - 50	23	800 - 1600	14
> 50	1	> 1600	16

De metingen zijn uitgevoerd op locaties waar geen beïnvloeding van het grondwater door zinkassen werd vermoed. In het onderzoek van Haskoning (1) werden ter bemonstering filters geplaatst op 2 meter onder de grondwaterspiegel, in het onderzoek van Tauw (2) werden filters geplaatst op 1 meter onder de grondwaterspiegel.

Grondwater met cadmium- en zinkconcentraties tussen de streefwaarde en interventiewaarde is licht tot matig verontreinigd. Boven de interventiewaarden is sprake van ernstige verontreiniging. Uit tabel 4 1 blijkt dat voor cadmium de gemeten concentratie in de meeste grondwatermonsters de streefwaarde ($0,4 \mu\text{g/l}$) en in bijna een kwart de interventiewaarde ($6 \mu\text{g/l}$) overschrijdt. Voor zink geldt dat 30% van de waarnemingen boven de interventiewaarde uitkomt.

Vaststelling van de diepte van de verontreiniging

Het veldonderzoek naar de diffuse verontreiniging omvatte slechts het ondiepe grondwater (1 tot 2 meter onder de grondwaterspiegel). Daarom is niet duidelijk tot hoe diep de verontreiniging zich uitstrekt. Hierdoor geven de waarnemingen een ruimtelijk beeld van de plekken waar het grondwater op geringe diepte is verontreinigd, maar niet een beeld van de omvang van de grondwaterverontreiniging. Systematisch onderzoek naar de verontreiniging van het grondwater op grotere diepte in de Kempen ontbreekt.

Ruimtelijke afbakening

In het aanvullend onderzoek naar de diffuse grondwaterverontreiniging (2) zijn drie gebieden aangegeven waarin sprake zou zijn van een duidelijke verontreiniging. Hiertoe zijn waarnemingen van cadmiumconcentraties van meer dan $2,5 \mu\text{g/l}$ en zinkconcentraties van meer dan $400 \mu\text{g/l}$ geclusterd. Van een duidelijke afbakening van de grondwaterverontreiniging is feitelijk geen sprake. Uit het onderzoek wordt namelijk niet duidelijk op welke schaal verschillende meetwaarden genterpoleerd kun-

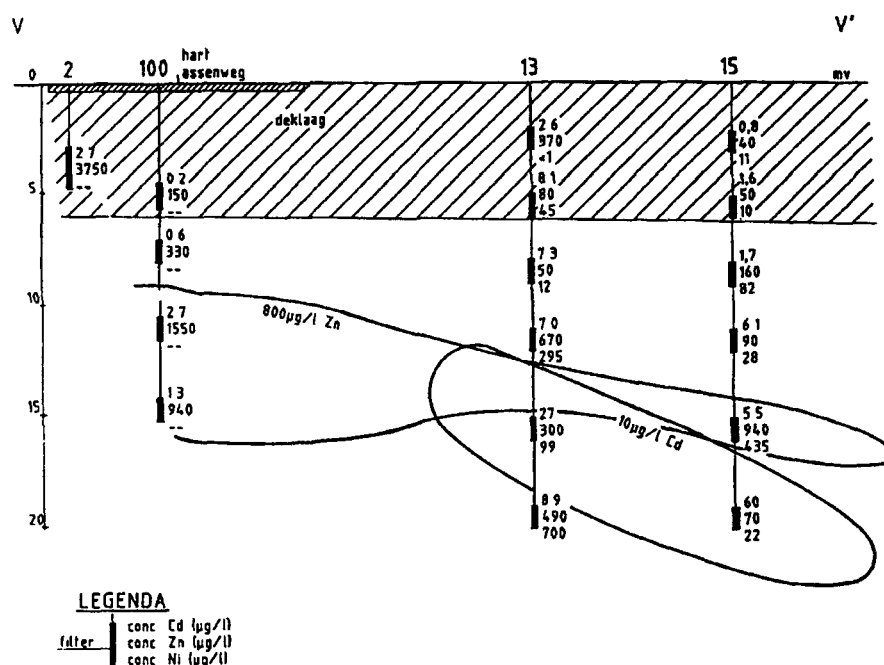
nen worden. Deze vraag is van belang omdat omstandigheden die bepalend zijn voor de belasting van het grondwater ruimtelijk heterogeen zijn. Deze heterogeniteit doet zich voor op perceelsschaal maar ook op kleinere schaal (6). Voor het zoneren van de diffuse verontreiniging op grond van veldwaarnemingen is onderzoek vereist naar de ruimtelijke samenhang van verschillend gelokaliseerde waarnemingen. Zonder dit onderzoek is het op voorhand moeilijk aan te geven bij welke bemonsteringsdichtheid (aantal meetpunten per km²) een goede interpolatie van meetgegevens mogelijk is. De commissie heeft vernomen dat in het verleden besloten is om niet over te gaan tot een aanvullende bemonstering van grondwater, omdat de verwachting was dat dit niet zou leiden tot een duidelijkere en hanteerbare ruimtelijke afbakening van de grondwaterverontreiniging.

Verontreiniging door zinkassenwegen en -erven

Uit verschillende onderzoeken blijkt dat zinkassenwegen een relatief hoge belasting veroorzaken van het grondwater. Dit levert verontreinigingspluimen op waarin concentraties van cadmium en zink duidelijk verhoogd zijn ten opzichte van het diffuus belaste grondwater. Dit valt onder andere op te maken uit een studie naar de grondwaterkwaliteit onder drie zinkassenwegen (gelegen in Valkenswaard, Budel en Tungleroy) (7). Verontreiniging van het grondwater werd op de onderzochte locaties waargenomen tot een diepte van enkele tientallen meters, geschat werd dat de verontreinigingspluimen zich over enkele honderden meters in horizontale richting uitstrekken. In het onderzoek werd vastgesteld dat 35% van de meetwaarden van cadmium onder de zinkassenwegen hoger was dan 2,5 µg/l en dat 88% van de meetwaarden van zink hoger was dan 200 µg/l. Figuur 4.1 geeft een illustratie van een verontreinigingspluim onder een zinkassenweg in Valkenswaard. Hierbij dient opgemerkt te worden dat deze verontreinigingspluim met voorzichtigheid moet worden geïnterpreteerd (zie voetnoot 1).

Gebleken is dat zinkassen divers zijn wat betreft eigenschappen die bepalend zouden kunnen zijn voor de grondwaterbelasting, zoals concentraties van zink en cadmium en de uitloogbaarheid. In een onderzoek van TAUW (7) werd gesteld dat het niet eenvoudig is om deze eigenschappen (als ze bekend zijn) eenduidig te vertalen naar belasting van het grondwater. Aanbevolen werd om voor de inschatting van de grondwaterbelasting eerder af te gaan op de omvang van zinkassenwegen en -erven en het al of niet bedekt zijn met een afsluitende laag. Met behulp van reeds uitgevoerde inventarisaties van het voorkomen van zinkassenwegen in de Kempen zou op basis van deze aanpak een globaal beeld van de grondwaterverontreiniging door zinkassen-

wegen kunnen worden verkregen Een dergelijke generalisatie van de genoemde case studies naar andere voorkomens van zinkassen en grondwater is, voorzover de commissie bekend, niet uitgevoerd



Figuur 4 1 Verontreinigingssituatie grondwater Valkenswaard (7)

Conclusies

De veldwaarnemingen tonen aan dat de zink- en cadmiumconcentraties in het grondwater in de Kempen op grote schaal de streefwaarden, en soms de interventiewaarden, overschrijden De grondwaterbelasting nabij zinkassenwegen en -erven is in het algemeen relatief hoog in vergelijking tot de diffuse belasting van grondwater Het is niet duidelijk tot welke diepte de diffuse grondwaterverontreiniging zich uitstrekt Tevens is de ruimtelijke afbakening van de diffuse grondwaterverontreiniging problematisch Ook van de grondwaterverontreiniging door zinkassenwegen en -erven is geen algemeen beeld Bovendien zal de mate van verontreiniging, zoals die door veldwaarnemingen wordt beschreven, mogelijk te hoog zijn (zie voetnoot 1, pag 59) In hoeverre de lacunes in de kennis problematisch zijn voor de bepaling van de aanpak van de verontreiniging wordt besproken in de paragrafen 4 4 en 4 5

4.2 EEN BLIK IN DE TOEKOMST

De oordeelsvorming over de grondwaterverontreiniging en eventuele oplossingen van het probleem vragen niet alleen om een beeld van de huidige verontreinigingssituatie, maar zeker ook van de ontwikkeling daarvan. Er is nog geen kwantitatieve voorspelling gemaakt van de toekomstige grondwaterkwaliteit. Om toch een indruk te krijgen van de toekomstige situatie worden in deze paragraaf als voorbeeld enkele eenvoudige berekeningen uitgevoerd voor cadmiumconcentraties die in het grondwater kunnen ontstaan als gevolg van de totaal aanwezige cadmiumvoorraad in de Kempen. Vervolgens worden de berekeningen kort geëvalueerd aan de hand van de huidige inzichten in verspreidings- en vastleggingsprocessen van cadmium. Voor zink, en in mindere mate andere metalen, kan een dergelijke benadering worden gevolgd.

De toekomstige cadmiumverontreiniging berekend

Door Haskoning (1) zijn schattingen gemaakt van de hoeveelheden cadmium in de verschillende compartimenten in de Kempen (tabel 4.2). Voor een uitgebreide beschrijving van de schattingen wordt verwezen naar het rapport van Haskoning (1).

Tabel 4.2 Schatting van hoeveelheid cadmium aanwezig in (milieu)compartimenten in het met zware metalen verontreinigde gebied in de Kempen (1)

(Milieu)compartiment	Cadmium (ton)
1 oppervlaktewater en waterbodems	80
2 bodem (bovenste 30 cm)	50
3 fabrieksterrein KZM/Budelco	850
4 grondwater	15
5 assenwegen en -erven	8
Totaal	1003

Naar aanleiding van tabel 4.2 kan het volgende opgemerkt worden:

Ad 2. Ten aanzien van de bodem zijn er drie gebieden met duidelijk verschillende cadmiumconcentraties onderscheiden. De concentraties in deze gebieden vermenigvuldigd met de oppervlakte van de gebieden en de bemonsteringsdiepte (30 cm) resulteerde in een schatting van de totale hoeveelheid cadmium in de bouwvoor. Het is onbekend en moeilijk in te schatten hoeveel cadmium dieper in het bodemprofiel aanwezig is. Waarschijnlijk bevindt een deel van de cad-

mumverontreiniging zich op grotere diepte in het bodemprofiel. Dit deel is niet meegenomen in de berekening omdat in de berekening een bemonsteringsdiepte van 30 cm is aangehouden. Daardoor wordt de cadmiumvoorraad in de bodem waarschijnlijk onderschat.

Ad 4 De hoeveelheid cadmium in het grondwater in tabel 4.2 is het resultaat van een berekening waarbij een gemiddelde van bij bemonstering waargenomen concentraties van 3 µg/l in verontreinigd grondwater is vermenigvuldigd met het volume grondwater dat via natuurlijke aanvulling in 100 jaar (de periode waarin de verontreiniging plaats heeft gevonden) is gefiltreerd.

Ad 5 De schatting van de hoeveelheid cadmium in zinkassen is onder meer gebaseerd op bedrijfsgegevens van de totale zinkassenproductie.

Om een indruk te krijgen van de ontwikkeling van de grondwaterkwaliteit is met behulp van gegevens over de cadmiumvoorraad in bodem, zinkassen, en waterbodems berekend welke concentraties in het grondwater ontstaan als (een deel van) deze voorraad naar het grondwater uitspoelt.

Bij de schatting van de cadmiumvoorraden in de Kempen is door Haskoning uitgegaan van een omvang van het verontreinigde gebied van 165 km² (1). In onderstaande berekeningen wordt ervan uitgegaan dat cadmium in het gebied gelijkmatig wordt verspreid over de met deze omvang corresponderende grondwatervoorraad. Dat wil zeggen de gehele, freatische water bevattende, deklaag en het eerste watervoerend pakket (totale dikte ca. 90 meter en porositeit 30%). Het grondwatervolume waarover de cadmium wordt verspreid is dan

$$1,65 \cdot 10^8 \text{ m}^2 \times 90 \text{ m} \times 0,3 \sim 4,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$$

A Maximale uitspoeling naar het grondwater

Bij deze berekening wordt ervan uitgegaan dat de totale hoeveelheid cadmium die aanwezig is in de verschillende compartimenten uiteindelijk in het freatische grondwater en het eerste watervoerend pakket terecht komt en homogeen wordt verspreid. Deze berekening geeft een idee van de maximale gemiddelde grondwaterverontreiniging. In het grondwatervolume verspreiden van 1003 ton cadmium (dus inclusief hetgeen al in het grondwater zit, tabel 4.2) resulteert in een cadmiumconcentratie van

$$[\text{Cd}] = 1,003 \cdot 10^6 \text{ kg} / 4,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \sim 220 \mu\text{g/l}$$

(ca 37 x de interventiewaarde van 6 $\mu\text{g/l}$)

B De helft van de cadmium spoelt uit, geen bijdrage Budelco

In de praktijk zal er altijd cadmium in de bodem en zinkassen achterblijven. Ook zal een groot deel van het in oppervlaktewater en onderwaterbodem aanwezige cadmium nooit naar het grondwater uitspoelen. In deze tweede berekening wordt ervan uitgegaan dat 50% van de cadmiumbelasting van de bouwvoor, de assenwegen en -erven en de stroomgebieden achterblijft in deze compartimenten. Het fabrieksterrein draagt niet meer bij als verondersteld wordt dat het hier geïnstalleerde geohydrologische beheerssysteem volledig werkt. De belasting van het grondwater is dan ongeveer 69 ton cadmium plus het al aanwezige cadmium in het grondwater (15 ton). In een volume van $4,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ grondwater betekent dit een cadmiumconcentratie van

$$[\text{Cd}] = 8,4 \cdot 10^4 \text{ kg} / 4,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \sim 19 \mu\text{g/l}$$

(ca 3 x de interventiewaarde van 6 $\mu\text{g/l}$)

C De helft van de cadmium spoelt uit, geen bijdrage Budelco en stroomgebieden

In voorgaande berekeningen is de cadmiumvoorraad in oppervlaktewater en waterbodems één van de aanvoerposten naar het grondwater. Per saldo domineert in de Kempen echter de afvoer van grondwater naar de rivieren. Indien de aanvoer vanuit de water(bodems) niet wordt meegerekend in de potentieel belastende deelbronnen, leidt dit bij overigens gelijkblijvende omstandigheden tot een berekende gemiddelde cadmiumconcentratie in het grondwater van

$$[\text{Cd}] = 4,4 \cdot 10^4 \text{ kg} / 4,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3 \sim 10 \mu\text{g/l}$$

(1,5 x de interventiewaarde van 6 $\mu\text{g/l}$)

D Oppervlakkige afvoer van 70% van de cadmiumvoorraad

De verspreiding in de deklaag verschilt van die in het eerste watervoerende pakket. Globaal kan worden gesteld dat 75 mm/jaar van het neerslagoverschot infiltreert naar het diepere grondwater en 175 mm/jaar oppervlakkig afstroomt naar het oppervlaktewater. Van het cadmium komt dus $(75/250)^{\text{ste}}$ deel (30%) in het diepere grondwater terecht. Voor de aannamen van berekening C betekent dit dat in het eerste watervoerende pakket (dikte circa 80 meter), bij volledige verspreiding, een cadmiumconcentratie ontstaat van $\sim 3 \mu\text{g/l}$ (dit is ca. 10 x de streefwaarde van $0,4 \mu\text{g/l}$). De rest stroomt door de deklaag en komt uiteindelijk in het oppervlaktewater terecht.

De resultaten van deze indicatieve berekeningen liggen veel hoger dan de streefwaarde ($0,4 \mu\text{g/l}$) en (afgezien van berekening D) ook hoger dan de interventiewaarde ($6 \mu\text{g/l}$) voor grondwater. De berekeningen wijzen uit dat de gemiddelde cadmiumconcentratie in het grondwater in de toekomst nog aanzienlijk kan oplopen ten opzichte van de concentratie die nu gemiddeld in het ondiepe grondwater wordt aangetroffen. Bij volledige verspreiding van de cadmiumvoorraden over het eerste watervoerende pakket en het pakket van freatisch grondwater, zou de concentratie oplopen tot meer dan $200 \mu\text{g/l}$. Indien de voorraad op KZM/Budelco geconsolideerd zou worden en slechts de helft van de nu bekende voorraad in de bodem uitspoelt, zou de gemiddelde cadmiumconcentratie $19 \mu\text{g/l}$ bedragen. In beide gevallen is sprake van een aanzienlijke kwaliteitsachteruitgang op zeer grote schaal.

Kanttekeningen

Het spreekt vanzelf dat er veel kanttekeningen zijn te plaatsen bij de berekeningen.

- De in tabel 4.2 weergegeven hoeveelheden cadmium zijn indicatief en geven slechts de orde van grootte weer.
- De in de berekeningen gebruikte geologische gegevens (dikte van het pakket en porositeit) zijn in grote mate variabel en onzeker.
- In de berekeningen wordt de totaal uitspoelende hoeveelheid cadmium gemengd in een watervolume ter grootte van het grondwatervolume in de deklaag en het eerste watervoerende pakket in het door diffuse belasting verontreinigde gebied.

Er zijn dan ook vele nuanceringen mogelijk

- Het front van de verontreiniging verplaatst zich in de tijd. Als cadmium in een korte periode vrijkomt, dan treedt verspreiding over een veel kleiner volume grondwater op dan waarmee gerekend is. In deze situaties ontstaan lokaal nog veel hogere cadmiumconcentraties.
- Het grondwatersysteem in de Kempen bestaat in feite uit diverse, van elkaar geïsoleerde, deelsystemen². De verspreiding van cadmium in het grondwater is in grote mate afhankelijk van het grondwaterstromingspatroon. Voor een uitgebreidere bespreking van de geohydrologie in de Kempen wordt verwezen naar de bijlage bij dit hoofdstuk.
- Het grondwater wordt in werkelijkheid niet gelijkmatig belast. Een voorbeeld hiervan is de lokale belasting als gevolg van zinkassenwegen en -erven die relatief hoog is in vergelijking met het diffuus belaste grondwater.

Ten aanzien van het aspect vastlegging van de cadmiumvoorraad in de bovenlaag van de bodem kan de eerste berekening worden beschouwd als een "worst case". Uit de kanttekeningen bij de berekeningen kan worden opgemaakt dat de resultaten niet volstaan om een voldoende betrouwbaar beeld van de toekomstige verontreinigingssituatie te verkrijgen. Voor de toekomstige ontwikkeling van de verontreinigingssituatie is onder meer nog het volgende van belang.

Vastlegging

De overdracht van de cadmiumvoorraden vanuit de bodem naar grondwater is afhankelijk van de vastlegging van cadmium in de bodem en de processen die de vastlegging beïnvloeden. De huidige kennis van processen die vastlegging en uitspoeling beïnvloeden is niet operationeel gemaakt voor de verontreiniging in de Kempen. Daarom kan niet aangegeven worden welke aanname met betrekking tot het uitspoelingsgedrag in de berekeningen de werkelijkheid het best zal benaderen. Wel kan kwalitatief worden aangegeven door welke factoren de overdracht van de voorraden in de bodem naar het grondwater wordt bepaald.

² Op grond van deze systemen kunnen infiltratiegebieden, kwelgebieden en intermediaire gebieden worden onderscheiden. In infiltratiegebieden is overwegend sprake van neerwaartse grondwaterstroming en vindt verspreiding van bodemverontreiniging naar het grondwater relatief snel plaats. In kwelgebieden wordt de onverzadigde zone of het oppervlaktewater gevoed door het grondwater. Diffuse bodemverontreiniging belast het grondwater in deze gebieden niet. Intermediaire gebieden zijn een tussenvorm.

De capaciteit van een zandbodem om cadmium te binden is zeer beperkt vergeleken met alle andere bodemtypen. In berekening A is ervan uitgegaan dat de cadmiumvoorraad in de bodem volledig uitspoelt, in berekening B werd ervan uitgegaan dat de helft van de cadmiumvoorraad het grondwater belast. Bij veel bodemtypen zouden deze aannames onrealistisch zijn. In de Kempen is op sommige plaatsen het cadmiumgehalte in de bovengrond laag, terwijl - gezien de belasting die heeft plaatsgevonden - een hoog gehalte verwacht zou worden (hoofdstuk 3, referentie 6). Op deze locaties is het grootste deel van de cadmiumverontreiniging waarschijnlijk al uitgespoeld naar het grondwater. Dit geeft aan dat bovengenoemde aannames voor de zandgronden in de Kempen juist relevant zijn.

Verzuring

Door bodemverzuring neemt het deel van de cadmiumvoorraad dat naar het grondwater uitspoelt toe. Boekhold (6) vond in een gedetailleerd veldonderzoek in de Kempen dat een lage pH in de bodem, relatief lage totaalgehalten in de toplaag en een relatief grote hoeveelheid voor transport beschikbaar cadmium, veelal samen gaan. De lage totaalgehalten van cadmium in de toplaag werden toegeschreven aan een verhoogde uitspoeling van cadmium op plaatsen waar de pH relatief laag is. In de Kempen worden pH-waarden van (pH 3 - pH 5) veelvuldig aangetroffen. Dit is met name het geval in natuurgebieden omdat deze in tegenstelling tot landbouwgebieden niet bekalkt worden. In natuurgebieden op arme zandgronden kan een voortschrijdend front van zuur bodemvocht in het bodemprofiel worden waargenomen³.

Veranderend landgebruik

Het uit gebruik nemen van landbouwgronden leidt tot veranderingen in diverse bodemeigenschappen die van belang zijn voor het transport van cadmium en andere zware metalen. Bij omzetting in bossen (een vaak voorkomende "nieuwe" bestemming) zijn veranderingen waargenomen in het organisch stofgehalte, de zuurgraad en de concentratie van Dissolved Organic Carbon (DOC)⁴ en de ionsterkte van de bodemoplossing. Door Romkens en De Vries (9) wordt gesteld dat de veranderingen

³ Door Griffioen et al. (8) is een dergelijk front in een zandgrond op een diepte van 10 - 15 meter onder maaiveld waargenomen. Aan de onderkant van dit inspoelingsprofiel wordt het percolaat gebufferd en is de pH dus hoger. Doordat de buffercapaciteit ter plaatse van het inspoelingsfront voortdurend verbruikt wordt, schuift het front op naar grotere diepte. Aangenomen kan worden dat de voortschrijding van het zuurfront gelijke tred houdt met de verplaatsing van het front van cadmium- en zinkverontreiniging.

⁴ Dit zijn organische verbindingen met een relatief laag molecuulgewicht, zoals humus- en fulvinezuren, die in oplossing voorkomen.

van deze eigenschappen per saldo leiden tot een toename van de cadmiumconcentratie in de bodemoplossing met een factor 2 tot 6. Zij verwachten dat de cadmiumuitspoeling in eenzelfde mate zal toenemen.

Conclusies

Ondanks het feit dat er veel kanttekeningen zijn te plaatsen bij de uitgevoerde berekeningen wordt wel aannemelijk gemaakt dat de grondwaterverontreiniging in de toekomst in ernst en omvang zal toenemen. Het verspreidingsbeeld ruimtelijk zal variabel zijn, dit in tegenstelling tot wat aangenomen wordt in de berekeningen. Welke berekening ondanks deze kanttekening de situatie het meest zal benaderen kan niet worden aangegeven. Dit wordt met name bepaald door de mate waarin overdracht van de cadmium- en zinkvoorraden naar het grondwater daadwerkelijk zal plaatsvinden. Wel kan gesteld worden dat de cadmiumvoorraad in de Kempen slechts in beperkte mate door de bodem vastgelegd wordt. Veranderend landgebruik en bodemverzuring in dit gebied zullen de mobiliteit waarschijnlijk nog verder doen toenemen.

ming zal de Kempen als geheel vanwege de verspreiding naar het grondwater als een urgent te saneren geval van bodemverontreiniging aan te merken zijn

Bodembescherming

Een belangrijk motief voor het preventieve karakter van de grondwaterbescherming is het feit dat grondwater tal van (veelal gevoelige) functies heeft voor mensen en ecosystemen. Vanwege de waarschijnlijk grote omvang van de grondwaterverontreiniging in de Kempen is op voorhand duidelijk dat hierin gevoelige grondwaterafhankelijke ecosystemen (zoals vennen en beekdalen) en vormen van gebruik (zoals drinkwaterwinning) aanwezig zijn. De gevolgen van de grondwaterverontreiniging in de Kempen hangen dus niet alleen samen met de mate waarin interventiewaarden worden overschreden maar vooral ook met de schaal waarop het grondwater verontreinigd is. Dit komt overigens ook tot uiting in de bepaling van het verspreidingsrisico. Door de uitgestrektheid voldoet de verontreiniging al snel aan het criterium voor verspreidingsrisico in de urgentiebeoordeling.

In de EG-grondwaterrichtlijn (10) worden de volgende aspecten van grondwaterverontreiniging onderscheiden

- het in gevaar brengen van de gezondheid van de mens,
- het in gevaar brengen van de watervoorziening,
- het schaden van het leven en de ecosystemen in het water, en
- het hinderen van andere vormen van rechtmatig gebruik van het water

Grondwater is een "resource", een middel van bestaan dat zelf als te beschermen object moet worden aangemerkt en niet alleen voorzover er via het grondwater schade elders optreedt

Op de conferentie van de Verenigde Naties inzake Milieu & Ontwikkeling in Rio de Janeiro (11) werd gesteld dat de bescherming van grondwater "een wezenlijk onderdeel van het beheer van waterreserves" vormt. Als primaire doelstelling bij beheer van waterreserves geldt "Het handhaven van de integriteit van ecosystemen, overeenkomstig het principe van het behoud van aquatische ecosystemen, met inbegrip van de flora en fauna, en van het doeltreffend beschermen ervan tegen iedere vorm van achteruitgang, uitgaande van een heel stroomgebied"

In het Nationaal Milieubeleidsplan (12) is aangegeven dat op regionaal niveau de milieukwaliteit zodanig moet zijn dat zuiveringsmaatregelen bij de drinkwaterbereiding uit grondwatervoorraden tot een minimum beperkt blijven. Dit houdt een

keuze in voor een grote zekerheidstelling van gebruiksmogelijkheden (blijvend goede kwaliteit) zonder noodzaak om uitgebreide controles en risicoschattingen uit te voeren gedurende en voorafgaande aan de toepassing. De vertaling hiervan in de streefwaarden grondwater bestaat eruit dat de streefwaarden overeenkomen met de natuurlijke achtergrondgehalten. Eerder is al aangegeven dat zowel de streefwaarden als de interventiewaarden grondwater in de Kempen op grote schaal ruim worden overschreden.

Steeds meer wordt onderkend dat grondwater een algemene ecologische functie vervult: grondwater ondersteunt belangrijke stofwisselingsprocessen (13) en biedt een unieke leefomgeving voor organismen (14, 15). Momenteel is nog nauwelijks bekend wat de invloed zal zijn van kwaliteitsverslechtering voor grondwater-ecosystemen. Door de Gezondheidsraad is aangevangen met een verkenning van de ecologische gevolgen van bestrijdingsmiddelen in grondwater. Het is nog onduidelijk wat de uitkomsten hiervan zullen zijn, maar waarschijnlijk zal het ecologische belang van het grondwater meer dan voorheen het geval was, tastbaar gemaakt worden.

Het feit dat al de functies van het grondwater door de omvang van de verontreiniging in de Kempen in het geding zijn, vraagt om extra aandacht bij de beoordeling. Verder geven internationale kaders aan dat grondwater zelf als bedreigd object beschouwd dient te worden en dus niet alleen gezien moet worden als transportweg.

Drinkwater, landbouwwater en industriewater

Grondwater kan worden aangewend voor de drinkwatervoorziening, beregening in de landbouw, het drenken van vee en voor industriële activiteiten zoals papierproductie. Vergelijking van de veldwaarnemingen uit paragraaf 4.1 (zie tabel 4.1) met de kwaliteitseisen voor drinkwater (zie tabel 4.3) wijst uit dat in het grondwater in de Kempen veelvuldig concentraties worden gemeten die niet voldoen aan de drinkwaterkwaliteitseisen. Voor gebruik van deze kwaliteit van grondwater is monitoring en zuivering noodzakelijk. Het ondiepe grondwater waarop de veldwaarnemingen betrekking hebben wordt in de Kempen niet gewonnen voor de openbare drinkwatervoorziening. Het ondiepe grondwater levert volgens het Waterleidingbesluit een niet-acceptabel risico op, als het zou worden gebruikt voor particuliere drinkwaterwinning. Waarschijnlijk komen deze particuliere winningen niet meer voor in de Kempen. Het is denkbaar dat in de openbare drinkwatervoorziening en bij sommige industriële toepassingen een regelmatige monitoring en zuivering nog goed te realiseren is, voor de particuliere winning en voor toepassingen in de landbouw (beregening,

drenken van vee) is dit in veel mindere mate het geval. Veelal voldoet het grondwater niet aan de kwaliteitseisen voor oppervlaktewater waarvan drinkwater wordt vervaardigd. Dit zou problemen opleveren indien de oppervlaktewater waarvan de kwaliteit sterk wordt beïnvloed door de grondwaterkwaliteit, voor de drinkwaterwinning zou worden aangewend. In de Kempen komt deze situatie voor zover bekend niet voor.

Tabel 4.3 Normen voor cadmium en zink (alle waarden in µg/l)

Kwaliteitseis	Cadmium	Zink
Oppervlaktewater		
streefwaarde (totaal gehalte)	0,05	9
grenswaarde (totaal gehalte)	0,2	30
Oppervlaktewater t b v drinkwater*		
klasse 1	1,5	200
klasse 3	5	3000
Drinkwater**		
	5	100

* Deze waarden uit het Waterleidingbesluit (16) gelden voor oppervlaktewater dat gebruikt wordt voor drinkwaterbereiding. Klasse 1 is voor een eenvoudige zuivering (zandfiltratie en desinfectie), klasse 3 is voor uitgebreide zuiveringstechnieken zoals actieve koolfiltratie. De waarden (B-waarden in het Waterleidingbesluit) geven het niveau aan dat niet mag worden overschreden.

**Eveneens volgens het Waterleidingbesluit (16), het betreft concentraties in het drinkwater die niet overschreden mogen worden.⁵

Natuurbeheer

Grondwater wordt gedeeltelijk via ondiepe geohydrologische systemen afgevoerd naar sloten, beken en kanalen. De rest van het grondwater infiltreert naar diepere watervoerende lagen en kwelt op grotere afstand weer op. Terrestrische en aquatische ecosystemen in kwelgebieden zijn veelal volledig afhankelijk van grondwater. De termijn waarop kwaliteitsvermindering van grondwater tot uiting komt in deze ecosystemen is afhankelijk van de verblijftijd van het grondwater en dus van hydrologische omstandigheden.

De cadmium- en zinkconcentraties die in het grondwater in de Kempen zijn gemeten zijn veel hoger dan de streefwaarden en voor cadmium ook hoger dan de grenswaarden in het oppervlaktewater (zie tabel 4.3). De verontreiniging in het grondwater

⁵ Door de World Health Organisation (WHO) zijn in de "guidelines for drinking-water quality" waarden opgenomen, om te worden gebruikt voor de ontwikkeling van landelijke kwaliteitseisen. Deze bedragen voor cadmium en zink respectievelijk 3 µg/l en 5 mg/l (17).

hoeft niet per definitie tot verontreiniging van het oppervlaktewater te leiden. De mate waarin stoffen vanuit grondwater de oppervlaktewaterkwaliteit beïnvloeden hangt in praktijk af van hydrologische en hydrochemische omstandigheden. Overigens worden veel van de waterlopen in de Kempen wel door het grondwater gevoed.

Beperkte herstelmogelijkheden

Door transportprocessen, zoals advectie, diffusie, dispersie, dichtheidsstroming en "facilitated transport" nemen concentraties van verontreinigende stoffen in het grondwater af, maar de omvang van het verontreinigde gebied neemt toe. Sanering van grondwater in de vorm van oppompen en zuiveren, wordt dus moeizamer en minder doelmatig naarmate de verontreiniging zich meer heeft verspreid. Bovendien leidt het oppompen van grote hoeveelheden grondwater tot verdroging, hetgeen vanuit het oogpunt van het grondwaterbeheer en natuurbeheer niet wenselijk is.

Een ander probleem bij het herstellen van de grondwaterkwaliteit door sanering wordt gevormd door nalevering van verontreinigende stoffen. De aan de bodemmatrix geadsorbeerde stoffen zullen namelijk na sanering van het grondwater weer desorberen.

Conclusies

De gemeten overschrijdingen van de interventiewaarden voor cadmium en zink in grondwater, het te verwachten verspreidingsrisico en de grootschaligheid van de verontreiniging van het grondwater maken het gewenst extra aandacht te besteden aan de gevolgen van de grondwaterverontreiniging in de Kempen. Immers praktisch alle gevoelige en minder gevoelige functies die algemeen aan grondwater worden toegeschreven zijn in het geding, ook op lange termijn.

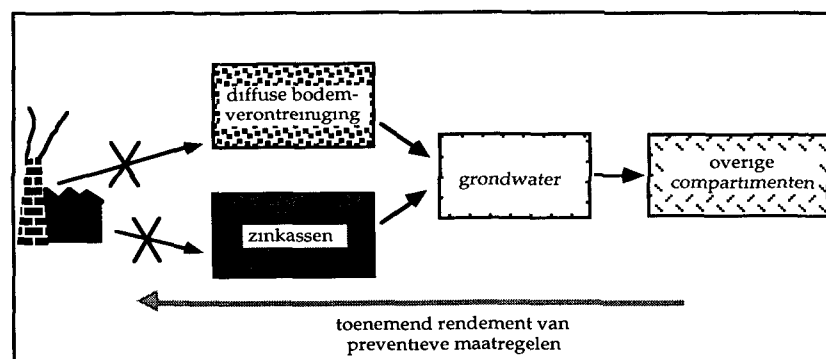
Uitgaande van de berekeningen van de mogelijke kwaliteitsontwikkeling van grondwater, is een toename van de grondwaterverontreiniging te verwachten, met gevolgen niet alleen in de sfeer van bodemsanering en bodembescherming, maar ook voor drinkwatervoorziening, landbouw en natuurbeheer. De grote schaal brengt met zich mee dat de verontreiniging gevolgen kan hebben voor het bodem- en grondwatergebruik en de ruimtelijke planning op regionaal niveau. Dit in tegenstelling tot de meeste gevallen van bodemverontreiniging waarbij voor het gebruik en de ruimtelijke planning slechts op lokaal niveau (bestemming van percelen) problemen zijn te verwachten.

4.4 DE AANPAK

In deze paragraaf zal de commissie de richting aangeven waarin naar een oplossing moet worden gezocht voor de grondwaterproblematiek. Omdat er nog geen samenhangend pakket van maatregelen is voor grondwaterverontreiniging op grote schaal, kan de commissie deze discussie niet koppelen aan voorgenomen beleidsstrategieën. Dit betekent ook dat de aanbevelingen van de commissie niet het karakter hebben van in detail uitgewerkte maatregelen. Veeleer moeten de aanbevelingen worden beschouwd als een benaderingswijze die in een later stadium verder uitgewerkt dient te worden.

sanering en preventieve maatregelen

In figuur 4.2 is de overdracht van de metaalverontreiniging in de Kempen tussen verschillende milieucompartimenten schematisch weergegeven. De zwarte pijlen geven overdracht tussen compartimenten weer. Wanneer deze overdracht in het verleden plaatsvond maar inmiddels is beëindigd, is dit met een kruis door de pijl aangegeven. De doelmatigheid en het milieurendement van sanering van compartimenten zal in het algemeen afnemen naarmate de verontreiniging zich verder en naar verschillende compartimenten heeft verspreid. In figuur 4.2 is dit weergegeven met een grijze pijl die de richting aangeeft waarin de doelmatigheid van preventieve maatregelen (maatregelen gericht op het voorkomen van verdere verspreiding van de verontreiniging) toeneemt.



Figuur 4.2 De overdracht van verontreinigende stoffen naar verschillende milieucompartimenten en de richting van toenemend rendement van preventieve maatregelen.

Beëindigen van de uitstoot naar de atmosfeer

Het rendement van preventieve maatregelen is hoog als het aangrijpingspunt dichtbij de verontreinigingsbron ligt. Een hoog rendement van maatregelen wordt dus bereikt door in eerste instantie de aanvoer van de verontreiniging vanuit de primaire bron, de zinksmelterij, in voldoende mate te beperken. Deze stap is reeds genomen door onder andere verbeteringen aan te brengen in het raffinageproces van zinkerts.

Saneren van bodem

Zoals eerder is vermeld is door atmosferische depositie in een gebied van 165 km² de bodem diffuus verontreinigd geraakt met onder andere cadmium en zink. Het is derhalve niet realistisch te veronderstellen dat voor het hele areaal in de Kempen maatregelen te treffen zijn, gericht op het wegnemen van de secundaire bron van verontreiniging de bodem. Ook IBC-maatregelen die specifiek gericht zijn op het beperken van verdere uitspoeling naar grondwater zijn voor de Kempen als geheel niet uit te voeren.

Saneren van grondwater

In de Kempen heeft reeds gedurende 100 jaar uitspoeling naar het grondwater plaatsgevonden. Waarschijnlijk is het grondwater daardoor op grote schaal verontreinigd geraakt. Hierdoor zou bij volledige sanering veel grondwater moeten worden verwijderd en gereinigd of geïsoleerd. Onttrekking en verwerking van deze grote hoeveelheden grondwater is thans niet uitvoerbaar en zal bovendien tot verdroging op grote schaal leiden. Herinfiltratie van grondwater op deze grote schaal is eveneens niet te realiseren.

Prioriteren op grond van eigenschappen van deelbronnen

Het probleem van een gebiedsdekkende aanpak voor de Kempen is al eerder onderkend. Daarom is in het verleden getracht een differentiatie aan te brengen in de verontreiniging op grond van de nog te verwachten emissie. Dit heeft geleid tot het onderscheid in zinkassen en diffuse bodemverontreiniging. Bovendien zijn pogingen ondernomen om voor zinkassen een prioritering aan te brengen bij de aanpak op grond van makkelijk waarneembare eigenschappen die bepalend zouden kunnen zijn voor de emissie naar het grondwater (18) zoals het volume van de zinkassenwegen of erven en het al of niet afgedekt zijn. Uit de pogingen tot prioritering is tot op heden geen aanpak naar voren gekomen voor het gehele gebied.

Meer beheer dan sanering

Preventieve oplossingen en saneringsmaatregelen in de sfeer van de gangbare bodem-sanering zijn in de Kempen dus moeilijk in de praktijk te brengen of hebben een erg laag rendement. De commissie is van mening dat de grondwaterverontreiniging in de Kempen vraagt om een bredere aanpak die gericht is op de beheersing van het probleem op lange termijn. In een dergelijke aanpak zou de grondwaterverontreiniging en de mogelijke toename hiervan als een mun of meer vast gegeven moeten worden beschouwd. De aanpak richt zich dan met name op het beperken van de gevolgen van de verontreiniging, waarbij uiteraard ook de (soms beperkte) mogelijkheden om verdere verontreiniging en verspreiding van verontreinigd grondwater te voorkomen, worden benut.

Bij ingrepen in het gebied die verband houden met bodemgebruik dient dan rekening te worden gehouden met de aanwezige grondwaterverontreiniging en met de invloed van de ingreep op verdere verontreiniging. Hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan ingrepen

- in de infrastructuur,
- vanwege andere deelaspecten van de verontreiniging,
- in de waterhuishouding,
- in het landgebruik

Preventieve maatregelen die een bijdrage leveren aan de vermindering van de grondwaterverontreiniging moeten te allen tijde worden overwogen als dergelijke ingrepen worden uitgevoerd. De volgorde waarin dergelijke "deelsaneringen" worden uitgevoerd wordt dan afgestemd op de dynamiek van de ruimtelijke ordening in het gebied. Vanwege de omvang van de verontreiniging is het bezwaar van uitsluitend op uitspoelingsrisico's van deelbronnen gebaseerde prioriteitstelling dat deze tot stagnatie kan leiden van de in de ruimtelijke ordening beoogde gebiedsontwikkeling. De commissie ziet veel voordeel in het optimaal afstemmen van gebiedsontwikkeling en op grondwaterbescherming en -sanering gerichte maatregelen.

Om een beleid gericht op het beheer van de grondwaterverontreiniging mogelijk te maken, dient afweging plaats te vinden van het uitvoeren dan wel uitstellen van deelsaneringen tegen de gevolgen voor de grondwaterkwaliteit op lokaal en regionaal niveau. Deze evaluatie vraagt om een beeld van de ontwikkeling van de grondwaterverontreiniging in de toekomst.

Het afzien van een volledige sanering op korte termijn, houdt in dat de risico's van de verontreiniging voor grondwaterafhankelijke ecosystemen en gebruiksvormen door de mens voorlopig niet kunnen worden weggenomen. Hiermee blijft ook de noodzaak bestaan om de ontwikkeling van de verontreiniging en de mogelijke gevolgen hiervan in het gebied te blijven volgen. De commissie acht het daarom van belang dat de mogelijkheid van scenarioberekeningen als ondersteuning voor het hierboven voorgestelde beleid wordt onderzocht met het oog op

- het evalueren van gevolgen van ingrepen in het kader van de ruimtelijke planning en op deelsanering gerichte maatregelen,
- het schatten van de risico's op de korte of lange termijn voor gevoelige grondwaterafhankelijke ecosystemen en gevoelige vormen van gebruik van grondwater zoals drinkwater en water voor landbouw en veeteelt,
- de aanpassing van ruimtelijke planning aan de grondwaterkwaliteit

In paragraaf 4.5 wordt deze aanbeveling uitgewerkt

4.5 NAAR EEN BESLISSINGSONDERSTEUNEND MODEL

Zoals al in paragraaf 4.4 werd aangegeven is de commissie van mening dat voor het goed omgaan met de grondwaterverontreiniging in de Kempen nu en in de toekomst scenarioberekeningen een goed hulpmiddel kunnen zijn. In dit hoofdstuk wordt dit idee verder uitgewerkt en wordt aangegeven welke soort informatie vereist is voor het maken van strategische keuzen bij de aanpak of het beheer van de grondwaterverontreiniging.

In een beslissingsondersteunend model kunnen de volgende stappen gevolgd worden:

1. Omvangsbepaling van de bronnen van grondwaterverontreiniging
2. Bepaling van het transport vanuit de bodem, assen, waterbodem en overstromingsgebieden naar het grondwatercompartiment en vanuit het Budelco-terrein naar de omgeving
3. Simulatie van de regionale concentratieopbouw en verspreiding van verontreinigende stoffen in grondwater
4. Identificatie van extra te beschermen gebieden
5. Bepaling van effecten van sanerings- en beheersmaatregelen op de in stappen 3 en 4 berekende concentraties
6. Bepaling van effecten van bestemmingswijzigingen op de in stappen 3 en 4 berekende concentraties

In figuur 4.3 wordt deze werkwijze schematisch weergegeven.

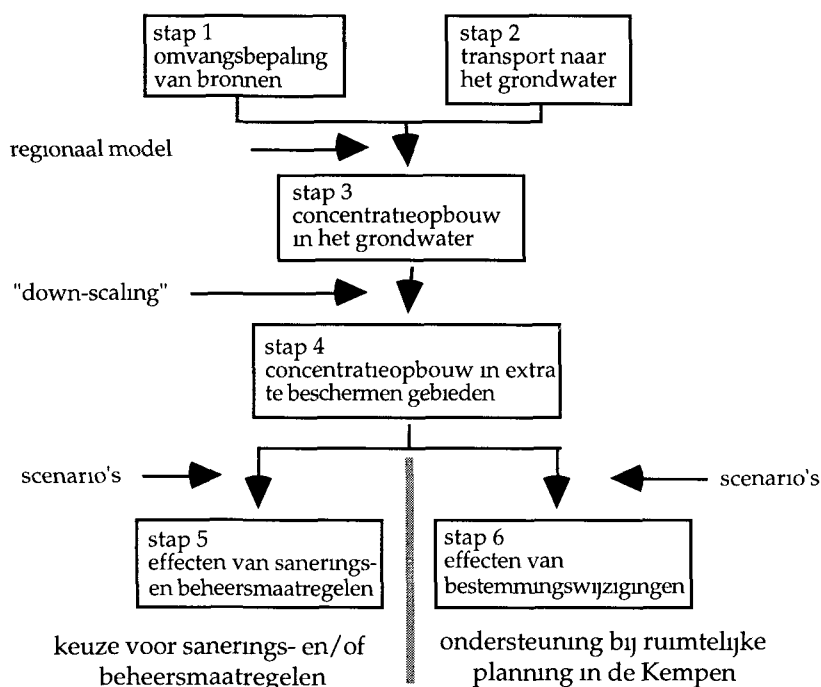
Stap 1 Omvangsbepaling van bronnen

De bronnen van grondwaterverontreiniging zijn:

- verontreiniging op het Budelco-terrein (puntbron),
- aanwezige zinkassen in wegen, ophogingen, erfverhardingen en depots (lijn- en puntbronnen),
- door depositie vanuit de lucht verontreinigde bodem (diffuse bron),
- verontreinigde waterbodem en overstromingsgebieden (lijnbronnen)

Ter bescherming van het grondwater is op het Budelco-terrein een geohydrologisch beheerssysteem aangelegd. De gehalten zware metalen en de omvang van deze bron zijn daarom niet het goede uitgangspunt om de invloed op het grondwater te bepalen. Het belang voor het grondwater hangt af van de resterende emissie van het geohydrologische beheerssysteem. De omvang en mate van verontreiniging van de andere

bronnen zijn voor een groot deel uit de reeds verrichte onderzoeken te destilleren⁶ De reeds verrichte onderzoeken maken het mogelijk het beeld van diffuus verontreinigde bodem in natuurgebieden en het agrarisch gebied⁷ aan te vullen met de ontstane waterboderverontreiniging, de verontreinigingssituatie in de overstromingsgebieden en de verrichte inventarisatiestudies naar het storten van zinkassen en het gebruik ervan in wegen, ophogingen en erfverhardingen (zie hoofdstuk 5)



Figuur 4 3 Schematische weergaven van de stappen die kunnen worden doorlopen bij de aanpak en/of het beheer van de Kempen met het oog op de grondwaterverontreiniging

Stap 2 Transport naar het grondwater

Vanuit de bronnen van stap 1 vindt transport van verontreinigende stoffen naar het grondwatercompartiment plaats. Het transport wordt bepaald door de gehalten aan

⁶ Over de omvang van de diffuse bodemverontreiniging bestaat onzekerheid. Eventueel kan met luchtverspreidingsmodellen een indruk worden verkregen van de belasting van de bodem sinds het begin van de zinkproductie door atmosferische depositie. Hiervoor zullen ook gegevens over de fabrieken in België gebruikt moeten worden. In stap 2 kan waarschijnlijk worden volstaan met een op basis van de bestaande literatuur gemaakte schatting van de omvang.

⁷ Onderscheid maken tussen natuurgebied en agrarisch gebied is voor de diffuse belasting van belang vanwege het verschil in uitloogomstandigheden in beide gebieden.

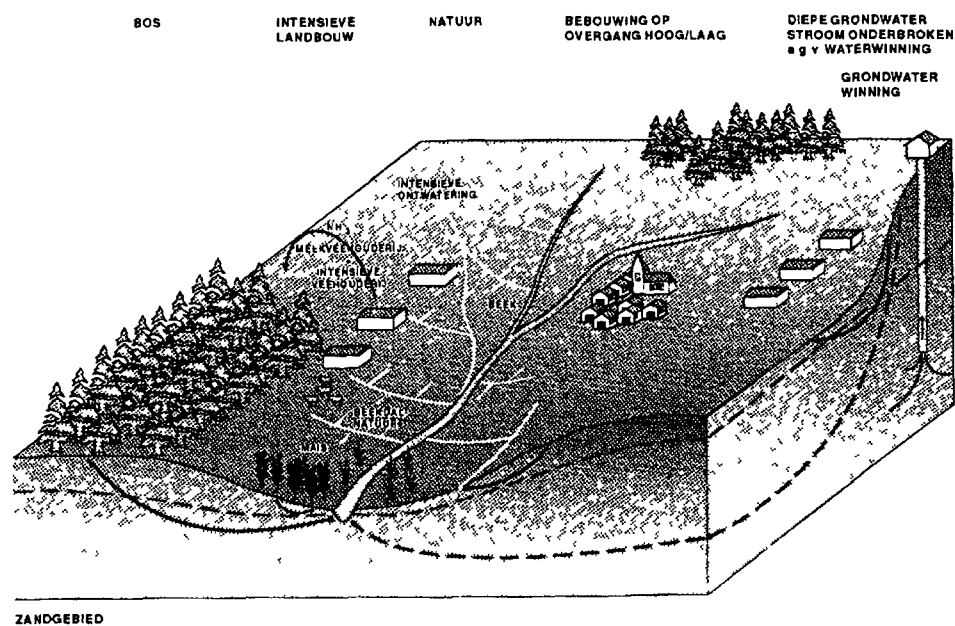
verontreinigende stoffen, de mate van contact met water en de uitloogbaarheid. Er is dus ondermeer inzicht nodig in de uitloogbaarheid van zware metalen uit zinkassen, de verontreinigde bouwvoor of strooisellaag⁸ en de daaronderliggende bodemlaag, de waterbodem en de bodem in overstromingsgebieden. De uitloogbaarheid wordt bepaald door de verontreinigingsmatrix, de redoxpotentiaal en de pH, die op zijn beurt weer wordt bepaald door de matrix en het landgebruik (natuur- of landbouwgebied). Gezien het regionale karakter van de modellering (stap 3) zal het volstaan de gehalten en uitloogbaarheid van de bronnen in algemene zin te kennen en niet in detail. Kennis over de uitloogbaarheid en de gehalten van de verschillende bronnen is grotendeels al aanwezig, zodat nieuw onderzoek niet nodig is. Voor het Budelco-terrein kan uitgegaan worden van de gegevens over de werking van het geohydrologisch beheerssysteem (19). Het resultaat van stap 2 is een flux van zware metalen naar het grondwater, waarbij ook kennis bestaat over de relatieve bijdrage van de verschillende bronnen (stap 1).

Stap 3 Concentratieopbouw en verspreiding in het grondwater

Voor de derde stap is de ontwikkeling van een regionaal grondwaterkwaliteitsmodel nodig (figuur 4.4). Als invoergegevens voor dit model kunnen de resultaten van stappen 1 en 2 en gegevens over de (geo)hydrologie van het gebied dienen⁹. Het mede in beschouwing nemen van recent verkregen kennis over de geohydrologische opbouw van het gebied zou een grote bijdrage kunnen leveren aan de mogelijkheid om de ontwikkeling van de verontreiniging te voorspellen. Momenteel is deze kennis nog niet in verband gebracht met de problematiek van de grondwaterverontreiniging. De berekeningen met het model moeten leiden tot een algemeen beeld van de verontreinigingssituatie in een groot gebied, de Kempen. Het is dus niet nodig zeer veel detail aan te brengen in het model. In een later stadium (stappen 4, 5 en 6) kan voor kleinere gebieden meer detail worden aangebracht. Het niveau van detaillering wordt slechts verhoogd indien dit wenselijk en mogelijk is. Dit proces is in figuur 4.4 aangeduid met de term "down-scaling".

⁸ De bouwvoor geldt voor de agrarische gebieden, de strooisellaag voor natuurgebieden.

⁹ Recent geohydrologisch onderzoek heeft geleid tot een overzicht van in-zijgings-, kwel- en intermediaire gebieden.



Figuur 4 4 Schematisatie van een zandgebied Een dergelijk systeem voor de Kempen kan dienen als basis voor de bouw van het regionaal grondwaterkwaliteitsmodel (overgenomen uit Kamphuis *et al* (20))

De modelberekeningen kunnen uitgevoerd worden voor maximale en minimale uitloingsomstandigheden Het resultaat van deze modelberekeningen zijn isoconcentraatielijnen in het grondwater op verschillende tijden voor minimale en maximale uitloing De uitgevoerde berekeningen geven een indicatie van de ernst en de ontwikkeling van de grondwaterverontreiniging in de toekomst Om enig vertrouwen te krijgen in de voorspellende waarde van het model is een verificatiestap nodig Deze stap is mogelijk te maken door een modelberekening uit te voeren waarmee de huidige situatie wordt gesimuleerd De resultaten van deze berekening, waarbij dus van een andere beginsituatie (begin van de zinkproductie) wordt uitgegaan, kunnen dan getoetst worden aan bestaande veldwaarnemingen

Op voorhand is niet te zeggen in hoeverre de nu ter beschikking staande gegevens volstaan voor het verkrijgen van een adequaat beeld van de ontwikkeling van de grondwaterkwaliteit Op grond van de eerste modelleringsresultaten zou kunnen worden vastgesteld of nog meer informatie vereist is Indien nodig kan dan tot summier veldonderzoek worden overgegaan

Stap 4 Identificatie van extra te beschermen gebieden

Deel vier van het onderzoek bestaat eruit kwetsbare gebieden in de Kempen te definiëren (bijvoorbeeld kwelgebieden met hoge natuurwaarde of grondwaterbeschermingsgebieden) en met een deelmodel van het in stap 3 gebruikte model de concentratieontwikkeling in deze gebieden te simuleren. Voor deze modelberekeningen zal in sommige gevallen detaillering van het deelmodel nodig zijn ("down-scaling"). Een gedetailleerde beschrijving van de uitloging (stap 2) hoeft daarbij niet te worden nagestreefd. Minimale en maximale uitloging (zie stap 3) volstaat. Ook hier is een verificatiestap nodig om vertrouwen te krijgen in de modelresultaten. Hiertoe kunnen de modelresultaten getoetst worden aan bestaande, en waar deze ontbreken, nieuwe veldwaarnemingen. Op grond van de berekeningen kan voor de kwetsbare gebieden na worden gegaan of in de toekomst ongewenste situaties kunnen ontstaan. Niet alleen overschrijding van risicogrenzen, die vooral in de bodemsanering maatgevend zijn, is van belang. Ook vanuit de optiek van bodem- en grondwaterbescherming en doelstellingen geformuleerd vanuit andere beleidsterreinen (natuurdoeltypen, ecologische doelstellingen, waterbeheer) kunnen ongewenste situaties ontstaan. Op deze wijze kunnen gebieden worden aangewezen waar sanerings- of beheersmaatregelen de hoogste prioriteit hebben.

Stap 5 Effecten van sanerings- en beheersmaatregelen

Als mogelijke ingrepen kunnen worden onderscheiden

- verwijdering van de bron,
- afdekking van de bron,
- immobilisatie van de verontreiniging,
- onttrekking van het grondwater,
- bekalking,
- fytoremediering

In het advies over het landelijk gebied (hoofdstuk 6) van de Kempen worden mogelijkheden van sanerings- en beheersmaatregelen nader besproken.

Per maatregel dienen stap 2 en 3 herhaald te worden. Deze scenarioberekeningen moeten als basis kunnen dienen voor een afweging van (praktisch uitvoerbare) maatregelen en effecten. Vervolgens kan prioriteit worden gesteld aan locaties die het meest bijdragen aan de verontreiniging van het grondwater in het algemeen en aan de bedreiging van kwetsbare kwelgebieden, grondwaterbeschermingsgebieden of andere

te onderscheiden kwetsbare gebieden in het bijzonder (herhaling van stap 4 per scenario)

Stap 6 Effecten van bestemmingswijzigingen

In de toekomst zal men in de Kempen voor keuzen komen te staan om de bestemming van bepaalde gebieden te wijzigen. Te denken valt aan het uit gebruik nemen van landbouwgebieden voor natuurontwikkeling. Met dergelijke wijzigingen kunnen de omstandigheden in het gebied zodanig veranderen (pH-daling door beëindiging van bekalking) dat de metalen versneld uitspoelen naar het grondwater. Alvorens een beslissing voor grootschalige of ingrijpende bestemmingswijzigingen te nemen dient het effect hiervan op de kwaliteitsontwikkeling van het grondwater met het regionale model te worden bepaald.

Per voorgenomen bestemmingswijziging kunnen stap 2, 3 en 4 herhaald worden. Op basis van deze scenario-berekeningen kunnen bijvoorbeeld beschermingsmaatregelen worden voorgeschreven, zoals het continueren van bekalking, het alsnog saneren van de verontreinigingsbron (stap 5) of afzien van de bestemmingswijziging op de betreffende locatie.

4.6 CONCLUSIES

In de Kempen worden in het grondwater cadmium- en zinkconcentraties gemeten die hoger zijn dan de ten behoeve van bodemsanering vastgestelde interventiewaarden. Op grond van globale berekeningen kan worden aangetoond dat in een groot gebied de kwaliteit van het grondwater verder achteruit zal gaan. Dit kan resulteren in gebruiksbependingen voor mens, plant en dier en mogelijke schade aan ecosystemen.

Omdat er nog geen samenhangend pakket van maatregelen is voor grondwaterverontreiniging op grote schaal, kan de commissie deze discussie niet koppelen aan voorgenomen beleidsstrategieën. Preventie en sanering in de sfeer van het gangbare bodembeschermingsbeleid lijkt uitgesloten. De grondwaterverontreiniging en de toename hiervan moet min of meer als een vast gegeven worden beschouwd. Wel is het noodzakelijk om een beheer op langere termijn vast te stellen. Daarvoor moeten in de eerste plaats de verspreiding van de verontreiniging en de mogelijke gevolgen daarvan in de tijd worden gevolgd. Nu reeds zou een modelberekening van de grondwaterbeweging en het transport van verontreinigingen voor het gehele gebied kunnen worden opgesteld. De reeds beschikbare kennis over gehalten van zware metalen in de bodem, de waterbodem en de zinkassen en de emissie van deze stoffen naar het grondwatercompartiment volstaat daarbij, zeker in eerste instantie, als invoer van een regionaal grondwatertransportmodel. Voor verificatie van het model en voor verbetering van de invoergegevens zou zonnodig een summier aanvullend veldonderzoek kunnen worden uitgevoerd.

4.7 REFERENTIES

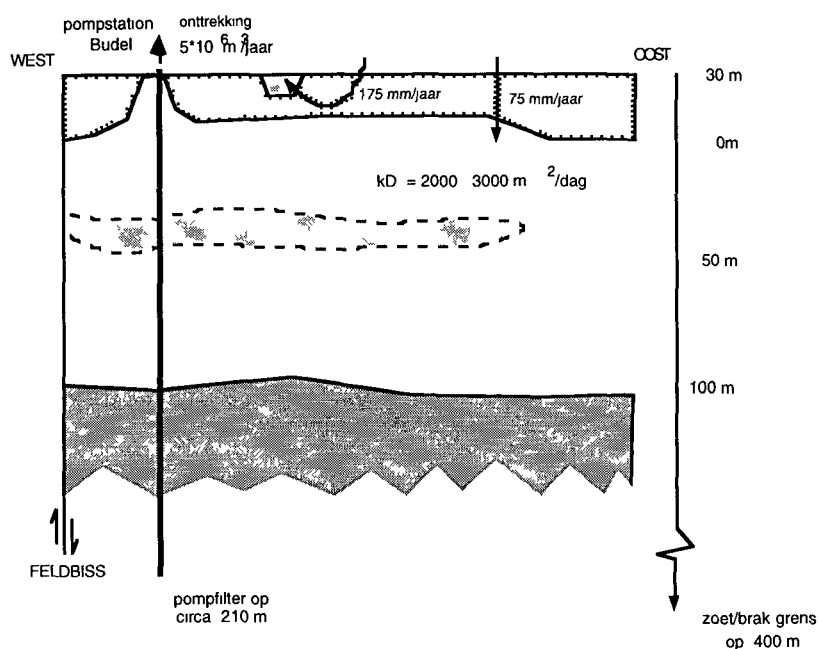
- 1 Haskoning, 1985 De zware metalenverontreiniging in een gedeelte van Noord-Brabant en van Limburg, nader onderzoek fase II, rapportage deelproject II, onderzoek naar de diffuse verontreiniging van bodem en grondwater met cadmium en zink, Nijmegen
- 2 TAUW Infra Consult b v , 1991 Aanvullend onderzoek diffuse verontreiniging grondwater in de Kempen, rapportnummer 3106691, Deventer
- 3 Kunst, D J Ph en J J Olie, 1996 Sonde werpt nieuw licht op bemonsteringstechniek, Gebruik peilbuismethode dubieus Land + Water nummer 1 & 2, 1996 p 24-25
- 4 Beleidsstandpunt notitie "Milieukwaliteitsdoelstellingen bodem en water", 1992 Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag
- 5 Circulaire Interventiewaarden bodemsanering, 1994 Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directoraat Generaal Milieubeheer, Den Haag
- 6 Boekhold, S , 1992 Field Scale Behaviour of Cadmium in soil Proefschrift, Landbouwwuniversiteit Wageningen
- 7 TAUW Infra Consult b v , 1988 Effekten van assenwegen op de grondwaterkwaliteit in de Kempen Rapportnummer 51584 08/RO-01, Deventer
- 8 Griffioen, J, 1993 Reactiviteit van sedimenten en grondwaterkwaliteit TNO Grondwater en Geo-Energie, tevens verschenen in KNCV Sectie Milieuchemie, jaarboek 1993
- 9 Romkens, P F en W de Vries, 1995 Acidification and metal mobilization effects of land use changes on Cd mobility In Acid Rain Research Do we have enough answers? G J Heij en J W Erisman (eds) Elsevier, p 367-380
- 10 EG-grondwaterrichtlijn, 1980 Richtlijn van 17 december 1979 betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging veroorzaakt door de lozing van bepaalde gevaarlijke stoffen, Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen, nr L 20/43
- 11 Agenda 21, 1993 Verklaring van Rio opgesteld tijdens de V N Conferentie inzake Milieu en Ontwikkeling, in Rio de Janeiro, Brazilië, juni 1992, Bossenverklaring, Biodiversiteitsverdrag en Klimaatverdrag, Den Haag

- 12 Nationaal Milieubeleidsplan Kiezen of Verliezen, 1989 Tweede Kamer, vergaderjaar 1988-1989, 21 137, nrs 1-2, SDU Uitgeverij, Den Haag
- 13 V-IMP Bodem, Voorlopig Indicatief Meerjarenprogramma Bodem, 1984-1988 Tweede Kamer zitting 1982-1983, 17 600 XI, no 130
- 14 Beelen, P van en J Notenboom, 1990 Het grondwater als ecosysteem H₂O 1990 vol 23 p 100-103
- 15 Prins, R A Report on the International Symposium of Subsurface Microbiology (ISSM-93), 1993 Universiteit van Groningen, Department of Microbiology
- 16 Staatsblad, 1984 Besluit van 2 april 1984, houdende wijziging van het Waterleidingbesluit (Stb 1960, 345), Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 1984, 220, Den Haag
- 17 Stoffen en Normen, Overzicht van belangrijke stoffen en normen in het milieubeleid, 1993 Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Den Haag
- 18 TAUW Infra Consult b v , 1989 Saneringsonderzoek Assenwegen in de Kempen, fase 1, LE/RAP/214-ag, Deventer
- 19 Boode, J , D van der Valk, A T Blonk en A J J M Feiter, 1996 Ontwerp geohydrologisch beheerssysteem op basis van NAGROM, H₂O nr 3 p 71- 76
- 20 Kamphuis, H , R Kuiper, Y van der Laan en A van Dortmund, 1993 Plannen met stromen - Ideeën voor de afstemming van ruimtegebruik, water en milieu, studierapport, Programma Ruimte Water Milieu, Rijksplanologische Dienst, Den Haag

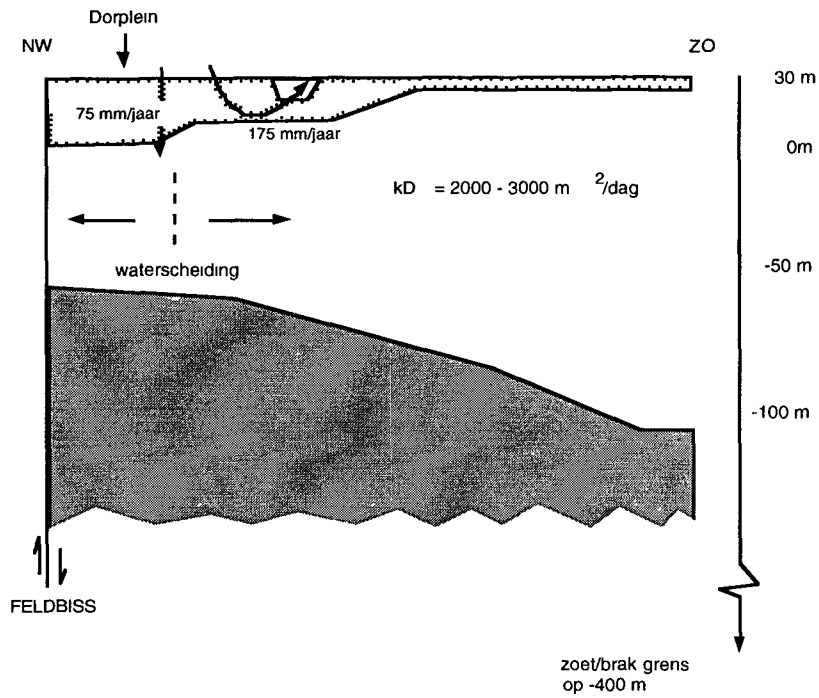
BIJLAGE GEOHYDROLOGIE VAN DE KEMPEN

De geohydrologie van de Kempen wordt in sterke mate bepaald door een van Zuid-Zuidoost naar Noord-Noordwest lopend breuksysteem, het Centrale Slenk-gebied dat zich in Limburg voortzet in de Roerdalslenk. Voor de Kempen wordt dit slenkgebied in het Westen begrenst door de Feldbiss-breuk. In de figuren A en B worden twee schematische profielen gegeven van de geohydrologische situatie.

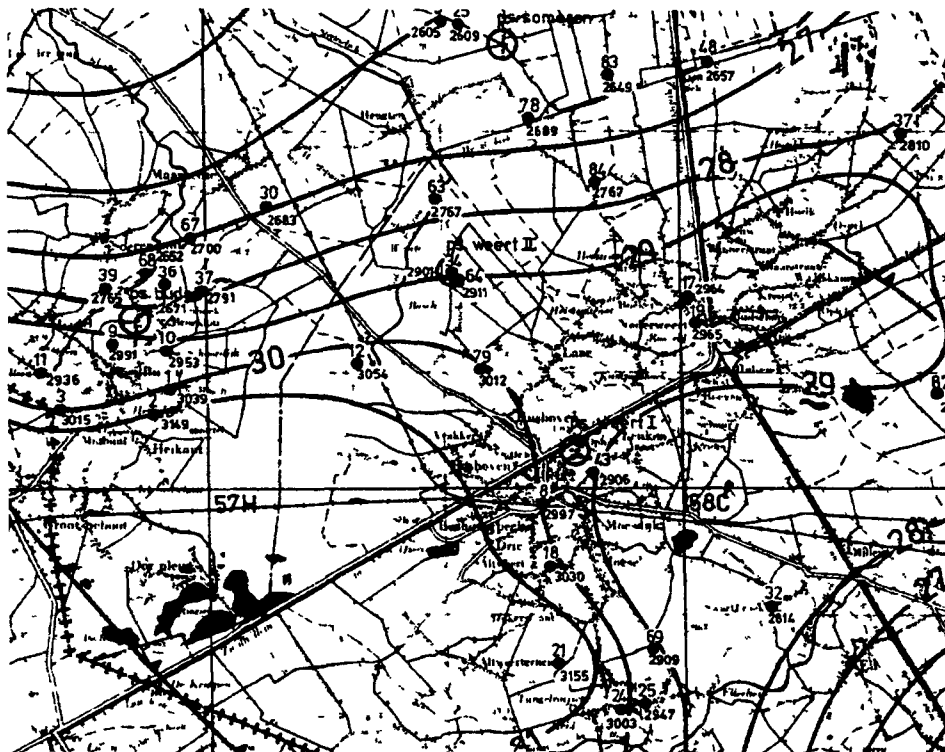
De bovenkant van het geohydrologisch profiel bestaat uit een matig doorlatende deklaag (met freatisch grondwater) bestaande uit enigszins leemhoudende zanden, variërend in dikte van 0 tot 30 meter. Beken en ander oppervlaktewater vormen veelal een afvoer van het grondwater in de deklaag (ongeveer 175 mm/jaar). De rest van het freatische grondwater infiltreert naar het daarondergelegen watervoerende pakket (ongeveer 75 mm/jaar). Afhankelijk van het leemgehalte is de doorlaatfactor van het dekpakket 0,01 tot 1 m/dag. De Kempen bevindt zich op een waterscheiding. In het Noorden stroomt het water in de deklaag grofweg naar het Noorden, in het zuidelijke gebied voornamelijk naar het Oosten (figuur C).



Figuur A Geohydrologisch profiel (West-Oost) ongeveer loodrecht op de richting van de grondwaterstroming



Figuur B Geohydrologisch profiel (NW-ZO) ongeveer evenwijdig aan de richting van de grondwaterstroming

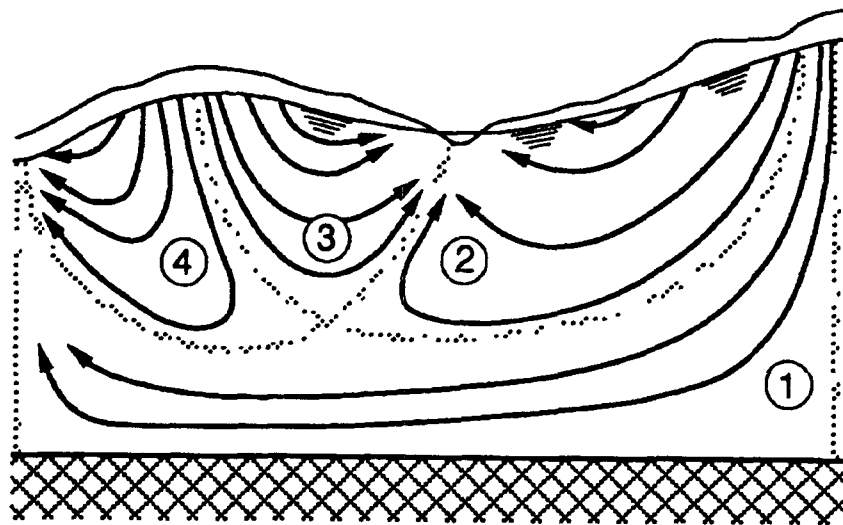


Figuur C Stijghoogten van het grondwater in het eerste watervoerende pakket (bron Lekahena, 1983)

Het eerste watervoerende pakket, dat grotendeels samenvalt met het tweede en een deel van het derde watervoerende pakket, bestaat uit matig grove tot zeer grove grondhoudende zanden. De dikte van dit aquifer varieert van 70 tot 130 meter in het zuiden van de Kempen en 40 tot 50 meter in het noordelijk gedeelte. De kD-waarde varieert van 2000 tot 3000 m²/dag. De grondwaterstroming is gelijk gericht aan stroming in de deklaag. De dieper gelegen (watervoerende) lagen doen nauwelijks mee in de regionale grondwaterstroming van dit gebied.

Kwel en infiltratie

Met het oog op grondwaterverontreiniging is het van groot belang onderscheid te kunnen maken tussen infiltratiegebieden, kwelgebieden en intermediaire gebieden. Infiltratiegebieden, waar een overwegend neerwaartsgerichte grondwaterstroming optreedt, voeden grondwaterstromingsstelsels. Daarbinnen worden nog kern-infiltratiegebieden onderscheiden, waar de voeding de diepere grondwaterpakketten bereikt. De infiltratiegebieden dragen dus het meest bij aan de verspreiding van verontreinigende stoffen via het grondwater. De infiltratiegebieden worden gekenmerkt door een beperkte oppervlakkige afwatering. In kwelgebieden wordt de onverzadigde zone en/of het oppervlaktewater gevoed door het grondwater. Zowel ouder en dieper grondwater als jonger en ondieper grondwater kan hier opkwellen. Kwelgebieden zijn gebieden met een dicht afwateringsstelsel. In intermediaire gebieden kan zowel kwel als infiltratie optreden. Aan het oppervlak is een dicht afwateringsstelsel aanwezig. De gebieden zijn met elkaar verbonden via de grondwaterstroming. Hierbij kunnen systemen ontstaan van verschillende grootte. In de schematische weergave van figuur D is dit duidelijk te zien. De ruimtelijke verdeling van infiltratie-, kwel- en intermediaire gebieden is voor de Provincie Noord-Brabant opgenomen in een Geografisch Informatie Systeem (GIS-bestand) (figuur E).

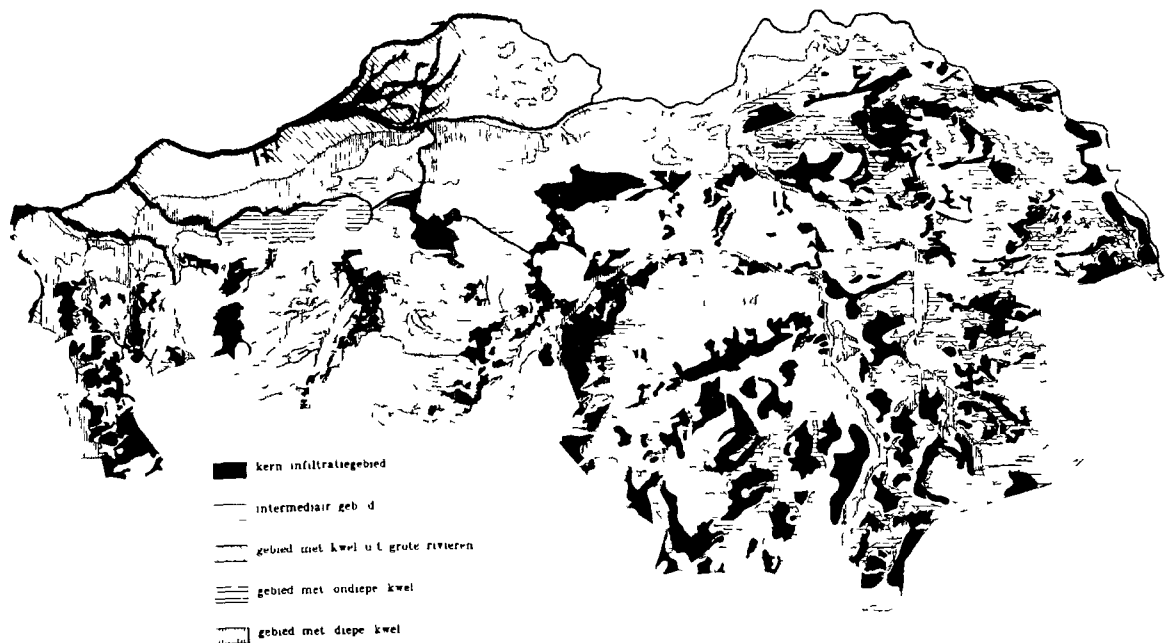


② subsysteem nummer 2

~~~~~ subsysteemgrens

↪ stroombaan

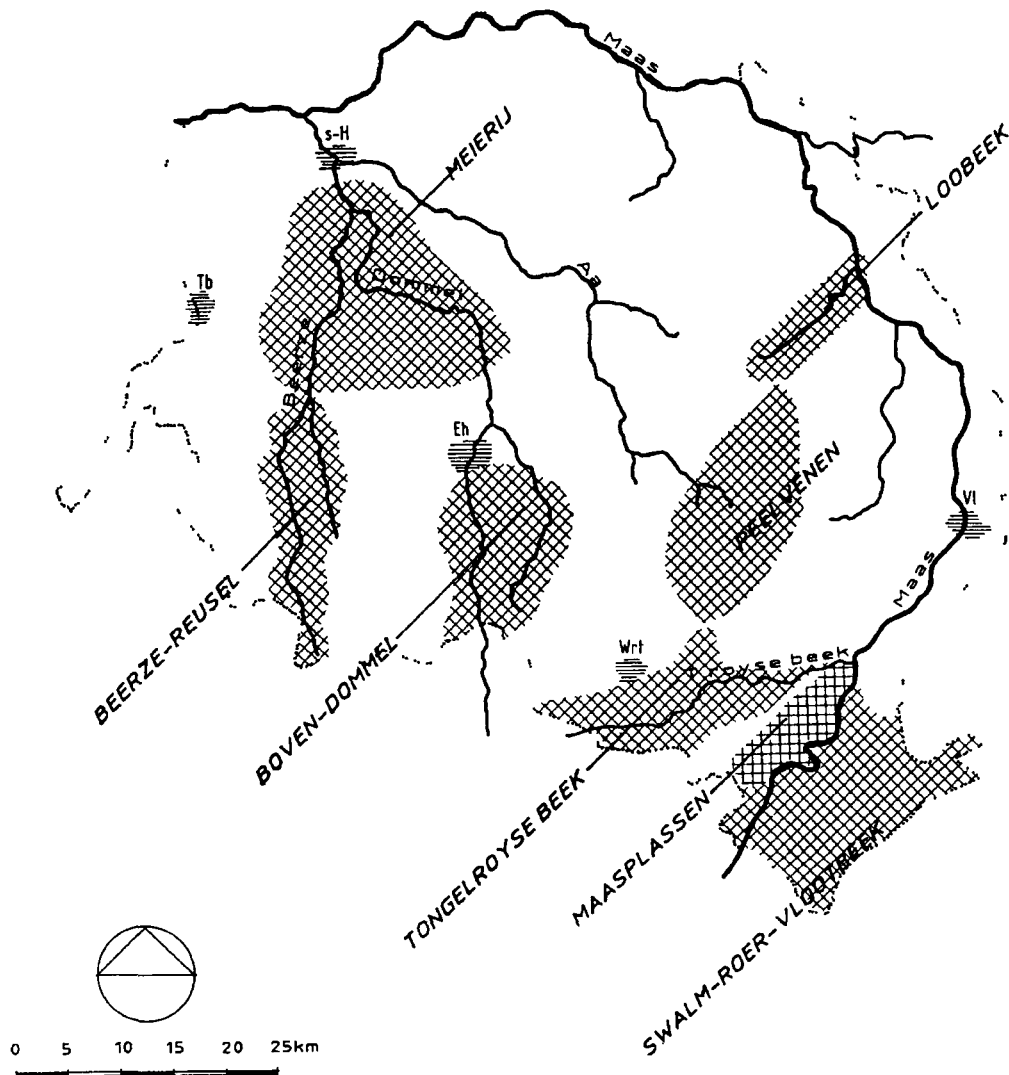
**Figuur D** Een schematische weergave van onder elkaar bestaande grondwatersystemen (bron Stuurman *et al*, 1990)



**Figuur E** De kwel- en infiltratiegebieden in de provincie Noord-Brabant (bron Stuurman *et al*, 1990)

### Rivieren

De natuurlijke waterlopen in de Kempen zijn de rivieren de Dommel, de Tongelroyse beek en hun zijtakken. De rivier de Dommel ontwaterst het grootste deel van het gebied en ontspringt in België. De Tongelroyse beek ontwaterst voornamelijk het Limburgse deel van de Kempen. Een globale schets is weergegeven in figuur F. De waterlopen in de Kempen zijn grotendeels te typeren als kwelgebieden.



Figuur F Globaal overzicht van waterlopen in de Kempen en omgeving (3)

**Referenties**

- 1 Lekahena, 1983 Grondwaterkaart van Nederland, Centrale Slenk (Oost-Brabant), Dienst grondwaterverkenning TNO, Delft
- 2 Stuurman, R J, J L v d Meij, A Biesheuvel en U Pakes, 1990 De grondwaterstromingsstelsels en de grondwatersamenstelling van de provincie Noord-Brabant, TNO-rapport OS 90-26-A, Instituut voor Grondwater en Geo-Energie TNO (IGG)
- 3 Plan van aanpak NUBL, 1995 Dynamische ontwikkeling landelijk gebied, Eindhoven, projectburo NUBL

# 5 ZINKASSEN

## INHOUD

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 5 1 VOORKOMEN VAN ZINKASSEN      | 99  |
| 5 2 EFFECTEN VAN ZINKASSEN       | 103 |
| 5 3 MOGELIJKHEDEN VOOR DE AANPAK | 111 |
| 5 4 REFERENTIES                  | 123 |

Deze tekst is eerder gepubliceerd in

Advies zware metaal verontreiniging in de Kempen zinkassen, TCB A18(1996)

## 5 1 VOORKOMEN VAN ZINKASSEN

Tot halverwege de jaren zeventig zijn zinkassen in grote hoeveelheden als reststof bij de productie van zink uit zinkerts vrijgekomen. Het merendeel is op de bedrijfsterreinen van Budelco B V en de voormalige Kempensche Zinkmaatschappij (KZM) B V (verder samen te noemen als het Budelco-terrein) en in een groot gebied daaromheen gestort of toegepast als verhardingsmateriaal. Op de bedrijfsterreinen is nog ongeveer 500 000 ton zinkassen aanwezig. Verder is uit productiecijfers berekend dat 250 000 ton zinkassen de fabriekspoort heeft verlaten. Tevens zullen zinkassen afkomstig van de Belgische zinkverwerkende industrieën voor verhardingsdoeleinden ingevoerd zijn.

Uit aanvullend inventariserend onderzoek, met enquêtes gehouden bij 200 gemeenten (131 in Noord-Brabant en 69 in Limburg) is naar voren gekomen dat er in ongeveer een kwart van deze gemeenten 833 kilometer weg is aangelegd met zinkassen (1). In tabel 5 1 is de stand van zaken in 1987, het jaar van de inventarisatiestudie weergegeven. Er is onderscheid gemaakt in

- 1 assenwegen, waar de zinkassen aan het oppervlak liggen (158 km),
- 2 begraven assenwegen, waar de zinkassen inmiddels zijn bedekt met een ander type wegdek (492 km), en
- 3 voormalige assenwegen, waar de zinkassen verwijderd zijn (183 km)

Door de zichtbare aanwezigheid van zinkassen in de eerste categorie assenwegen was dit type weg goed te lokaliseren. Met behulp van luchtfoto's is de ligging en omvang van open assenwegen nog beter in beeld gebracht, hoewel deze waarnemingen in het veld nog moeten worden geverifieerd. De inventarisatie van open assenwegen zal dus redelijk compleet zijn. Localiseren van begraven assenwegen is veel moeilijker. Bij voormalige assenwegen gaat het in de meeste gevallen om locaties die inmiddels een andere bestemming hebben gekregen (zoals woningbouw of landbouwgrond). Veelal kan niet met zekerheid worden gesteld dat de assen bij wijziging van de bestemming zijn verwijderd. Bij reconstructie van wegen, bijvoorbeeld in het kader van ruilverkaveling, zijn assen, welke in de oude weg aanwezig waren, meestal niet verwijderd, maar verwerkt in de nieuwe weg of in het nieuwe landbouwterrein. Verwacht moet worden dat het grootste gedeelte van de assen zich nog in de bodem bevindt (1). Door deze manier van handelen is het vaak onmogelijk de exacte locatie van de nog aanwezige assen te bepalen.



## Zinkassen voorkomens

**Tabel 5 1** Stand van zaken van voorkomen van assenwegen (in kilometers) en assen-depots in 1987 in toenmalige gemeenten in Noord-Brabant en Limburg (1)

| Gemeente             | km openliggende<br>assenweg | km begraven<br>assenweg | km voormalige<br>assenweg | aantal assen<br>depots |
|----------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| <b>Noord-Brabant</b> |                             |                         |                           |                        |
| Budel                | 12,3                        | 7,1                     | 8,4                       |                        |
| Bakel en Milheeze    | 13,0                        | 0,2                     |                           |                        |
| Aarle-Rixtel         | 12,4                        | 15,5                    |                           |                        |
| Bergeijk             | 11,2                        | 1,1                     | 11,5                      | 3                      |
| Maarheeze            | 9,0                         | 3,5                     | 1,5                       | 1                      |
| Someren              | 9,0                         | 0,2                     | 0,2                       | 1                      |
| Oirschot             | 8,5                         | 50,5                    | 1,5                       | 3                      |
| Lieshout             | 7,9                         | 6,4                     |                           |                        |
| Nuenen               | 7,3                         |                         |                           |                        |
| Beek en Donk         | 7,0                         | 24,4                    |                           | 1                      |
| Eindhoven            | 6,4                         | 3,2                     | 140                       |                        |
| Udenhout             | 6,0                         | 29,7                    | 0,3                       |                        |
| Boxtel               | 5,9                         | 31,5                    | 1,1                       |                        |
| Reusel               | 5,2                         |                         |                           |                        |
| Berkel Enscht        | 5,0                         | 10,5                    |                           |                        |
| Heeze                | 4,4                         | 5,1                     | 0,3                       |                        |
| Mierlo               | 3,5                         | 1,1                     |                           |                        |
| Westerhoven          | 2,9                         | 0,9                     | 4,1                       | 1                      |
| Luyksgestel          | 2,5                         | 0,9                     | 4,1                       |                        |
| Moergestel           | 1,8                         | 0,2                     |                           |                        |
| Geldrop              | 1,8                         |                         |                           |                        |
| Valkenswaard         | 1,4                         | 2,9                     | 2,3                       |                        |
| Eersel               | 0,8                         | 29,9                    | 2,1                       |                        |
| Bladel en Netersel   | 0,8                         | 16,4                    | 2,3                       |                        |
| Leende               | 0,4                         | 6,3                     |                           | 1                      |
| Riethoven            | 0,2                         | 4,9                     |                           |                        |
| Zundert              | 0,2                         |                         |                           |                        |
| Asten                |                             | 41,8                    |                           | 2                      |
| Hoogeloon            |                             | 40,4                    |                           |                        |
| Veghel               |                             | 2,5                     |                           |                        |
| Liempde              |                             | 1,2                     |                           |                        |
| Sub-totaal           | 146,8                       | 339,3                   | 179,7                     | 13                     |
| <b>Limburg</b>       |                             |                         |                           |                        |
| Vessem               | 5,5                         | 8,8                     | 0,2                       |                        |
| Meijel               | 2,0                         | 2,6                     |                           |                        |
| Horn                 | 1,9                         | 2,0                     |                           |                        |
| Swalmen              | 0,9                         | 1,6                     |                           |                        |
| Heythuysen           | 0,6                         |                         |                           |                        |
| Weert                |                             | 55                      |                           |                        |
| Horst                |                             | 39                      |                           |                        |
| Sevenum              |                             | 20                      |                           |                        |
| Kessel               |                             | 11,4                    |                           |                        |
| Stramproy            |                             | 6,4                     | 0,8                       |                        |
| Maasbree             | 2,9                         |                         |                           |                        |
| Beegden              |                             | 1,8                     |                           |                        |
| Nederweert           | 0,7                         |                         |                           |                        |
| Heel en Panheel      | 0,5                         | 0,4                     |                           |                        |
| Geleen               |                             | 2,9                     |                           |                        |
| Subtotaal            | 10,9                        | 152,7                   | 3,5                       | 0                      |
| Totaal Nrd-Brabant   | 146,8                       | 339,3                   | 179,7                     |                        |
| Totaal Nrd-Br +Limb  | 157,7                       | 492                     | 183,2                     | 13                     |

Uit de inventarisatie is verder gebleken dat de gemeenten in de directe omgeving van het Budelco-terrein de assen gebruikten om gehele wegen te verhardden. Verder weg gelegen gemeenten verhardden voornamelijk fietspaden met assen. Rekening houdend met het verschil in breedte en dikte van wegen rondom Budel en de fietspa-

den in verderweg gelegen gemeenten is op zeer globale wijze door Haskoning de totale hoeveelheid assen in wegen geschat op ongeveer 265 000 ton (1) Deze hoeveelheid is 225 000 ton meer dan in nader onderzoek fase I (2) werd geïnventariseerd en overschrijdt enigszins de door Budelco geschatte hoeveelheid van 250 000 ton die in het gebied zou zijn aangewend. De afwijking met deze laatste hoeveelheid is gering, maar bedacht moet worden dat hiervan ook een deel voor erfverhardingen is gebruikt of op depots is terechtgekomen.

In de inventarisatiestudie zijn door de gemeenten in totaal 13 locaties opgegeven waar assen in depot zijn gebracht (tabel 5.1). Bij 12 van deze depots zijn nog assen aanwezig. De inventarisatie van depots zal, gezien de herkenbaarheid en de bekendheid bij gemeenten, volledig zijn (1). Over de omvang van de depots zijn geen verdere gegevens bekend. Momenteel wordt de omvang van de assendepots in opdracht van de provincie Noord-Brabant geïnventariseerd, zodat deze gegevens op korte termijn beschikbaar komen. Over de aanwezigheid van assenerven was bij de gemeenten weinig bekend. Een beperkt onderzoek in de gemeente Weert (door een oproep in de kranten te zetten) heeft 50 locaties van assenerven opgeleverd. Een groot aantal erven waar zinkassen zijn gebruikt als verharding kan in het hele Kempengebied dus worden verwacht.

Bij het bepalen of zinkassenvoorkomens een rol spelen bij de blootstelling van mens, dier en plant is het bodemgebruik in de omgeving van belang (in paragraaf 5.2 zal verder ingegaan worden op de effecten van zinkassen). In de inventarisatiestudie is aan de gemeenten gevraagd het aantal volkstuincomplexen aan te geven. Dit is gedaan in verband met de mogelijke blootstelling aan verontreinigingen aanwezig in de assen via het eten van gewas. Uit de inventarisatie zijn drie volkstuincomplexen gekomen die direct naast assenwegen, -depots of -erven zijn gelegen. Deze inventarisatie kan als compleet worden beschouwd. Mogelijk zijn kleinere particuliere complexen nog niet volledig geïnventariseerd. Over het overig ruimtegebruik naast assenwegen is weinig informatie. Het grootste deel van het ruimtegebruik naast assenwegen is landbouwgebied. Alleen in de gemeente Budel is een diepgaand onderzoek uitgevoerd naar het aantal particuliere groententuinen en particuliere grondwateronttrekkingen. Er zijn daarbij 925 particuliere groententuinen en 66 onttrekkingen geïnventariseerd (1). In hoeverre deze nabij assenvoorkomens liggen is nog niet duidelijk.

### Conclusies uit inventariserend onderzoek

De mens heeft de zinkassen op verschillende locaties in een groot gebied toegepast en gestort. De omvang en vorm van het door assen beïnvloede gebied is dan ook anders dan dat van de verontreinigde bodem door atmosferische depositie. De inventarisatiestudies hebben naar verwachting een compleet beeld opgeleverd van de hoeveelheid en locaties van open assenwegen en depots en de locaties ervan. Voor de begraven en voormalige assenwegen en voor de assenerven bestaan nog veel onzekerheden over locaties, aantal en omvang. Inventarisatie via luchtfoto's bleek niet tot herkenning van deze categorieën te leiden (1). Extra informatie zou eventueel nog kunnen komen van mensen die betrokken zijn geweest bij de aanleg. Een dergelijk onderzoek is verre van eenvoudig en in de loop der tijd zal het steeds moeilijker worden deze informatie te verkrijgen.

De hoeveelheid toegepaste zinkassen in wegen is bij benadering bekend (265 000 ton). De opgave van Budelco B.V. van de hoeveelheid zinkassen dat zich in het gebied kan hebben verspreid (250 000 ton), waarbij ook toepassingen in erven en zinkassen in depots zijn inbegrepen, laat zien dat over de totale hoeveelheid assen nog onzekerheid bestaat.

Het beeld van het bodemgebruik nabij zinkassenwegen, -erven en depots is niet volledig. Afgezien van de drie volkstuincomplexen, waarvan bekend is dat zij nabij assenwegen liggen, kan in algemene zin gesteld worden dat veel wegen liggen in landbouwgebied. Verder zullen particuliere groententuinen, maar ook grondwateronttrekkingen, in de nabijheid van zinkassentoepassingen zijn gelokaliseerd. In welke mate hiervan sprake is kan (nog) niet met zekerheid worden vastgesteld.

## 5.2 EFFECTEN VAN ZINKASSEN

**Samenstelling van de assen**

De assen bevatten hoge gehalten aan zink, cadmium, arseen en andere zware metalen, zoals koper, lood en antimoon (3, 4 en 5, tabel 5.2) De gemiddelde antimoon-, arseen-, lood- en zinkgehalten overschrijden de Wca-grens, waardoor de zinkassen als chemisch afval zullen worden beschouwd

**Tabel 5.2** Gehalten aan zware metalen en arseen in zinkassen (5)

| Component     | aantal waarnemingen | gemiddeld gehalte | standaard afwijking<br>mg/kg d s | Wca grenswaarde |
|---------------|---------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------|
| antimoon (Sb) | 10                  | 180               | 77                               | 50              |
| arseen (As)   | 15                  | 480               | 549                              | 50              |
| barium (Ba)   | 7                   | 730               | 726                              | 20000           |
| cadmium (Cd)  | 20                  | 15                | 11                               | 50              |
| chrom (Cr)    | 8                   | 150               | 188                              | 5000            |
| cobalt (Co)   | 9                   | 52                | 25                               | 5000            |
| koper (Cu)    | 9                   | 3900              | 2100                             | 5000            |
| kwik (Hg)     | 6                   | 0,1               | 0,0                              | 50              |
| lood (Pb)     | 14                  | 6500              | 6500                             | 5000            |
| nikkel (Ni)   | 9                   | 200               | 114                              | 5000            |
| zink (Zn)     | 25                  | 24500             | 17000                            | 20000           |

Het cadmiumgehalte van de assen op het Budelco-terrein (50 tot 200 mg/kg d s met een gemiddelde van 70 mg/kg d s) verschilt van die van assen in assenwegen (10 tot 40 mg/kg d s) Volgens het evaluatierapport van het Nader Onderzoek fase II (6) wordt dit verschil mogelijk veroorzaakt door depositie van cadmium nabij de fabriek Een andere verklaring zou kunnen worden gezocht in de andere wijze van opslaan en afdekken die van invloed is geweest op de uitloging Uit analyses van de zink- en cadmiumgehalten van zinkassen in enkele wegen blijkt verder dat de assen in één wegdeel zeer heterogeen van samenstelling zijn (4, tabel 5.3a en 5.3b)

**Tabel 5.3a** Spreiding in de cadmiumgehalten in assen van een weg (4)

| Locatie               | aantal waarnemingen | gemiddeld gehalte<br>mg/kg d s | standaard afwijking (s) | variatie coefficient<br>% |
|-----------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Raadbroekweg A        | 5                   | 9                              | 4                       | 50                        |
| Raadbroekweg B        | 5                   | 15                             | 4                       | 26                        |
| Rect van Nesterstraat | 5                   | 47                             | 12                      | 26                        |
| Ant Stevenslaan       | 5                   | 33                             | 9                       | 26                        |

**Tabel 5 3b** Spreiding in de zinkgehalten in assen van een weg (4)

| Locatie               | aantal waar-<br>nemingen | gemiddeld | standaard     | variatie    |
|-----------------------|--------------------------|-----------|---------------|-------------|
|                       |                          | gehalte   | afwijking (s) | coefficient |
|                       |                          | g/kg d s  |               | %           |
| Raadbroekweg A        | 5                        | 31,6      | 17,9          | 58          |
| Raadbroekweg B        | 5                        | 24,6      | 12,4          | 50          |
| Rect van Nesterstraat | 5                        | 26,3      | 11,0          | 42          |
| Ant Stevenslaan       | 5                        | 27,7      | 13,8          | 50          |
| Borkelsedijk          | 5                        | 7,0       | 15,0          | 215         |

### Beïnvloeding van het milieu

De in de assen aanwezige zware metalen kunnen op verschillende manieren in het milieu terecht komen en daar een bedreiging voor mens, dier en plant vormen

- door uitloging en afspoeling komen de zware metalen via regenwater in de bodem en het grondwater terecht,
- door uitloging en afspoeling komen de zware metalen in het oppervlaktewater en de waterbodem terecht,
- door verstuiwing worden kleine metaalhoudende deeltjes verder over het gebied verspreid, en
- door wegwerkzaamheden komen restanten van het wegmateriaal in de directe omgeving in de bodem terecht

Ook de zinkassen die in het Belgische gedeelte van de Kempen zijn toegepast of gestort kunnen via verstuiwing (overwegend zuidwestelijke wind) en transport van uitgeloopte stoffen via grondwater en oppervlaktewater hun invloed in het Nederlandse gedeelte doen gelden. Er zijn vele studies uitgevoerd naar de invloed van assenwegen op de omringende bodem en het grondwater (3, 4, 7, 8 en 9). Hierna worden de bevindingen van deze studies beschreven.

### Effecten voor de bodem

De onderzoeken naar de samenstelling van de bodem zijn vooral gericht geweest op open assenwegen. Maar er zijn ook metingen verricht nabij begraven of voormalige assenwegen en nabij assenerven.

Het onderzoek van Endedijk en Klein Ikkink (9) liet zien dat bij open assenwegen verhoogde gehalten van zware metalen in de bodem waarneembaar zijn tot op een afstand van de weg van 1,5 tot 4 meter (gemiddeld 445 mg/kg d s voor zink en 0,96 mg/kg d s (zeer geringe verhoging) voor cadmium). In het onderzoek van Haskoning (8) bleek de verspreiding van metalen in de bovengrond op 6 meter van twee onderzochte openliggende assenwegen gering te zijn (tabel 5 4). Door de Provinciale Directie Landbouw en Voedselvoorziening (Tilburg) werd in de bodem een verhoogd

zinkgehalte aangetoond tot op 50 meter afstand van de weg (6) Het cadmiumgehalte in de bodem bleek ook nabij de assenweg (1,5 meter) slechts zeer weinig verhoogd te zijn (0,72 mg/kg) Omwonenden van open assenwegen geven aan dat in een strook van 1,5 tot 2 meter vanaf de weg vaak sprake is van een afname in de opbrengst van gewassen (6) In hoeverre dat het gevolg is van de aanwezigheid van zinkassen in de weg is niet duidelijk

Ook bij begraven assenwegen zijn door Haskoning onderzoeken verricht op twee locaties Op 6 meter van de weg bleken de zink- en cadmiumgehalten in de bodem sterk verhoogd te zijn (tabel 5 4) Ook is op twee plaatsen nabij voormalige assenwegen, waar nog wel sporen van de eens aanwezige weg te vinden waren, door Haskoning (8) de bodem onderzocht Op 6 meter afstand van de voormalige weg werden geen verhoogde Cd- en Zn-gehalten in de bodem aangetroffen Haskoning (8) toonde verder aan dat bij erven met zinkassenverharding de gehalten in de bodem op 6 meter afstand enigszins verhoogd waren (tabel 5 4)

**Tabel 5 4** Analyseresultaten van oppervlakkige (= in bovenste meter) bodemonsters (mg/kg) en grondwater ( $\mu\text{g/l}$ ) op 6 en 30 meter afstand van weg(mudden) (8)

| Type                  | Cadmium    |      |            |      | Zink       |      |            |      |
|-----------------------|------------|------|------------|------|------------|------|------------|------|
|                       | bodem      |      | grondwater |      | bodem      |      | grondwater |      |
|                       | 6m         | 30 m | 6m         | 30 m | 6m         | 30 m | 6m         | 30 m |
| open assenweg 1       | 0,2        | 0,2  | 0,1        | 0,1  | 23         | 11,0 | 160        | 20   |
| open assenweg 2       | 0,4        | 3,1  | 57         | 1,4  | 64         | 280  | 13000      | 270  |
| begraven assenweg 1   | 17,0       | 1,0  | 11,0       | 6,5  | 3700       | 130  | 18000      | 980  |
| begraven assenweg 2   | 8,6        | 2,1  | 61         | 1,8  | 3100       | 270  | 31000      | 590  |
| voormalige assenweg 1 | 0,3        | 0,6  | 0,2        | 0,1  | 91         | 63   | 120        | 50   |
| voormalige assenweg 2 | 0,7        | 0,1  | 3,6        | 2,8  | 130        | 11   | 2900       | 3300 |
| assenerf 1            | 0,73       | -    | 10,0       | 0,6  | 530        | -    | 61000      | 450  |
| assenerf 2            | 1,1        | 1,2  | 2,4        | 0,6  | 130        | 130  | 410        | 120  |
| streefwaarde          | 0,4 - 0,8* |      | 0,4        |      | 50 - 140*  |      | 65         |      |
| interventiewaarde     | 7 - 12*    |      | 6          |      | 300 - 720* |      | 800        |      |

\* afhankelijk van het percentage organische stof en lutum in de bodem

De verrichte onderzoeken zijn niet uitputtend geweest in het aantal assentoeepassingen waarbij de bodem en het grondwater zijn bemonsterd Bovendien zijn in enkele gevallen de gehalten in de bodem op grotere afstand soms hoger dan op geringere afstand Desondanks zijn er wel enkele algemene conclusies te trekken Het blijkt dat de cadmiumgehalten in de omliggende bouwvoor over het algemeen slechts een zeer geringe verhoging laten zien ten opzichte van de diffuus verontreinigde bodem in de Kempen (zie hoofdstuk 3) en de streefwaarde Er zijn echter uitzonderingen, waar de gehalten op 6 meter afstand boven de interventiewaarde uitkomen Voor zink geldt min of meer hetzelfde Conclusies over het verschil tussen de typen assenvoorkomens kunnen op basis van de beperkt aantal onderzochte wegen en erven niet worden getrokken

Met betrekking tot de verontreiniging onder de assenlaag wordt bij 23% in een onderzoek naar 51 monsters in de eerste 30 cm onder de assenlaag een Cd-gehalte hoger dan 2,5 mg/kg d s aangetroffen (10) In de laag van 90 tot 120 cm onder de assenlaag is dit overschrijdingspercentage gedaald tot 6%

### Effecten voor het grondwater

Uit tabel 5.4 komt naar voren dat in het grondwater sterk verhoogde concentraties, tot enkele malen de interventiewaarden, van cadmium en zink worden aangetroffen. Door TAUW is op drie locaties waar assen zijn toegepast, in Budel, Valkenswaard en Tungalroy, een uitgebreid onderzoek verricht naar de grondwatersamenstelling (3). Gebleken is dat de horizontale verspreiding van cadmium en zink in de verontreinigingspluim in het watervoerende pakket honderden meters kan bedragen<sup>1</sup>. Daarbij wordt regelmatig de drinkwaternorm voor cadmium van 5 µg/l overschreden (in 33% van de waarnemingen in de pluimen). Voor zink is dat nog vaker het geval (drinkwaternorm is 100 µg/l). In de pluim komen ook de mobiele metalen nikkel en cobalt voor. Dergelijke pluimen hoeven natuurlijk niet representatief te zijn voor de overige assenvoorkomens in de Kempen, maar verwacht kan worden dat op meer locaties een grote verontreinigingspluim aanwezig is.

Een schatting van de uit verse assen uitloogbare hoeveelheden zware metalen is niet gemaakt, omdat van geen enkel assenmonster in het Kempengebied het oorspronkelijk cadmiumgehalte (en andere metaalgehalten) bekend is. Uit balansberekeningen aan assenwegen en verontreinigingspluimen is een zeer wisselend resultaat van het uitloogpercentage van 17 tot 80% voor cadmium bepaald (3). Uit algemeen onderzoek naar de uitloging van allerlei verschillende verse slakken (vergelijkbaar met de oorspronkelijke zinkassen) wordt een uitloging van 20 tot 50% geschat (12). Uit uitloogexperimenten aan assen uit assenwegen en -erven blijkt dat in totaal slechts enkele procenten van het cadmium en zink uitloogt (4). Hierbij is echter sprake van assen die al geruime tijd aan uitloging onderhevig zijn geweest, zodat deze resultaten alleen iets zeggen over de resterende uitloogbaarheid.

Het is niet mogelijk gebleken om op grond van de uitloogbaarheid van zinkassen vooraf de beïnvloeding van het grondwater door wegen, erven en andere zinkassen-

---

<sup>1</sup> Hierbij dient opgemerkt te worden dat de ligging van de pluimen gebaseerd is op slechts enkele waarnemingen en dat de grondwatermonsters zijn onttrokken met behulp van peilbuizen. Van deze peilmethode is vastgesteld dat de analyseresultaten met enige voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd, aangezien de resultaten beïnvloed kunnen zijn door onzorgvuldig toepassen van de methode (11).

voorkomens te voorspellen (4) De hoeveelheid assen (dikte en breedte assenpakket en verhouding assen/grond), de mate van doorspoeling (wel of geen afdekking met een waterdichte laag) en stabilisatie van het assenmateriaal zijn veel belangrijker dan de samenstelling en uitloogbaarheid, voor de uiteindelijke uitloging (4) Ook de zuurgraad van het infiltrerende water is van groot belang voor de uitspoeling Met behulp van reeds uitgevoerde inventarisaties van het voorkomen van zinkassenwegen in de Kempen zou op basis van deze belangrijke parameters een globaal beeld van de grondwaterverontreiniging door zinkassenwegen kunnen worden verkregen Een dergelijke generalisatie van de genoemde case studies naar andere voorkomens van zinkassen en grondwater is, voorzover de commissie bekend, niet uitgevoerd In haar advies over het grondwater (hoofdstuk 4) gaat de commissie in op het belang hiervan voor de bepaling hoe met de verontreiniging in de Kempen moet worden omgegaan

#### **Risico's voor volksgezondheid en milieu**

##### *Blootstelling van de mens*

De mens kan direct en indirect worden blootgesteld aan de zware metalen in de zinkassen Direct contact door het innemen van assendeeltjes (hand-mond gedrag) komt voornamelijk voor bij kinderen die spelen op erven waar zinkassen aan het oppervlak liggen (6) Via de lucht kunnen verwaaide fijne asdeeltjes en stofdeeltjes van voornamelijk openliggende assenvoorkomens tot opname van zware metalen door de mens leiden Verwacht wordt dat dit een zeer geringe bijdrage levert aan de totale cadmiumopname (6) Een andere blootstellingsroute gaat via het voedsel Planten nemen zware metalen op via bodemvocht en verwaaide asdeeltjes Op de blootstelling via gewassen is uitvoerig ingegaan in het deel-advies over particuliere tuinen (hoofdstuk 3) Hoewel de schatting van de blootstelling met veel onzekerheden gepaard gaat kan in het algemeen worden gesteld dat reeds bij cadmiumgehalten in de bodem die enigszins hoger zijn dan de streefwaarde, de toelaatbare dagelijkse inname voor de mens kan worden overschreden De gehalten in de zone tot 1,5 meter van de weg, maar ook wel verder, overschrijden regelmatig de LAC-signaalwaarden voor zowel consumptiegewassen (0,5 mg/kg d s ) als grasland (2 mg/kg d s )

In het geval dat grondwater in de nabijheid van een assentoepassing opgepompt wordt voor particuliere drinkwaterconsumptie kan dit tot verhoogde opname van zware metalen door de mens leiden Deze contactmogelijkheid wordt in de Kempen



echter niet waarschijnlijk geacht, omdat volgens Haskoning, 1987 (1) iedereen van de openbare drinkwatervoorziening gebruik maakt. Als de verontreinigingen eenmaal het diepere grondwater hebben bereikt kunnen zij een openbare drinkwatervoorziening in gevaar brengen. Hoe groot de kans hierop is en wat de invloed van assen op de samenstelling van het diepere grondwater is, is (nog) niet bekend. In het deeladvies van de commissie over het grondwater in de Kempen (hoofdstuk 4) wordt hier nader op ingegaan.

Het grondwater wordt in landbouwgebieden in de Kempen wel opgepompt ten behoeve van beregening van gewas. In hoeverre dit bij gewasconsumptie leidt tot verhoogde inname van zware metalen door de mens is niet bekend.

De totale inname van cadmium door de mens ten gevolge van een openliggende assenweg, assenerf of assendepot in het Kempengebied is in Haskoning, 1987 (1), geschat en hier weergegeven in tabel 5.5. De toelaatbare dagelijkse inname (TDI) voor cadmium bedraagt  $0,001 \text{ mg kg}^{-1} \text{ dag}^{-1}$ . Dat komt overeen met een inname van  $490 \mu\text{g}$  per week voor een persoon van  $70 \text{ kg}$ . De extra inname door de zinkassen blijft daar net onder, maar in totaal zou dus overschrijding van de TDI kunnen plaatshebben. Temeer omdat de extra inname op sommige locaties hoger zal zijn.

**Tabel 5.5** Verwachte wekelijkse extra cadmiuminname door contact met zinkassen in relatie tot de totale inname ( $\mu\text{g}/\text{week}$ ) (1). De toelaatbare dagelijkse inname (TDI) bedraagt  $490 \mu\text{g}$  per week.

|                    | achtergrond-<br>inname | extra<br>inname | totale<br>inname | % van totale<br>wekelijkse inname |
|--------------------|------------------------|-----------------|------------------|-----------------------------------|
| via de lucht       | 1,4                    | 12,6            | 14               | 2,4                               |
| via direct contact | 0                      | 18,0            | 18               | 3,1                               |
| via voedsel        | 168                    | 228             | 396              | 69,0                              |
| via water          | 7,0                    | 140             | 147              | 25,5                              |
| Totaal             | 176                    | 398             | 575              | 100                               |

#### *Effecten op de (bodem)fauna*

Er is in algemene zin veel bekend over de effecten van zware metalen op bodemdieren. Voor de Kempen geldt dat er relatief weinig soorten bodemdieren en per soort lage aantallen voorkomen, indien de metaalgehalten in de bodem hoog zijn (13). Er zijn aanwijzingen dat ten gevolge van de metaalbelasting van bodemdieren het organisch materiaal in de strooisellaag minder wordt afgebroken, waardoor het Kempengebied gekenmerkt wordt door een relatief dikkere strooisellaag met een afwijkende structuur (13). Bedacht moet worden dat in de Kempen grote verschillen op lokale en regionale schaal bestaan. De onderzoeken naar (bodem)fauna zijn niet ge-

richt geweest op de situatie nabij assenvoorkomens. Daardoor kan alleen maar op grond van de algemeen waargenomen effecten gesteld worden dat de effecten op (bodem)fauna in de directe omgeving van assenwegen, -erven en -depots mogelijk groter zijn door de daar erugszins hogere gehalten in de bodem (1 en 8)

#### *Effecten op de vegetatie*

De grasvegetatie in de bermten van assenwegen blijkt in de tijd te zijn veranderd en te worden gedomineerd door enkele soorten, zoals het gewone struisgras (14). Dit is een effect van de hoge gehalten aan zware metalen, waardoor planten gaan domineren die een tolerantie voor zware metalen hebben ontwikkeld. Uit de onderzoeken van Endedijk & Klein Ikkink (9) en Dueck (14) bleek dat het totaal aantal plantensoorten aangetroffen in bermten langs assenwegen grofweg anderhalf tot tweemaal minder was dan in bermten langs zandwegen. Ook waren de concentraties aan zware metalen in gras in bermten langs assenwegen veel hoger dan die in bermten bij zandwegen. Dit gras zal dan ook, zoals gebruikelijk bij bermmaaisel, als afvalstof moeten worden beschouwd en niet direct kunnen worden toegepast als bodemverbeteraar of veevoer. Of het bermmaaisel van assenwegen als Wca-afval gekenmerkt moet worden, is niet bekend.

Er is een verminderde vitaliteit waargenomen bij vele bomen die langs assenwegen zijn geplant en waarvan de wortels tot in het waarschijnlijk verontreinigde grondwater reiken (1). Tevens zijn er klachten bekend van de bevolking over schade aan geteelde gewassen, in de nabijheid van assenwegen (1). Of dit het gevolg is van de aanwezigheid van zinkassen in de wegen is niet nader onderzocht. Ook enkele gemeenten hebben te maken gehad met slecht groeiende heggen en bomenrijen direct langs assenwegen en de gemeenten Someren en Eersel hebben aangegeven voortdurend problemen te hebben gehad met aanplant van jonge bomen.

#### **Conclusie uit verricht onderzoek naar effecten**

Assenwegen leiden tot verhoogde gehalten, van voornamelijk zink, in de omringende bodem. Tot waar deze invloed zich precies uitstrekt is niet geheel duidelijk en zal per weg verschillen. Dit hangt af van verschillende factoren, zoals

- gehalten in de assen,
- de mate waarin het materiaal uiteenvalt,
- de verkeersintensiteit van de weg,
- de aan- of afwezigheid van een afdeklaag, en
- de mate van begroeiing van de bermen

Op grond van de bevindingen van reeds verricht onderzoek kan verondersteld worden dat tenminste in een zone tot 1,5 meter van de weg de beïnvloeding merkbaar zal zijn. Dit komt overeen met de waarneming van omwonenden dat in deze zone de gewassen minder groeien, alhoewel niet duidelijk is of dit het gevolg is van de aanwezigheid van zinkassen in de weg. Bij consumptie van voornamelijk bladgroenten uit de strook langs assenwegen kan de maximaal toegestane inname door de mens overschreden worden.

De grondwaterbelasting nabij zinkassenwegen en -erven is over het algemeen relatief hoog in vergelijking tot de diffuse belasting van grondwater. De zinkassen verschillen lokaal sterk van samenstelling en uitloogbaarheid. Een enkele uitloogproef geeft daarom geen representatief beeld van de uitloging voor de gehele toepassing. Bovendien is het moeilijk om met een beperkt aantal uitloogproeven onderscheid te maken in wegen en erven die van elkaar verschillen in de mate van beïnvloeding van het grondwater. De hoeveelheid assen en het contact met infiltrerend regenwater kunnen wel als onderscheidende factoren worden beschouwd. Deze informatie kan ondermeer door toepassing van geofysische meetmethoden, waarmee het mogelijk is assen van bodem te onderscheiden (15), en visuele waarnemingen verkregen worden. Er zijn aanwijzingen dat bij sommige zinkassenvoorkomens de meest sterke uitloging al voorbij is, maar indien dit het geval is, zullen er sterke verschillen bestaan in al opgetreden uitloging. Wel kan het grondwater nabij assenvoorkomens, vermoedelijk tot op een afstand van enkele honderden meters en een diepte van enkele tientallen meters in het eerste watervoerende pakket, problemen geven voor consumptie, drenking van vee en berekening van gewas.

### 5.3 MOGELIJKHEDEN VOOR DE AANPAK

In de deeladviezen over het grondwater (hoofdstuk 4) en het landelijk gebied (hoofdstuk 6) wordt besproken hoe kan worden omgegaan met de diffuse verontreiniging in de Kempen als geheel. Met name voor het grondwater vormen de zinkassen een potentiële bedreiging op de lange termijn indien de hoeveelheid uitlogbare metalen die nog in de zinkassen aanwezig is, hoog is. In het deeladvies over het grondwater wordt aanbevolen om scenariostudies te verrichten naar de kwaliteitsontwikkeling van het grondwater en de verspreiding van verontreinigd grondwater. Uit deze studie kan blijken in hoeverre een voortvarende aanpak van zinkassen gewenst is vanuit het oogpunt van grondwaterbescherming en het voorkomen van verdere verspreiding van de verontreiniging in het grondwater. De zinkassen kunnen echter ook meer lokale problemen geven. Besluitvorming over de aanpak van deze lokale zinkassentoepassingen is gezien de verscheidenheid van verontreinigingssituaties niet eenvoudig.

- Op sommige locaties kunnen zinkassen een bron zijn van lokale bodem- en grondwaterverontreiniging. Er bestaat geen systematisch overzicht van dergelijke locaties. De verontreiniging en de daarmee samenhangende gebruiksbeperkingen van de bodem zijn bovendien in het algemeen niet eenvoudig te voorspellen. Bodemonderzoek en uitvoerig onderzoek naar de samenstelling en de uitloogbaarheid van zinkassen kan daarvoor noodzakelijk zijn.
- Op andere locaties worden in het kader van het uitvoeren van infrastructurele werken zinkassen ontsloten en rijst de vraag of de zinkassen moeten worden verwijderd of nuttig kunnen worden toegepast. De prioriteit van de aanpak is hier niet direct gebaseerd op milieuargumenten maar vooral op overwegingen van ruimtelijke planning. Omdat het hier vaak om grootschalige toepassingen gaat, waarbij maatregelen hoge kosten met zich meebrengen, ligt het in de rede om deze situaties nader te onderzoeken.
- Op kleinere schaal kunnen zich problemen voordoen indien in het kader van de herinrichting van een tuin de als erfverharding aanwezige zinkassen worden verwijderd. Hier komt de vraag aan de orde of ook bij kleine hoeveelheden zinkassen onderzoek naar de uitloging plaats dient te vinden en of daarvoor de zelfde procedures moeten worden gevolgd als bij grote partijen uit infrastructurele werken.

De beschreven situaties maken duidelijk dat er op verschillende schaalniveaus verschillende benaderingen van zinkassenproblemen in de rede liggen. Differentiatie in

de aanpak is ook om andere redenen gewenst. In de Kempen komen gebieden voor die als kwetsbaar kunnen worden aangemerkt voor verontreiniging door zinkassen, zoals grondwaterbeschermingsgebieden en gebieden met oppervlaktewater met een hoge natuur- of recreatieve waarde. Voor deze gebieden is vaak een bijzonder beschermingsniveau van toepassing, hetgeen neerkomt op een lagere risicoacceptatie ten aanzien van bronnen van verontreiniging.

Besluitvorming over individuele toepassingen van zinkassen zou dus het best situatiespecifiek kunnen plaatsvinden, gedifferentieerd naar omvang van de zinkassen-toepassing en aard van het gebied. Om tot een rationele beleidsbenadering te komen die voor de verschillende zinkassenproblemen oplossingen kan genereren, is het ook noodzakelijk om de beleidsuitgangspunten aan te geven die op de zinkassen van toepassing zijn. Ten eerste zou men toepassingen van zinkassen kunnen beschouwen als (ernstig) verontreinigde bodems die, binnen het kader van een IBC-benadering<sup>2</sup> voor de Kempen als geheel, op grond van risico's voor volksgezondheid of milieu verwijderd, geïsoleerd of geïmmobiliseerd zouden moeten worden. Zinkassen worden dan alleen verwijderd of anderszins aangepakt indien zij onacceptabele risico's met zich mee brengen voor volksgezondheid of milieu. Ten tweede zou men zinkassen kunnen beschouwen als afvalstof die destijds ten onrechte als "bouwstof" is toegepast. Redenerend vanuit dit uitgangspunt zouden in principe alle zinkassen weer uit de bodem moeten worden verwijderd (teruggenomen). Dit is uiteraard op de korte termijn niet mogelijk. Er zullen dus naast dit uitgangspunt prioriteiten moeten worden gesteld, waarin risico's voor volksgezondheid en milieu een rol kunnen spelen.

De keuze tussen deze twee beleidsuitgangspunten heeft verschillende gevolgen voor de aanpak van de zinkassen. Wordt voor het eerste uitgangspunt gekozen dan hoeven waarschijnlijk minder zinkassen te worden aangepakt hetgeen minder kosten met zich meebrengt. Maar er is dan wel meer onderzoek nodig om de risico's van een zinkassentoepassing vast te stellen. Op grond van het reeds uitgevoerde onderzoek is immers gebleken dat generalisaties niet mogelijk zijn. Het tweede uitgangspunt verdient de voorkeur omdat het dan mogelijk is om een generiek beleid te voeren en in een aantal situaties af te zien van verder onderzoek naar de zinkassen. Omdat ook bij het verwijderen van zinkassen die geen onacceptabele toxicologische risico's met zich meebrengen, kan worden gesproken van een verbetering van de bodemkwaliteit valt een beleidskeuze die leidt tot minder onderzoek en meer verwijdering milieuhygiënisch zeker te motiveren.

---

<sup>2</sup> Isoleren, Beheersen en Controleren

Het zal echter niet mogelijk zijn op korte termijn alle in het gebied voorkomende zinkassen te verwijderen en/of te verwerken. Een systematische prioriteitsstelling is dus noodzakelijk. Het ligt voor de hand om de prioriteitsstelling te baseren op de risico's die de zinkassen met zich meebrengen. Dit risico wordt enerzijds bepaald door de emissies (uitloging) en de hoeveelheid uitloogbare metalen die nog in de zinkas aanwezig zijn, en anderzijds door de "kwetsbaarheid" van het milieu ter plaatse van de toepassing. Uit onderzoek is gebleken dat emissies en uitloogbaarheid van zinkassen niet zijn vast te stellen zonder uitgebreid onderzoek ter plaatse. Er kan echter wel onderscheid gemaakt worden in categorieën van assentoepassingen.

De commissie beschrijft hieronder een globale opzet waarbij prioriteiten worden gebaseerd op toepassingscategorieën. Tevens stelt zij per categorie een aantal maatregelen voor, in samenhang met de kwetsbaarheid van de omgeving en het al dan niet van toepassing zijn van een lagere risicoacceptatie (bijzondere beschermingsniveaus). Zij hoopt met deze opzet een bijdrage te leveren aan een systematische benadering van de zinkassen die geen extreem hoge onderzoekskosten met zich meebrengt. De opzet zal wellicht nog verfijnd moeten worden door de betrokken overheden alvorens in de praktijk te worden toegepast. Bovendien zal het tempo waarin de maatregelen in prioritaire situaties getroffen moeten worden mede kunnen afhangen van de resultaten van de scenariostudies over de kwaliteitsontwikkeling van het grondwater die de commissie in haar advies over het grondwater heeft voorgesteld.

In de opzet van de commissie worden analoog aan Haskoning (1) drie typen assentoepassingen onderscheiden:

- 1 Openliggende assenwegen en -erven
- 2 Afgedekte of reeds behandelde assenwegen en -erven
- 3 Voormalige assentoepassingen

Prioriteitsstelling vindt plaats op basis van de kwetsbaarheid van het milieu en heeft een zekere relatie met verschillende sanerings- en beheersmaatregelen die mogelijk zijn. Voor zinkassendepots in het gebied wordt verwezen naar het beleid ten aanzien van oude stortplaatsen.

## **1 Openliggende assenwegen en -erven**

De kans op verwaaiing, afspoeling, direct contact en uitspoeling naar het grondwater is bij de nog aanwezige en niet-behandelde openliggende assenwegen en -erven het grootst. Deze categorie verdient daarom de eerste aandacht. Een voordeel van de openliggende assenwegen en -erven is dat de aanwezigheid van assen eenvoudig en visueel is vast te stellen. Het risico van dit type assentoepassingen kan op drie wijzen worden beperkt: door het wegnemen of isoleren van de verontreinigingsbron of door het vastleggen van de zware metalen.

### ***1a Grondwaterbeschermingsgebieden en gebieden met kwetsbaar oppervlaktewater***

Het grondwater in de Kempen is al op grote schaal door uitloging vanuit de diffuus verontreinigde bodem en de zinkassen verontreinigd (hoofdstuk 4). Verdere beïnvloeding dient vooral in grondwaterbeschermingsgebieden en in gebieden met kwetsbare oppervlaktewateren met een grote natuur- of recreatieve waarde voorkomen te worden. Daarom raadt de commissie aan prioriteit te geven aan openliggende zinkassenwegen en -erven in deze gebieden. Saneren kan het beste plaatsvinden door ontgraving van de weg of het erf en de bermen. Afdekken of immobiliseren van de zinkassen waardoor de uitloging van de zinkassen vermindert is eveneens te overwegen als dat snel en zonder hoge kosten kan worden uitgevoerd. Nazorg blijft dan echter noodzakelijk. Bovendien wordt in mindere mate dan bij ontgraving aangesloten bij de lagere risicoacceptatie in gebieden waar een bijzonder beschermingsniveau van toepassing is. Verwijdering van de zinkassen verdient dus de voorkeur.

Bij drinkwaterwinnings in het gebied kan de noodzaak tot het treffen van beheersmaatregelen, zoals het plaatsen van scherpputten, worden onderzocht. Hoewel particuliere drinkwaterwinnings hoogstwaarschijnlijk niet voorkomen (zie paragraaf 5.2) dient dit in de nabijheid van zinkassenvoorkomens expliciet afgeraden te worden. Ook ander gevoelig gebruik (gewasteelt, beweiding) zou zoveel mogelijk beperkt moeten worden.

### ***1b Overige gebieden***

Bij de openliggende voorkomens die niet in grondwaterbeschermingsgebieden of gebieden met kwetsbaar oppervlaktewater liggen zou bij sanering wellicht kunnen worden volstaan met isolatie (afdekken) of immobilisatie (16), waardoor contactmogelijkheden en verwaaiing worden beperkt. Ook uitspoeling naar het grondwater

wordt hierdoor in sterke mate beperkt. Voor kleinere toepassingen kan verwijdering echter in bepaalde situaties voordeliger zijn, bijvoorbeeld bij het uitvoeren van infrastructuurwerken. Qua prioriteit kan vanwege blootstellingsrisico's eerst de aandacht uitgaan naar die locaties waar de wegen zijn gelegen in een woongebied of waar particuliere tuinen en volkstuincomplexen in de nabijheid liggen. Om het landgebruik in de omgeving van openliggende assenerven te kunnen vaststellen is een volledige inventarisatie van deze erven van belang. Het deeladvies over de particuliere tuinen (hoofdstuk 3) geeft aanbevelingen voor de aanpak van tuinen.

## **2 Afgedekte of reeds behandelde assenwegen en -erven**

Een groot deel van de geïnventariseerde assenwegen valt in de categorie 'begraven' (zie paragraaf 5.1). Op een later tijdstip zullen ook deze afgedekte assenwegen en -erven in beschouwing moeten worden genomen. Hoogstwaarschijnlijk zijn niet alle assenwegen en -erven die in deze categorie vallen bekend, met name omdat deze toepassingen niet meer visueel als zinkassen voorkomen herkenbaar zijn. Direct contact met de assen is alleen bij graafwerkzaamheden mogelijk. Verwaaiing is door afdekking van de assen beperkt. Bij reeds behandelde assentoepassingen zijn de contact- en verspreidingsmogelijkheden vergelijkbaar en deze toepassingen worden daarom in dit voorstel van aanpak in dezelfde categorie ondergebracht.

Omdat bij afgedekte en reeds behandelde wegen en erven in het verleden de omliggende bodem en het grondwater verontreinigd zijn, zou net als bij de openliggende assentoepassingen drinkwaterwinning door particulieren afgeraden moeten worden en gebruiksbepaling moeten gelden in de onmiddellijke nabijheid van de weg (of assenerf).

### ***2a Grondwaterbeschermingsgebieden en gebieden met kwetsbaar oppervlaktewater***

Toepassingen die zijn gelegen in grondwaterbeschermingsgebieden en daarmee wat beschermingsniveau betreft vergelijkbare gebieden zouden met het oog op verdere uitspoeling bij voorkeur zoveel mogelijk verwijderd moeten worden. Maatregelen kunnen echter een lagere prioriteit krijgen dan bij open zinkastoepassingen, omdat mag worden verwacht dat de uitloging door de afdekking of de behandeling geringer is dan bij open toepassingen.



## *2 b Overige gebieden*

Om in andere gebieden het belang van het wegnemen of immobiliseren van afgedekte of reeds behandelde assenwegen of -erven aan te kunnen geven zou onderzoek moeten worden uitgevoerd naar uitloogbaarheid van assen, de afmetingen van de weg of het erf en de mate van contact met water. Naarmate de betreffende toepassing van zinkassen groter is, nemen de kosten van saneringsmaatregelen toe. Met name bij grotere toepassing valt onderzoek zeker te rechtvaardigen. Bij kleine toepassingen lijkt verder onderzoek weinig doelmatig.

### *Grootschalige toepassingen*

Onderzoek naar de milieueffecten van zinkassentoepassingen verdient voornamelijk prioriteit bij locaties waar grote hoeveelheden zinkassen op de bodem zijn gebracht. Deze grootschalige toepassingen kunnen dan getoetst worden aan de immissiewaarden uit het Bouwstoffenbesluit, waarna de daaruit voortvloeiende extra isolatiemaatregelen getroffen moeten worden. Op deze wijze kan sanering samengaan met een verantwoorde in situ nuttige toepassing van de afvalstoffen als weg of erfverharding.

Waar de grens tussen groot- en kleinschalige toepassingen moet worden gelegd, kan nog nader worden bezien. Een mogelijkheid is om aan te sluiten bij de hoeveelheidsgrens voor categorie-2 bouwstoffen (10 000 ton en bij funderingslagen van wegen 1000 ton), hoewel het hier gaat om een minimale hoeveelheid met het oog op handhaafbaarheid van het Bouwstoffenbesluit en niet om een milieuhygiënische afweging.

### *Kleinschalige toepassingen*

Voor kleinere hoeveelheden afgedekte of reeds behandelde zinkassen in wegen en erfverhardingen is het minder doelmatig een reken- en meetprocedure voor te schrijven conform het Bouwstoffenbesluit. De commissie adviseert deze toepassingen niet af te graven of te immobiliseren, maar wel beperkingen te stellen aan het gebruik van de omliggende bodem en het grondwater. In die gevallen waar bij werkzaamheden de zinkassen eenvoudig kunnen worden verwijderd zal dit gestimuleerd moeten worden door faciliteiten voor inzameling beschikbaar te stellen.

### 3 Voormalige assentoeepassingen

Bij voormalige assenwegen en -erven kan veelal niet met zekerheid worden gesteld dat die assen zijn verwijderd. Een deel van de zinkassen zal nog in de bodem aanwezig zijn (zie paragraaf 5.1) en zich hebben vermengd met het bodemmateriaal. Een volledige inventarisatie van alle locaties waar in het verleden assenwegen of -erven aanwezig waren is waarschijnlijk niet mogelijk. De wel geïnventariseerde gevallen kunnen nader worden bestudeerd en eventueel aangepakt. Er kunnen zich bij voormalige assentoeepassingen drie situaties voordoen.

#### *3a Er zijn nog zinkassen aanwezig*

Met historisch onderzoek dient per geval bepaald te worden of de assen indertijd daadwerkelijk zijn verwijderd. Indien het historisch onderzoek aantoont dat de assen nog aanwezig zijn, en dit ter plaatse wordt geverifieerd, dan kan ontgraving of isolatie conform het Bouwstoffenbesluit worden overwogen, conform punt 2. In veel gevallen zullen de assen zodanig met de bodem vermengd zijn geraakt dat aanpassing aan de eisen van het Bouwstoffenbesluit geen mogelijkheden meer biedt. Voorkómen van verdere verspreiding via het grondwater blijft echter gewenst. Het rendement van de aanpak van dergelijke diffuse assenvoorkomens kan beter worden bepaald nadat de resultaten bekend zijn van het onderzoek naar de kwaliteitsontwikkeling van het grondwater zoals voorgesteld in het deeladvies over het grondwater (hoofdstuk 4). In ieder geval zullen voor de omgeving van voormalige zinkassentoeepassingen waar de assen nog aanwezig zijn gebruiksbeperkingen (grondwateronttrekking en eventueel gewasteelt en beweiding) moeten gelden.

#### *3b Er zijn geen assen meer aanwezig*

Indien uit het historisch onderzoek blijkt dat de assen indertijd zijn verwijderd, dan is er eventueel nog sprake van bodem- en grondwaterverontreiniging ten gevolge van de eens aanwezige assen. Dit kan alleen maar aangetoond worden door aanvullend onderzoek naar de samenstelling van de bodem en het grondwater. Het zal hier echter gaan om een verontreiniging binnen het gehele verontreinigingsgeval van de Kempen en dit zal volgens de commissie dan ook als zodanig behandeld moeten worden. Hetgeen wil zeggen dat oplossingen gezocht zullen worden in de sfeer van actief bodembeheer. Hiervoor wordt verwezen naar de overige deeladviezen en het overkoepelende advies. Aangezien het wel gaat om locaties waar waarschijnlijk sprake is van verhoogde concentraties van zware metalen in het grondwater en verhoogde

gehalten in de bodem kunnen ten aanzien van het gebruik van grondwater en bodem beperkingen worden gesteld (zie punt 3a)

### *3c Kennis over voormalige assentoeepassing is verloren gegaan*

Er zullen in de Kempen locaties bestaan waar in het verleden zinkassen zijn toegepast, maar die niet in de inventarisatiestudies naar voren zijn gekomen. Meer informatie zou eventueel kunnen komen van bewoners of mensen die betrokken zijn geweest bij de aanleg. Dergelijk onderzoek is niet eenvoudig en de aanwezige kennis gaat in de loop van de tijd steeds meer verloren. Een deel van de voormalige assentoeepassing zal dus onbekend blijven. Bij werkzaamheden in het gebied (wegenaanleg, verandering van het landgebruik, bodemonderzoek) kunnen deze gevallen echter aan het licht komen. Soms zullen de werkzaamheden ertoe leiden dat de nog aanwezige assen worden verwijderd. In andere gevallen zullen sanering en gebruiksbeperkingen overwogen moeten worden, zoals ook voor andere voormalige assentoeepassing wordt voorgesteld.

Tenslotte zullen er ook gevallen zijn van bodem- en grondwaterverontreiniging, veroorzaakt door zinkassen, waar de relatie met zinkassen niet meer is aan te tonen. In dat geval zal de verontreiniging beschouwd worden als onderdeel van het diffuse verontreinigingsbeeld in de Kempen. Hiervoor wordt verwezen naar de overige adviezen en het overkoepelend advies.

### **Verwerking van vrijkomende assen**

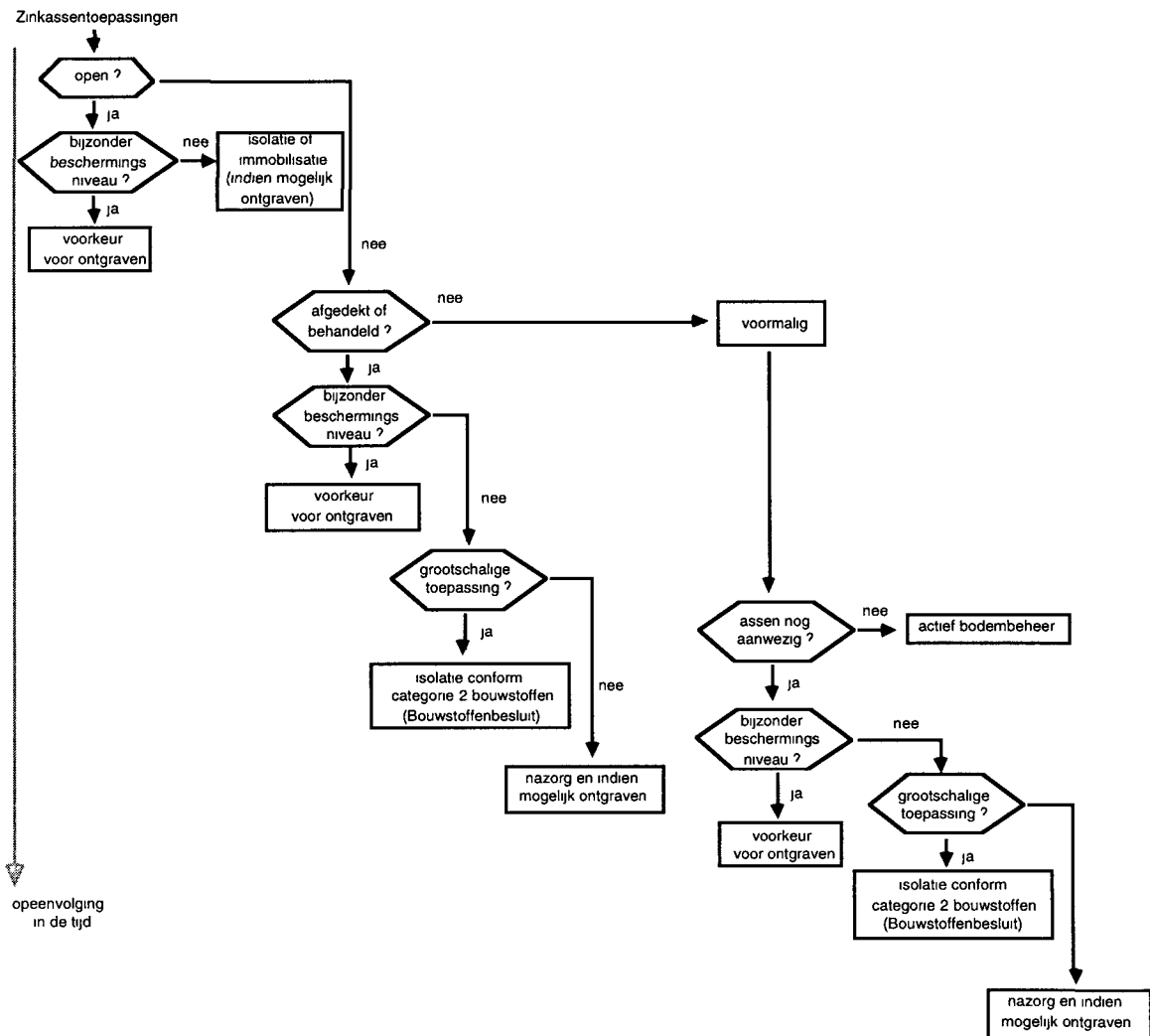
Bij sanering in de vorm van ontgraving zullen grote hoeveelheden zinkassen vrijkomen. Omdat er nog geen goede verwerkingsmogelijkheid is zullen deze assen tijdelijk of permanent moeten worden opgeslagen. Het ligt voor de hand dit op het Budelco-terrein te doen, dit met het oog op de reeds aanwezige grote hoeveelheden assen op het bedrijfsterrein en het aldaar bestaande grondwaterbeheersysteem. Hierdoor kan de opslagcapaciteit waarschijnlijk tevens snel ter beschikking komen, omdat er niet een geheel nieuwe inrichting hoeft te worden gecreeerd. Bovendien ligt dit terrein in het Kempengebied, zodat de transportafstanden relatief klein worden gehouden. Te allen tijde zal er zorg voor moeten worden gedragen dat er voldoende en toegankelijke faciliteiten beschikbaar zijn om kleine hoeveelheden zinkassen die vrijkomen bij werkzaamheden aan wegen en erven, en bij particulieren (centraal) in te zamelen. Om inzameling, transport en opslag (stort) op het Budelco-terrein te be-

werkstelligen is overleg en samenwerking tussen gemeenten, provincies en Budelco B V nodig

### Samenvattend

In het voorliggende advies van de commissie wordt voorgesteld eerst duidelijkheid te verkrijgen over de beleidsuitgangspunten die bij de aanpak van zinkassen van toepassing zijn. Indien aanpak slechts te motiveren valt op grond van aantoonbare actuele en onacceptabele risico's dan is in het algemeen veel onderzoek nodig om voor een zinkassentoepassing de risico's vast te stellen. Indien zinkassen echter beschouwd worden als ten onrechte als bouwstof toegepaste afvalstof, dan zouden in principe alle zinkassen uit de bodem verwijderd moeten worden. Omdat het nooit mogelijk zal zijn op korte termijn alle in het gebied voorkomende zinkassen te onderzoeken dan wel te verwijderen en/of te verwerken is een systematische prioriteitsstelling noodzakelijk. De commissie stelt voor om bij de prioriteitsstelling onderscheid te maken tussen openliggende, bedekte of reeds behandelde en voormalige zinkassentoepassingen en tussen grootschalige en kleinschalige voorkomens. Daarbij wordt aan zinkassentoepassingen in grondwaterbeschermingsgebieden en gebieden met kwetsbaar oppervlaktewater een hogere prioriteit en een voorkeur voor verwijdering van de assen toegekend. In figuur 5.2 is het voorstel in een schema gezet. Tabel 5.6 geeft de verschillende maatregelen per toepassingscategorie weer. Algemene maatregelen zoals gebruiksbependingen en gefaciliteerde inzameling van zinkassen zijn in de figuur en de tabel niet aangegeven.

De aanpak van de zinkassen in de Kempen maakt onderdeel uit van de aanpak van de gehele bodem- en grondwaterverontreiniging. In dit kader is het van groot belang dat er een goede registratie plaatsvindt en dat een bestand wordt opgebouwd van de zinkassenvoorkomens, zodat ingrepen in het gebied altijd afgewogen kunnen worden tegen de aanwezigheid van zinkassen. Voor het coördineren van deze opzet, en voor het creëren van een inzamelingssysteem en opslagfaciliteiten is samenwerking tussen de provincies en de gemeenten van cruciaal belang.



**Figuur 52** Schematische weergave van de aanbevelingen in het TCB-advies over de zinkassen. Algemeen geldende maatregelen zoals gebruiksbeperkingen en een inzamelingsstelsel voor zinkassen zijn niet aangegeven.

**Tabel 5 6** Schema waarin het voorstel van de commissie voor verschillende categorieën assenvoorkomens is weergegeven. De prioriteit van aanpak wordt bepaald door de aan- of afwezigheid van uitlogingsbeperkende voorzieningen en de ligging ten opzichte van gebieden met een bijzonder beschermingsniveau. Behalve de weergegeven acties is het stellen van gebruiksbeperkingen en het beschikbaar maken van inzamelingsfaciliteiten voor zinkassen in het algemeen van toepassing.

| Soort toepassing                 | Bijzonder beschermingsniveau | Overige gebieden                       |                                                      |
|----------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|------------------------------------------------------|
|                                  |                              | grootschalig                           | kleinschalig                                         |
| open                             | voorkeur voor verwijderen    | isoleren of immobiliseren              | isoleren of immobiliseren<br>zo mogelijk verwijderen |
| afgedekt/<br>behandeld           | voorkeur voor verwijderen    | isolatie volgens<br>Bouwstoffenbesluit | laten liggen<br>zo mogelijk verwijderen              |
| voormalig<br>assen nog aanwezig  | voorkeur voor verwijderen    | isolatie volgens<br>Bouwstoffenbesluit | laten liggen<br>zo mogelijk verwijderen              |
| voormalig<br>assen niet aanwezig | actief bodembeheer           | actief bodembeheer                     | actief bodembeheer                                   |

## 5 4 REFERENTIES

- 1 Haskoning, 1987 Rapportage van de aanvullende inventarisatie van assenwegen, -erven en -depots en van de overstromingsgebieden van een aantal door zware metalen verontreinigde waterlopen in Noord-Brabant en Limburg, Nijmegen
- 2 Haskoning, 1984 Bodemverontreiniging in de Kempen en een aangrenzend gedeelte van de provincie Limburg, Nader onderzoek fase I Inventarisatie, Nijmegen
- 3 TAUW Infra Consult B V , 1988 Effecten van assenwegen op de grondwaterkwaliteit in de Kempen, Rapportnummer 51584 08/RO-01, Deventer
- 4 TAUW Infra Consult b v , 1989 Saneringsonderzoek assenwegen in de Kempen (fase I), Rapportnummer 51463 52/RO-01, Deventer
- 5 TAUW Infra Consult b v , 1989 Saneringsmethoden voor assenwegen in de Kempen, Rapportnummer 3105962/RO-01, Deventer
- 6 Haskoning, 1985 De zware metaalverontreiniging in een gedeelte van Noord-Brabant en van Limburg, Nader onderzoek fase II Evaluatie van de onderzoeksresultaten, Nijmegen
- 7 TAUW Infra Consult b v , 1995 Geval 2 Cadmiumverontreiniging in West-Limburg, Deventer
- 8 Haskoning, 1985 De zware metaalverontreiniging in een gedeelte van Noord-Brabant en van Limburg, Nader onderzoek fase II Deelproject III, Effecten ten aanzien van assenwegen en -erven en een eerste inventarisatie hiervan, Nijmegen
- 9 Endedijk & Klein Ikkink, 1985 Oecotoxicologische effecten van assenwegen in de Brabantse Kempen Doctoraalverslag Plantenoecologie, VU, Amsterdam
- 10 TAUW Infra Consult b v , 1989 Zware metalen verontreinigingen in de Kempen, saneringsgebied fase 1A, Rapportnummer 51463 63, Deventer
- 11 Kunst, D J Ph en J J Olie, 1996 Gebruik peilbuismethode dubieus In Land + Water, nummer 1&2
- 12 RIVM LAE, 1984 Onderzoek naar de mobiliteit van metalen in toepassingen van bulk afvalstoffen, Bilthoven
- 13 Oost, K en J 't Hart, 1994 Effecten van zware metalen op flora en fauna in de Kempen, Verslag van het Veldsymposium van 20 mei 1994, Stichting Natuur en Milieu, Utrecht
- 14 Dueck, Th A , 1986 Impact of heavy metals and air pollutants on plants, Proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam
- 15 TAUW Infra Consult b v , 1990 Onderzoek naar de identifikatie van zinkassenwegen met behulp van geofysische technieken, Rapportnummer 3106683, Deventer

- 16 R&E Consult, 1991 Immobilisatie zinkassen met schuumbitumen (project Budel-2), Eindrapportage, Utrecht



# 6 LANDELIJK GEBIED

## INHOUD

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 6 1 MATE EN OMVANG VAN DE VERONTREINIGING  | 127 |
| 6 2 EFFECTEN                               | 135 |
| 6 3 TECHNISCHE INGREPEN                    | 147 |
| 6 4 OPLOSSINGEN VOOR HET LANDELIJK GEBIED? | 153 |
| 6 5 REFERENTIES                            | 161 |

Deze tekst is eerder gepubliceerd in  
Advies zware metaal verontreiniging in de Kempen landelijk gebied,  
TCB A17(1996)

## 6 1 MATE EN OMVANG VAN DE VERONTREINIGING

In deze paragraaf wordt een overzicht gegeven van de mate en omvang van de bodemverontreiniging in het landelijk gebied van de Kempen. De commissie baseert zich hierbij op de tot haar ter beschikking staande literatuur. De mate en omvang van verontreiniging zullen overwegend aan de hand van gegevens voor cadmium worden besproken. Andere verontreinigende metalen, zoals zink, koper en lood volgen doorgaans het beeld van cadmium.

### Mate van verontreiniging

In de rapportage van Haskoning uit 1985 (1) wordt ingegaan op de mate van bodemverontreiniging in de Kempen. De bevindingen zijn gebaseerd op zogenoemde landbouwbemonsteringen<sup>1</sup>. Voor het Nederlandse deel van de Kempen waren ongeveer 600 monsters beschikbaar, voor het Belgische deel ongeveer 200. In tabel 6 1 wordt de verdeling van de waarnemingen over verschillende klassen van cadmiumgehalten gegeven. Ter vergelijking: de streefwaarde en interventiewaarde voor cadmium bedragen in de Kempen respectievelijk 0,6 en 9 mg/kg, uitgaande van 5% organische stof en 10% lutum in de bodem.

**Tabel 6 1** Verdeling van gemeten cadmiumgehalten in minerale grond (bovenste 25 à 30 cm) in de Kempen over verschillende klassen. Het totaal aantal metingen bedroeg 775. Naar Haskoning (1)

| cadmiumgehalte | percentage waarnemingen |
|----------------|-------------------------|
| < 1 mg/kg      | 33%                     |
| 1 - 2,5 mg/kg  | 49%                     |
| 2,5 - 5 mg/kg  | 14%                     |
| 5 - 10 mg/kg   | 4%                      |
| > 10 mg/kg     | 0% (1 waarneming)       |

In de rapportage van CSO uit 1992 (2) wordt ingegaan op het "diffuus verontreinigde gebied" van de Kempen. Daarvoor zijn zoveel mogelijk beschikbare metingen bijeengebracht, ongeacht de wijze van bemonstering. De vergelijkbaarheid van de metingen is daardoor volgens CSO mogelijk wat verminderd. Voor het Nederlandse deel waren ongeveer 2000 metingen beschikbaar, inclusief de al eerder gerapporteerde ge-

<sup>1</sup> De monsters zijn samengesteld uit 10 à 15 grondmonsters genomen tot een diepte van 25 à 30 cm beneden het maaiveld en verspreid over een locatie van 10 bij 10 meter. Eventuele strooisellagen zijn niet bemonsterd.

gegevens uit tabel 6 1 In tabel 6 2 wordt de verdeling van de CSO verzamelde metingen over verschillende klassen weergegeven

**Tabel 6 2** Verdeling van gemeten cadmiumgehalten in de bodem van het diffuus verontreinigde deel van de Nederlandse Kempen over verschillende klassen Het totaal aantal metingen bedroeg ongeveer 2000 Naar CSO (2)

| cadmiumgehalte | percentage waarnemingen |
|----------------|-------------------------|
| < 1 mg/kg      | 62%                     |
| 1 - 2,5 mg/kg  | 34%                     |
| 2,5 - 20 mg/kg | 4%                      |
| > 20 mg/kg     | 0%                      |

Uit de rapportages van Haskoning en CSO valt de herkomst van de monsters niet te achterhalen Het in het kader van dit deeladvies gedefinieerde landelijke gebied omvat echter alle gronden die buiten het Budelco-terrein, infrastructuur en bebouwde kom zijn gelegen Naar verwachting is het beeld dat is geschetst in de tabellen 6 1 en 6 2 dan ook representatief voor het landelijk gebied Bij de inventarisatie van CSO vallen meer gegevens in de lagere klassen dan in de inventarisatie van Haskoning Het is niet bekend waardoor dit verschil wordt veroorzaakt

Edelman *et al* (3, 4) bemonsterden in 1980 de bodem in de omgeving van Budelco, waarbij zoveel mogelijk locaties werden uitgezocht waar het oorspronkelijke bodemprofiel nog aanwezig was Dat resulteerde in de keuze van oudere bossen voor het nemen van de monsters Figuur 6 1 laat isoconcentratielijnen voor cadmium in de bovenste 2 cm van de minerale bodem (onder de strooisellaag) zien Voor zink en lood zijn overeenkomstige verspreidingspatronen vastgesteld

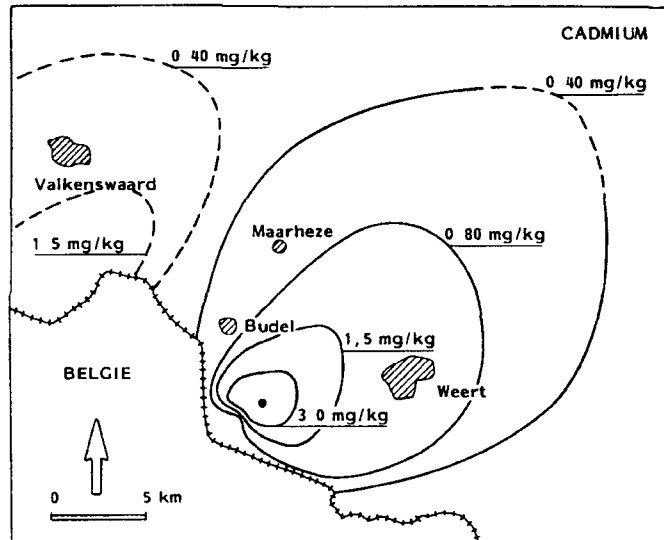
Uit figuur 6 1 blijkt dat de metalen zich vooral in noordoostelijke richting hebben verspreid Tot een afstand van 15 km van de zinksmelterij, in noordoostelijke richting, worden nog verhoogde metaalgehalten in de bodem aangetroffen Pas op een afstand van 20 km is de invloed van emissies van Budelco op metaalgehalten in de bodem verwaarloosbaar (3)

De isoconcentratielijnen in figuur 6 1 zijn gebaseerd op metingen langs trajecten in verschillende windrichtingen Uit deze metingen blijkt dat binnen de isoconcentratielijn van 3 mg/kg zeer variabele en vaak aanzienlijk hogere cadmiumgehalten in de bodem kunnen worden aangetroffen<sup>2</sup> (4) De gehalten variëren tussen de 3 - 200

---

<sup>2</sup> Het betreft hier globaal een cirkel met een straal van 1500 meter rond Budelco

mg/kg cadmium, extreem hoge waarnemingen betreffen bodems waarin zinkassen voorkomen

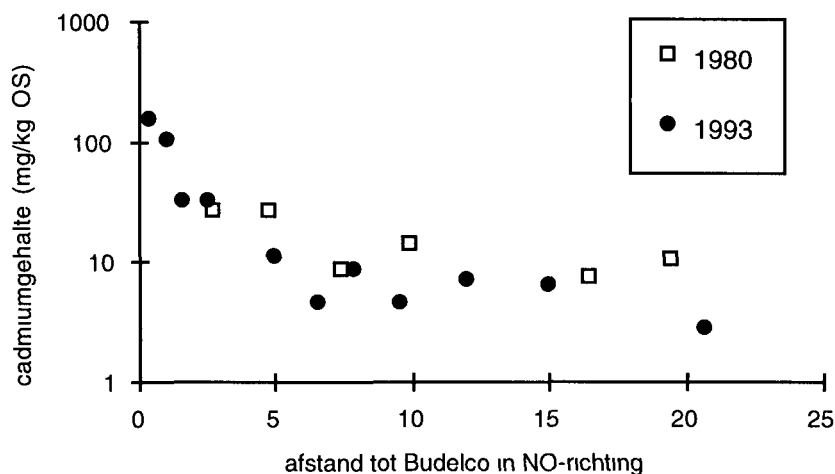


**Figuur 6 1** Isoconcentratielijnen voor cadmium in de minerale bodem (0 -2 cm) in de omgeving van de zinksmelterij te Budel. Streepjeslijnen zijn gebruikt in gevallen waar de ligging minder precies kon worden aangegeven (naar 3)

In figuur 6 2 worden twee onafhankelijke meetreeksen van cadmiumgehalten in de minerale bodem onder de strooisellaag in noordoostelijke richting van Budelco gegeven (4, 5). De waarnemingen uit 1980 hebben betrekking op de bovenste 2 cm, die uit 1993 op de bovenste 10 cm. Uit de basisgegevens bleek dat de cadmiumgehalten in 1993 over de hele lijn iets lager waren dan in 1980 als ze worden uitgedrukt in mg/kg grond. Dit wordt veroorzaakt door het verschil in het organische stofgehalte van de bodem, hetgeen hoogstwaarschijnlijk een gevolg is van verschil in bemonsteringsdiepte. Als de cadmiumgehalten in de minerale grond, zoals in figuur 6 2, worden uitgedrukt in mg cadmium per kg organische stof, dan vallen de verschillen tussen deze waarnemingsreeksen weg, en blijken de cadmiumgehalten in de minerale bodem vrij constant.

In de strooisellaag van bossen werd in 1980 voor cadmium, zink en lood een verspreidingspatroon gevonden dat overeenkomt met het patroon voor minerale grond, zoals in figuur 6 1 wordt weergegeven. In het algemeen worden in strooisellagen in bossen, met name door het hogere organische stofgehalte, hogere metaalgehalten aangetroffen dan in de onderliggende minerale bodems (6). In de omgeving van Budelco zijn de metaalgehalten, uitgedrukt in mg metaal per kg grond in de strooisellaag, gemiddeld 5 tot 10 keer hoger dan in de onderliggende minerale grond. Dit verschil

kan inderdaad vrijwel volledig worden toegeschreven aan het organische stofgehalte van de bodemlagen de gehalten uitgedrukt in mg metaal per kg organische stof tonen nauwelijks verschil tussen gehalten in strooisel en minerale grond (3) In dennenstrooisel op ongeveer 1 km afstand zijn rond 1987 gehalten van 9 mg/kg cadmium ten noordoosten van de smelter aangetroffen (7) Een paar jaar later werden gehalten van 5 mg/kg cadmium en 950 mg/kg zink op minder dan 1 km afstand ten noordnoordwesten van de fabriek gemeten (8)



**Figuur 6.2** Cadmiumgehalten, uitgedrukt in mg/kg organische stof in de minerale bodem (onder de strooisellaag) gemeten in 1980 (n = 6) en 1993 (n = 11) (4, 5)

De waterbodems van de Tungelroysche beek, Neerbeek en Dommel bevatten over de gehele lengte cadmium en zinkgehalten die regelmatig de interventiewaarden (en C-waarden) overschrijden. In tabel 6.3 wordt een overzicht gegeven van cadmium, zink, koper en loodgehalten in oppervlaktewater, sediment en detritus (bovenste laagje van de waterbodems dat voor een groot deel bestaat uit organische stof) in de Dommel bij Borkel (9)

De overstromingsgebieden zijn eveneens verontreinigd, waarbij de mate van verontreiniging samenhangt met de overstromingsfrequentie. In frequent overstromde gebieden worden metaalgehalten boven de interventiewaarden aangetroffen. De kwaliteit van het oppervlaktewater in de Tungelroysche- en Neerbeek is aanzienlijk verbeterd sinds de lozingen door Budelco zijn geminimaliseerd (10). De oppervlaktewaterkwaliteit van de Dommel is echter sinds begin 1995 verslechterd. De verslechtering wordt door het waterschap de Dommel toegeschreven aan een toename van kwel van verontreinigd grondwater naar het oppervlaktewater. Aangenomen

wordt dat de toename van kwel wordt veroorzaakt door verminderd gebruik van grondwater als koelwater door de zinkfabriek in Overpelt (9, 11)

**Tabel 6.3** Gehalten aan zware metalen in oppervlaktewater ( $\mu\text{g/l}$ ), sediment en detritus in mg/kg droge stof in de rivier de Dommel bij Borkel (Nederland, vlak bij de Belgische grens) Het sediment bevat 0,6 - 1,7% organisch koolstof, detritus bevat ongeveer 35% organische stof De resultaten zijn gebaseerd op verschillende onderzoeken, uitgevoerd tussen 1990 en 1995 (9)

|         | oppervlaktewater | sediment    | detritus     |
|---------|------------------|-------------|--------------|
| cadmium | 2,3 - 320*       | 31,5 - 49,5 | 212 - 588    |
| zink    | 0,2 - 2,7        | 407 - 534   | 5997 - 11707 |
| koper   | 4 - 38           | 8,3 - 26,7  | 210 - 1207   |
| lood    | 4 - 44           | 18,6 - 29   | 588          |

\* Bij de hoge cadmiumconcentraties in oppervlaktewater wordt gemeld dat de gemiddelde concentratie  $33,7 \mu\text{g/l}$  is, vanaf januari 1995 tot aan minstens maart 1995 werden verhoogde concentraties waargenomen

### Omvang

In het deeladvies van de TCB over de verontreiniging van particuliere tuinen in de Kempen (hoofdstuk 3) wordt ingegaan op de wijze waarop de gevalsafbakening heeft plaats gevonden. Daarin wordt geadviseerd om vooralsnog uit te gaan van het gehele beleidsmatig vastgestelde gebied, waarin onderzoek naar de cadmiumverontreiniging is gedaan. Het onderzoeksgebied van Haskoning betrof de gemeentes Bergeijk, Luyksgestel, Westerhoven, Valkenswaard, Leende, Maarheeze, Budel, Weert, Nederweert en Stramproy en is  $480 \text{ km}^2$  groot (12). Het totale gebied dat wordt beïnvloed door de zinksmelterijen in Nederland en België wordt op  $350 \text{ km}^2$  geschat, het Nederlandse deel wordt op  $150 \text{ km}^2$  geschat. In een ander kader is de grootte van het door Budelco beïnvloede gebied op  $165 \text{ km}^2$  geschat (13).

De omvang zou beter bepaald kunnen worden door de omvang van het gebied te schatten waarin de streefwaarden voor cadmium en/of zink ten gevolge van de diffuse verontreiniging worden overschreden. De streefwaarden voor cadmium en zink liggen in de Kempen op ongeveer  $0,6 \text{ mg/kg}$  cadmium en  $88 \text{ mg/kg}$  zink (uitgaande van 5% organische stof en 10% lutum). Het totale gebied waarin het cadmium- of zinkgehalte van de bodem hoger is dan de streefwaarde zal groter zijn dan de door Haskoning geschatte omvang, omdat de streefwaarde lager is dan de door Haskoning aangehouden grens van  $1 \text{ mg/kg}$ .

In dit advies zal onder de term landelijk gebied van de Kempen globaal het gebied worden verstaan dat is beïnvloed door de emissies van Budelco en waarvan de om-

vang op 150 km<sup>2</sup> wordt geschat. Uitgezonderd worden steden, dorpen, infrastructuur en het terrein van Budelco zelf.

### **Bodemgebruik**

Binnen het landelijk gebied van de Kempen komen verschillende typen bodemgebruik voor. Hieronder wordt een globale schatting gegeven van de omvang van een bepaald bodemgebruik. In het onderzoeksgebied zoals gedefinieerd door Haskoning bevindt zich 95 km<sup>2</sup> bouwland en 130 km<sup>2</sup> grasland (12). Het is niet bekend welk gedeelte hiervan in het door de emissies van Budelco beïnvloede gebied ligt. In het onderzoeksgebied liggen 15 natuurgebieden met een oppervlak groter dan 0,5 km<sup>2</sup>, het totale oppervlak hiervan bedraagt ruim 50 km<sup>2</sup>. Daarnaast komen nog tal van kleinere natuurgebieden voor (14). CSO schat het oppervlak van het overstromingsgebied waarin de kans op overschrijding van een cadmiumgehalte van 2,5 mg/kg groter dan 10% is op 10,3 km<sup>2</sup> (9,8 km<sup>2</sup> voor de Dommel en 0,5 km<sup>2</sup> voor de Tungelroysche beek) (2). Het waterschap de Dommel geeft aan dat overstromingen van de Dommel met name plaats vinden tussen Eindhoven en Boxtel, en dat het oppervlak van de overstromingsgebieden 7 km<sup>2</sup> bedraagt (11).

**Tabel 6.4** Schatting van de omvang van landelijke gebieden in de Kempen (km<sup>2</sup>)

| gebied                                 | km <sup>2</sup> |
|----------------------------------------|-----------------|
| bouwland                               | 95              |
| grasland                               | 130             |
| natuurgebied                           | >50             |
| overstromingsgebied Dommel             | ≥7 à 10         |
| overstromingsgebied Tungelroysche beek | ≥0,5            |

Bij vergelijking van de bovenstaande gegevens moet bedacht worden dat ze uit verschillende onderzoeken afkomstig zijn. Het is mogelijk dat een beperkt deel van het bouwland, grasland en natuurgebied niet in het onderzoeksgebied of diffuus verontreinigde gebied is gelegen.

### **Samenvatting**

Het landelijk gebied van de Kempen is te beschouwen als een zeer groot geval van overwegend lichte<sup>3</sup> bodemverontreiniging, waarvan de grens niet duidelijk is aan te geven. Begin jaren '80 werd vastgesteld dat de metalen zich het verst verspreid hadden in noordoostelijke richting van Budelco, op 15 - 20 km afstand valt de waar-

---

<sup>3</sup> Hier bedoeld concentraties hoger dan de streefwaarden maar lager dan (streefwaarde + interventiewaarde) / 2

neembare invloed weg Ten westen van Budelco moet rekening worden gehouden met de invloed van de zinksmelters in België Binnen het licht verontreinigde landelijke gebied zijn een aantal ernstig verontreinigde locaties te onderscheiden het terrein van Budelco en de directe omgeving daarvan, de overstromingsgebieden langs de Dommel, Tungelroysche- en Neerbeek en de bijbehorende waterbodems De bodemverontreiniging ten gevolge van zinkassenvoorkomens komt in een ander deeladvies aan de orde Het is niet uit te sluiten dat er binnen het landelijk gebied meer ernstig verontreinigde locaties zijn, hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan waterbodems van andere kleine wateren



## 6.2 EFFECTEN

In deze paragraaf zal een aantal effecten van de zware metaalverontreiniging in het landelijk gebied van de Kempen besproken worden. Sinds het begin van de jaren '80 is onderzoek gedaan naar de effecten van de zware metalen verontreiniging in natuurgebieden in de Kempen. Overzichten worden gegeven in een aantal publicaties van het toenmalige Rijksinstituut voor Natuurbeheer uit 1986 - 1987 (14, 15), in het rapport "Gebukt onder een zware last. Effecten van zware metalen op natuurlijke ecosystemen in de Brabantse Kempen" uit 1987 (16) en recenter in het rapport "Effecten van zware metalen op flora en fauna in de Kempen" uit 1994 (17).

In veel onderzoek dat sinds midden jaren '80 is uitgevoerd, wordt de omgeving van Budelco vooral gezien als een interessante locatie om effecten van zware metalen op bepaalde organismen of processen in het veld te bestuderen. Het onderzoek naar effecten van de zware metaal verontreiniging is dan ook zeer versnipperd, en het blijkt niet eenvoudig te zijn de informatie te rangschikken. In het navolgende zal op drie als nadelig te waarden effecten van de zware metaalverontreiniging worden ingegaan, te weten:

- accumulatie van metalen in planten en dieren,
- toxiciteit van metalen voor planten, dieren en ecologische processen,
- verspreiding van metalen

Daarbij zal, met name voor de eerste twee typen effecten, de nadruk komen te liggen op effecten die daadwerkelijk in de Kempen zijn waargenomen. De effecten worden voornamelijk beschreven voor het metaal cadmium. Voor de mens wordt cadmium in de Kempen als het meest risicovolle metaal beschouwd, voor planten en dieren is zink echter minstens zo relevant. Er wordt geen volledig overzicht gegeven, de vermelde effecten moeten als voorbeelden worden gezien.

### **Accumulatie in planten en dieren**

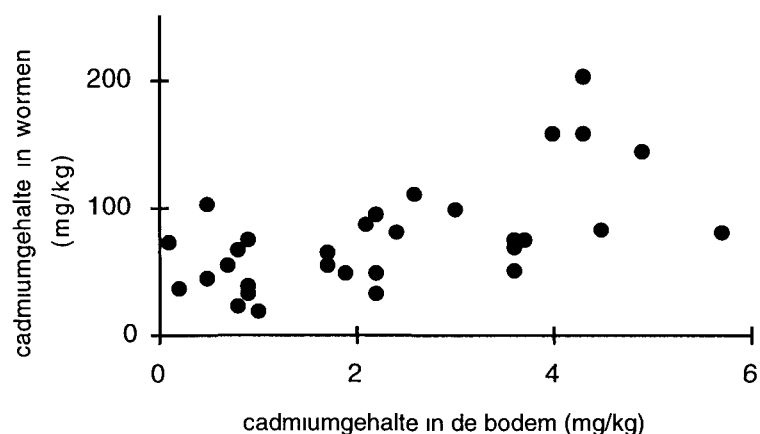
#### *Evertebraten en planten*

In tabel 6.5 worden lood-, cadmium-, en zinkgehalten in dertien verschillende strooiselbewonende bodemdieren gegeven, die werden verzameld op ongeveer 1 km afstand van Budelco in noordoostelijke richting. Uit deze tabel blijkt dat de variatie tussen bodemdieren bijzonder groot is en dat sommige bodemdieren hogere cadmiumgehalten bevatten dan het strooisel waarin zij leven (vetgedrukt) (18).

**Tabel 6 5** Gemiddelde metaalconcentraties in strooiselbewonende bodemdieren (exclusief darminhoud) Gehalten in mg/kg droge stof, - = niet meetbaar Vetgedrukt gehalten in dier hoger dan in strooisel (19)

| Organisme                                    | Pb (mg/kg) | Cd (mg/kg)  | Zn (mg/kg) |
|----------------------------------------------|------------|-------------|------------|
| <i>Calathus melanocephalus</i> (kever)       | 2,6        | 1,2         | 71         |
| <i>Lithobius forficatus</i> (duizendpoot)    | 6,6        | 2,2         | 186        |
| <i>Notiophilus biguttatus</i> (kever)        | 1,1        | 2,1         | 82         |
| <i>Notiophilus rufipes</i> (kever)           | 2,0        | 2,4         | 56         |
| <i>Lathrobium brunnipes</i> (kever)          | 1,5        | 5,0         | 235        |
| <i>Centromerus sylvaticus</i> (spin)         | 1,0        | <b>19,9</b> | 286        |
| <i>Neobisium muscorum</i> (pseudoschorpioen) | -          | <b>17,4</b> | 319        |
| <i>Schendyla nemorensis</i> (duizendpoot)    | 0,5        | <b>16,8</b> | 396        |
| <i>Orchesella cincta</i> (springstaart)      | 1,1        | 1,4         | 72         |
| <i>Lepidocyrtus cyaneus</i> (springstaart)   | -          | 2,8         | 46         |
| <i>Campodea staphylinus</i> (dipluur)        | -          | <b>15,9</b> | 205        |
| <i>Isotoma notabilis</i> (springstaart)      | -          | 7,3         | 55         |
| <i>Chamobates cuspidatus</i> (mijt)          | -          | 3,1         | 365        |
| dennenstrooisel                              | 663        | 11          | 1668       |

In figuur 6 3 wordt het cadmiumgehalte in volwassen regenwormen gegeven, uitgezet tegen het cadmiumgehalte in de bodem (19) De gehalten in de wormen overschrijden de gehalten in de bodem ruimschoots De variatie in de gegevens wordt voor een groot deel veroorzaakt door verschillen in de pH van de bodem en de daaruit voortvloeiende verschillen in biobeschikbaarheid



**Figuur 6 3** Cadmiumgehalten in regenwormen (*Lumbricus rubellus*) in relatie tot het cadmiumgehalte in de bodem (bovenste 10 cm minerale laag) De monsters zijn op verschillende afstanden (1 - 18 km) van Budelco genomen (naar 19)

Waterbodembewonende organismen uit de Dommel bevatten hoge metaalgehalten In tabel 6 6 wordt een overzicht gegeven van cadmium, zink, koper en loodgehalten in larven van dansmuggen in de Dommel bij Borkel (9)

**Tabel 6 6** Gehalten aan zware metalen in larven van dansmuggen (*Chironomus riparius*, inclusief darminhoud) in mg/kg droge stof in de rivier de Dommel bij Borkel (Nederland, vlak bij de Belgische grens) De ranges zijn gebaseerd op verschillende onderzoeken, uitgevoerd tussen 1990 en 1995 (9)

| metaal  | dansmuggen |
|---------|------------|
| cadmium | 2,2 - 53   |
| zink    | 286 - 4925 |
| koper   | 21 - 97    |
| lood    | 2 - 143    |

Ook in planten zijn verhoogde metaalconcentraties aangetroffen in relatie tot de afstand van Budelco (20, 21)

#### *Vogels en zoogdieren*

Uit tabel 6 7 blijkt dat buizerds en kerkuilen uit de Kempen hogere cadmiumgehalten in de nieren hebben dan soortgenoten uit andere delen van Nederland (22) Hoewel tabel 6 7 op een gering aantal waarnemingen is gebaseerd, kunnen de gegevens toch als een indicatie worden gezien dat accumulatie van zware metalen in de voedselketen optreedt Hierbij speelt waarschijnlijk de omvang van het verontreinigde gebied een rol Dit beperkt de kans dat de dieren regelmatig op andere, schone locaties fourageren

**Tabel 6 7** Cadmiumgehalten in nieren in mg/kg drooggewicht  $\pm$  standaard deviatie, tussen haakjes het aantal waarnemingen (22)

|         | Kempen             | buiten de Kempen   |
|---------|--------------------|--------------------|
| buizerd | 13,4 $\pm$ 7,1 (3) | 4,9 $\pm$ 7,4 (35) |
| kerkuil | 4,8 $\pm$ 6,0 (3)  | 0,5 $\pm$ 0,1 (3)  |

#### *Akkerbouwgewassen*

Eind jaren '70 en begin jaren '80 zijn door een aantal instanties onderzoeken uitgevoerd naar cadmiumgehalten in groenten afkomstig uit de Kempen (23, 24) De Keuringsdienst van Waren ('s-Hertogenbosch) verrichtte begin jaren '80 een onderzoek naar cadmiumgehalten in wintergroenten die waren geteeld in de gemeenten Bergijk, Budel, Luijkgestel, Valkenswaard en Westerhoven, en voor de verkoop werden aangeboden op de veiling In tabel 6 8 worden de resultaten samengevat Vooral bij schorseneer, prei en winterpeen trad met enige regelmaat overschrijding van de normen voor zware metalen uit de Warenwetregeling<sup>4</sup> (25) op

<sup>4</sup> De normen uit de Warenwetregeling voor cadmium bedragen voor spruit, boerenkool en aardappel 0,1 mg/kg versgewicht, voor schorseneer, wortel en prei 0,2 mg/kg versgewicht (25)

**Tabel 6 8** Cadmiumgehalten (mg/kg versgewicht) in een aantal wintergroenten afkomstig uit de Kempen die in 1983 voor de verkoop werden aangeboden aan de veiling (24) Gegeven worden achtereenvolgens het gemiddelde, de standaarddeviatie en het aantal waarnemingen (x) gelijk of boven de normen voor cadmium uit de Warenwetregeling ten opzichte van het totaal aantal waarnemingen (n)

| groente     | gemiddelde | SD   | x/n     |
|-------------|------------|------|---------|
| spruit      | 0,07       | 0,09 | 3 / 16  |
| schorseneer | 0,38       | 0,18 | 13 / 14 |
| aardappel   | 0,06       | 0,05 | 1 / 8   |
| prei        | 0,14       | 0,06 | 5 / 20  |
| boerenkool  | 0,08       | 0,05 | 1 / 6   |
| winterpeen  | 0,22       | 0,19 | 7 / 25  |

### Vee

De Keuringsdienst van Waren onderzocht begin jaren '80 het cadmiumgehalte in een aantal rundnieren (24) Het gehalte bedroeg 0,23 mg/kg (sd = 0,1, n = 5) In een uitgebreider onderzoek van Spierenburg *et al* (26) naar cadmiumgehalten in rundnieren uit de omgeving van Budelco werd een gemiddeld gehalte van  $9,6 \pm 0,7$  mg/kg drooggewicht aangetroffen (n = 89), hetgeen significant verschilde van het cadmiumgehalte in nieren van controledieren ( $3,9 \pm 0,5$ , n = 24) Het betrof dieren van 4 - 5 jaar oud Zowel in de controlegroep als in de dieren uit de omgeving van Budelco trad overschrijding van de normen voor cadmium in nieren uit de Warenwetregeling<sup>5</sup> op

### Toxische effecten

In tegenstelling tot het vaststellen van accumulatie in planten en dieren is het niet eenvoudig om toxische effecten op planten en dieren in het veld vast te stellen Hiervoor zijn uitgebreide waarnemingen van aantallen en van de conditie van individuen nodig Voordat een aantal in het veld beschreven effecten aan de orde komen, wil de commissie erop wijzen dat in het laboratorium echter voor vele planten- en diersoorten toxische effecten van metalen die aan water, grond of voer werden toegevoegd, zijn vastgesteld Gezien de verschillende omstandigheden die heersen in het laboratorium en het veld, is het niet mogelijk de laboratoriumresultaten direct te vertalen naar het veld De commissie volstaat hier met de constatering dat laboratoriumonderzoek suggereert dat in ieder geval bij gehalten die worden aangetroffen in de nabije omgeving van Budelco, in de waterbodem van de Dommel en de overstro-

<sup>5</sup> De normen uit de Warenwetregeling voor cadmium voor lever en nieren bedragen respectievelijk 0,5 en 2,5 mg cadmium per kg versgewicht (25) Nierschade wordt gedacht op te treden bij gehalten van 80 - 200 mg/kg versgewicht (26)

mingsgronden van de Dommel toxische effecten verwacht kunnen worden op planten en dieren. Ten aanzien van de nabije omgeving van Budelco is het niet eenvoudig aan te geven hoe groot het gebied is waarin effecten kunnen worden verwacht. Als voorlopige grens zou de contour van 3 mg/kg (uit figuur 6.1) kunnen worden genomen.

#### *Evertebraten*

Bij een pissebeddenpopulatie (*Porcellio scaber*) op ongeveer 1 km afstand van Budelco is vastgesteld dat volwassen dieren 20 - 25% kleiner zijn dan dieren uit een controle populatie (Santpoort). Er trad verhoogde sterfte op bij vrouwtjes in het voorjaar en het aantal zwangerschappen lag 25% lager dan bij de controle populatie (27).

Bij pissebedden treedt genetische adaptatie op aan verhoogde zink- en cadmiumgehalten in de bodem bij Budel (27, 28). Bij dansmuggen treedt genetische adaptatie op aan verhoogde cadmiumconcentraties in sediment en oppervlaktewater van de Dommel (9). Tevens zijn er aanwijzingen voor genetische adaptatie van springstaarten aan cadmium in de bodem rond Budelco (29).

#### *Vogels en zoogdieren*

De cadmiumgehalten die zijn aangetroffen in nieren van roofvogels (zie tabel 6.7) vallen binnen het bereik van cadmiumgehalten waarbij nierschade kan optreden<sup>6</sup>. Het model BIOMAG-2 is ontwikkeld om, onder andere, "veilige cadmiumgehalten" in de bodem voor vogels en zoogdieren te berekenen (22). Voor zowel reeën als torenvalken werd als "veilig gehalte" ongeveer 8 mg/kg cadmium (totaal in de bodem) berekend. Bij dit gehalte wordt bij maximaal 5% van de populatie de NOEC<sup>7</sup> voor nierschade overschreden. Het "veilige gehalte" in de bodem voor reeën en torenvalken is waarschijnlijk niet de meest kritische, vanwege de voedselkeuze van deze diersoorten. Voor andere diersoorten zouden deze "veilige gehalten" dus lager kunnen zijn. Vanwege de onzekerheden in het model en de beperkte hoeveelheid metingen aan roofvogels is het niet met zekerheid vastgesteld dat doorvergiftiging van hogere diersoorten in de Kempen optreedt.

---

<sup>6</sup> Kritische niveau voor nierschade bij zoogdieren is volgens referentie (30) 3 - 200 mg/kg. De ondergrens wijkt daarbij sterk af van de door Spierenburg gegeven range (zie voetnoot 5).

<sup>7</sup> NOEC = No Observed Effect Concentration

In een onderzoek naar de reproductie van koeien vergeleken Kreis *et al* (31) koeien uit de Kempen met koeien uit een referentiegebied, dat ook was gelegen in Noord-Brabant. De gegevens over de koeien werden tussen 1976 en 1986 verzameld. De koeien uit de Kempen hadden ongeveer 2,5 maal zoveel cadmium in de nieren als de referentiekoeien (26). De gegevens suggereren dat de verhoogde blootstelling aan cadmium leidt tot verminderde vruchtbaarheid, verminderde groei en specifieke misvormingen van de foetussen.

### *Vegetatie*

Een duidelijke verstoring van de vegetatie of zelfs volledige verdwijning van vegetatie treedt alleen op in de directe omgeving van Budelco en op een aantal plaatsen in België (bijvoorbeeld de Maatheide). De bodem is daar onbegroeid of de vegetatie bestaat uit metaaltolerante planten. Zo komt nabij Budelco een genetisch aangepaste grassoort voor (20). Op het Budelco-terrein zijn berkenbossen aangeplant, die alleen door een combinatie van diepploegen, bemesting en bekalking tot ontwikkeling konden worden gebracht (14).

### *Processen*

Er zijn aanwijzingen dat het strooisel slecht of niet meer wordt afgebroken in bossen op korte afstand van Budelco (16, 17). Dit kan worden opgevat als verstoring van nutriencycli in bossen. De nutriënten die zijn opgeslagen in het strooisel worden dan niet meer vrijgemaakt, waardoor ze niet opnieuw kunnen worden opgenomen door de bomen. Onderliggende oorzaak hiervan is het niet meer functioneren van de bodemflora en -fauna die is betrokken bij het afbraakproces. Het dikker worden van de strooisellaag heeft nog niet tot waarneembare achteruitgang van bomen geleid.

### **Verspreiding**

Zware metalen kunnen vanuit de (water)bodem van het landelijk gebied in de Kempen verder verspreid raken door uitloging naar het grondwater, verwaaing van metaalhoudende gronddeeltjes, transport door dieren naar schonere gebieden, stroomafwaarts transport van sediment en sedimentafzetting bij overstromingen. De risico's van verspreiding naar het grondwater zijn in een ander deeladvies over de zware metaalverontreiniging in de Kempen aan de orde gekomen (hoofdstuk 4) en zullen hier slechts besproken worden voor zover het om bodemfactoren gaat die de uitloging naar het grondwater beïnvloeden.

Het uitloggen van metalen uit de bodem naar het grondwater gaat in het algemeen sneller naarmate de bodem zuurder is en er minder organische stof en klei aanwezig is. Uitloging wordt ook beïnvloed door de al dan niet aanwezige vegetatie. Bij eenzelfde pH in de bodem zal vanuit een bodem die bedekt is met vegetatie minder uitloging optreden dan vanuit een onbedekte bodem, vanwege evapotranspiratie en humusvorming. Daarentegen heeft de vegetatie ook weer invloed op de pH van de bodem. Uit modelberekeningen naar de gevolgen van de omzetting van landbouwgrond naar bos blijkt dat de verhoging van het organisch stofgehalte in de bodem en de verhoogde evapotranspiratie de uitloging van cadmium doen afnemen. De verhoging van de uitspoeling ten gevolge van de pH-daling is echter groter dan daling van de uitspoeling ten gevolge van het ontstaan van vegetatie (32).

Verspreiding door winderosie van stoffen die aan gronddeeltjes zijn gehecht, treedt alleen op bij onbedekte bodems. Zo kan volgens een rekenmodel een aanzienlijk deel van toegepaste bestrijdingsmiddelen in bijvoorbeeld de veenkolonien verwaaien (33). In de Nederlandse Kempen kan op zandverstuivingen en landbouwgronden die periodiek vrij zijn van vegetatie winderosie optreden. Er zijn echter geen gegevens over de verspreiding van metalen via verwaaiing in deze gebieden. Bij open assenwegen kan verwaaiing eveneens optreden, evenals in bepaalde gebieden in België waar als gevolg van de metaalverontreiniging geen vegetatie meer wil groeien. Verwaaiing moet als een verspreidingsrisico worden gezien als daarmee schone(re) bodems verontreinigd raken. Omdat er overal in het landelijk gebied van de Kempen sprake is van diffuse bodemverontreiniging zou verwaaiing alleen een probleem kunnen vormen in gevallen van hoge concentratieverschillen, zoals tussen open zinkassenwegen en het omliggende land of tussen schoon aangebrachte grond in het kader van sanering en de omliggende verontreinigde omgeving. Aan de randen van het diffusie verontreinigde gebied zijn geen scherpe concentratieovergangen, verwaaiing zal in deze gebieden geen belangrijke rol spelen bij de verspreiding van metalen.

Er is niet bekend of er transport van metalen via dieren plaats vindt. Gezien de omvang van het gebied en de geleidelijke overgang van verontreinigd gebied naar schoon gebied zal dit verschijnsel naar verwachting geen grote rol spelen.

Een ander verspreidingsverschijnsel in het landelijk gebied is de afzetting van verontreinigd slib in overstromingsgebieden van beken en het stroomafwaarts vervoeren van verontreinigd slib in beken. Zo is de waterbodem van de Dommel tot in Den Bosch verontreinigd met zware metalen tot concentraties rond de interventiewaarden (11). De verspreiding van verontreinigd slib vindt echter al zo lang plaats dat

het de vraag is of het totale oppervlak van verontreinigde (water)bodem nog steeds toeneemt. De lozingen naar de beken en rivieren in de Kempen zijn sterk afgenomen<sup>8</sup>, in principe zal het slib in de toekomst schoner worden.

### Risicobeoordeling

In het voorafgaande is geconstateerd dat accumulatie van cadmium in vrijwel alle onderzochte organismen optreedt. Het gaat daarbij vooral om accumulatie in organismen die in de nabije omgeving van Budelco voorkomen, hoewel in regenwormen en akkerbouwgewassen ook op grotere afstand verhoogde gehalten worden aangetroffen. Daarnaast blijkt er geen systematisch onderzoek te zijn uitgevoerd naar accumulatie in organismen, zeker niet in het meer diffuus verontreinigde deel van de Kempen. Evenmin is er inzicht in het verloop van gehalten in de organismen in de tijd.

De accumulatie van cadmium in akkerbouwgewassen verdient naar oordeel van de commissie extra aandacht. Voor zover bekend zijn cadmiumgehalten in akkerbouwgewassen niet systematisch onderzocht. Steekproefsgewijs is er wel onderzoek gedaan aan cadmiumgehalten in gewassen die werden aangeboden op de veiling. Dit heeft in 1985 geleid tot het door de rechter schuldig bevinden van een tuinder uit de Brabantse Kempen aan het leveren aan de veiling van een partij sla die te veel cadmium bevatte (0,35 mg/kg). In februari 1985 is er door het consulentenschap voor de Akkerbouw en Tuinbouw te Tilburg een algemeen advies gegeven aan alle telers van groentegewassen. Het advies bestond uit het opvoeren van de pH tot 6,0 door bekalving. Wanneer het cadmiumgehalte in de bouwvoor boven de 2,0 mg/kg lag, werd geadviseerd geen consumptiegewassen te telen. De teelt van partijen bladgroenten bestemd voor de verkoop aan consumenten of de veiling hebben ten grondslag gelegen aan het advies (13). Thans wordt de situatie door de Keuringsdienst van Waren "onder controle beschouwd", dat wil zeggen dat er nauwelijks meer overschrijdingen van de Warenwetnormen voor gewassen worden geconstateerd. De frequentie van onderzoek is ook drastisch afgenomen. In 1995 werd slechts tweemaal het metaalgehalte in een gewas onderzocht (mondelinge mededeling Keuringsdienst van Waren, 's-Hertogenbosch).

De kans dat met metaal verontreinigde plantaardige producten ook daadwerkelijk tot effecten op de volksgezondheid kunnen leiden, is moeilijk te schatten. Anders dan bij groenten geteeld in eigen tuin, worden commercieel verbouwde producten ver-

---

<sup>8</sup> Afgezien van de verhoogde concentraties in het oppervlaktewater van de Dommel.



spreid over een groter gebied, waardoor "verdunning" optreedt met schone producten. Het risico dat een persoon voortdurend aan te hoge cadmiumgehalten wordt blootgesteld via commercieel geteelde gewassen is hierdoor klein, tenzij alle in de Kempen geteelde producten ook lokaal geconsumeerd worden.

Op dit moment is het de commissie niet bekend of er bij de advisering aan akker- en tuinbouwers in de Kempen nog rekening wordt gehouden met de metaalverontreiniging. Ook is niet bekend of er een tijdsduur is verbonden aan de toenmalige advisering of dat deze adviezen "voor eeuwig" gelden. Het op peil houden van de pH en het organisch stofgehalte van de bodem, hetgeen nodig is om verhoogde cadmiumopname door gewassen tegen te gaan, valt immers onder een normale landbouwkundige praktijk. De commissie heeft de indruk gekregen dat er geen systematisch onderzoek werd en thans wordt gedaan naar cadmiumgehalten in commercieel geteelde gewassen. Het staat voor de commissie dan ook niet vast dat er geen gecontameneerde gewassen op de markt komen.

De verhoogde gehalten in organismen leiden ook tot nadelige effecten op deze organismen. Wegens het versnipperde onderzoek is het echter niet mogelijk om een algemeen beeld te vormen van de "gezondheidstoestand" van het landelijk gebied. Er is genetische aanpassing van organismen geconstateerd en er zijn aanwijzingen dat verstoring van de nutriëntenkringloop optreedt. De waarnemingen zijn gedaan op de zwaarst verontreinigde locaties, nabij Budelco en in de Dommel. Tevens zijn er aanwijzingen dat doorvergiftiging van hogere diersoorten optreedt. Omdat bijvoorbeeld roofvogels een grote actieradius hebben, kan hieruit worden afgeleid dat de groot-schalige diffuse verontreiniging in het landelijk gebied van de Kempen bijdraagt aan de doorvergiftiging.

De grootste kans op genetische adaptatie van evertibraten aan zware metalen treedt op bij organismen die vrij ongevoelig zijn voor het metaal, en zich kenmerken door een hoge erfelijkheid voor het mechanisme achter de adaptatie en een korte generatietijd. Het voorkomen van genetisch geadapteerde organismen op een locatie gaat dan ook vaak gepaard met een afname van het aantal soorten organismen op deze locatie. Genetische adaptatie is dus slechts mogelijk bij een beperkt aantal organismen. Het lijkt erop dat het voorkomen van adaptatie tevens een indicatie is voor het feit dat andere, meer gevoelige soorten reeds verdwenen zijn of in populatieomvang zijn gereduceerd. Genetische adaptatie moet derhalve niet worden opgevat als een algemeen geldend compensatiemechanisme in de natuur, het is eerder een indicatie van langdurige stress met nadelige gevolgen voor andere, meer gevoelige

soorten die zich niet kunnen aanpassen. In een recent overzichtsartikel over genetische adaptatie bij evertrebraten aan zware metalen wordt daarover opgemerkt: *"Therefore, proposals to increase the trigger concentrations for remedial action based on the idea that many species will adapt, are not supported by the reviewed adaptation data"* (34)

Bij veranderend landgebruik staat de overgang van landbouwgrond naar natuurgebied (met name bos) sterk in de belangstelling. Het uit productie nemen van landbouwgrond heeft consequenties voor bemesting, beplanting en mogelijk de hydrologie. De factoren zullen de mobiliteit van metalen die aanwezig zijn in de bodem beïnvloeden. Vergelijkend onderzoek van bossen van verschillende leeftijden heeft aangetoond dat bij veroudering van een bos de pH van de bodem daalt en het opgeloste organische stofgehalte in de bodem toeneemt (35). In het algemeen wordt verondersteld dat de daling van de pH een overheersende invloed zal hebben op de mobiliteit van metalen en dat bebossing zal leiden tot verhoogde uitspoeling van metalen. Reeds eerder in dit advies werd vermeld dat modelberekeningen met cadmium dit beeld bevestigen (32). Er zijn veel publicaties verschenen over de gevolgen van de omzetting van landbouwgrond in bos (zie ondermeer 36, 37). Het voert in het kader van dit advies te ver om hier uitgebreid op in te gaan. Het beeld dat hierboven wordt geschetst komt in het algemeen overeen met de bevindingen uit deze publicaties.

### Conclusies

De commissie concludeert in het algemeen dat er, ondanks de vele onderzoeken die er zijn uitgevoerd in het landelijk gebied van de Kempen, toch slechts een incompleet beeld kan worden gevormd van de effecten van de zware metaal verontreiniging. De oorzaak hiervan ligt bij de versnippering van het onderzoek door het ontbreken van een centrale vraagstelling. Daarnaast is het moeilijk effecten in het veld vast te stellen en ondubbelzinnig te kunnen toeschrijven aan de verhoogde metaalgehalten in de bodem.

De commissie heeft met betrekking tot ecosystemen vooral aandacht besteed aan effecten die verder gaan dan vergiftiging door directe blootstelling aan de metalen, zoals genetische aanpassing en verstoring van nutriëntenkringlopen. De aanwezigheid van dit type effecten is naar haar mening een indicatie voor ernstige aantasting. In die zin moeten de bodem rond Budelco, globaal binnen de contour van 3 mg/kg cadmium (zie figuur 6.1), en de waterbodem van de Dommel niet alleen worden be-

oordeeld als gebieden met actuele ecologische risico's, maar zelfs als gebieden met aantoonbare ecologische schade. Helaas ontbreekt het de commissie aan gegevens over andere ernstige verontreinigde deelgebieden, zoals de overstromingsgebieden en andere waterbodems, maar ook daar mag aantoonbare ecologische schade worden verwacht.

Ten aanzien van het meer diffuus verontreinigde deel van het landelijk gebied van de Kempen, concludeert de commissie op basis van de tot haar beschikking staande literatuur dat

- er aanwijzingen zijn dat er doorvergiftiging optreedt,
- er aanwijzingen zijn dat de reproductie van koeien nadelig wordt beïnvloed,
- er geen duidelijkheid is over het voorkomen van verhoogde metaalgehalten in commercieel geteelde gewassen en de controle daarop,
- door veranderend landgebruik, dat wil zeggen de omzetting van landbouwgrond in bos, de uitspoeling van metalen naar het grondwater aanzienlijk kan toenemen.

De bovenstaande bevindingen maken overduidelijk dat de verontreinigingssituatie in het landelijk gebied van de Kempen, zowel in de zwaar verontreinigde delen als in het diffuus verontreinigde deel, aanleiding geeft tot het treffen van maatregelen. Op voorhand is echter al duidelijk dat volledige verwijdering van de verontreiniging niet tot de mogelijkheden behoort. In paragraaf 6.3 zullen een aantal technische ingrepen worden besproken die thans in de belangstelling staan als saneringstechniek in "groene" gebieden, en mogelijk in deelgebieden van het landelijk gebied van de Kempen kunnen worden toegepast. Hieruit zal duidelijk worden dat er bij een dergelijk groot geval van bodemverontreiniging weinig relatie kan worden gelegd tussen gevonden effecten en mogelijke oplossingen. De mogelijkheden om technisch in te grijpen blijken vooral afhankelijk van de manier waarop de bodem thans gebruikt wordt en in de toekomst gebruikt zal gaan worden. In paragraaf 6.4 zal meer in het algemeen worden ingegaan op een beheerstrategie voor het landelijk gebied van de Kempen.

### 6.3 TECHNISCHE INGREPEN

Gezien de bron van verontreiniging moet de gehele zware metaal verontreiniging in de Kempen worden gezien als één geval van (ernstige) bodemverontreiniging. De voorkeursoplossing voor een geval van bodemverontreiniging is de verwijdering van de verontreiniging. Het spreekt voor zich dat deze maatregel voor het landelijk gebied van de Kempen onuitvoerbaar is, enerzijds vanwege de omvang van het gebied en anderzijds vanwege het destructieve karakter die deze oplossing in bijvoorbeeld natuurgebieden zou hebben. In bepaalde deelgebieden zou de verontreiniging wellicht wel kunnen worden verwijderd.

Als op locatie-specifieke gronden wordt afgezien van het volledig verwijderen van de verontreiniging, is het alternatief het isoleren van de verontreiniging. Hierbij moet het risico tot een aanvaardbaar niveau worden teruggebracht en moet worden verhinderd dat de verontreiniging zich verspreidt naar de omgeving. Het isoleren van de verontreiniging dient gepaard te gaan met beheersing en controle daarvan, en wordt daarom vaak IBC-variant genoemd. Gangbare voorbeelden van isoleren zijn geohydrologische isolatie, civieltechnische isolatie of immobilisatie van de verontreiniging. In het landelijk gebied is nauwelijks ervaring opgedaan met dergelijke technieken.

Een oplossing voor het landelijk gebied als geheel is dus niet voorhanden. Wel is het mogelijk om in specifieke gevallen binnen het landelijk gebied technische ingrepen te plegen die effecten, gebruiksbependingen en verspreiding van de metaalverontreiniging beperken dan wel wegnemen. Dergelijke technieken staan thans sterk in de belangstelling. Uitgebreide overzichten worden gegeven in "Saneringstechnieken in het landelijk gebied" van het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek en in "Groene bodemsanering" van het Centrum voor Landbouw en Milieu (38, 39).

In deze paragraaf bespreekt de commissie een aantal van deze "technische ingrepen", waarvan zij vindt dat ze mogelijk kunnen worden toegepast in specifieke situaties in het landelijk gebied. De technische ingrepen zijn afhankelijk van het huidige gebruik van de bodem, en worden daarom per gebruik besproken. Aan de particuliere tuinen, het grondwater en de zinkassen zal hierbij geen aandacht worden besteed, hiervoor wordt verwezen naar de respectievelijke deeladviezen. Met nadruk wordt gesteld dat de commissie hier nog geen advies geeft over een daad-

werkelijke toepassing van technische ingrepen Dit aspect zal in algemene lijnen in paragraaf 6.4 aan de orde komen

### Natuurgebieden

Natuurgebieden zoals heidevelden, natuurlijke graslanden en bossen kenmerken zich door ophoping van metalen in de bovenste, organische laag van de bodem en in de vegetatie zelf. Afgezien van directe effecten op de vegetatie kan er doorvergiftiging naar hogere diersoorten optreden. Vegetatie die afgevoerd moet worden ter instandhouding van het gebied kan zodanig verontreinigd zijn dat deze niet verwerkt kan worden (voorbeeld: het niet kunnen composteren van heideplaggen via de normale kanalen). Daarnaast vormen deze gebieden een potentieel reservoir van cadmium voor het grondwater, omdat de pH van de bodem niet kunstmatig op peil wordt gehouden. Verzuring kan leiden tot uitspoeling van metalen naar het grondwater.

Ter verbetering van deze situatie zou selectief het (levende en dode) organische materiaal (dat de hoogste concentraties aan metalen bevat) verwijderd kunnen worden. Bij heide en graslanden kan dit worden gezien als plaggen in het kader van sanering. In bossen wordt plaggen normaliter hooguit toegepast om brandgangen te creëren. Het voordeel van plaggen is dat een grote hoeveelheid metalen uit de bodem wordt verwijderd. In een rapport over saneringstechnieken in het landelijk gebied wordt deze optie onder voorwaarden bruikbaar geacht voor bestaande, en veelal ook voor toekomstige natuurgebieden (38). Als nadeel wordt genoemd dat er nutriënten, zaden en inwonende bodemfauna worden verwijderd en dat het herstel tot de oorspronkelijke situatie na plaggen lang duurt of onmogelijk is. Het plaggen in stroken zou hier deels een oplossing voor kunnen bieden. Het verwijderen van bomen door middel van kappen wordt niet als zinvol beschouwd, omdat slechts een klein deel van de verontreiniging zich in de bomen bevindt. Over een gedeeltelijke verwijdering van strooisellagen en ondergroei in bossen wordt geen uitspraak gedaan in het rapport (38).

Een nadeel van plaggen is dat er een grote hoeveelheid organische stof en grond, die verontreinigd is met zware metalen, moet worden afgevoerd. Bij verwerken kan aan composteren en/of verbranden worden gedacht, beide methoden leiden tot een (beperkt) volume sterk verontreinigd materiaal. Het vervoer en de verwerking van dit materiaal zal veel kosten met zich meebrengen, hoewel dit naar verwachting goedkoper zal zijn vergeleken met het storten of reinigen van grond.

Een andere ingreep die vaak wordt genoemd in relatie tot zware metaal verontreiniging is bekalken. De natuurgebieden in de Kempen bevinden zich op kalkarme zandgronden en de bodem (en strooisellaag) is zwak zuur tot zuur. Bekalking zou daar tot verhoging van de pH kunnen leiden, waardoor adsorptie van metalen aan de bodem kan toenemen. Bekalken is een eenvoudige, goedkope methode, die zou kunnen leiden tot verhoogde immobilisatie van metalen in de bodem. Er is in het kader van de verzuring veel onderzoek gedaan naar effecten van bekalking in natuurgebieden. Het algemene beeld dat daaruit naar voren komt is dat de gevolgen van bekalking op bossen en heiden niet te voorspellen zijn en onder andere afhankelijk blijken te zijn van de samenstelling van de bodem en de aanwezige organische stof. Zo wordt soms versnelde afbraak van organische stof in de bodem als een neveneffect gesignaleerd, vooral als er relatief veel stikstof aanwezig is in het organische materiaal. Dit kan juist tot verhoogde uitspoeling van metalen leiden, tengevolge van complexvorming met mobiele organische verbindingen.

Samenvattend kan gesteld worden dat er voor de meeste natuurgebieden van enige omvang thans geen technieken beschikbaar zijn om risico's, effecten of verspreiding van zware metalen tegen te gaan.

#### **Waterbodems en overstromingsgebieden**

De sterk verontreinigde waterbodems leiden tot verspreiding van de verontreiniging stroomafwaarts, tot verontreiniging van de overstromingsgebieden en tot effecten op het ecosysteem. Ter beperking van de verspreiding kan het verontreinigde slib verwijderd worden door baggeren of kan het verontreinigde slib worden opgevangen in een zandvang. Baggeren heeft als voordeel dat de verontreiniging definitief wordt verwijderd, dit is dus alleen een zinvolle optie als de aanvoer van metalen naar het oppervlaktewater daadwerkelijk is gestopt en er geen kwel van verontreinigd grondwater meer optreedt. Nadeel van baggeren is dat grote hoeveelheden verontreinigde specie moeten worden afgevoerd en verwerkt. Logistische problemen en kosten kunnen hier een belangrijke belemmering zijn. Daarnaast kan baggeren schade toebrengen aan de, voorzover aanwezig, natuurlijke oevers van de waterlopen.

Een zandvang gaat verspreiding van verontreinigd slib stroomafwaarts tegen en leidt tot een min of meer gecontroleerde opvang van verontreinigd slib. Als belangrijk nadeel kan worden gezien dat een zandvang op termijn vol raakt en leeggebag-

gerd moet worden Dit is thans voor een aantal zandvangen het geval (11)<sup>9</sup> Het leegmaken van de zandvang gaat gepaard met dezelfde problemen als baggeren Daarnaast is het inrichten van een zandvang geen oplossing voor de reeds verontreinigde waterbodem bovenstrooms van de zandvang

## Landbouwgronden

### *Immobilisatie*

Zowel de opname van metalen door gewassen als de uitspoeling naar het grondwater zijn mede afhankelijk van de mate waarin de metalen zijn opgelost in het poriënwater van de bodem Een voor de hand liggende ingreep is het zoveel mogelijk beperken van de hoeveelheid metalen die is opgelost, door de adsorptie aan de vaste fase van de bodem te bevorderen Toevoeging van adsorberende materialen aan de bodem, alsmede het in stand houden van een neutrale pH zijn hiervoor mogelijkheden

In de gangbare landbouwkundige praktijk is het gebruikelijk om het organische stofgehalte en de pH van de bodem op peil te houden De organische stofvoorraad verdient in de Kempen wellicht extra aandacht, vanwege de lage gehalten die van oudsher voorkomen In het verleden zijn er landbouwkundige adviezen verstrekt aan boeren die gewassen met verhoogde cadmiumgehalten aanboden aan de veiling In hoeverre de gangbare praktijk en deze adviezen afdoende zijn om verhoogde cadmiumgehalten in gewassen en organen van vee te voorkomen is niet duidelijk omdat het hiernaar verrichte onderzoek destijds vrij summier was en een controle daarop thans niet meer wordt uitgevoerd

Naast het op peil houden van de pH en het organisch stofgehalte van de bodem, kunnen ook bepaalde immobiliserende verbindingen aan de bodem worden toegevoegd Dit zijn stoffen die metalen in hoge mate binden en verhinderen dat de metalen oplossen in het bodemvocht Een overzicht van immobiliserende stoffen wordt gegeven in Karssemeijer & Mertens (40) In relatie tot de Kempen staan twee stoffen in de belangstelling die een bijdrage zouden kunnen leveren aan de immobilisatie van zware metalen beringiet en mangaanoxiden

---

<sup>9</sup> De commissie heeft vernomen dat Budelco behoefte heeft aan afdekgronden voor de Jarosiet-bekkens Bezien zou kunnen worden of het materiaal uit de zandvangen mogelijk in deze behoefte kan voorzien

In België wordt geëxperimenteerd met het toevoegen van beringiet aan de bodem. Het betreft hier bodems met zeer hoge metaalgehalten, die gewasgroei belemmeren. Beringiet is een kleiachtig afvalproduct dat ontstaat bij verbranding van kolenreststoffen. Beringiet is in staat in hoge mate metalen aan zich te binden, er zijn aanwijzingen dat deze binding zeer hecht is. Beringiet blijkt de metalen zodanig te binden dat succesvolle hervegetatie mogelijk is en de groei van metaaltolerante, en inmiddels ook metaalgevoelige, vegetatie wordt bevorderd. Daarbij neemt het metaalgehalte in de planten af ten opzichte van planten die op een onbehandelde bodem groeien (41, 42, 43). Beringiet is geen bemestende stof, additionele organische bemesting bleek nodig om tot een succesvolle hervegetatie te komen. Beringiet blijkt ook weinig aan de plantengroei bij te dragen als de bodemcondities zodanig zijn dat de metaalverontreiniging door de bodem zelf wordt gebonden (hoge pH, hoog klei- en/of organische stofgehalte) (44).

Beringiet lijkt dus vooral een goede remedie voor bodems met weinig bindingscapaciteit, die fytotoxische metaalgehalten bevatten. In het Nederlandse deel van de Kempen bevinden zich weliswaar voornamelijk arme zandgronden, maar de metaalgehalten zijn relatief laag ten opzichte van de bodems waarop beringiet met succes is toegepast. Gewasgroei wordt in Nederland nauwelijks belemmerd door de aanwezige metaalgehalten, afgezien van de directe omgeving van Budelco en een smalle strook langs sommige zinkassenwegen.

Aan de landbouwuniversiteit in Wageningen wordt onderzoek gedaan naar de immobiliserende werking van mangaanoxiden in zandgrond uit onder andere de Kempen. Het onderzoek verkeert in de beginfase. Uit een proef bleek de toevoeging van mangaanoxiden aan verontreinigde zandgrond het cadmiumgehalte in snijbiet ongeveer met een factor 10 terug te kunnen brengen. Daarvoor bleken wel grote hoeveelheden mangaanoxiden nodig te zijn (8 g/kg) (45).

Immobiliserende verbindingen zouden in principe een oplossing bieden voor hoge metaalgehalten in gewassen of hervegetatie van bodems met fytotoxische metaalgehalten. Toch moet de toepassing van dergelijke stoffen op grote schaal vooralsnog met terughoudendheid worden beschouwd, zolang niet bekend is wat op de korte en lange termijn de gevolgen van de toepassing voor de bodem zelf zijn.



### *Fytoremediering*

Een techniek voor het verwijderen van metalen uit de bodem ter plekke is fytoremediering. Deze methode is reeds besproken in het TCB-deeladvies over de particuliere tuinen in de Kempen (hoofdstuk 3). Op een in april '96 gehouden Amerikaans congres over fytoremediering bleek dat er goed onderzoek op veldschaal wordt uitgevoerd, maar dat de algemene toepassing van deze techniek nog niet binnen handbereik ligt. De keuze van het gewas en de teeltmethoden behoeven nader onderzoek, alsmede de invloed van deze techniek op andere (voedings)stoffen en de organische stof in de bodem (46). Veel onderzoek zal ook locatiespecifiek moeten worden uitgevoerd (47). Naast het feit dat deze methode niet direct beschikbaar is, moet ook rekening worden gehouden met de lange tijdsduur die nodig is om metalen op deze wijze uit de bodem te verwijderen, en met het feit dat geoogste metaalhoudende gewassen op één of andere manier zullen moeten worden verwerkt.

#### 6.4 OPLOSSINGEN VOOR HET LANDELIJK GEBIED?

In paragraaf 6.3 zijn een aantal technische ingrepen besproken die in potentie kunnen bijdragen aan het beperken of wegnemen van risico's ten gevolge van de verontreiniging met zware metalen in natuurgebieden, waterbodems, overstromingsgronden en landbouwgronden in de Kempen. Sommige ingrepen blijken nadelen met zich mee te brengen, in de zin dat er grote hoeveelheden verontreinigd materiaal moeten worden verwerkt of dat het effect van de ingreep niet voorspelbaar is. Een aantal mogelijke technische ingrepen verkeert nog in een experimenteel stadium en kan niet zonder nader, locatiespecifiek onderzoek worden ingezet.

Afgezien van de noodzakelijke verdere ontwikkeling van de bovengenoemde ingrepen, dient zich ook de vraag aan wanneer en waar deze maatregelen ingezet moeten worden. Er is geen pasklaar antwoord op deze vraag, mede omdat het antwoord sterk afhankelijk is van locatiespecifieke omstandigheden. De meeste ingrepen leiden tot het verplaatsen van grote hoeveelheden verontreinigd materiaal of het ter plaatse immobiliseren van de metalen op grote oppervlakken. Beslissingen over het al dan niet toepassen van ingrepen dienen dan ook zorgvuldig afgewogen te worden.

Bij de afweging van verschillende ingrepen kan het behulpzaam zijn om de verontreiniging te zien als één vracht aan zware metalen, die zich op een bepaalde manier heeft verdeeld over de verschillende abiotische en biotische compartimenten (grond, grondwater, oppervlaktewater, sediment, lucht, strooisellagen, vegetatie, dieren, micro-organismen etc.). Deze verdeling heeft zowel betrekking op de concentraties van metalen als het volume dat als verontreinigd wordt beschouwd. Hierbij moet worden bedacht dat deze verdeling dynamisch is, de vracht aan metalen blijft zich verplaatsen tussen de verschillende compartimenten tot er een situatie is ontstaan die past bij de heersende omstandigheden. Als deze omstandigheden wijzigen, door bijvoorbeeld het plegen van ingrepen, kunnen er opnieuw verschuivingen gaan optreden.

Verschuivingen leiden ertoe dat de vracht aan zware metalen niet evenredig verdeeld is over alle compartimenten, in sommige compartimenten bevindt zich een relatief grote massa metalen, in andere compartimenten minder. Daarnaast is het zo dat de metalen in bepaalde compartimenten een groter risico vormen, meer beperkingen aan het gebruik stellen of zich sneller verspreiden dan in andere compar-

timenten Ingrepen zouden moeten leiden tot een vermindering of het wegnemen van de risico's, gebruiksbeperkingen of verspreiding in een compartiment ten gevolge van de zware metaal verontreiniging, zonder dat daarbij het probleem naar een ander compartiment wordt verschoven De vracht aan metalen wordt doorgaans niet verwijderd of verminderd, maar de verdeling van de vracht aan zware metalen over de verschillende compartimenten wordt beïnvloed, waardoor (voor zover mogelijk) een verdeling ontstaat die het meest gewenst is

Ter illustratie kan het gegeven dienen dat het niet behandelen van de bodem met bepaalde mest- en/of immobiliserende stoffen tot uitspoeling van cadmium en zink naar het grondwater zal leiden Het antwoord op de vraag of immobiliserende stoffen aan de bodem moeten worden toegevoegd hangt af van wat schadelijker (in de breedste zin van het woord) wordt gevonden de huidige metaalgehalten in de bodem of de te verwachten, door uitspoeling ontstane, concentraties van metalen in het grondwater Daarbij spelen natuurlijk de inspanning die het kost om de metalen in de bodem te houden en de vraag of de bodem bij het achterwege blijven van behandeling uiteindelijk schoon zal spoelen een belangrijke rol

Een ander voorbeeld is de vraag of het milieuhygiënisch verantwoord is de Dommel in het kader van natuurbeheer over een bepaald traject een natuurlijker aanzicht te geven door de waterloop te laten meanderen Dit betekent dat het oppervlak van de bedding van de rivier, de bezinking van slib en dus ook het oppervlak aan verontreinigde waterbodem zullen toenemen Het totale gebied met een verontreinigde (water)bodem neemt echter niet toe omdat de oever ten gevolge van frequente overstromingen toch al zwaar verontreinigd was Door het meanderen neemt de bezinking toe waardoor de zandvang nabij Eindhoven wellicht minder zal worden belast De overweging die dan nog een rol kan spelen is dat een meanderende Dommel een natuurlijker ecosysteem bevordert, waardoor meer bijzondere (zeldzame) planten- en diersoorten worden aangetrokken die blootgesteld zullen worden aan de zware metalen Hierbij dringt zich de ethische vraag op of het beter is om blootgestelde bijzondere planten- en diersoorten te hebben, danwel helemaal geen bijzondere planten- en diersoorten

Er zijn in potentie een beperkt aantal technische ingrepen beschikbaar om de risico's van de bodemverontreiniging in het landelijk gebied terug te dringen of weg te nemen Bij de overweging ten aanzien van het toepassen van deze ingrepen kan het idee dat er sprake is van een bepaalde verdeling over de aanwezige milieucompartimenten, die kan worden beïnvloed door technische ingrepen, een rol spelen Toch

zal er tot in lengte van dagen rekening moeten worden gehouden met het feit dat de bodem in grote delen van het landelijk gebied van de Kempen verontreinigd is met metalen

### **Hoe verder?**

In het voorafgaande is vastgesteld dat de metaalgehalten in de bodem van het landelijk gebied van de Kempen op grote schaal de streefwaarden overschrijden. De grenzen van dit gebied zijn niet met zekerheid vast te stellen. Daarnaast zijn binnen dit gebied enkele ernstig verontreinigde locaties aanwezig. Er zijn negatieve ecologische effecten waargenomen, de onderzoeksresultaten zijn echter te weinig samenhangend om een duidelijk beeld te geven van de ecologische gevolgen van de bodemverontreiniging. Met betrekking tot mogelijke risico's voor de volksgezondheid kan worden gesteld dat het niet kan worden uitgesloten dat er commercieel plantaardige en dierlijke producten met verhoogde metaalgehalten worden geteeld. Effecten daarvan zijn echter niet onderzocht noch geconstateerd<sup>10</sup>

Aan het feit dat de bodemverontreiniging in de Kempen niet volledig zal worden verwijderd mag niet verbonden worden dat de bodem dan voor alle vormen van gebruik geschikt is. Er zal blijvend aandacht moeten zijn voor de (mogelijke) gevolgen van menselijk handelen voor de verontreinigingssituatie en de risico's die daarvan uitgaan. Op grond van de hierboven beschreven overwegingen lijkt een gestructureerde vorm van bodembeheer voor de Kempen als geheel noodzakelijk.

### **Actief Bodembeheer voor de Kempen**

Onder de titel "actief bodembeheer" worden thans veel discussies gevoerd die zullen leiden tot een vorm van beheer van verontreinigde bodems op gemeentelijk en provinciaal niveau. Hoewel het "actief bodembeheer" als concept nog nadere invulling behoeft, lijken twee elementen essentieel.

---

<sup>10</sup> In het onderzoek dat in de Kempen, en met name te Luycksgestel is uitgevoerd, zijn weliswaar een aantal effecten van de cadmium verontreiniging bij de mens geconstateerd, maar deze hingen volgens de onderzoekers samen met consumptie van groenten uit eigen tuin (hoofdstuk 3)

*1 Kennis van de verontreinigingssituatie,*

*2 Gebruiksbeperkingen die samenhangen met de aanwezige bodemverontreiniging*

Deze twee elementen zijn ook voor grootschaliger situaties zoals de Kempen essentieel, maar niet afdoende. Hierna volgen nog twee elementen die in grootschalige situaties van belang zijn.

*3 Monitoring van autonome ontwikkelingen*

Er moet rekening gehouden worden met het feit dat veranderend landgebruik in grote delen van de Kempen kan leiden tot mobilisatie van de metaalverontreiniging. Daarnaast treden ook in de (semi) natuurlijke ecosystemen in het landelijk gebied van de Kempen autonome veranderingen op. Van de autonome ontwikkeling van ecosystemen en de gevolgen die dat heeft voor het gedrag en de effecten van de metaalverontreiniging is te weinig bekend om goede prognoses te maken. In het kader van het beheer is dus monitoring noodzakelijk om nadelige ontwikkelingen tijdig te signaleren en om te buigen. De concrete opzet van ecosysteem monitoring zal nader moeten worden uitgewerkt. Monitoring van gedrag en effecten van de verontreiniging op landbouwgronden is eenvoudiger, en kan wellicht worden beperkt tot het periodiek meten van het cadmiumgehalte in geteelde gewassen en de mate waarin grondbewerking en bemesting bijdraagt aan het mobiliseren van cadmium en zink. Een belangrijk voordeel van systematische monitoring is dat het niet alleen een beeld geeft van veranderingen in de verontreinigingssituatie maar tevens gegevens kan opleveren, die het bijsturen van nadelige ontwikkelingen mogelijk kunnen maken of positieve ontwikkelingen kunnen stimuleren. Zo zou vermindering of verwijdering van de bodemverontreiniging kunnen samengaan met herstel van de natuur of natuurontwikkeling. In een recent artikel in het tijdschrift *Bodem* pleiten Karres *et al.* (48) voor deze benadering, waarbij wordt gesteld dat de aanwezigheid van bodemverontreiniging als een te passeren barrière voor natuurontwikkeling wordt gezien.

*4 Rekening houden met effecten op de bodemverontreiniging bij geplande veranderingen in landgebruik*

Dit vierde element houdt in dat bij geplande veranderingen in landgebruik expliciet rekening moet worden gehouden met de effecten van de verandering op de bodemverontreiniging. Bij veranderingen van enige omvang zal meestal een Milieueffectrapportage worden uitgevoerd, waarin de gevolgen van de verandering voor natuur en milieu worden beschreven. Daarbij zou in de Kempen tevens expliciet aandacht moeten worden besteed aan de effecten van de verandering op de aanwezige bodemverontreiniging.

Omdat het bodemgebruik zo bepalend kan zijn voor het gedrag en de effecten van de metaalverontreiniging zou als vijfde element in het actief bodembeheer ook onderzocht moeten worden in hoeverre het bodemgebruik kan bijdragen aan een verbetering van de verontreinigingssituatie. In dit verband lijkt het gunstiger het gebruik van landbouwgronden te extensiveren om productieoverschotten tegen te gaan, dan het uit productie nemen van gronden. Bij extensivering worden verzuring en mobilisatie van metalen immers voortdurend tegengegaan door de bodem op een landbouwkundig gewenste pH te houden.

Samenvattend kan dus worden gesteld dat voor het landelijk gebied in de Kempen een vorm van actief bodembeheer noodzakelijk is die breder is opgezet dan hetgeen uit de huidige discussies over actief bodembeheer op gemeentelijk niveau naar voren komt. Het gaat om de volgende elementen:

- 1 De kennis van de verontreinigingssituatie. Hierbij gaat het niet alleen om zogenoemde bodemkwaliteitskaarten, maar ook om prognoses met betrekking tot uitloging en verspreiding van de verontreiniging. Om de toekomstige verspreiding via het grondwater in te kunnen schatten is specifieke hydrologische kennis nodig (hoofdstuk 4).
- 2 De gebruiksbeperkingen die samenhangen met de aanwezige bodemverontreiniging. Deze kennis is van belang om te beoordelen of de verontreiniging moet worden verwijderd om een bepaalde bestemming te kunnen realiseren.
- 3 Monitoring van (autonome) veranderingen in gedrag en effecten van de bodemverontreiniging. Met name bij natuurgebieden dient de ontwikkeling van het ecosysteem te worden gevolgd. Drastische saneringsingrepen zijn immers zo destructief dat ze niet kunnen worden uitgevoerd. Deelsaneringen en bijsturen van autonome ontwikkelingen kunnen perspectieven bieden.
- 4 Rekening houden met de effecten van (geplande) veranderingen in het landgebruik op de bodemverontreiniging. Bij wijzigingen in bestemming wordt beoordeeld in hoeverre de bodem geschikt is - of na sanering geschikt te maken is - voor het beoogde gebruik. In de Kempen dient in aanvulling daarop beoordeeld te worden wat het effect is van de wijziging in het landgebruik op de aanwezige bodemverontreiniging. Is het voor de wijziging in bodemgebruik nodig om een deel van de verontreiniging te verwijderen dan kan het doelmatig zijn om meer te verwijderen indien daarmee milieuwinst, zoals het opheffen van allerlei gebruiksbeperkingen, kan worden geboekt.
- 5 Landgebruik zodanig inrichten dat de verontreinigingssituatie beheersbaar blijft en verbetert. Enerzijds is de kwaliteit van het milieu beperkend voor de

ruimtelijke ordening omdat ten gevolge van de verontreiniging niet alle vormen van bodemgebruik meer mogelijk zijn. Anderzijds heeft de wijze waarop de bodem wordt gebruikt consequenties voor gedrag en effecten van bodemverontreiniging. Deze wisselwerking lijkt in het kader van actief bodembeheer van belang omdat verstandige combinaties van milieuomstandigheden en bodemgebruik de verontreiniging beheersbaar kunnen houden. Een nadere verkenning voor de situatie in de Kempen lijkt gewenst.

### **Organisatorische aspecten**

Bij het voorbereiden van dit advies heeft de commissie geconstateerd dat de houding ten aanzien van de aanwezigheid van grootschalige bodemverontreiniging in de Kempen bij de verschillende betrokken partijen nogal uiteenloopt. Wetenschappers op het vlak van de eco(toxico)logie, bodemverontreiniging en modellering van gedrag van stoffen in het milieu zien de Kempen als een interessante proeftuin. Doordat er geen sprake was van een gerichte programmatische benadering en er mede daardoor geen integratie van onderzoeksresultaten heeft plaats kunnen vinden, is er geen eenduidig en samenhangend beeld ontstaan van de toestand van het milieu en in het bijzonder van de ecosystemen in de Kempen. Bij natuurbouw of herinrichtingsplannen wordt de bodemverontreiniging als belemmerend ervaren bij het uitvoeren van de plannen, of wordt de aanwezigheid van bodemverontreiniging genegeerd, daarentegen wordt bij de realisatie van de ecologische hoofdstructuur in Brabant duidelijk wel rekening gehouden met de bodemverontreiniging. In het gebied van de laaglandbeken Beerse en Reusel wordt bijvoorbeeld een probleemverkenkend onderzoek uitgevoerd naar de gevolgen van het uit productie nemen van landbouwgronden, met name met het oog op mobilisatie van metalen (49). Anderzijds wordt in het plan van aanpak voor het landelijk gebied in de regio Noord-Brabant en Limburg (projectbureau NUBL) en op een symposium over "natuur op de grens" met geen woord gerept over de zware metaalverontreiniging in de Kempen, terwijl er wel aandacht wordt besteed aan de milieuthema's verzuring, versnippering en verdroging (50, 51).

De commissie signaleert dat aandacht voor de consequenties van de bodemverontreiniging in de Kempen voor het gebruik van de bodem geen gemeengoed is. Gezien

- het wetenschappelijke onderzoek over de effecten van bodemverontreiniging in de Kempen sterk versnipperd is,
- de bodemverontreiniging in de Kempen tot gebruiksbepalingen van de bodem leidt en daarom blijvend aandacht behoeft,

- de (deel)saneringstechnieken nog verder ontwikkeld moeten worden en in praktijk gebracht moeten worden, en
- allerlei ingrepen in en op de bodem kunnen leiden tot (onbedoelde) wijzigingen in de verdeling van de metalen over de verschillende milieucompartimenten,

lijkt het de commissie onvermijdelijk dat er meer dan tot nu toe coordinatie moet plaatsvinden. Dit is des te meer het geval als aan actief bodembeheer in de Kempen vorm moet worden gegeven. Samenwerking tussen verschillende overheden (gemeenten, provincies, waterschappen) en samenwerking met België is dan noodzakelijk. Hoewel op verschillende plaatsen op deelgebieden wordt samengewerkt, lijkt voor een integrale benadering van de bodemverontreiniging in de Kempen een sterkere organisatie nodig.

De commissie beschouwt het niet als haar taak om aan te geven hoe dit zou moeten worden georganiseerd. Bevorderen van de communicatie tussen verschillende betrokken instanties en instituten is een mogelijkheid. De coordinatie zou ook kunnen worden bewerkstelligd door het in het leven roepen van een instantie die zich met de bovengenoemde problematiek gaat bezig houden. Bij de coordinatie dienen vooral de praktijk en locatiespecifieke aspecten voorop te staan.



## 6 5 REFERENTIES

- 1 De zware metaalverontreiniging in een gedeelte van Noord-Brabant en van Limburg Nader onderzoek fase II, rapportage deelprojecten I t/m IV, 1985 Haskoning, Nijmegen
- 2 Onderzoek ten behoeve van de omvangsbepaling van de cadmiumverontreiniging in de Kempen, 1992 CSO Adviesbureau voor Milieuonderzoek, Bunnik
- 3 Edelman, Th , W Ma & J J M Kuijpers, 1985 Verontreiniging van de bodem met de zware metalen cadmium, lood en zink in de omgeving van een zinksmelterij in de Brabantse Kempen Milieutechniek nr 1
- 4 J J M Kuijpers, 1981 Verontreiniging van de bodem met zware metalen rondom de zinksmelterij van Budel Stageverslag, intern rapport Rijksinstituut voor natuurbeheer, Arnhem
- 5 Notenboom, J & L Posthuma, 1994 Validatie toxiciteitsgegevens en risicogrenzen bodem voortgangsrapportage 1993 RIVM, rapportnr 719102029, Bilt-hoven
- 6 J H Faber, 1995 Bescherming van organische bodems Technische commissie bodembescherming, R05(1995), Den Haag
- 7 Janssen, M P M , E N G Joosse & N M van Straalen, 1990 Seasonal variation in concentration of cadmium in litter arthropods from a metal contaminated site *Pedobiologia* 34 257-267
- 8 Posthuma, L , 1990 Genetic differentiation between populations of *Orchesella cincta* (Collembola) from heavy metal contaminated sites *J Appl Ecol* 27 609-622
- 9 Postma, J F , 1995 Adaptation to metals in the midge *Chironomus riparius* Academisch Proefschrift, Universiteit van Amsterdam
- 10 Cadmiumverontreiniging in West-Limburg, 1995 Tauw, Deventer
- 11 Cadmium in de Kempen, 1996 Notitie ten behoeve de hoorzitting van de Technische commissie bodembescherming dd 27 februari 1996 Waterschap de Dommel, Boxtel
- 12 Bodemverontreiniging in de Kempen en een aangrenzend gedeelte van de provincie Limburg Nader onderzoek fase I Inventarisatie, 1984 Haskoning, Nijmegen
- 13 De zware metalenverontreiniging in een gedeelte van Noord-Brabant en van Limburg Nader onderzoek fase II Evaluatie van de onderzoeksresultaten, 1985 Haskoning, Nijmegen
- 14 Denneman, W D , J H Faber & H J P Eijsackers, 1986 Zware metalen en de effecten daarvan op natuurwaarden een case-study voor de Brabantse Kempen RIN-rapport 86/10, Arnhem

- 15 Denneman, W D , H J P Eijsackers, J H Faber & W C Ma, 1987 Zware metalen in de Kempen, ecologische aspecten Landschap 1987 nummer 3 172-195
- 16 Cals, M & C Jansen, 1987 Gebukt onder een zware last Effecten van zware metalen op natuurlijke ecosystemen in de Brabantse Kempen Katholieke Universiteit Nijmegen en Inspectie van de volksgezondheid voor de hygiëne van het milieu voor Noord-Brabant Rapportnr 71
- 17 Oost, K & J 't Hart, 1994 Effecten van zware metalen op flora en fauna in de Kempen Verslag Veldsymposium georganiseerd door Stichting Natuur en Milieu, SNM-9414, Utrecht
- 18 Straalen, N M van & J van Wensem, 1986 Heavy metal content of forest litter arthropods as related to body-size and trophic level Environ Pollut (Series A) 42 209-221
- 19 Ma, W , 1982 Regenwormen als bio-indicators van bodemverontreiniging Reeks Bodembescherming 15 Ministerie VROM, Den Haag
- 20 Dueck, Th A , 1986 Impact of heavy metals and air pollution on plants Academisch Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam
- 21 Werff, M van der, 1981 Ecotoxicity of heavy metals in aquatic and terrestrial higher plants Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam
- 22 Gorree, M & W L M Tamis, 1993 BIOMAG-2 aanpassing en evaluatie van een model voor biomagnificatie in terrestrische voedselketens Centrum Milieukunde, Leiden
- 23 Luit, B van & K W Smilde, 1983 Onderzoek naar de verontreiniging met cadmium en zink van grond en gewas in de omgeving van zinkfabrieken Bedrijfsontwikkeling 14 489-493
- 24 Lukkenaer, J, L Elbers, M Boom & H Heeren, 1983 Het cadmiumgehalte van een aantal "winterse" gewassen in de Brabantse Kempen Rapport van de Keuringsdienst van Waren, 's-Hertogenbosch
- 25 Warenwetregeling Normen zware metalen, 1993 Staatscourant 40
- 26 Spierenburg, Th J , G J de Graaf, A J Baars, D H J Brus, M J M Tielen & B J Arts, 1988 Cadmium, zinc, lead, and copper in livers and kidneys of cattle in the neighbourhood of zinc refineries Environmental Monitoring and Assessment 11 107-114
- 27 Capelleveen, H E van, 1987 Ecotoxicity of heavy metals for terrestrial isopods Academisch Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam
- 28 Donker, M H , 1992 Physiology of metal adaptation in the isopod *Porcellio scaber* Academisch Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam
- 29 Posthuma, L , 1992 Genetic ecology of metal tolerance in *Collembola* Academisch Proefschrift, Vrije Universiteit, Amsterdam
- 30 Hendriks, J, W Ma, S Kerkhofs & T Smits, 1995 Giftige stoffen een belemmering voor natuurontwikkeling in uiterwaarden? H2O 28 595-597

- 31 Kreis, I A , 1992 Health effects of cadmium contamination in Kempenland Proefschrift, Rijksuniversiteit Leiden
- 32 Tummers, R , 1996 Veranderd grondgebruik Effecten op mobiliteit van cadmium en de cadmiumbalans voor de case bebossing van voormalige akkerbouwgrond Verslag van doctoraalonderzoek uitgevoerd onder begeleiding van S Moolenaar Landbouwniversiteit Wageningen
- 33 Goselink, G R A , H N M Ferdinandus & S E A T M van der Zee, 1993 De verplaatsing van aan grond gehechte bestrijdingsmiddelen als gevolg van winderosie Wetenschapswinkel Wageningen, rapportnr 93
- 34 Posthuma, L & N M van Straalen, 1993 Heavy-metal adaptation in terrestrial invertebrates a review of occurrence, genetics, physiology and ecological consequences *Comp Biochem Physiol* 106C 11-38
- 35 Romkens, P F & W de Vries, 1995 Acidification and metal mobilization effects of land use changes on Cd mobility In *Acid rain research Do we have enough answers?* G J Heij & J W Erisman (eds) Elsevier Science
- 36 Kuiper, R Chemische tijdbommen onder Nederland Studierapport Ruimtelijke ordening en bodemverontreiniging in het landelijk gebied Rijksplanologische Dienst, Den Haag
- 37 Salomons, W & W M Stigliani, 1995 Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments Risk assessment of delayed and non-linear responses Springer, Berlijn
- 38 Brouns, J J W M , C van der Kraan, E Schurink, K W Smulde & H J P A Verkaar, 1993 Saneringstechnieken in het landelijk gebied Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, rapport 006, Wageningen
- 39 Weckx, H J , M C Hanegraaf & G A Pak, 1995 Groene bodemsanering Centrum voor Landbouw en Milieu, CLM 178, Utrecht
- 40 Karssemeijer, P L & M Mertens, 1990 Inventariserend onderzoek naar 'state of the art' van immobiliseren RIZA rapport no 91073, Lelystad
- 41 Vangronsveld, J , R Carleer & H Clijsters (1994) Transfer of metals and metalloids from soil to man through vegetables cultivated in polluted gardens risk assessment and methods for immobilization of these elements in soils In proceedings of the 6th Int Conf Environmental Contamination, S P Varnavas (ed), CEP Consultants Edinburgh, pp 142-145
- 42 Vangronsveld, J , J Sterckx, F Van Assche & H Clijsters (1995) Rehabilitation studies on an old non-ferrous waste dumping ground effects of revegetation and metal immobilization by beringite *Journal of Geochemical Exploration* 52 221-229
- 43 Vangronsveld, J , F Van Assche & H Clijsters (1995) Reclamation of a bare industrial area contaminated by non-ferrous metals in situ metal immobilization and revegetation *Environmental Pollution* 87 51-59
- 44 Mench, M , J Vangronsveld, V Didier & H Clijsters (1994) Evaluation of metal mobility, plant availability and immobilization by chemical agents in a limed-silty soil *Environmental Pollution* 86 279-286

- 45 Schroder, T J , 1996 Immobilisatie van zware metalen met behulp van mangaanoxiden Verslag van doctoraalonderzoek uitgevoerd onder begeleiding van Th M Lexmond, Landbouwwuniversiteit Wageningen
- 46 Eijsackers, H , 1995 How to manage accumulated contaminants In Biogeo-dynamics of pollutants in soils and sediments Risk assessment of delayed and non-linear responses, W Salomons & W M Stigliani (eds) Springer, Berlijn
- 47 TCB, 1996 Verslag van de vergadering dd 15 mei 1996
- 48 Karres, J J C , P J Kusse & H D M R Versteegde, 1995 Bodemverontreiniging in het landelijk gebied Bodem nr 4, 1995
- 49 Smit, A , 1995 Chemische tijdbommen bedreigen platteland Natuurontwikkeling 1, 1995
- 50 Plan van aanpak NUBL, 1995 Dynamische ontwikkeling landelijk gebied Projectbureau NUBL, Eindhoven
- 51 Gysels, R & G Hekstra, 1995 Natuur op de grens Symposiumverslag NEVECOL

## SAMENVATTING

De Kempen kunnen worden aangeduid als een urgent te saneren geval van ernstige bodemverontreiniging "Urgent" wil zeggen dat er sprake is van onaanvaardbare actuele risico's zowel voor de mens als voor ecosystemen Tevens is er sprake van een onaanvaardbaar verspreidingsrisico Zowel voor het vaststellen van "ernstige bodemverontreiniging" als het bepalen van de urgentie van sanering wordt uitgegaan van risico's, dat wil zeggen de kans dat er een effect optreedt In het geval van de Kempen worden er echter ook daadwerkelijk effecten van de bodemverontreiniging geconstateerd, althans in onderzoeken die overwegend in de jaren '80 zijn uitgevoerd Deze zijn

- Uitspoeling van metalen naar het grondwater,
- Verspreiding van metalen met het grondwater,
- Verspreiding van verontreinigd slib stroomafwaarts en sedimentatie op overstromingsgronden,
- Genetische aanpassing van planten en ongewervelde dieren,
- Accumulatie van strooisel in de omgeving van Budelco,
- Afwijkende nierfuncties bij mensen

Daarnaast zijn er aanwijzingen voor

- Accumulatie van metalen in commercieel geteelde gewassen,
- Accumulatie van metalen in de nieren van hogere diersoorten (doorvergiftiging),
- Verminderde reproductie bij koeien

Saneringsmaatregelen zouden dan ook in eerste instantie gericht moeten zijn op het wegnemen van effecten, en vervolgens op de reductie van risico's Met betrekking tot de effecten en de risico's voor de mens zijn of worden deze stappen ondernomen Het probleem doet zich voor dat er nauwelijks middelen zijn om een deel van de overige effecten op te heffen, of de risico's hiervan te reduceren Dit houdt in dat sommige effecten als een voldongen feit geaccepteerd moeten worden, en dat alle inspanning erop gericht dient te zijn om de situatie zoveel mogelijk te beheersen Daarbij kan nog worden opgemerkt dat de verontreiniging in de bovengrond op de zeer lange termijn door uitspoeling zal afnemen en dat de daarmee samenhangende effecten geleidelijk zullen verminderen of verdwijnen Daartegenover staat dat de grondwaterverontreiniging en verspreiding zullen toenemen

Aanbevolen wordt om actief bodembeheer voor de Kempen te ontwikkelen. Actief bodembeheer bestaat in eerste instantie uit de volgende zeven actiepunten

- 1 Kennis vergroten van de verontreinigingssituatie,
- 2 Gebruiksbeperkingen inventariseren die samenhangen met de aanwezige bodemverontreiniging,
- 3 Monitoring van effecten van de bodemverontreiniging,
- 4 Bij veranderingen in het landgebruik rekening houden met effecten hiervan op de bodemverontreiniging,
- 5 Rekening houden met de mogelijke effecten van veranderingen in milieucondities,
- 6 Landgebruik zodanig inrichten dat de situatie beheersbaar wordt en verbetert,
- 7 Opzetten van een "grondbank" voor de Kempen

Als direct te nemen maatregelen ziet de commissie

- Een algemeen advies uitvaardigen om geen groenten uit particuliere tuinen te consumeren, gevolgd door het onderzoek en de beheersmaatregelen zoals die in het deeladvies over de particuliere tuinen zijn aanbevolen,
- Het voortzetten van de inventarisatie van depots, erven of wegverhardingen van zinkassen, en het organiseren van een inzamelingsstructuur voor de vrijkomende zinkassen, die op het Budelco-terrein gedeponeed kunnen worden,
- Het opzetten van een overkoepelende organisatie, die het beheer, advies en onderzoek in de Kempen ter hand gaat nemen

Om het actief beheer van de bodemverontreiniging in de Kempen uit te kunnen voeren, zal er coördinatie tussen verschillende overheden (gemeenten, provincies, waterschappen) en met België moeten plaatsvinden. Hierbij dienen vooral praktijk en locatiespecifieke factoren voorop te staan. De commissie beveelt aan om een aparte beheersorganisatie in het leven te roepen, waar alle activiteiten die een relatie (kunnen) hebben met de bodemverontreiniging in de Kempen, zoals beheersmaatregelen, onderzoek en sanering, worden gecoördineerd. Op deze wijze kan de onderlinge afstemming van de activiteiten worden gewaarborgd.

Het saneren van deelgebieden met metaalgehalten boven de interventiewaarden door verwijderen of isoleren van de verontreiniging wordt daarnaast noodzakelijk geacht in verband met de risico's die uitgaan van deze deelgebieden voor verdere verspreiding van de verontreiniging. Dit houdt in principe in verwijdering van de verontreinigde waterbodems en overstromingsgronden. Uitvoering is echter pas realistisch indien de bron van verontreiniging definitief is aangepakt. Zolang dit

nog niet het geval is, dient het functioneren van de zandvangen in stand te worden gehouden. Overige gronden die in de omgeving van Budelco zijn gelegen zouden onder het regime van de geohydrologische isolatie van het Budelco-terrein kunnen worden ondergebracht.

Ten aanzien van de bodemverontreiniging is voor de Kempen geen duidelijke eind-situatie te voorzien. De bodemverontreiniging in de Kempen zal derhalve voortdurende overheidszorg behoeven.

Het beheren en deels saneren van dit geval van bodemverontreiniging brengt het nodige onderzoek met zich mee. De commissie heeft de gedane onderzoeksaanbevelingen ingedeeld in twee categorieën, te weten monitoring en analytisch onderzoek. De onderzoeksaanbevelingen die zijn gemerkt met een "#" worden als prioritair gezien, en dienen op de korte termijn te worden uitgevoerd. De overige aanbevelingen zijn voor de komende jaren.

Onder monitoring wordt verstaan het volgen, door middel van bijvoorbeeld metingen, van het te onderzoeken verschijnsel in de tijd. De volgende aanbevelingen worden gedaan:

- # monitoren van metaalgehalten in commercieel verbouwde gewassen,
- # monitoren van de zuurgraad van landbouwgronden,
- # monitoren van de effecten van de cadmiumverontreiniging op de mens en het vee,
- # bepaling van de actuele kwaliteit van het grondwater, en het monitoren van de verspreiding van metalen door uitloging en verspreiding via het grondwater,
- bepaling van de actuele effecten van de metalen op natuurgebieden als geheel en het monitoren hiervan,
- bepaling van de actuele effecten van de metalen op het grondwaterecosysteem en het monitoren hiervan.

Bij analytisch onderzoek ligt de nadruk op de verklarende mechanismen achter de te onderzoeken verschijnselen. De volgende aanbevelingen zijn gedaan:

- # onderzoek ten behoeve van de indeling van zinkassen naar afdekking en ligging ten opzichte van kwetsbare gebieden,
- # onderzoek ten behoeve van de afbakening van het gebied rond Budelco dat boven de interventiewaarden is verontreinigd en wellicht bij het geohydrologisch beheersysteem van het Budelco-terrein kan worden opgenomen,
- # onderzoek naar vastlegging van de metalen in de bodem door toevoeging van immobiliserende stoffen,

- # onderzoek naar het verwijderen van de metalen uit de bodem met behulp van metaalaccumulerende planten (fytoremediering),
- ontwikkeling van een model waarmee de verspreiding van het verontreinigde grondwater gemodelleerd kan worden en dat kan aangeven in hoeverre verschillende bronnen bijdragen aan de verontreiniging van het grondwater, ook in de toekomst, als milieuomstandigheden veranderen,
- aanvullend (geo)hydrologisch onderzoek ter ondersteuning van een grondwater-verspreidingsmodel,
- het schatten van de risico's op de korte of lange termijn voor gevoelige grondwaterafhankelijke ecosystemen en gevoelige vormen van gebruik van grondwater, zoals drinkwater,
- onderzoek naar natuurontwikkeling op verontreinigde grond