

Afslapen

PLWS

BOEDENVERONTREINIGING IN DE KEMPEN
EN EEN AANGRENZENDE GEDEELTE VAN
DE PROVINCIE LIMBURG

Nader onderzoek fase 1: Inventarisatie

Uitgevoerd in opdracht van
Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant
en aangevuld voor Provinciale Waterstaat
in Limburg

MAART 1964

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau
Postbus 151
6500 AD NIJMEGEN
Tel.: 060-228015

BODEMVERONTREINIGING IN DE KEMPEN
EN EEN AANGRENZEND GEDEELTE VAN
DE PROVINCIE LIMBURG

Nader onderzoek fase I: Inventarisatie

Uitgevoerd in opdracht van
Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant
en aangevuld voor Provinciale Waterstaat
in Limburg

MAART 1984

HASKONING
Koninklijk Ingenieurs- en Architectenbureau
Postbus 151
6500 AD NIJMEGEN
Tel.: 080-228015

INHOUDSOPGAVE

BLZ

SAMENVATTING

1

1. INLEIDING

2

1.1 Doel

2

1.2 Opzet

4

1.3 Afwijkingen m.b.t. de offerten

4

2. KARTERING VAN CADMIUM EN ZINK

6

2.1 Gebruiksfuncties

6

2.2 Verontreinigingsklassen

7

2.3 Onderzoeksgegevens

9

2.4 Verwerking gegevens

10

2.5 Resultaten

11

2.6 Discussie

11

3. ASSENWEGEN

13

3.1 Verwerking gegevens

13

3.2 Discussie

13

4. VOORLOPIGE CADMIUMBALANS

14

4.1 Verwerking gegevens

14

4.2 Discussie

16

5. CONCLUSIES

17

BIJLAGEN: 1. Onderbouwing gezondheidsrisico's

2. Rapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer

3. Lijst van geschikte onderzoeken

4. Uitwerking selectie van onderzoeksgegevens

5. Uitwerking computermatige verwerking

6. Uitwerking balansposten

TEKENINGEN: 1659-06.01

1659-06.02

1659-06.03

1659-06.04

84/1659.06/2K

Coll.: SHO/MM/16005

SAMENVATTING

Er is een inventarisatie en evaluatie gemaakt van tot nu toe verrichte onderzoeken met als onderwerp de belasting met cadmium en zink van de Nederlandse gemeenten Luijksgestel, Bergeijk, Westerhoven, Valkenswaard, Leende, Maarheeze, Budel, Nederweert, Weert en Stramproy en delen van de Belgische Gemeenten Lommel, Neerpelt en Hamont-Achel.

Deze inventarisatie en evaluatie resulteerde in een drietal activiteiten:

1. Op een viertal kaarten zijn in klassen de cadmium- en zinkconcentraties in bodem (tot 25 cm onder maaiveld) en water (tot 500 cm onder maaiveld) aangegeven in relatie tot het bodemgebruik. Deze kaarten zijn gebaseerd op de verwerking van ± 1100 monsters.
2. Op deze kaarten staan tevens de tracés van (voormalige) assenwegen, voorzover door de betreffende gemeente aangegeven.
3. De in- en export van cadmium op jaarbasis voor het Nederlandse deel van het betrokken gebied is gekwantificeerd, op basis waarvan een voorlopige cadmium-balans is opgesteld.

Op grond van de verrichte activiteiten is enig inzicht verkregen in de verontreiniging welke in het verleden is veroorzaakt. Deze verontreiniging kwam op drieërlei manieren tot stand:

1) uitstoot via de atmosfeer, wat resulteerde in een diffuse, wijd verspreide immissie; 2) afvoer van proceswater, waardoor rivieren en lopen belast werden; en 3) afvoer van zinkassen, welke tot op grotere afstand als verhardingsmateriaal werden gebruikt.

Ook is enig inzicht verkregen in de verontreiniging welke nog steeds plaatsvindt. Deze kan opgesplitst worden in een algemene component (zoals belasting via regenwater, landbouw e.d.) en een specifiek Kempense component (rivieren, zuiveringsslib, assenwegen, industrie).

Waar de verontreinigingen aanwezig zijn in landbouwgebieden, woongebieden en drinkwaterwingebieden kan gesproken worden van knelpuntsituaties.

In het merendeel der gevallen is de aanwezige informatie te gering om tot maatregelen over te gaan.

1. INLEIDING

1.1 Doel

Al sinds een eeuw zijn in het grensgebied van de Belgische en Nederlandse Kempen een aantal grote metallurgische industrieën actief. Redenen waarom deze industrieën zich juist in deze streek hebben gevestigd waren ondermeer:

- het gunstige investeringsklimaat, geschapen ter ontwikkeling van deze toen arme streek;
- de geringe bevolkingsdichtheid, waardoor de toendertijd enorme uitstoot van zware metalen minder hinder veroorzaakte.

Metaalindustrieën welke bijgedragen hebben tot de ontwikkeling van de streek, maar helaas ook tot de vervuiling ervan, zijn de Kempensche Zinkmaatschappij (nu Budelco) te Budel, de Métallurgie Hoboken te Overpelt, de Métallurgie Hoboken te Lommel (dit bedrijf is inmiddels opgeheven) en Vieille Montagne te Balen. Het betreffen hier vooral zinkertsverwerkende bedrijven, welke vroeger zink produceerden met een zogenaamd thermisch procédé.

Een meer recente industriële vestiging is het recuperatiebedrijf van Philips te Maarheeze (sinds einde jaren vijftig).

Vooraf in het verleden zijn door deze industrieën onder meer aanzienlijke hoeveelheden zink en cadmium geëmitteerd. Omdat deze zware metalen doorgaans maar in geringe mate uitspoelen, heeft er gedurende vele decennia accumulatie ervan plaatsgevonden in de wijde omgeving van de fabrieken. Een drietal verspreidingswegen kan worden onderscheiden:

1. Uitstoot via de atmosfeer. Dit heeft geleid tot een diffuse, wijd verspreide immissie van stoffen. Te denken valt hier aan uitstoot van verbrandingsgassen, stofvorming bij ertsoverslag, verstuiving van assenwegen e.d.
2. Afvoer van proceswater. Dit heeft geleid tot een emissie van stoffen naar rivieren en lopen. Bij baggerwerkzaamheden kan vervolgens belast slib over belendende percelen verspreid zijn.
3. Hergebruik van zinkassen. Het gebruik van zinkassen als verhardingsmateriaal voor wegen en erven heeft tot gevolg gehad dat ook op grotere afstand van de industrieën (tot tientallen kilometers toe) verspreiding heeft plaatsgevonden.

Hoewel de meeste van voornoemde industrieën inmiddels overgeschakeld zijn op meer milieuvriendelijke procédés, betekent dit echter niet dat de in het verleden veroorzaakte verontreiniging daarmee teniet gedaan is. Zo zullen bijvoorbeeld assenwegen, afkomstig van (primaire) bronnen als zinkfabrieken niet meer aangelegd worden. Wel zullen echter de nog aanwezige assenwegen als (secundaire) bron van verontreiniging kunnen gaan fungeren door uitspoeling, verstuiving e.d.

Naast de door deze industrieën veroorzaakte belasting met cadmium en zink, is er sprake van belasting veroorzaakt door landbouwactiviteiten. Zo wordt bouwland door bemesting met fosfaatkunstmest, zuiveringsslib e.d. belast met cadmium. Ook door andere activiteiten komt cadmium in ons milieu. Te denken valt bijvoorbeeld aan allerlei verbrandingsprocessen, slijtage van cadmiumhoudend materiaal e.d.

Pas gedurende het laatste decennium is in meer brede kring het besef gerezen dat een dergelijke belasting niet alleen risico's met zich meebrengt voor de mens, maar ook voor het gehele ecosysteem in deze streek. Het is dan ook niet verwonderlijk dat nogal wat onderzoeksinstituten werkzaamheden in dit gebied hebben verricht.

Gezien echter de omvang van het probleem en het grote aantal uitgevoerde onderzoeken is het College van Gedeputeerde Staten van Noord-Brabant en van Limburg van mening dat eventuele saneringsmaatregelen pas genomen kunnen worden nadat het over een overkoepelend beeld beschikt.

Daarom verleende Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant aan het Ingenieursbureau HASKONING op 29 april 1983 opdracht tot het uitvoeren van de eerste fase van het nader onderzoek met betrekking tot de bodemverontreiniging in de Kempen.

Met betrekking tot de bodemverontreiniging in het aangrenzende Limburgse gedeelte verleende Provinciale Waterstaat in Limburg op 18 november 1983 aan Haskoning opdracht tot het verrichten van een aanvullend inventarisatie-onderzoek.

De omschrijving van de inhoud van dit onderzoek, zoals geformuleerd door het Bureau Milieuhygiëne van de Provincie Noord-Brabant, is hieronder weergegeven:

Er dient een inventarisatie gemaakt te worden en een evaluatie van alle tot nu toe verrichte onderzoeken met als onderwerp de belasting met cadmium en eventueel andere van belang zijnde zware metalen van de Nederlandse (en Belgische) Kempen. (Met betrekking tot de opdracht van de Provinciale Waterstaat in Limburg, ook een gedeelte van Limburg).

Aan de hand van deze inventarisatie dient in eerste instantie voor cadmium en eventueel andere van belang zijnde zware metalen een voorlopige zonering te worden opgesteld in relatie tot de mate van verontreiniging. Deze zonering dient weer te geven de belasting van deze metalen in de bodem in relatie tot het gebruik daarvan. Voorts - voorzover mogelijk - de belasting van grond- en oppervlaktewater, eveneens in relatie tot het gebruik/functie.

Voorts dienen de mogelijke cadmiumbronnen te worden geïnventariseerd, zodat een voorlopige cadmium-balans voor het betrokken gebied kan worden opgesteld.

Tenslotte dienen de leemtes in de kennis zoals die verworven is in de tot nu toe uitgevoerde onderzoeken te worden aangegeven.

In onderstaande is beschreven hoe HASKONING gestalte heeft gegeven aan deze opdracht.

1.2 Opzet

De opzet van dit onderzoek is als volgt:

1. Opstellen van een kaart waarop aangegeven de mate van verontreiniging met cadmium en zink. Dit geschiedt op basis van een inventarisatie, evaluatie en computermatige verwerking van alle tot nu toe verrichte onderzoeken en de gebruiksfunctie van de bodem. Zij wordt met behulp van het intergrafisch computersysteem op een aantal kaarten weergegeven. Hetzelfde geschiedt voor grond- en oppervlaktewater. Gewasgegevens zijn wel opgeslagen, maar niet weergegeven.
2. Inventarisatie van de in het gebied aanwezige assenwegen.
3. Inventarisatie van de mogelijke cadmiumbronnen, zodat een voorlopige cadmiumbalans kan worden opgesteld.
4. Trekken van conclusies en aangeven van leemten in de kennis.

De hierboven geschetste onderzoeksaanpak gaat uit van de door het Bureau Milieuhygiëne van de Provinciale Waterstaat van Noord-Brabant geformuleerde doelstellingen. Als resultaat van vruchtbaar werkoverleg met het Bureau Milieuhygiëne en van gesprekken met de Inspectie Milieuhygiëne kon aan deze aanpak gestalte gegeven worden.

Ook de Provinciale Waterstaat in Limburg kon zich in deze aanpak van het onderzoek vinden.

Een belangrijke grondgedachte door de gehele opzet heen is geweest de koppeling van de gebruiksfunctie aan de mate van verontreiniging. Deze koppeling is vooral tot uiting gekomen wat de bodem betreft. Zo is het bodemgebruik in zes categorieën vastgelegd op basis van het Nederlandse Streekplan en het Belgische Gewestplan. De mate van verontreiniging van de bodem met cadmium en zink is vastgelegd in vier categorieën. Door nu bodemgebruik en mate van verontreiniging te koppelen, kan aangegeven worden in welk gebied aan de geconstateerde bodemverontreiniging prioriteit gegeven dient te worden. Zo zal bijvoorbeeld eenzelfde mate van verontreiniging in een woongebied urgenter zijn dan in een afgelegen bosgebied.

1.3 Opmerkingen met betrekking tot de offerten

1.3.1 Offerte aan de Provincie Noord-Brabant

Hoewel het in eerste instantie in de bedoeling lag gehalten aan cadmium en zink in gewassen op dezelfde manier te verwerken als gebeurd is voor bodem en water, is hiervan afgezien, omdat veel resultaten van gewasanalyses niet beschikbaar bleken. Zo was het niet mogelijk te beschikken over de exakte resultaten van gewasanalyses uitgevoerd door de Keuringsdienst van Waren te Den Bosch en door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren. Wanneer beschikbaar, zijn gewasgehalten wel in de computer geregistreerd.

Naast cadmium- en zinkgehalten zijn - indien in de onderzoeken vermeld - de gehalten aan lood en koper geregistreerd, evenals pH, bodemtype en diepte van bemonstering.

In de loop van het onderzoek is besloten ook aandacht te besteden aan de assenwegen, hoewel het hier geen bodemmateriaal, maar verhardingsmateriaal betreft. Gezien de risico's welke deze wegen met zich meebrengen voor mogelijke bodem- en grondwaterverontreiniging, is op verzoek van de Provinciale Waterstaat een inventarisatie uitgevoerd van de bestaande assenwegen. Hiertoe zijn diverse instanties benaderd. Door de gemeenten Westerhoven, Valkenswaard en Budel werden geen gegevens beschikbaar gesteld.

In de offerte is gesteld, dat er drie concentratieklassen per metaal aangehouden zouden worden. In overleg met Provinciale Waterstaat is echter overgegaan tot vier concentratieklassen. Daartoe is een lage waarde in de buurt van de natuurlijke achtergrondconcentratie meegenomen.

In de loop van het onderzoek bleek dat de verdeling van de waarnemingspunten over het gebied slecht was (zo zijn bijvoorbeeld veel waarnemingen geconcentreerd rond Budel Dorplein). Ook bleek dat door tal van oorzaken (zoals bijvoorbeeld verontreinigde rivierlopen) er een nogal grillige verspreiding van de cadmiumconcentraties is. Op grond hiervan is afgezien van het trekken van isocadmiumlijnen. Er zijn dus in feite geen zoneringskaarten vervaardigd, maar kaarten waarop de concentraties in verschillende klassen zijn weergegeven.

Ten aanzien van het cadmium- en zinkgehalte van het water was het beschikbare materiaal niet voldoende om de waarnemingen uit te splitsen per gebruiksklasse. Omdat bovendien besloten is alleen wateranalyses op kaart te verwerken afkomstig van water dat hooguit twee meter diep zit (het bovenste grondwater), is het gebruikte materiaal nog aanzienlijk geringer geworden. Er is besloten alleen de analyses van het bovenste grondwater te verwerken omdat hierin eventuele uitloging van cadmium en zink het eerst merkbaar zal zijn.

1.3.2 Offerte aan de Provinciale Waterstaat in Limburg

In de offerte aan de Provinciale Waterstaat in Limburg is reeds rekening gehouden met de bovengenoemde afwijkingen. Er is echter met betrekking tot de grondwatermonsters een diepte van vijf meter aangehouden in plaats van twee meter. Hierdoor konden wat meer gegevens op kaart aangegeven worden.

2. KARTERING VAN CADMIUM EN ZINK

2.1 Gebruiksfunkties

Bij de indeling van de bodem naar gebruiksfunkties is uitgegaan van een zestal categorieën, te weten:

- industriegebied
- woongebied
- bosgebied
- natuurgebied
- agrarisch gebied met natuurwaarde
- agrarisch gebied

Deze indeling is tot stand gekomen op basis van de in het Streekplan Midden- en Oost-Brabant (1978) aangeduide gebruiksfunkties van het landelijk gebied, waarbij geen rekening is gehouden met landschappelijke of cultuurhistorische waarden.

Wat betreft het Belgische en Limburgse gedeelte van het onderzoeksgebied is aansluiting gezocht bij de voornoemde indeling. Daartoe was het noodzakelijk de plankaarten, behorende bij het Ontwerp-Gewestplan Neerpelt-Bree (1975) en het streekplan Noord- en Midden-Limburg te bewerken.

De inpassing van de legenda-eenheden van de Belgische plankaart in de voor het Noord-Brabantse gebied gehanteerde gebruiksfunkties is als volgt geschied:

legenda plankaart	gebruiksfunktie
1.0 t/m 1.2.3	woongebied
2.0 t/m 2.3 en 3.0 t/m 3.1	industriegebied
4.0 t/m 4.1	agrarisch gebied
4.2; 4.3; 4.4 en 4.5	bosgebied
4.3.1 en 4.3.2	natuurgebied.

Er is in het Belgische Gewestplan geen aparte onderscheiding gegeven aan agrarisch gebied met natuurwaarde en aan waterwingebied.

Voor het streekplan Noord- en Midden-Limburg is de legenda is als volgt ingepast in de gebruiksfunkties:

legenda	gebruiksfunkties
gebieden met overwegend natuurwaarden	natuurgebied
gebieden met verweving van natuurwaarden en landbouw	agrarisch gebied met natuurwaarde
gebieden met overwegend landbouw	agrarisch gebied
stedelijk woongebied, bestaand en gepland, kernen van niveau 3 t/m 6	woongebied
regionaal industrieterrein	industriegebied
militair terrein	bosgebied

Naast bovengenoemde categoriën is rekening gehouden met het belang van de openbare waterwinning. Daartoe zijn de 25 jaars-beschermingszones van (toekomstige) waterwingebieden aangegeven. Het betreft zes gebieden, te weten Budel (bestaande waterwinning), Luyksgestel (geplande waterwinning), Weert (Graafschap Hornelaan, bestaand en Hoogboschweg, gepland), Nederweert (bestaand, Ospel) en Stramproy (twee geplande waterwinningen). Deze zones overlappen de gebruiksfuncties.

Wat betreft de functies van het water is een vergelijkbare indeling te maken als voor de bodem. Zo is een indeling te maken in grondwater en oppervlaktewater. Het oppervlaktewater is weer te onderscheiden in rivieren, lopen, kanalen, vennen en plassen. Van deze verschillende functies van het water zijn waarnemingen beschikbaar. Gezien het geringe aantal is in deze fase afgezien van een aparte weergave ervan. Op de kaarten zijn alle watermonsters derhalve op dezelfde wijze weergegeven. Wel zijn ten behoeve van een mogelijke toekomstige functie-aanduiding grondwater- en oppervlaktewater monsters apart geregistreerd.

2.2. Verontreinigingsklassen

Onderbouwing

Bij de beoordeling of een bepaalde mate van belasting van de bodem met cadmium en zink al of niet ernstig genomen dient te worden, speelt een complex van factoren een rol. In dit rapport worden een tweetal aspecten nader beschouwd, te weten de gebruiksfunctie van de bodem in relatie tot verontreiniging en de aard en concentratie van cadmium en zink. (Naast deze twee aspecten speelt een derde aspect een belangrijke rol, nl. de lokale situatie. Te denken valt bijvoorbeeld aan het bodemtype, bemestingsniveau e.d. Dit derde aspect blijft in dit rapport buiten beschouwing.

In onderstaande worden de twee vermelde aspecten nader uitgewerkt.

De milieucomponent bodem wordt in onze maatschappij voor vele doeleinden gebruikt. In een aantal gevallen zal door dit gebruik de samenstelling van de bodem zodanig veranderen, dat het zonder ingrijpende maatregelen niet meer mogelijk is deze bodem voor een aantal gevoelige gebruiksfuncties te bestemmen. Om deze wijze van bodemgebruik te beteugelen, zal in de toekomst de Wet Bodembescherming van kracht worden. Met deze wet wordt een algemeen beschermingsniveau nagestreefd, waarboven één of meer functies van de bodem niet meer naar behoren kunnen worden vervuld (Ontwerpwet Bodembescherming).

Gezien de praktische onomkeerbaarheid van verontreiniging met cadmium en zink (deze metalen spoelen nauwelijks uit), is het noodzakelijk een algemeen beschermingsniveau aan te geven voor de belasting van de bodem met deze twee metalen. Daartoe zijn een tweetal afzonderlijke, beperkte literatuurstudies verricht, één door Haskoning en één door het Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Arnhem.

- De door Haskoning verrichte literatuurstudie (bijlage 1), betreft een onderbouwing van de gezondheidsrisiko's van cadmium en zink. Uit deze studie blijkt dat verbouw van voedingsgewassen een zeer gevoelige functie van de bodem is. Er is geconstateerd, dat reeds bij bodemconcentraties van 0,07-3 mg cadmium per kilogram droge grond verhoogde cadmiumconcentraties in gewassen worden aangetroffen. Wat betreft zink zijn bij een concentratie in de bodem van 166 mg de grenswaarden voor voedselgewassen overschreden.
- De door het RIN verrichte literatuurstudie (bijlage 2) betreft onder meer onderzoek naar de achtergrondswaarden van cadmium en zink in Nederland. Het blijkt dat deze voor zandgronden (zoals in de Kempen) kunnen variëren van 0,05 tot 0,74 mg cadmium per kg droge stof en van 6.4 tot 62 mg zink per kg droge stof.

Wanneer de belasting van de bodem met cadmium en zink zo hoog is geworden dat niet meer alle functies gebruikt kunnen worden, is er sprake van een verontreinigingssituatie. Bij het nemen van maatregelen zal prioriteit gegeven dienen te worden aan die gevallen waar sprake is van het grootste risico voor de volksgezondheid. Zo zullen de functies waterwin-, landbouwgebieden en moestuintjes eerder voor maatregelen in aanmerking komen, dan bijvoorbeeld bosgebied met eenzelfde mate van verontreiniging.

Voorgestelde verontreinigingsklassen van cadmium en zink voor alle gebruiksfuncties

In overleg met Provinciale Waterstaat is in deze studie gekozen voor vier verontreinigingsklassen, waarbij aansluiting is gezocht bij de waarden genoemd in het toetsingskader van de Leidraad Bodemsanering (editie juli 1983).

In tabel 1 zijn de diverse klassebegrenzungen voor bodem en water, wat betreft cadmium en zink aangegeven.

Tabel 1 Klassebegrenzungen voor bodem en water wat betreft cadmium en zink

verontreinigings- klasse	Cd Bodem mg/kg	Cd water ug/l	Zn bodem mg/kg	Zn water ug/l
1	- 1	- 1	- 200	- 50
2	1 - 5	1 - 2,5	200 - 500	50 - 200
3	5 - 20	2,5 - 10	500 - 3000	200 - 800
4	20 -	10 -	3000 -	800 -

N.B.: 1-5 betekent 1 t/m 5.

Opgemerkt wordt dat bij concentraties in de bodem van 1 mg cadmium en 200 mg zink per kg droge stof er in feite in een beperkt aantal gevallen al sprake is van een overschrijding van de grenswaarden van voedselgewassen. Ook is duidelijk dat bij dergelijke concentraties er sprake is van een verhoging t.o.v. de achtergrondswaarden in het onderzoeksgebied.

2.3 Onderzoeksgegevens

Er is een inventarisatie uitgevoerd van verrichte onderzoeken. Een groot aantal onderzoeken was beschikbaar via Provinciale Waterstaat. Daarnaast is van de kant van de volgende instanties materiaal verkregen: Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Vereniging van Ecologische Leefwijze en Teelt, Vrije Universiteit, Sporthuis Centrum, Waterschap de Dommel, Waterschap Zuiveringsschap Limburg, Waterleidingmaatschappij Oost Brabant Rijksinstituut voor Drinkwatervoorziening, Keuringsdienst van Waren te Maastricht, Gemeente Weert, Defensie en Centraal Diergeneeskundig Instituut.

Bij de evaluatie van de geïnventariseerde onderzoeken werd aandacht geschonken aan de volgende punten:

1. Is het totaal gehalte aan cadmium, zink en eventuele andere metalen bepaald?

Ad 1.

Er zijn diverse methoden ter bepaling van de hoeveelheid cadmium en zink in de bodem toegepast in de bestudeerde onderzoeken. Zo zijn er laboratoria die "vrij" of "opneembaar" cadmium bepalen door behandeling van de grond met een zwak extraktiemiddel, bijvoorbeeld natrium-acétaat-azijnzuur.

Aangezien hiermee slechts een fractie van het totaal aanwezige cadmium wordt onttrokken, zijn deze analyses niet bruikbaar voor het huidige onderzoek.

Een andere methode betreft extractie met 0,5 N salpeterzuur. Hiermee wordt doorgaans 80 à 100% van het totaal cadmiumgehalte onttrokken. Deze analyseresultaten zijn normaal in dit onderzoek meegenomen.

Een derde methode betreft volledige destructie van de grond met een overmaat aan zuur. Hiermee wordt 100% van het aanwezige metaal onttrokken. Ook deze analyseresultaten zijn in dit onderzoek meegenomen.

De analysemethoden ter bepaling van de hoeveelheid zware metalen in water en in gewassen, berusten in principe op de volledige destructie van het materiaal met een overmaat aan sterke zuren. Ook hiermee wordt dus 100% van het aanwezige metaal bepaald.

2. Is een exacte plaatsbepaling van de monsterplaatsen voorhanden?

Ad 2.

Voor een juiste informatieverwerking is het noodzakelijk over een exacte plaatsbepaling van de monsternamplaatsen te beschikken. Aangezien niet alle onderzoekers deze exacte plaatsaanduiding vermelden, was het noodzakelijk met hen contact op te nemen. In de meeste gevallen mocht alsnog over de exacte plaatsaanduiding beschikt worden.

In een aantal gevallen werd echter expliciet geen toestemming gegeven. Zo bleek het niet mogelijk exakte informatie te verkrijgen betreffende gewasanalyses van de kant van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB) te Haren, van de Keuringsdienst van Waren te Den Bosch en van de Keuringsdienst van Waren te Maastricht.

Deze instanties beriepen zich op het recht van privacy van de individuele boer en tuinder. Daarenboven beschouwde het IB de gewasanalyses als onverwerkte wetenschappelijke gegevens welke men niet uit handen wilde geven.

3. Zijn de monsterplaatsen in het onderzoeksgebied gelegen?

Ad 3.

De omvang van het onderzoeksgebied is in overleg met PWS vastgelegd. De afperking is als volgt geschied:

- Naar het westen toe de gemeentegrenzen van Westerhoven, Bergeijk en Valkenswaard en de 144e X-coördinaat voor het Belgisch gebied;
- Naar het oosten toe de 187e X-coördinaat;
- Naar het noorden toe de 375e Y-coördinaat en gedeeltelijk de provinciegrens;
- Naar het zuiden toe de 357e en gedeeltelijk de 354e Y-coördinaat.

Bij positieve beantwoording van al deze drie vragen werden onderzoeken geaccepteerd en verder in behandeling genomen. Dit resulteerde in vierentwintig onderzoeken welke dus de basis vormen van dit rapport.

In bijlage 3 is vermeld welke onderzoeken het betreft.

Na selectie van de onderzoeken was het noodzakelijk uit deze onderzoeken de relevante informatie te selekteren. Als relevante informatie werd beschouwd: soort monster, jaar, plaats en diepte van monsternamen, bodemtype, gewassoort, zuurgraad en totaalgehalte aan de zware metalen cadmium, zink, koper en lood. Meer gedetailleerde informatie over de selectie is te vinden in bijlage 4.

In totaal zijn bijna 1100 monsters verwerkt (meer dan 3000 analysesresultaten).

2.4 Verwerking Gegevens

De wijze van verwerking van de gegevens die uit de inventarisatie beschikbaar zijn gekomen, is nauw gerelateerd aan het doel van de studie: het vervaardigen van kaarten van het onderzoeksgebied waarop de verontreiniging van bodem, grondwater en oppervlaktewater met cadmium en zink, in relatie tot het grondgebruik.

Het onderzoeksgebied is d.m.v. een ruitennet verdeeld in vakken (grids) met een oppervlakte van 1 ha. Per vak wordt de mate van verontreiniging met zink en cadmium in bodem en water aangeduid d.m.v. een indeling in verontreinigingsklassen, echter alleen in die vakken waar monsternamen heeft plaatsgevonden.

De in het gebied voorkomende gebruiksfuncties van de bodem zijn eveneens aangeduid. Daartoe was het noodzakelijk voor alle vakjes de gebruiksfunctie op te geven.

De benodigde grenzen voor de verontreinigingsklassen moeten per gebruiksfunctie worden opgegeven (In dit geval zijn de klassegrenzen voor elke gebruiksfunctie gelijk).

Bij lokaties waar meerdere monsters zijn genomen, wordt de verontreinigingsklasse bepaald aan de hand van het gemiddelde van de waargenomen concentraties. Het was bij $\pm 10\%$ van de lokaties nodig te gaan middelen.

Lokaties die buiten het studiegebied liggen, bodemonsters beneden 25 cm onder maaiveld en watermonsters beneden 500 cm onder maaiveld zijn buiten beschouwing gelaten.

Voor een meer gedetailleerde beschrijving van het verwerkingssysteem zij verwezen naar bijlage 5.

2.5 Resultaten

De resultaten zijn in kaartvorm weergegeven. In totaal zijn bij dit rapport vier kaarten bijgevoegd (schaal 1: 50.000):

Kaartnr. 1659-06.01: Cadmiumverontreiniging in de bodem
1659-06.01: Zinkverontreiniging in de bodem
1659-06.01: Cadmiumverontreiniging in het water
1659-06.01: Zinkverontreiniging in het water

2.6 Discussie

Gebruiksfuncties

Met de indeling van het gebied in een zevental gebruiksfuncties van de bodem is een gebruikswaardenkaart ontstaan welke voldoende inzicht geeft in de opbouw van het gebied. Het valt op dat het gebied rijk geschakeerd is en dat landbouw-, bos-, natuur- en woongebied elkaar afwisselen. Daarnaast valt vooral in België op de uitgestrektheid van de woon- en industriegebieden.

Wanneer het echter aankomt op het koppelen van gebruiksfunctie aan de geconstateerde verontreiniging, dient bedacht te worden dat zelfs met deze gedetailleerde kaart geen rekening gehouden kan worden met individuele situaties. Naast randeffekten dient hierbij gedacht te worden aan bijvoorbeeld woningen in een bosgebied; een portierswoning in een industriegebied, privé moestuinen e.d. Deze kaart kan dus slechts dienen om een beeld te krijgen van de situatie. Wanneer maatregelen in de sfeer van ruimtelijke ordening genomen gaan worden, zal het noodzakelijk zijn op bijvoorbeeld kadastraal niveau te gaan werken.

Gezien de op de kaart aangetroffen verontreinigingsklassen laat het zich aanzien dat de verontreinigingen in Nederland zich niet beperken tot de onderzochte gemeenten, maar dat ook in de gemeente Someren en de benedenloop van de Dommel en Tungelroysche Beek verontreinigingen in samenhang met de Kempen aanwezig zijn.

Het valt op dat er weinig waterbemonsteringen opgenomen zijn. Voor een verklaring wordt verwezen naar par. 1.3.

Verontreinigingsklassen

Door met vier verontreinigingsklassen te werken blijkt het goed mogelijk een indruk te geven van het verspreidingspatroon van zink en cadmium. Dit geldt dan alleen voor bodemonsters, aangezien de watermonsters gering in aantal zijn.

Een vraag van groot belang voor de verdere benadering van het probleem is wat de verontreinigingsklassen voor betekenis hebben uit milieuhygiënisch oogpunt. Zo werd eerder al geconcludeerd dat bij meer dan 1 mg cadmium per kg grond er sprake is van een verontreinigingssituatie. In hoeverre zijn echter in een dergelijke situatie ingrijpende maatregelen nodig.

Daarom is het belangrijk ook klassen met een hogere verontreinigingsgraad aan te geven, want het is in ieder geval duidelijk dat bij zwaardere verontreinigingen het nemen van de maatregelen des te urgenter is.

3. ASSENWEGEN

3.1 Verwerking gegevens

Zinkassen zijn als weg- en erfverharding nog steeds aanwezig in de regio. Aangezien deze assen hoge gehalten aan zware metalen bevatten (indicatie van de orde van grootte: enige tientallen grammen zink en enige tientallen milligrammen cadmium per kg) kunnen de assenwegen een (secundaire) bron van verontreiniging vormen. Te denken valt bijv. aan verstuiving van stof en uitlozing. Daarom werd het zinvol geacht deze wegen te registreren.

Het ligt voor de hand dat gegevens betreffende aanwezigheid van assenwegen het best te verkrijgen zijn via de diverse gemeenten in het gebied. Deze gemeenten zijn immers de beheerders van vrijwel alle wegen in hun grondgebied. Daartoe is contact gezocht met alle zeven gemeenten. Geen pogingen zijn ondernomen de Belgische assenwegen te achterhalen.

Van de betreffende gemeenten konden de meeste informatie verschaffen betreffende de assenwegen in hun gebied.

De gemeenten Westerhoven, Valkenswaard en Budel hadden geen gegevens voorhanden. Hoewel werd gesuggereerd dat vrijwel alle wegen in de gemeente Budel gemaakt zijn van zinkassen, zal eerst een nadere aanduiding nodig zijn voordat deze meegenomen worden in deze inventarisatie.

De Gemeente Weert leverde de tracé's van zowel bestaande als voormalige assenwegen. Vaak betrof het fietspaden, welke naast een zandweg lagen.

Alle door de gemeenten aangemelde gegevens zijn op het kaartmateriaal aangegeven. Gekozen is voor registratie op zowel bodem- als waterkaart. De assenwegen staan op het kaartmateriaal als een dikke zwarte lijn aangegeven. In totaal is ± 90 km geregistreerd.

3.2 Discussie

Bij bestudering van de kaart blijkt dat het areaal assenwegen plaatselijk zeer fragmentarisch is. Waarschijnlijk is door een aantal gemeenten slechts een fractie van deze wegen gemeld.

Het is belangrijk meer gericht onderzoek te verrichten naar mogelijke verontreinigde invloed van de assenwegen op bodem, grondwater, gewas e.d. Hierdoor zal het mogelijk zijn een samenhang te ontdekken tussen assenwegen en bodemverontreiniging.

Ook is het zinvol tracees waar in het verleden assenwegen gelegen hebben met een dergelijk onderzoek mee te nemen, in verband met mogelijk nog resterende bodemverontreiniging in de directe nabijheid.

4. VOORLOPIGE CADMIUMBALANS

4.1 Verwerking gegevens

In het voorgaande is aangegeven hoe de situatie op dit moment is. Een belangrijke vraag welke nu logisch volgt is of deze situatie permanent is of niet. Gezien de dynamiek van de bodem en het menselijk handelen ligt het voor de hand te veronderstellen dat de situatie zich zal wijzigen. Hierbij kan gedacht worden aan verslechtering (aanvoer van cadmium, bijvoorbeeld via luchtverontreiniging) maar ook aan verbetering (afvoer van cadmium door uitspoeling, oogsten van gewassen e.d.).

Om uit te maken hoe de situatie zich in het onderzoeksgebied zal ontwikkelen, is het derhalve noodzakelijk een balans van aan- en afvoer van cadmium op te stellen. Het onderzoeksgebied betreft het gehele grondgebied van de gemeenten Bergeijk, Luijksgestel, Westerhoven, Valkenswaard, Leende, Maarheeze, Budel, Weert, Nederweert en Stramproy (in totaal 48.143 ha, met per jan. 1983, 124.880 inwoners).

In de balans worden de volgende posten gekwantificeerd:

- Regenwater
Een berekening is gemaakt aan de hand van regionale neerslagcijfers, onderzocht oppervlak en gemiddelde concentratie.
- Rivieren en kanalen
Er is onderscheid gemaakt tussen transport van cadmium via het water en via het sediment. Wat betreft de rivieren waren er voldoende gegevens beschikbaar om een berekening te maken van de invoer. Uitvoer via het rivierwater en aan/afvoer via het riviersediment kon niet berekend worden door ontbreken van gegevens. Door te rekenen aan de zandvang in de Dommel, kon voor deze rivier wel een afvoer via riviersediment bepaald worden.
Wat betreft de kanalen is er wel enig inzicht verkregen in het Watertransport. Er zijn echter geen kwaliteitsgegevens voorhanden, zodat het niet mogelijk was in- of uitvoer van cadmium te berekenen.
- Zuiveringsslib
De voor het gebied relevante rioolwaterzuiverings-installaties zijn die te Maarheeze, Eindhoven en Weert. De cadmiumbelasting is berekend uit de (proportionele) slibproductie en het cadmiumgehalte van het slib.
- Afvalstoffen
Nagegaan is of in het onderzoeksgebied afvalstoffen verwerkt worden. Deze bevatten namelijk geringe hoeveelheden cadmium.
- Verkeer
De hoeveelheid cadmium welke vrijkomt door slijtage van banden van personenauto's is voor het onderzoeksgebied berekend.

- Industriële bronnen

Er is geïnventariseerd welke bedrijven in het onderzoeksgebied en welke in het aangrenzende deel van België cadmium emitteren. Op basis van hinderwetvergunningen is de grootte van deze emissies geschat.

- Kunstmest

Op basis van het areaal bouwland en grasland, gemiddelde kunstmestgift voor deze beide vormen van landbouw en gemiddeld cadmiumgehalte van kunstmest, is berekend hoeveel cadmium op deze wijze aangevoerd wordt in de genoemde 10 gemeenten in Limburg en Noord-Brabant.

- Dierlijke mest

Door bepaling van de grootte van de veestapel (varkens en kippen), mestproduktie per diersoort en cadmiumgehalte van de mest, is het mogelijk het merendeel van de cadmiumbelasting via dierlijke mest te kwantificeren.

De hoeveelheid cadmium die aangevoerd wordt via krachtvoer ten behoeve van de melkveehouderij is eveneens berekend.

- Landbouwprodukten

Op basis van in de literatuur aangetroffen gehalten in landbouwgewassen en het areaal bouwland is berekend hoeveel cadmium op deze wijze is afgevoerd.

In bijlage 7 worden deze posten afzonderlijk behandeld. Op basis van de in deze bijlage vermelde berekeningen en inschattingen is de balans opgemaakt door alle invoer en uitvoer van cadmium te sommeren. In tabel 2 is dit geschied.

Tabel 2. Voorlopige cadmiumbalans, uitgedrukt in kg Cd/jaar.

	Afvoer	Aanvoer
regenwater		231
rivieren water	?	1034
sediment	327*	?
zuiveringsslib	-	16,5
afvalstoffen	-	82,5
verkeer	-	0,5
industrie	-	439
kunstmest	-	72
dierlijke mest	-	184
landbouwgewassen	9	-

* alleen de Dommel

Uit de balans blijkt dat wanneer de rivieren buiten beschouwing gelaten worden er sprake is van een duidelijke toename van de hoeveelheid cadmium. Ook blijkt dat er een belangrijk cadmium-transport plaatsvindt via de rivieren. Of hier sprake is van aanden wel afvoer is niet aan te geven op basis van de beschikbare gegevens.

4.2 Discussie

Bij beschouwing van de balans kan opgemerkt worden, dat een aantal posten van algemene aard zijn en niet specifiek voor het onderzoekgebied.

Hieronder valt de aanvoer via het regenwater, verkeer, afvalstoffen en in zekere zin ook de kunstmest en dierlijk mest. Het terugdringen van de cadmiumbelasting via deze posten zal in breder kader plaats dienen te vinden.

Naast bovengenoemde posten zijn in de balans ook een aantal posten welke typerend voor het onderzoekgebied zijn. Het betreft de rivieren, zuiveringsslib en industrie. Tussen deze drie posten bestaan duidelijke relaties.

Zoals in de inleiding gesteld, zijn de huidige industriële emissies weliswaar verminderd, maar nog wel degelijk aanwezig.

Ten gevolge echter van de emissies in het verleden zijn een aantal secundaire verontreinigingsbronnen ontstaan, zoals de assenwegen en rivierbeddingen. Ook hiervan gaat een invloed uit op de genoemde posten.

Bij een verdere beoordeling van de balans dient opgemerkt te worden dat de verschillende posten de volledige regio betreffen. Dit houdt in dat lokaal de toename veel extremer kan zijn. Ter illustratie is in onderstaande aangegeven wat kenmerkende verschillen zijn tussen Limburg en Noord-Brabant.

In Noord-Brabant leveren vooral de rivieren en industrie een aanzienlijke cadmiumaanvoer, terwijl in Limburg industrie een ondergeschikte rol speelt. In dit laatste gebied daarentegen leveren afvalstoffen en dierlijke mest een aanzienlijke aanvoer van cadmium door aanwezigheid van een afvalverwerkingsbedrijf te Weert en nogal veel intensieve veehouderij.

5. CONCLUSIES

1. De belangrijkste bronnen welke bijdragen tot de cadmium- en zinkbelasting in de Kempen en het aangrenzende Limburgse gedeelte zijn industrieën (vooral in Noord-Brabant en België), assenwegen, waterlopen, meststoffen, regen e.d. Hiervan zijn de industriële bronnen en de daaruit te herleiden secundaire bronnen zuiveringsslib, assenwegen en waterlopen kenmerkend voor het gebied.
2. De geïnventariseerde cadmiumbelasting van de bodem is van verschillende orde van grootte te weten:
 - * diffuse wijd verspreide concentraties van cadmium, hoofdzakelijk veroorzaakt door uitstoot via de atmosfeer (orde enkele mg/kg);
 - * plaatselijke ophopingen van cadmium in bijvoorbeeld assenwegen, waterlopen en slib van rivierlopen, veroorzaakt door hergebruik van assen ofwel verspreiding via oppervlaktewater (orde enkele tientallen mg/kg).
3. De gevoeligheid voor de cadmiumbelasting varieert met de activiteiten welke plaatsvinden per in kaart gebrachte gebruiksfunctie. Voorbeelden van activiteiten, waardoor de gevoeligheid voor cadmium van een gebied toeneemt zijn de verbouw van gewassen, het directe contact dat kinderen met de grond kunnen hebben en het winnen van grondwater. Gebieden met als gebruiksfunctie landbouw, wonen (moestuinen) en drinkwaterwinning moeten hiertoe gerekend worden.
4. Daar waar genoemde activiteiten in een gebruiksfunctie samengaan met een verhoogde belasting van cadmium in het betreffende gebied is sprake van knelpuntgebieden. Hier kan een belasting voor de volksgezondheid optreden. Concreet betekent dit voor de knelpuntgebieden welke hiernavolgend schematisch zijn weergegeven.

Tabel 3. Aanduiding knelpuntgebieden.

<u>Belasting bodem</u>	<u>Gebruiksfunctie</u>		
	landbouwgebied	woongebied	drinkwaterwin- gebied
verontreiniging rivierlopen	X	X	X
assenwegen	X	X	X
diffuse verontreiniging	X	X	X

5. De inventarisatie geeft een aantal leemten in kennis weer. Dit betreft leemten veroorzaakt doordat nog geen aanvullend onderzoek heeft plaatsgevonden en/of doordat bekende gegevens niet beschikbaar komen vanwege redenen van privacy. Ter bepaling van knelpuntgebieden wordt geconcludeerd dat er de volgende leemten in kennis zijn:

- * relatief weinig bodemgegevens zijn beschikbaar van de gebieden
 - oostelijk van Budel
 - tussen Budel en Achel
 - tussen Bergeijk en Borkel/Schaft
 - ten noorden van Luijksgestel
 - regio Weert-Nederweert-Stramproy.
- * leemten t.a.v. ligging van assenwegen en onbekendheid met de mogelijke uitloging en verstuiving van cadmiumhoudend stof
- * onvolledigheid t.a.v. herkomst, omvang en grensoverschrijdende effecten van de zink- en cadmiumconcentraties in het water en -slib van de waterlopen
- * het vrijwel ontbreken van analyses van het ondiepe grondwater, alhoewel een duidelijke beïnvloeding hiervan te verwachten is
- * geringe hoeveelheid kennis t.a.v. de invloed van de cadmium belasting in grond op drinkwatergebieden
- * geringe hoeveelheid gegevens over de in gewassen voorkomende concentraties aan cadmium, en het consumptiepatroon van gewassen uit betrokken gebieden
- * onvolledig inzicht in de relatie plant-bodem.

BIJLAGE 1 ONDERBOUWING GEZONDHEIDSRISICO'S VOOR CADMIUM

Accumulatie in het lichaam

Cadmium heeft de eigenschap dat het zich in het lichaam ophoopt. Schattingen voor de biologische halfwaardetijd (dit is de tijd die het lichaam nodig heeft om de helft van een opgenomen hoeveelheid van een stof weer uit te scheiden) lopen uiteen van ca. 13 jaar tot 20-30 jaar; deze is o.m. afhankelijk van de dagelijkse Cadmiumopname, geslacht en leeftijd.

Het zich ophopen van Cd vindt vooral plaats in de lever en in de nierschors. Dit heeft tot gevolg dat de hoeveelheid Cadmium in het lichaam gedurende het leven als regel tot op hoge leeftijd gedurig toeneemt. Ongeveer 1/6 van het opgenomen cadmium hoopt zich daarbij op in de lever en ongeveer 1/3 in de nieren. Met name de nieren zijn vermoedelijk kwetsbaar voor cadmium.

Toxiciteit voor de mens en dier

Ziekteverschijnselen die worden toegeschreven aan, dan wel in verband gebracht worden met cadmium zijn.

- verstoring van de koperhuishouding van het lichaam, waardoor de elasticiteit van de bloedvaten vermindert en hart- en vaatziekten optreden;
- zink wordt door cadmium uit zijn enzymen verdrongen; dit is mogelijk doordat beide metalen chemisch sterk verwant zijn; er treden zinkgebreksverschijnselen op terwijl voldoende zink in het lichaam aanwezig is;
- cadmium verhindert het vrijmaken van ijzer uit de lever, wat bloedarmoede veroorzaakt;
- de aanmaak van enzymen wordt verstoord;
- de calciumhuishouding wordt ontregeld, wat leidt tot ontkalking van de botten; dit verschijnsel kwam voor bij de Itai-Itai-ziekte. In de zestiger jaren zijn enige tientallen mensen in Japan aan deze ziekte overleden;
- bij langdurige blootstelling (vooral industrieel) aan hoge Cd-concentraties in de lucht treedt verlies van reuk- en smaakzin op, terwijl ook nieraandoeningen optreden.

Besmettingswegen

De wegen waarlangs de mens cadmium opneemt zijn het maagdarmkanaal via voedsel en drinkwater en de luchtwegen via luchtverontreiniging, waaronder sigarettenrook.

Schattingen voor de opname via voedsel lopen voor verschillende landen uiteen. De gemiddelde waarden schommelen rond de getallen die genoemd worden in onderstaande tabel (bron: Chardon). Het betreft hier hoeveelheden welke in het lichaam achterblijven:

via voedsel	2 - 6,5 ug/dag
ingeademde lucht	0,02 - 0,2 ug/dag
drinkwater	0,3 ug/dag
sigaretten	1 - 2 ug/dag

Uit de bovenstaande cijfers blijkt, dat de belangrijkste bron van cadmium opname via het voedsel is, maar dat tevens roken een belangrijke bijdrage levert.

Cadmium opname door gewassen

Een verhoging van het cadmiumgehalte van planten kan het gevolg zijn van afzetting van luchtverontreiniging op de bladeren, mogelijk gevolgd door opname door de huidmondjes of via de epidermis, of door opname via het wortelstelsel uit de bodem. Opname uit de lucht is alleen plaatselijk van belang: langs autowegen en bij cadmium-emitterende bedrijven. Het uit de bodem opgenomen cadmium blijft voor een groot deel achter in de buitenste lagen van de wortel, waar het vermoedelijk absorbeert. Transport naar bovengrondse delen vindt wel plaats, maar de gehalten in vruchten en zaden e.d. zijn altijd lager dan in de worteldelen; door afzetting op bladeren kan echter het gehalte in de wortels overtroffen worden.

Symptomen van schade aan de plantengroei zijn: chlorose, bladverkleuring, verwelken of afsterven van het blad en, in het algemeen, groeireductie.

Relaties gehalten in bodem en gewas

De proeven die gedaan zijn om de cadmiumopname door planten na te gaan zijn veelal uitgevoerd met concentraties in de bodem die variëren van een honderdste tot tientallen p.p.m.

- Bij vergelijking van twee gronden waarvan één ten gevolge van bemesting met fosfaatmeststoffen een verhoogd cadmiumgehalte had (0,077 t.o.v. 0.004 ppm. gemiddeld over 0-10 cm) bleek dat de gewassen haver, klaver en lucerne die erop verbouwd werden duidelijk meer cadmium bevatten op de bemeste grond; de gehalten (drooggewicht) waren voor bemest-onbemest resp. 0,28-0,02 ppm (haver); 1,34-0,10 ppm (klaver) en 0,60-0,03 ppm (lucerne) (Page et al, 1972).
- Japanse rijstvelden die niet meer dan 1-3 ppm cadmium bevatten produceerden rijst die voor consumptie wordt afgekeurd, omdat het meer dan 0,4 ppm cadmium vers gewicht bevat (Kobayashi, 1974).
- In volkstuintjes bij Maastricht werden eind 1982 door de keuringsdienst van waren hoge cadmiumconcentraties in witlof aangetroffen. Deze concentraties varieerden tussen de 0,02 - 0,04 ppm (vers gewicht) en waren gerelateerd aan cadmium gehalten van 0,1 - 0,2 ppm in de bodem. (Chemisch weekblad, 1982).
- Door Hemkes en Kemp (1976) werd onderzoek gedaan naar de accumulatie van cadmium in gras, uitgezaaid op zuiverings-slib. Cadmiumhoudend zuiveringsslib had hier tot gevolg dat de cadmiumgehalten gras opliepen tot 1,2 ppm (drooggewicht).

Verontreinigingsklassen

In de ministeriële nota Beoordeling en aanpak van Bodemverontreinigingen worden in het toetsingskader voor de beoordeling van de concentratieniveaus van diverse verontreinigingen in grond en slib worden de volgende indicatie richtwaarden genoemd voor cadmium;

- Referentiewaarde (A) 1 ppm
- Toetsingswaarde (B) t.b.v. (nader) onderzoek 5 ppm
- Toetsingswaarde (C) t.b.v. sanering 20 ppm.

In een onderzoek voor het Consulentenschap voor Bodemaangelegenheden in de landbouw concludeert Henkens (1981) dat het nog niet duidelijk is hoe cadmium gehalten in de grond de cadmiumgehalten in gewassen beïnvloedt. Dat sprake is van een dergelijke beïnvloeding is wel aangetoond. Op grond van deze constatering zou het toegestane gehalte aan cadmium zoals dat voor zuiveringsslib werd gehanteerd, onder de 10 ppm moeten liggen indien dit slib voor landbouwkundige doeleinden wordt gebruikt.

Uit andere genoemde onderzoeken blijkt dat reeds bij bodemconcentraties van 0,07 - 3 ppm verhoogde cadmiumconcentraties in gewassen worden aangetroffen.

Door de Inspectie voor de Volksgezondheid wordt voor voedselgewassen een kritische norm gehanteerd van 1,1 ppm op basis van drooggewicht en 0,1 ppm op basis van vers gewicht.

Uit de voorgaande gegevens kan geconcludeerd worden, dat indien de referentiewaarde A toegepast wordt voor de landbouw deze in een aantal gevallen niet scherp genoeg gesteld is.

Met dit gegeven dient rekening gehouden te worden bij de beoordeling van cadmiumverontreinigingen in landbouwgebieden. Deze conclusie is niet te trekken voor gebieden met een andere gebruikswaarde.

ONDERBOUWING GEZONDHEIDSRISICO'S VOOR ZINK

Toxiteit voor mens en dier

Zink staat in de rij van toxische zware metalen als "minder gevaarlijk" aangeschreven. Bovendien is het een onmisbaar sporelement voor mens en dier. Bekend is, dat met name het ontbreken van zink in het menselijke dieet tot ernstige effecten kan leiden. Zink accumuleert niet in het lichaam en wordt bij een overmaat snel uitgescheiden.

Toch kan zink bij hogere concentraties schadelijke effecten teweeg brengen bij mens en dier.

- Een rantsoen van 1269 ppm zink dat 6 weken lang aan proefdieren werd gevoerd, had ernstige gevolgen voor de gezondheid (Miller, 1970).
- Uit een ander onderzoek bleek dat 500 ppm in het voeder van koeien geen nadelige gevolgen had voor koeien, terwijl 900 ppm resulteerde in verminderde groei (Otto, 1966).
- Bij gespeende biggen werd door Brink (1959) 1000 p.p.m. zink als maximum getolereerd gevonden. Hogere doseringen gaven toxische effecten zoals verminderde groei, schade aan milt en lymfe.

Verontreinigingsklassen

In de Ministeriële Nota Beoordeling en aanpak van Bodemverontreinigingen in grond en slib worden de volgende indicatieve richtwaarden genoemd.

In het toetsingskader voor de beoordeling van de concentratieniveaus van diverse verontreinigingen in grond en slib worden de volgende indicatieve richtwaarden genoemd voor zink:

- Referentiewaarde (A) t.b.v. oriënterend onderzoek 200 ppm
- Toetsingswaarde (B) t.b.v. nader onderzoek 500 ppm
- Toetsingswaarde (C) t.b.v. sanering 3000 ppm

Uit toxiciteitsonderzoek blijkt dat zinkgehalten van 500-1000 ppm (droog gewicht) al schadelijk kunnen zijn voor proefdieren.

Volgens Koetsveld en van Leer zou de toelaatbare dagelijkse dosis zink op 1300 mg liggen, wat tevens neerkomt op een maximaal toelaatbare concentratie in de voeding van 87 ppm.

Zinkgehalten van 30-100 ppm worden regelmatig in gras aangetroffen, terwijl in sommige gevallen hogere waarden (tot 600 ppm) worden aangetroffen. Het blijkt dat de genoemde grenswaarde voor voedselgewassen al overschreden wordt bij zink-bodem concentraties van 166 ppm.

Evenals bij cadmium kan op grond hiervan gesteld worden, dat de referentiewaarde A voor zich als een gemiddelde achtergrondconcentratie in een aantal gevallen niet scherp genoeg gesteld is wanneer deze toegepast wordt voor de bouwvoor van landbouwgrond. Deze conclusie is vooralsnog niet te trekken voor gebieden met een andere gebruikswaarde.

Besmettingswegen

Het zijn vooral galvanische en chemische bedrijven die zinkhoudend afvalwater produceren in de vorm van verontreinigd spoelwater en van afgewerkte, geconcentreerde badvloeistoffen. Hieronder zijn ook onbruikbaar geworden zinkbaden, die tot 30 gram zink per liter kunnen bevatten, en beitsbaden, waarin het zinkgehalte kan stijgen tot 10 gram per liter (mededeling TNO-45).

Blijkens voorzichtige berekeningen wordt in Nederland via dit afvalwater jaarlijks ongeveer 400.000 kg zink geloosd. Op zichzelf is dit, gerekend over de totale nederlandse waterhuishouding geen verontrustende hoeveelheid. De praktijk is echter dat deze stof tamelijk geconcentreerd in de omgeving van bepaalde bedrijven vrijkomt, daarbij een mogelijke bedreiging vormend voor vis, gewas en vee.

Over de opname van zink door de mens zijn weinig kwantitatieve gegevens bekend.

besmettingswegen zijn net als bij cadmium via voedsel, drinkwater en via de ingeademde lucht.

Zink opname door gewassen

Verskillende onderzoeken tonen aan, dat zink in belangrijke mate door gewassen kan worden opgenomen.

- Van Koetsveld en Lehr (1961) kwamen bij grasbemonstering in Noord Holland en Zuid Limburg tot waarden, die aanmerkelijk hoger waren dan in andere delen van het land.
In Noord Holland varieerden de waarden tussen 17 en 590 ppm zink met een gemiddelde van 160 ppm. In Zuid Limburg werden waarden gevonden tussen 47 en 581 ppm zink met een gemiddelde van 240 ppm (droog gewicht).
- Henkens (1971) deed een onderzoek naar het zinkgehalte van grond en gewas langs de riviertjes de Neer (L) en de Dommel bij Waalre (NB). In zijn onderzoek betrok hij tevens de Zn/Cu-verhouding.
Daarbij bleek dat hoge concentraties van zink in de bodem gecorreleerd werden met een slechte groei van landbouwgewassen.
- Bij bieten veroorzaakt zinkovermaat sterke groeiremming, gepaard met symptomen van ijzergebrek. Haver met ernstige zinkovermaat is sterk geremd in groei en heeft rose bladpunten. Bij geringe zinkovermaat is de groei minder sterk geremd en komen necrotische plekken in het blad voor. Deze vlekken doen denken aan mangaangebrek, maar zijn grijzer van tint. Later verdorren de bladeren beginnend bij de top.

Relatie gehalten in bodem en gewas

Uit het onderzoek van Henkens (1971) bleek, dat bij bodemconcentraties van 19-834 ppm zinkconcentraties in gras werden aangetroffen van 23-151 ppm (droog gewicht).

Dit onderzoek geeft aan dat de concentratiefactor van zink in gewassen vrij hoog kan zijn.

De gehalten aan zink gevonden in bietenblad varieerden tussen de 236 en 1697 ppm in de bladeren van voederbiet (droog gewicht).

LITERATUUR

- Chardon, W.J. (1980):
Cadmium, een literatuuroverzicht. Interne mededeling Vakgroep Bodemkunde en Bemestingsleer no. 51, Wageningen
- Guthrie, J. and O.A. Guthrie (1974):
Embryonal carcinomas in Syrian hamsters after intra testicular inoculation of zink chloride during seasonal testicular growth. Cancer Res 24: 3612-2614
- Gray and Ellis (1950):
Some interrelationships of Co, Mo, Zn, Pb in the nutrition of rat. J. of Nutr. 40, 441-452
- Hartmans, J. (1977):
Verslag van het Cadmium symposium, gehouden te Jena, 1-3 augustus intern rapport CABO, Wageningen
- Henkens, Chr. H. (1971):
Zink overmaat op bouwland landbouwk. tijdschr. 73, 917-926
- Hemkes, O.J. en van der Kemp (1976):
Invloed van rioolzuiveringsslib op de gehalten aan Cd, Pb, Zn en Cu in grond en gewas CABO, verslag nr. 3
- Kobayaski, J. et al (1974):
Removal of cadmium from polluted soil with the chelating agent EDTA, Proc. 8th conf. of trace subst. in Env. Health: 179-192
- Page, A.L.; Bingham, F.T.; Nelson, C. (1972):
Cadmium adsorption and growth of various plant species as influenced by solution cadmium concentration; J. of Envir. Quality 1:288-291
- Van Koetsveld en Lehr (1961):
Zinkgehalte van gras en grond in Nederland. Landbouwk. Tijdschr. 73, 371-382
- Lauwerijs, R., Ph. de Wals (1981):
Onderzoek naar de mogelijke gevolgen van cadmiumverontreiniging in Luik, The Lancet, p 383
- Mills (1964):
Metabolic interrelationship in the utilization of trace elements Proc. of Nutr. Soc. 23, 38-45
- Reynders, Lucas (1982):
Cadmium; een groeiende bedreiging. Stichting Natuur en Milieu, Utrecht.

Overzicht van het door het RIN uitgevoerde onderzoek naar de belasting met zink en cadmium van bodem en regenwormen in natuurlijke gebieden in de omgeving van een voormalige zink-smelter in de Nederlandse Kempen met een korte opsomming van het effectonderzoek

H. Eijsackers

Deelrapport van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer van de voorbereidende fase van het 'Nader onderzoek naar bodemverontreiniging in de Kempen' uitgevoerd door ingenieursbureau Haskoning in opdracht van Provinciale Waterstaat Noord-Brabant.

Inhoud

1	INLEIDING	1
2	INVENTARISATIE BODEMBELASTING	1
2.1	Bemonsteringsmethoden	2
2.2	Analysemethoden	3
2.3	Bemonsteringsplaatsen	6
2.3.1	Bodentypen	6
2.3.2	Monsterplaatsen	7
2.4	Analyseresultaten	19
3	EFFECTENONDERZOEK	25
4	MOGELIJKE BOUWSTENEN VOOR NORMERING	29
5	LIJST VAN BESCHIKBARE LITERATUUR	33

1 INLEIDING

Als onderdeel van de studie "regenwormen als bioindicatoren van bodemverontreiniging" (W. Ma 1983) is in 1980 een studie gestart in de omgeving van een voormalige zinksmelter in de Nederlandse Kempen (Budel-Dorplein). Deze plaats was mede geselecteerd op basis van beperkt onderzoek van Harmsen (1977) en uitgebreider bemestingsonderzoek van v.d. Burg et al. (1973). Doel daarvan was om na te gaan of regenwormen ook in veldsituaties gebruikt kunnen worden als indicatoren van bioaccumulatie van zware metalen. Daartoe zijn monsters verzameld van zoveel mogelijk ongestoorde bodemprofielen in (restanten van) dennenbossen en in zoveel mogelijk ongestoord grasland, in het laatste geval gecombineerd met bemonstering van regenwormen.

In dezelfde periode of kort daarop is onderzoek gestart door de Vrije Universiteit Amsterdam over zinkeffecten op grasvegetatie en bodemdieren. Tevens zorgden rapporten van o.a. L. Reijnders, Chemiewinkel Eindhoven en Instituut voor Bodemvruchtbaarheid voor een hernieuwde discussie over de risico's voor de volksgezondheid van de in de bodem aanwezige zware metalen.

De eerste ervaringen van het RIN-onderzoek zijn vastgelegd in een artikel (Werkgroep milieuverontreiniging 1982). Hierop kwamen een aantal reacties binnen die leidden tot een bijeenkomst van personen en instanties die bij onderzoek in de Nederlandse Kempen betrokken zijn, m.n. wat betreft de effecten van zware metalen op natuurlijke oecosystemen. Daarnaast werd bij het RIN het onderzoek uitgebreid met enkele verkennende studies.

In het kader van het voorstel nader onderzoek fase 1 "Bodemverontreiniging in de Kempen", uitgevoerd door Haskoning, wordt in dit deelrapport verslag gedaan van de door het RIN uitgevoerde analyses, van de bekende onderzoekactiviteiten en van de tot nu toe gepubliceerde rapporten en artikelen. Uitgaande van de projectomschrijving is de bedoeling van de hier gepresenteerde gegevens primair het aangeven van de tot nu toe beschikbare informatie ten einde nog aanwezige lacunes in het onderzoek duidelijker te kunnen signaleren. De analysegegevens zijn slechts in beperkte mate verder verwerkt; een dergelijke verwerking ligt echter wel in de bedoeling.

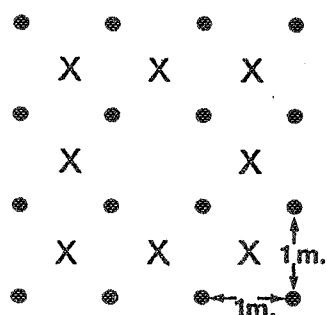
2 INVENTARISATIE BODEMBELASTING

In het kader van het RIN-onderzoek zijn drie series bemonsteringen A, B en C uitgevoerd door respectievelijk v. Beersum (1982), Jans (1982) en Kuiper (1983) en daarnaast zijn enkele incidentele monsters genomen voor het heideonderzoek en de paddestoeleninventarisatie. Van deze bemonsteringen zullen achtereenvolgens de bemonsterings- en analysemethoden, de bemonsteringsplaatsen en de analyseresultaten worden gegeven.

2.1 Bemonsteringsmethoden

Ad A. De monsters zijn genomen in ongestoord grasland, maar omdat dit niet altijd te vinden was, is ook in weilanden gemonsterd. Van de grond is de bovenste twee cm bemonsterd, aangezien zware metalen zich voornamelijk in de bovenste centimeters van de grond ophopen (o.a. Harmsen 1977). Bij elk grondmonster is de hierop liggende strooisellaag meegenomen, voor zover aanwezig. Deze is apart geanalyseerd. Onder de strooisellaag wordt verstaan de dode vegetatie welke nog niet is afgebroken (A_{00}) plus reeds verteerd materiaal (A_0). Bij veel graslandjes, vooral weiland, bestaat het ook uit een gedeelte van de wortellaag. De grens tussen grond en strooisellaag is meestal moeilijk exact vast te stellen en is daarom arbitrair.

Monsters 1 t/m 9 zijn verkregen door per monsterpunt 5 willekeurig genomen monsters te mengen. De wormen zijn d.m.v. trillen met de schep verzameld. Voor monsters 11 t/m 31 zijn per monsterplaats 16 monsters gemengd. Deze zijn genomen uit een kwadraat van 3 x 3 m, zoals aangegeven op de tekening. Hierbinnen zijn telkens 8 wormmonsters genomen, door 20 x 20 x 20 cm grond volledig uit te zoeken. De gevonden regenwormen zijn per monsterpunt bij elkaar bewaard.



Schematische weergave van de monstername.

- Grondmonster en strooiselmonster genomen
- X wormmonster genomen

Ad B. Op ieder monsterpunt werden bodemonsters verzameld binnen een denkbeeldige cirkel met een straal van ca. 50 cm, door met een steekboor 10 tot 20 keer grond uit te steken (tot een gewicht van ongeveer 1 kg). In principe werd zo diep gestoken dat alleen de grond behorende tot de A_1 - of A_p -horizont verkregen werd (tabel 3). In enkele gevallen gebeurde dit arbitrair, te weten de punten 4 en 13 25 cm, punt 7 20 cm, en de punten 9, 10 en 15: 15 cm.

De wormen werden verzameld door middel van de zogenaamde trilmethode. Op enkele plaatsen was het resultaat hiervan onbevredigend en zijn drie stukken grond van ca. 30 x 30 x 20 cm³ uitgestoken en met de hand op wormen uitgezocht.

Ad C. Per lokatie werd, voor zover mogelijk, van een negental monsters van de A_0 -horizont (organische toplaag) een mengmonster gemaakt, alsmede van een 16-tal monsters van de eerste 2 cm van de minerale bovengrond. Het bemonsteringspatroon is aangegeven in fig. 1.

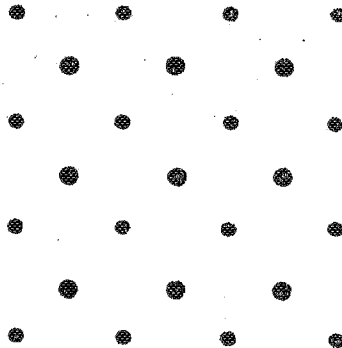


Fig. 1 Bemonsteringspatroon

Uit praktische overwegingen geschiedde de monsternamen voor de beide bodemlagen met 2 afzonderlijke boren met verschillende diameter. Voor de A_0 -laag werd een strooiselboor met een diameter van 5,6 cm genomen (d.w.z. een oppervlak van 25 cm²); voor de bovenste 2 cm van de A_1 een PVC-grondboor met een diameter van 2,5 cm, overeenkomend met een oppervlak van 6,1 cm².

Voor het paddestoelenonderzoek zijn mengmonsters genomen van ca. 10 stekken (\varnothing 8 cm, diepte 5 cm) rondom en tussen een groep van verschillende soorten paddestoelen.

De bodembemonstering voor het heideonderzoek vond plaats rondom een aantal voor vegetatiebepalingen uitgezette permanente quadraten. Van een viertal plekken werd over een oppervlak van 0,0625 m² de L(itter)- en F(ermentatie) laag alle materiaal bemonsterd. Van de A_1 -horizont werd op deze plekken een mengmonster genomen uit de bovenste 5 cm.

2.2 Analysemethoden

Ad A. De mengmonsters van de grond werden enkele dagen onder ventilatie bij kamertemperatuur gedroogd en hierna gezeefd (2 mm zeef). Van monsters 1 t/m 9 werd gemeten: het organisch koolstofgehalte; zuurextraheerbaar zink, totaalgehalten van zink en cadmium. Van monsters 11 t/m 31: pH, organisch koolstofgehalte, zuurextraheerbaar zink en cadmium.

pH is bepaald door 10 gr luchtdroge grond met 50 ml 0,01 M CaCl_2 enkele uren te schudden, een nacht over te laten staan en nog 1 uur te schudden. Organisch stofgehalte is bepaald in tweevoud door oxidatie met kaliumbichromaat volgens Kurmies. Voor de zuurextractie werd 10 gr luchtdroge grond geschud met 100 ml 0,43 M HNO_3 in een 250 ml polyethyleen pot en gefiltreerd over een hard, asvrij filter. De Zn-gehalten werden direct gemeten m.b.v. atomaire absorptie spectrofotometrie (AAS). Monsters nr. 11 t/m 31 zijn in duplo bepaald. De cadmiumgehalten werden gemeten met de grafiet oven. Daartoe werd de organische stof uit het zuurextract verwijderd door koken met 2 ml 0,5% KMnO_4 + ca. 25 ml H_2O gedurende enkele minuten. Na toevoeging van 0,5 ml oxaalzuur om de gevormde MnO_2 te reduceren en de resterende KMnO_4 om te zetten in Mn^{2+} , werden de extracten geëxtraheerd met een oplossing van diethylammonium NN diethyldithiocarbamaat (DDTC) in xyleen 5 gr/100 ml (van Schouwenburg et al. 1980). Voor de bepaling van het totaalgehalte werd de grond gemalen met een wolframcarbide-schijvenmolen tot $<50 \mu\text{m}$ en 1 nacht gedroogd bij 105°C . Nadat 2 gr stoofdroge grond 1 nacht had gestaan in 20 ml Fleischmann's zuur ($\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4 = 1/1$), werd dit gedestruëerd door 1 uur te verhitten tot 100°C en vervolgens tot 280°C tot witkleuren. Hierna werd het overgebracht in 100 ml maatkolven, aangevuld en gefiltreerd in polyethyleen potten. Het destruaat werd op dezelfde manier behandeld als het zuurextract.

De monsters van de strooisellaag zijn gedroogd bij 70°C en fijngemalen in een porceleinen vijzel. Monsters die weinig zand bevatten, zijn in een gewasmolen gemalen. Het was niet mogelijk alle strooiselmonsters te malen, omdat het zand er onvoldoende van gescheiden kon worden. Het fijngemalen strooisel werd gedroogd bij 70°C en gedestruëerd. Voor de destructie werd 0,5 gr strooisel 1 nacht weggezet met 20 ml Fleischmann's zuur en vervolgens minstens 1 uur verhit tot 100°C en daarna tot 280°C tot witkleuren. Het witkleuren gebeurde niet overal; in die gevallen werd dan $2 \times 1 \text{ ml } \text{H}_2\text{O}_2$ toegevoegd waarbij telkens een half uur werd verwarmd tot 280°C . Het destruaat werd opgekookt met 20 ml water in een waterbad van 100°C gedurende 1 uur. Het destruaat werd kwantitatief (d.w.z. inclusief zand) overgebracht in 100 ml maatkolven. Na aanvullen werd gefiltreerd over middelhard asvrij papier. De zandfractie is bepaald door filter met inhoud te verassen bij 800°C en te wegen.

Het zinkgehalte is direkt in het destruaat gemeten m.b.v. AAS. Cadmiumgehalten werden gemeten op de grafietoven. Hiertoe werd eerst geëxtraheerd met DDTC zoals eerder beschreven.

De verzamelde wormen werden op nat filtreerpapier gehongerd ter lediging van het darmkanaal en in de diepvries bewaard tot analyse. Bij verdere verwerking werden de wormen gescheiden in soorten en in adulten en sub-adulten.

Om het gehalte aan zware metalen te bepalen werden de wormen in tevoren gewogen kwartsschaaltjes 1 nacht in de stoof gezet. Na wegen werden ze verast in een plasmaverasser bij 100°C . Hierna worden ze met ca. 20 ml geconc. HCl overgespoeld in bekerglaasjes en ingedampt op een zandbed. Vervolgens werd 2 ml geconc. HCl + 15 ml water toegevoegd, waarna nog 10 minuten werd verwarmd op een zandbed. De vloeistof werd overgebracht in een 50 ml maatkolf en aangevuld met water. Bij het overspoelen werd het zand, dat de wormen bevatten, achtergehouden in het bekerglas. Dit laatste werd 1 nacht in de stoof gezet en daarna werd het zand gewogen. De gehalten aan zink en cadmium werden bepaald m.b.v. AAS.

Ad B. Voor de bepaling van de pH werd 10 g grond geschud met 100 ml aquabidest. of 100 ml 1M KCl gedurende 2 uur en na 48 uur bezinken, gemeten. Organische stofgehalte werd bepaald door 2 g grond gedurende 1 uur bij 105°C te drogen en vervolgens gedurende 16 uur bij 375°C te verassen.

De grondmonsters werden 24 uur bij 60°C gedroogd, vervolgens met vijzel en mortier gemalen en gehomogeniseerd; takjes en steentjes werden verwijderd. Voor de verdere destructie werd de grond met een kogelmaler 10 minuten gemalen. Voor de zinkbepaling wordt aan 0,5 gr grond 5 ml H_2SO_4 (geconcentreerd) en 3 ml H_2O_2 (40%) toegevoegd. Het geheel wordt verhit op een kookplaat totdat dampvorming zichtbaar is; na toevoegen van 1 ml H_2O_2 wordt verder verhit totdat opnieuw dampvorming optreedt. Vervolgens wordt voor de derde maal 1 ml H_2O_2 toegevoegd en 30 minuten doorverhit. Het geheel wordt overgespoeld met aquabidest. tot 50 ml aangevuld en na schudden 12 uur weggezet ter bezinking.

Voor de cadmiumbepaling wordt aan grond 10 ml HCl (37%) en 30 ml aquabidest toegevoegd. Dit wordt gedurende 3 uur bij ca. 100°C gehouden. Na afkoelen wordt de inhoud overgespoeld en aangevuld tot 100 ml. Na goed schudden wordt het monster weer een nacht weggezet om te laten bezinken.

Voor de analyse van de wormen werden deze gedurende ca. 15 uur gevriesdroogd en enkele uren bij 105°C gedroogd. Vervolgens werden de wormen 3 x 2 uur in een plasmaverasser geplaatst, tussentijds werden de monsters geroerd. De as werd met ca. 20 ml HCl (37%) overgespoeld in een maatbeker van 50 ml en op een zandbad langzaam ingedampt. De gelige neerslag werd opgelost met 2 ml HCl (37%) en 15 ml aquabidest. (op een zandbad verwarmen gedurende 15 minuten). Het eventueel aanwezige zand werd achtergehouden, gedroogd en gewogen.

Ad C. Grondmonsters werden 2 dagen gedroogd in een stoof bij 40°C en vervolgens fijngemalen met mortier en stamper en gezeefd (2 mm zeef). Het gezeefde materiaal werd 10 minuten gemalen in een kogelmaler. De monsters van A₁- en A₀-horizont (resp. 250 en 100 mg) werden gedestruëerd met 5 ml gec. HNO₃ en 5 ml gec. H₂O₂ (ca. 30%) tot er nitreuze dampen verschenen, waarna nogmaals 5 ml H₂O₂ werd toegevoegd. De destructie werd voortgezet tot er 2,5 tot 5 ml destruaat overbleef en dit voldoende helder bleef. Destructietemperatuur en duur waren ongeveer 250°C en 20 minuten. In deze destruaaten werd na aanvulling tot een bekend volume, eventueel na verdunning, het gehalte zink en cadmium in duplo bepaald met atomaire absorptie spectrofotometrie.

2.3 Bemonsteringsplaatsen

2.3.1 Bodentypen

Gezien de variatie in bodentypen in de Nederlandse Kempen wordt eerst een kort overzicht gegeven, gebaseerd op kaart 57-Oost van de Stiboka en De Bakker en Schelling (1966).

Het totale gebied omvat 29 330 hectaren; onderstaande tabel 1 en fig. 2 zien hoe dit oppervlak is verdeeld over de vijf orden van gronden (het hoogste indelingsniveau).

Tabel 1

Orde	Oppervlakte (in hectaren)	Percentage van totale oppervlakte
Veengronden	685	2,3%
Podzolgronden	10390	35,4%
Brikgronden	0	0,0%
Eerdgronden	11740	40,0%
Vaaggronden	4360	14,9%
Rest*	2155	7,4%

* = samengestelde kaarteenheden met een afwisselend voorkomen van de vijf orden

Podzolgronden

Dit zijn minerale gronden met een duidelijke podzol-B horizont. In gebieden waar de neerslag groter is dan de verdamping kan het voorkomen dat organische stoffen en/of ijzer- en aluminiumoxiden uit de dan te vormen A-2 horizont (loodzandlaag) uitspoelen en wat dieper weer 'blijven steken' om daar de podzol-B horizont te vormen. In dit gebied nemen de Haarpodzolgronden, met 8 935 ha en de Veldpodzolgronden, met 1 070 ha de belangrijkste plaats in.

Een Haarpodzolgrond is een humuspodzol (amorfe organische stof in de podzol-B horizont aanwezig) met ijzerhuidjes rondom de zandkorrels direct onder de B-2 horizont en met een dunne A-1 horizont. In niet bewerkte toestand is de A-1 horizont slechts enkele cm's dik en zeer humeus.

Een Veldpodzolgrond is ook een humuspodzol maar zonder ijzerhuidjes rondom de zandkorrels direct onder de B-2 en met een A-1 dunner dan 30 cm.

Eerdgronden

Dit zijn minerale gronden met een dikke donkere humeuze bovengrond (de Eerdlaag) zonder of met een onduidelijke B-horizont. De belangrijkste Eerdgronden in dit gebied zijn de hoge Zwarte Enkeerdgronden, met 6.560 ha, de Gooreerdgronden met 2.775 ha en de Beekeerdgronden met 1.670 ha.

2.3.2 Monsterplaatsen

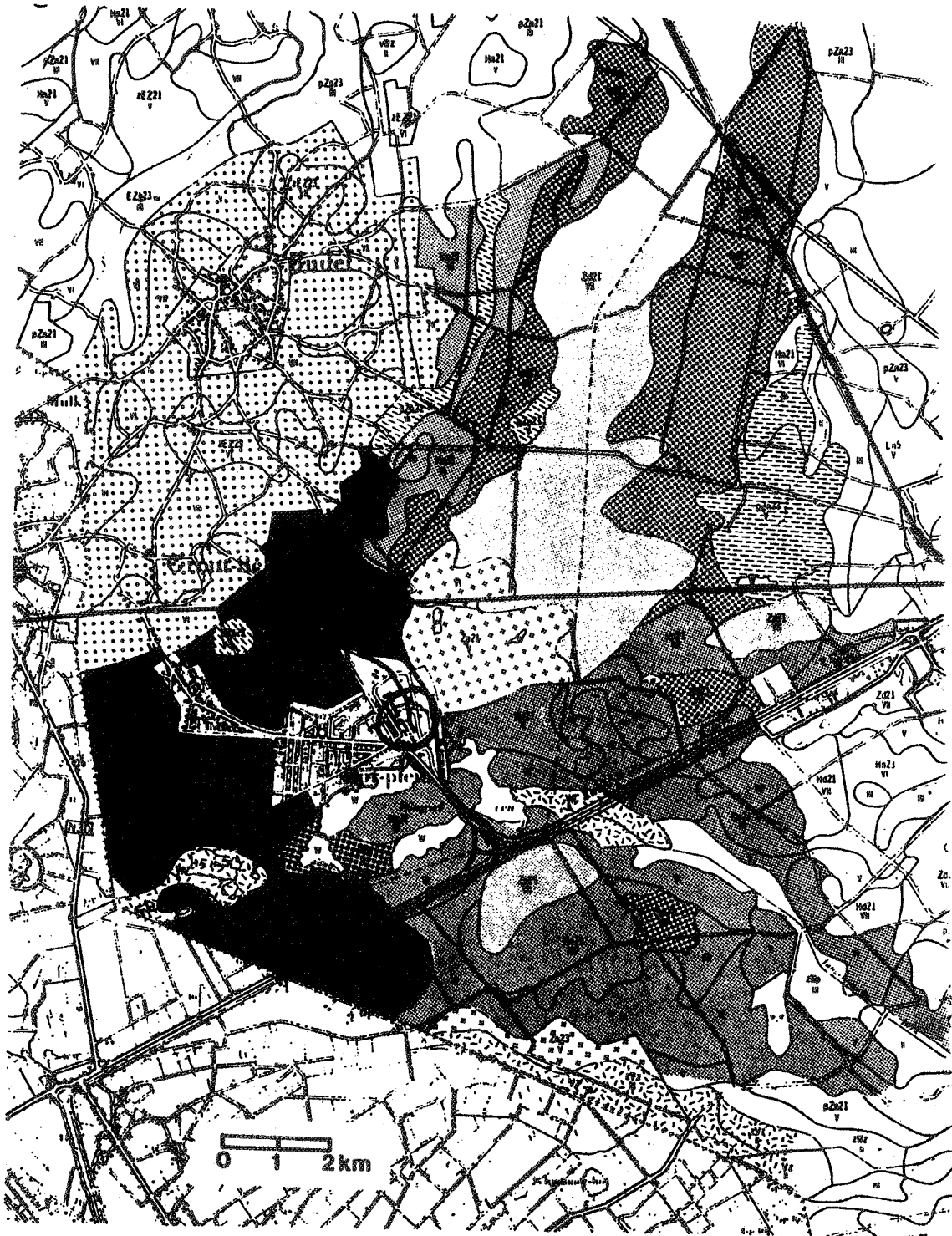
Ad A. Monsters zijn genomen in weilanden tot op ca. 19 km van de fabriek in globaal NW- en NO-richting van de voormalige smelterij (Fig. 3). Gegevens over afstand en richting tot de smelterij en een ruwe omschrijving van de monsterplaatsen staan in tabel 2 .











Ad B. Teneinde monsters te verzamelen waarin de gehalten aan zware metalen goed meetbaar zijn en die afkomstig zijn van één bodemtype waar regenwormen qua bodemomstandigheden kunnen voorkomen, zijn alle monsters binnen 2,5 km van de voormalige smelterij genomen. Het betrof voornamelijk weilanden en bermen in gebieden die op de bodemkaart staan aangeduid als veldpodzolgebieden (zie fig. 4). De nummering komt overeen met de nummers van de analyses, kleinere ongenummerde stippen betreffen monsterplaatsen waar te weinig wormen voor analyse aanwezig waren en daarom ook geen grondmonster is genomen. In tabel 3 zijn afstand en richting t.o.v. de voormalige smelterij, enkele omgevingskenmerken en een profielbeschrijving aan de hand van een kleurcode (Munsell Soil Charts) opgenomen.

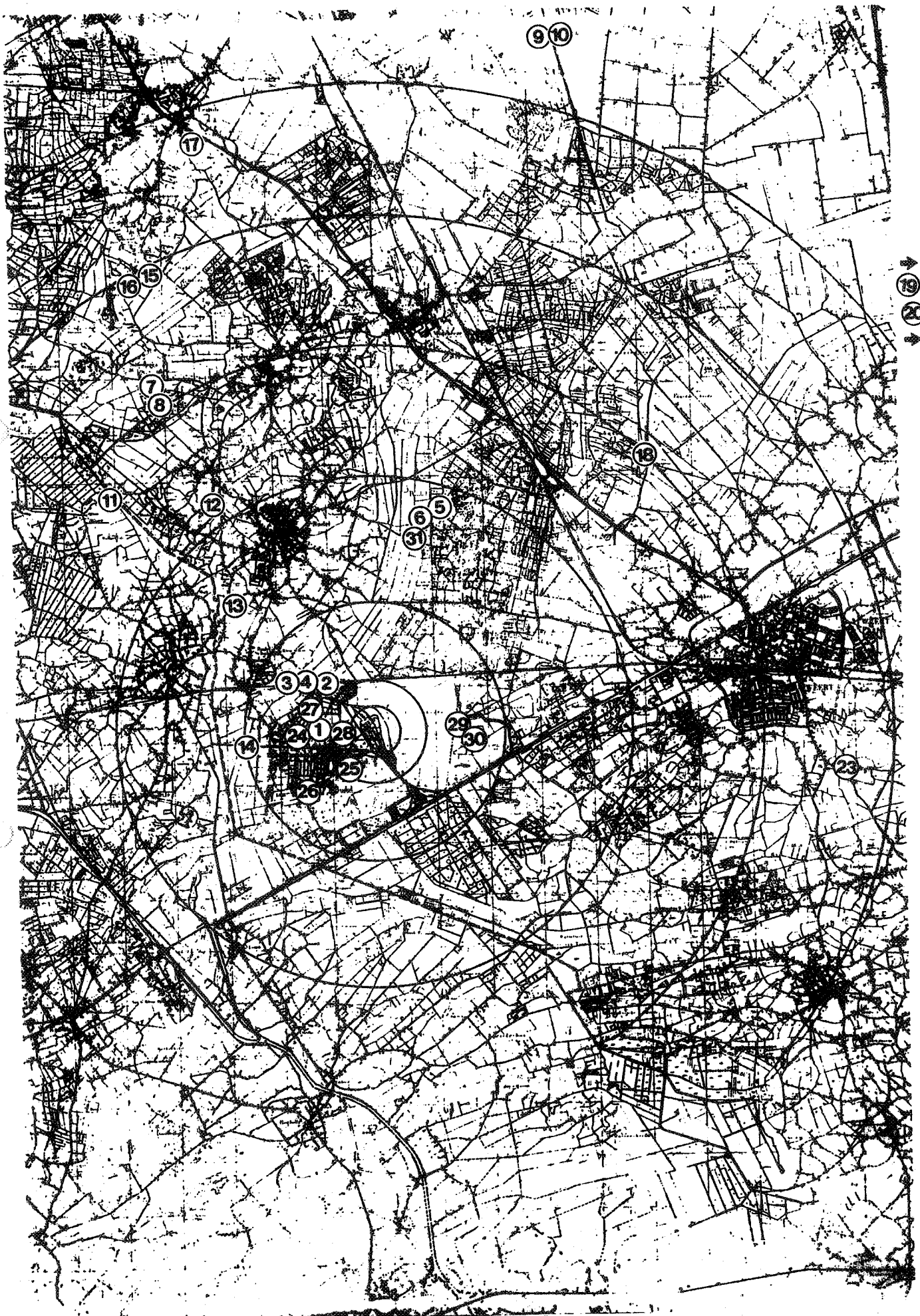
Ad C. Als bemonsteringsobjecten zijn dennenbossen uitgezocht vanwege hun ouderdom en ongestoord bodemprofiel. Direct rondom de voormalige smelterij ontbreekt dennenbos, maar zijn er wel restanden daarvan te vinden alsmede restanten van een oude berkenaanplant. In enkele gevallen moest bij gebrek aan alternatieven in relatief jonge sparrenbossen worden gemonsterd. Een beschrijving van de monsterplaatsen staat in Tabel 4 , evenals afstand en richting t.o.v. de voormalige smelterij.

De bodem bestond voornamelijk uit een pleistoceen dek en/of stuifzand, de A₀-horizont varieerde. De situering van de monsterplaatsen in globaal NW-, N-, NO- en O-richting is aangegeven in figuur 5.

Figuur 2. Belangrijkste gronden rond de zinksmelterij



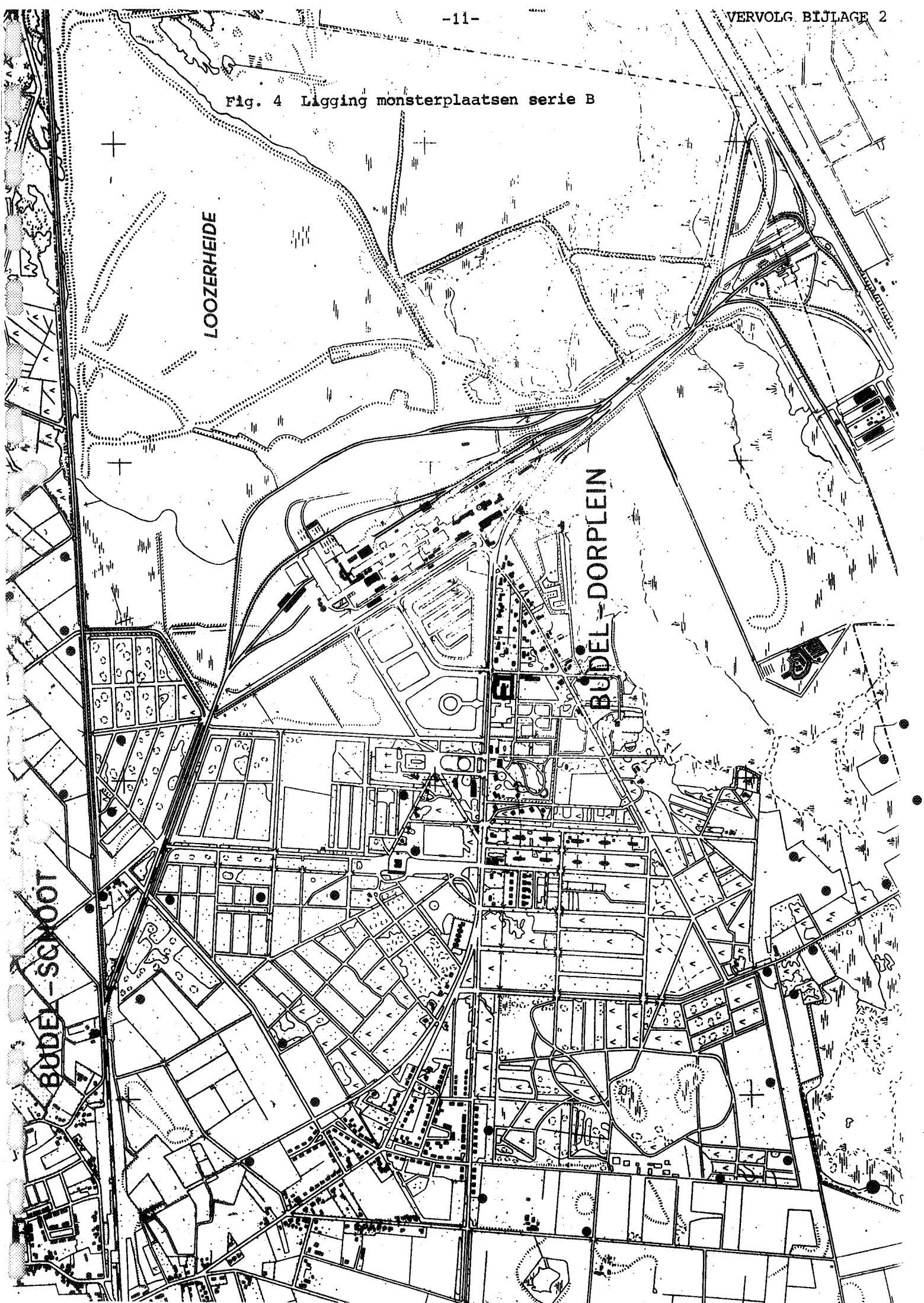
- | | | | |
|---|--------------------------------|---|----------------------------|
|  | Veldpodzolgronden (lemig) |  | Gooreerdgronden |
|  | Haarpodzolgronden |  | Veengronden |
|  | Veldpodzolgronden (zwak lemig) |  | Moerige Podzolgronden |
|  | Duinvaaggronden |  | Hoge Zwarte Enkeerdgronden |
|  | Vlakvaaggronden |  | Zinksmelterij |



Tabel 2. Ligging van de monsterplaatsen t.o.v. de fabriek en enige opmerkingen over de vegetatie, het gebruik, de omgeving en het al of niet vinden van regenwormen.

monster (nr.)	afstand (km.)	wind-richting	regen-wormen	opmerkingen
1	1	W	-	open plek in berkenbosje in een groter bos; vegetatie dood.
2	1,3	NW	-	Mollinea; konijnen holen; ligging langs spoorlijntje.
3	1,5	NW	-	ongestoord graa land, waarschijnlijk \pm 30 jaar niet geploegd; lange spoorlijntje.
4	1,5	NW	+	weide met schapen; ongeploegd.
5	4,5	MNO	-	Mollinea; vrijwel door bos omsloten.
6	4,5	MNO	+	weiland.
7	7,5	MNW	-	weide die men weer natuurlijk wil laten worden; begraaft door IJland pony's; vroeger varkensdrijfst gebruikt.
8	7,5	MNW	+	naast nr. 7 in het bos.
9	14	MNO	-	bos.
11	6,7	NW	+	Mollinea, mos; verstoorte bovengrond, some zand; opslag van grove den, berk en bramen; wormen gevonden buiten kwadraat.
12	5,5	NW	+	eiken-berken bos met kweek; 10 jaar oud; hiervoor bouwland.
13	3,5	NW	+	gras met bomen (oud park); \pm 25 jaar niet geploegd; 8 wormmonsters onder eik lange vroeger sink-slakken padje.
14	2,5	W	+	gras (pitrus, kweek, aneet?) waarop berk en eiken; vroeger weiland; bomen gaan het steeds slechter doen.
15	9,8	MNW	+	gras met riet tussen loofbos.
16	9,8	MNW	+	Mollinea en kweek in eiken-berken bosje; slechte scheiding tussen strooisel en grond; dode takken ed. door grond; veel kleine wormen.
17	12	MNW	+	graspad lange eikenbos-rand en sloot; kweek en mogelijk witbol en sandhaver.
18	7,5	NO	+	
19	16,5	NO	+	jong eiken-berken bosje (\pm 6 jaar) met gras; zuid Grote Peel.
20	18	NO	+	graa land; \pm 15 jaar niet geploegd en \pm 6 jaar niet bemest; laat men verschraken; mollen; Grote Peel.
21	19	O	+	gras aan bostrand van berk en den; lange bemest bouwland en lange asfalt weggetje.
22	14	O	+	gras; open plek in jong eiken-berken bos; bramen; verkoold hout in de grond.
23	9	O	+	jong populieren bos; gras, witte dovenetel, hondsdraf en brandnetel; tussen twee weggetjes.
24	1,5	W	+	Mollinea en gras; rondom berken; lange bostrand.
25	0,75	NW	-	dikke laag, losliggend strooisel (\pm 8 cm); eik, berk, esdoorn; lange sink-sl. weg en Ringselven; rondom sink-slakken.
26	1,8	NW	+	weilandje \pm 6 jaar niet geploegd; strooisellaag is wortellaag.
27	1	WNW	-	zwarte elzenbosje met gras; losliggende strooisellaag (enkele cm); sink-slakken in grond; tegenover sportveld.
28	0,7	W	-	gras, mos, berken; bij begraaftplaats; lange sink-slakken weg; op sommige plaatsen opnieuw grond op strooisel.
29	1,7	O	-	weiland; strooisellaag is wortellaag.
30	2	O	+	weiland; vogelsaur; mollen; veel regenwormen.
31	4,3	MNO	+	weiland; vogelsaur; 's nachts gevoren.

Fig. 4 Ligging monsterplaatsen serie B

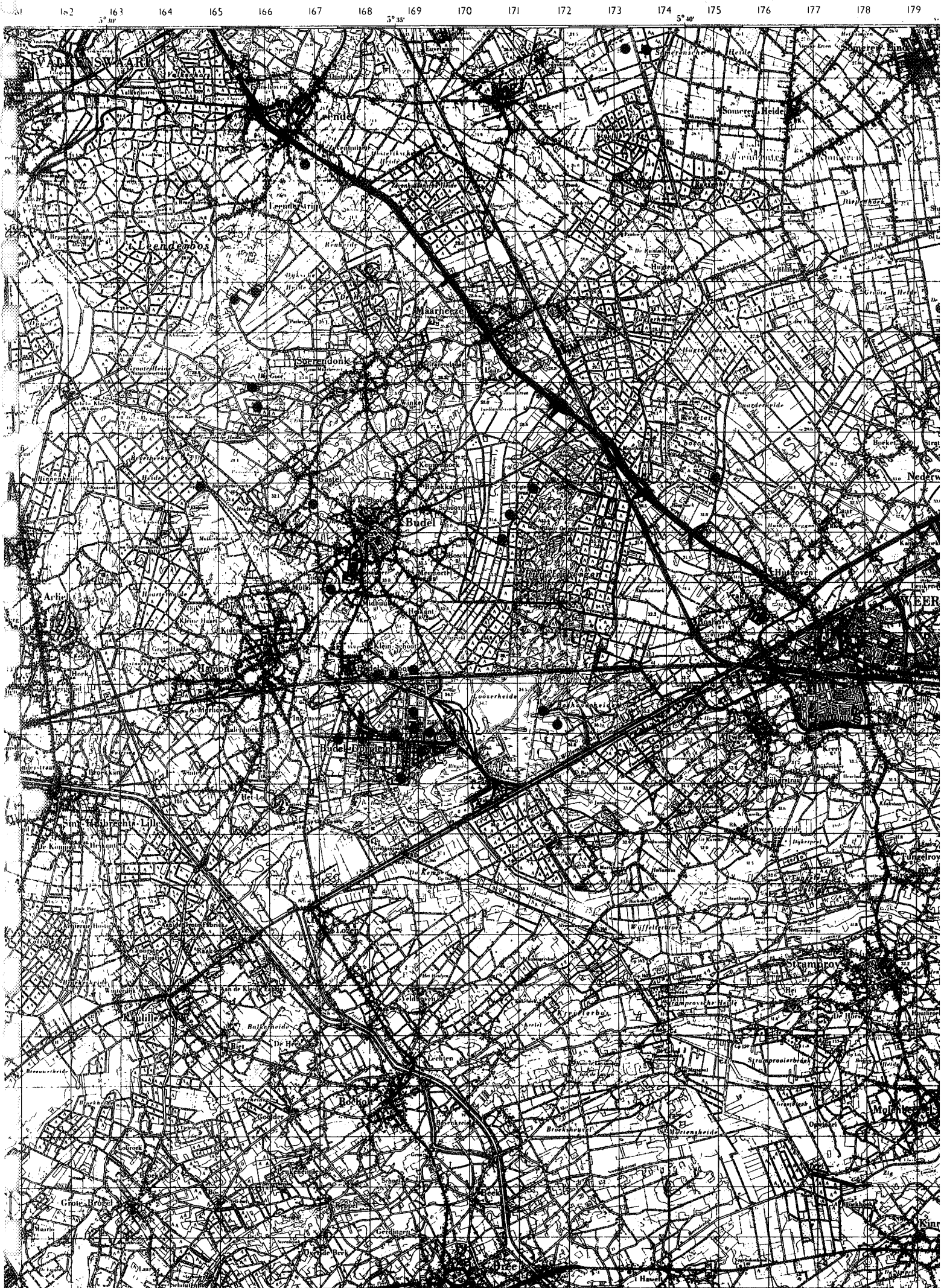


TABEL 3. BESCHRIJVING MONSTERPUNTEN

MONSTERPUNT	DIRECTE OMGEVING	VEGETATIE TER PLAATSE	PROFIEL DIEPTE (cm) KLEUR	LIGGING T.O.V. SMELTERIJ AFSTAND (meter)	RICHTING
1.	weiland, op + 7 m. afstand van een goederenspoorweg	kort gras en klaver, perenboom op 3 m. afstand	0-25 10 YR 3/1 25-30 10 YR 3/4 30-50 10 YR 4/4 50-... 10 YR 5/4	1.500	noordwesten
2.	gemengd loofbos op 2 m. afstand van sloot waarachter een akker ligt	eiken, elzen, berken en verschillende soorten grassen	0-27 10 YR 3/1 27-37 10 YR 6/6 37-... 10 YR 7/4 (+vlekken 5 YR 5/8)	1.620	westen
3.	weiland, 2,5 m. afstand van sloot en 6 m. afstand van goederenspoorweg	gras en klaver	0-10 10 YR 3/1 10-11 10 YR 6/4 11-40 variabel+ vlekken 5 YR 5/8 10 YR 7/2	1.100	noord noord- westen
4.	weiland, 1 m. afstand van sloot en 6 m. afstand van de goederenspoorweg	gras en klaver	0-35 10 YR 2/1 tot 10 YR 6/4 35-... 10 YR 5/4	1.090	noord noord- westen
5.	berm + 1,5 m. breed tussen berkenbosje en grasland	grassen, klaver en hoornbloemen	0-25 10 YR 3/2 25-... 10 YR 6/4	1.300	noordwesten
6.	weiland, diepgelegen en op 2 m. afstand van sloot en zandweg	zeer veel klaver	0-27 10 YR 3/2 27-33 10 YR 4/3 33-... 10 YR 6/3	1.640	noordwesten
7.	inrit van verharde weg naar akker (maaisveld)	weegbree en grassen	zeer wisselend, veel zinkasresten in de grond	1.600	noordwesten
8.	wat hoger gelegen wallen tussen twee weilanden op 1,5 m. afstand van een sloot	hoofdzakelijk zeer kort gras (konijnenvraat)	0-25 10 YR 3/2 25-... 10 YR 7/1 (lemig, ook roestvlekken)	1.680	west noord- westen

TABEL 3. BESCHRIJVING MONSTERPUNTEN. VERVOLGBLAD NUMMER 1		LIGGING T.O.V. SMELTERIJ			
MONSTERPUNT	DIRECTE OMGEVING	VEGETATIE TER PLAATSE	AFSTAND (meter)	RICHTING	
			PROFIEL		
			DIEPTE (cm) KLEUR		
9.	hoek van weiland, 2,5 m. van een verharde weg, 1 m. van koeien-drinkbak	lang gras en weegbree	tot op grote diepte sterk gemengd; op 15 cm. roestvlekken, bovenste laag overwegend 10 YR 3/2	1.800	westen
10.	2 m. brede strook tussen diepe sloot (droog) en maisveld	kort gras	0-50 10 YR 3/2 maar ook gele tinten en roestvlekken 10 YR 7/2	1.980	west noord- westen
11.	rand tussen sloot en weiland	gras en braamstruiken	50-... 0-15 15-45 45-... 10 YR 7/2 7 1/2 YR 3/2 5 YR 7/2 10 YR 6/4 7 1/2 YR 3/2	2.120	westen
12.	rand loofbos, 1 m. van een sloot waar-achter een maisveld	eiken, berken en elzen-grassen en cypergrassen	0-15 15-16 16-35 35-... 10 YR 6/4 7 1/2 YR 3/2 5 YR 7/2 10 YR 6/4 7 1/2 YR 3/2 5 YR 7/2	2.000	westen
13.	berm tussen onverharde weg en weiland	grassen, klaver en boterbloemen	0-50 50-80 80-... 10 YR 3/2 10 YR 5/6 10 YR 6/4	2.350	westen
14.	weiland, hoek verharde weg en dennebosje	gras en veel klaver	0-27 27-50 50-... 10 YR 3/1 7 1/2 YR 4/6 2 1/2 Y 6/4	2.320	west zuid- westen
15.	vochtig laaggelegen weiland	zeer kort gras en veel klaver (begrazing door paard)	0-5 5-10 10-20 20-45 45-55 55-... 10 YR 3/2 10 YR 6/4 10 YR 3/2 10 YR 3/3 10 YR 5/4 10 YR 7/1 + roest- vlekken	2.390	west zuid- westen

Tabel 3. BESCHRIJVING MONSTERPUNTEN		VERVOLGBLAD NUMMER 2		LIGGING T.O.V. SMELIERIJ	
MONSTERPUNT	DIRECTE OMGEVING	VEGETATIE TER PLAATSE	PROFIEL DIEPTE (cm) KLEUR	AFSTAND (meter)	RICHTING
16.	5 m. brede strook tussen fijnsparebos en sloot waarachter een maaisveld	gras, plaatselijk door konijnen zeer kort gehouden	0-15 10 YR 7/2 15-17 strooisel 17-40 10 YR 5/6 40-50 10 YR 3/1 50-.. 10 YR 6/6	2.290 (opgebrachte laag)	west zuid- westen
17.	hoger gelegen deel van weiland, 3 m. van veeschuur	kort gras	0-25 10 YR 3/1 25-75 7½ YR 4/6 75-.. 10 YR 6/3	2.150	zuidwesten
18.	vochtig, laaggelegen weiland	kort gras	0-18 10 YR 3/2 18-.. 10 YR 6/3	1.790	zuidwesten
19.	zelfde weiland als bij 18. maar nog laager en natter	kort gras	0-22 10 YR 3/2 22-.. 10 YR 7/2	1.680	zuidwesten
20.	nat, laaggelegen. weiland	kort gras	0-23 10 YR 3/2 23-.. 10 YR 6/2	1.950	zuid zuid- westen
21.	hoogste punt van een wat hoger gelegen weiland, droger dan voorgenoemde weilanden	kort gras en hoornbloemen	0-25 10 YR 3/1 25-40 overgangs- kleuren 40-.. 2½ Y 6/4	1.950	zuid zuid- westen



De monsterplaatsen voor het paddestoelen- en heideonderzoek zijn afgeleid van in de omgeving beschikbare groeiplaatsen. Voor het heideonderzoek betrof dit de Strabrechtse heide waar - in het kader van een project over heidebeheer - reeds enige jaren onderzoek wordt uitgevoerd en een klein, jong heideveld ten oosten van het fabrieksterrein (coördinaten resp. 173.4-378.5 en 172.2-362.8). Voor de paddestoeleninventarisatie is de directe omgeving afgezocht, grond is bemonsterd in een schraal grasland (vnl. *Agrostis spec.*) met berkenopslag en een berkenaanplant op omgeploegde grond eveneens met een *Agrostis* ondergroei (coördinaten resp. 169.2-361.8 en 169.9-362.1).

Tabel 4 Monsterplaatsen dennenbossen (serie C)

windrichting	afstand in km	omschrijving van de lokaties, waarvan de bodem bemonsterd is
N	1,08	restanten van een oud dennenbos met grassen als onderbegroeiing
	2,52	-
	5,15	-
	7,15	-
	10,1	-
	16,5	-
	20,0	bos met grove den
No	2,73	bos met grove (?) den; het maakt deel uit van een militair oefenterrein, maar het bodemprofiel is ongestoord.
	4,82	bos met grove den; zeer weinig onderbegroeiing
	7,38	gemengd naald/loofbos met op de bemonsterde lokatie voornamelijk grove den; er is enige onderbegroeiing van jonge eik, berken, bosbes en bochtige smele. Er zijn greppels gegraven mogelijk voor de waterafvoer. De bodem doet leemachtig aan.
	9,90	bos met eik en grove den; er zijn geulen voor de afwatering gegraven. Het strooisel bestaat voornamelijk uit eikebladeren en dennenaalden en er is geen bodembegroeiing aanwezig.
	16,5	bos met voornamelijk grove den en onderbegroeiing van pijpestrootje.

windrichting	afstand in km	omschrijving van de lokaties, waarvan de bodem is bemonsterd
0	2,74	bos met grove den
	4,84	bos met oude dennen met onderbegroeiing van o.a. eik en bochtige smele
	10,25	resten van oud dennenbos waarvan de A_0 en A_1 zijn gemengd, mogelijk als gevolg van aktiviteit van wild
	16,5	dennenbos, dat 1 à 2 jaar geleden is gedund.
	18,9	-
ZO	2,48	bos met grove den waarvan het profiel enigszins is verstoord. Mogelijk is dit het gevolg van de aktiviteit van konijnen.
	6,35	bos met grove den. De A_0 -horizont is enigszins overstoven, mogelijk als gevolg van de aktiviteit van konijnen. In de direkte omgeving heeft ook strooiselroof plaatsgevonden.
	7,19	bos met grove den. In de naaste omgeving was het bodemprofiel gestoord, mogelijk als gevolg van de aktiviteit van wilde zwijnen (?).
Z	2,24	dennenbos met vrij humusarme bodem; het profiel is enigszins gestoord door de aanwezigheid van 'mollegangen'.
ZZW	0,44	restanten van eiken-berkenbosje met onderbegroeiing van gras.
	2,31	bos met enigszins verstoord bodemprofiel (konijnen).
ZW	0,29	open plek met een relatief humusrijke bovengrond: gelegen naast het 'koelbassin' van de huidige fabriek.
	0,48	restant berkenbosje met gras als bodembedekker.
	0,92	dicht sparrenbos; gelegen naast lariksbos.

windrichting	afstand in km	omschrijving van de lokaties, waarvan de bodem is bemonsterd
	1,82	bos met oude dennen (15-20 meter hoog). als onderbegroeiing komt bochtige smele en pijpestrootje voor. Het profiel is verstoord (konijnen).
W	0,25	open plek, gelegen naast het 'koelbassin' van de huidige fabriek; als vegetatie komen slechts enkele pollen gras voor.
	0,48	restanten berkenbosje; van de berken resteren slechts stam en wortels. Als bodembedekker treffen we (korst)-mossen aan.
	0,74	relatief oud sparrenbos gelegen achter het kerkhof.
	1,45	dicht sparrenbos met onderbegroeiing van loofhout.
	2,30	restant van bos met den en berk; als onderbegroeiing en bodembedekker treffen we pijpestrootje aan.
NW	0,75	restant berkenbosje, waarvan de bodem gedeeltelijk bedekt is met gras.
	0,85	restant relatief oud bos met berk en den; bemonsterd op plek met voornamelijk dennen.
	1,28	bos met dennen en lichte onderbegroeiing van bochtige smele.
	2,38	sparrenbosje van ca. 20 jaar oud, zonder onderbegroeiing.
	5,16	eikenbos met hier en daar berk, den, vuilboom, bosbes en bochtige smele.
	7,38	dennenbos met een A ₁ -horizont die humusarm is.
	9,81	dennenbos met aan de rand eiken en berken.
	15,3	dennenbos met onderbegroeiing van bochtige smele.
	20,4	dennenbos met hier en daar eiken en berken. onderbegroeiing van bochtige smele en pijpestrootje.

Met enige zekerheid kan gezegd worden, dat de niet nader beschreven lokaties (-) naaldbossen zijn met voornamelijk grove den en van behoorlijke ouderdom.

2.4 Analyseresultaten

Van de series A, B en C zullen hieronder (Tabel 5, 6 en 7) de ruwe analysecijfers worden gegeven. De resultaten van series A en B zijn verwerkt in een artikel van Ma et al. (1983), een artikel over serie C is in voorbereiding. De zink- en cadmiumgehalten van de bodemonsters van het paddestoelenonderzoek staan in tabel 8, die van het heideonderzoek in tabel 9.

Tabel 8 Zink- en cadmiumgehalten (mg.kg^{-1}) van grond van groeiplaatsen paddestoelen

monster-nummer	afstand in km	windrichting	zink	cadmium
1	1,2	NW	643	5,35
2	1,3	N	317	3,47

Tabel 9 Zink- en cadmiumgehalten (mg.kg^{-1}) van strooisellaag (L), fermentatiewaag (F) en A_1 -horizont (A_1) van heideterreinen

	L		F		A_1		
	Cd	Zn	Cd	Zn	Cd	Zn	
Heide bij Budel-Dorplein							
\bar{x}	1,8	459	2,9	344	1,6	115	
s	0,2	45	1,0	149	0,7	53	
n	3	3	3	3	3	3	
Strabrechtse heide							
\bar{x}	1,0	135	2,3	122	0,6	16	
s	0,3	22	1,1	55	0,2	8	
n	3	4	3	4	9	9	

Tabel 5a

Serie A Zink en cadmiumgehalten (mg.kg^{-1}) in de grond, in de strooisellaag, berekend op de organische stoffractie

monster- nummer	grond		strooisel	
	zink	cadmium	zink	cadmium
1	425	7,2 ¹⁾	9851	67,6
2	55	0,7	5880	32,3
3	240	1,8	4731	46,4
4	445	4,3	-	-
5	53	0,7	846	7,2
6	97	0,3	-	-
7	120	1,0 ¹⁾	-	-
8	21	0,1	660	8,3
9	31	0	592	6,9
11	10	0,7	207	5,4
12	55	0,5	1698	6,7
13	212/ 585	2,6	2043	15,4
14	163	2,2	1893	14,0
15	30	0,9	592	7,8
16	195	3,6	786	12,9
17	54	0,8	581	6,7
18	178	2,3	1632	14,4
19	34	0,9	477	6,6
20	66	1	388	4,3
21	53	0,6	677	4,4
22	21	0,5	413	5,0
23	63	0,9	821	5,2
24	350	4,3	11302	49,1
25	2175	3	19342	104,0
26	229	3	2344	8,4
27	290	3,2	5673	29,4
28	480	4,5	11796	57,9
29	102	1,2	4766	18,3
30	300	1,9	738	3,8
31	103	1,2	nb	nb

1) totaalgehalten, d.w.z. bepaald d.m.v. destructie; de andere gehalten zijn bepaald d.m.v. extractie met HNO_3

Tabel 5b

Serie A Zink- en cadmiumgehalten (mg.kg^{-1}) in regenwormen (*L. rubellus*)

monster- nummer	leeftijds- klasse	aantal	gehalte	
			zink	cadmium
4	ad.	3	2229	202
	s. ad.	1	3729	177
6	ad.	3	606	21
	s. ad.	8	520	16
8	ad.	4	1170	72
	s. ad.	12	770	50
11	ad.	1	1259	54
12	ad.	2	3229	102
	s. ad.	1	1117	34
13	ad.	5	2957	111
	s. ad.	10	1508	74
14	ad.	10	1191	94
	s. ad.	11	1011	73
15	s. ad.	1	714	32
16	s. ad.	7	874	59
17	ad.	1	742	21
	s. ad.	1	653	17
18	s. ad.	2	1000	67
19	ad.	2	1023	37
20	ad.	3	717	18
	s. ad.	1	689	16
22	ad.	4	1195	44
	s. ad.	10	725	38
23	ad.	1	1290	32
	s. ad.	2	1014	27
24	ad.	4	3500	158
	s. ad.	3	1880	132
26	ad.	5	1263	98
	s. ad.	6	957	81
30	ad.	15	841	48
	s. ad.	15	667	42
31	ad.	1	1162	18
	s. ad.	9	538	21

Tabel 6a

Serie B Zinkgehalte (mg.kg^{-1}) in bodem en wormen

monster- punt	gehalte in bodem	gem.	gehalte in wormen	schatting netto- gehalte in worm (gecorrigeerd voor rest zand in darmkanaal)
1a	730	705	2075	2391
b	680		2504	3138
2a	640	640		
b	640		1742	1936
3a	1200	1220	1903	2226
b	1240		2085	2597
4a	610	620	2262	2606
b	630		2801	3119
5a	430	430	1730	2152
b	430		1759	2140
6a	580	590	1355	1574
b	600		1535	1781
7a	2760	2660	1094	1256
b	2560		1210	1453
8a	580	590	2098	2313
b	600		2378	2712
9a	160	158	1449	1752
b	156		2063	2323
10a	196	203	1149	1357
b	210		841	952
11a	360	360	1080	1182
b	360		1282	1554
12a	96	96	2190	2428
b	96		3034	3405
13a	330	340	1562	1716
b	350		1248	1338
14a	178	197	1075	1207
b	216		1819	1981
15a	290	285	1116	1248
b	280		1109	1204
16a	38	38	983	1159
b	38		1025	1196
17a	560	580	1923	2398
b	600		1187	1405
18a	380	400	1321	1452
b	420		1543	1607
19a	420	430	1043	1045
b	440		1510	1562
20a	180	183	1030	1108
b	186		1208	1273
21a	184	181	1375	1467
b	178		1423	1571

Tabel 6b

Serie B Cadmiumgehalte (mg.kg^{-1}) in bodem en wormen

monster punt	gehalte in bodem	gem.	gehalte in wormen	schatting netto- gehalte in worm (gecorrigeerd voor rest zand in darmkanaal)
1a	4,8	4,9	129	149
b	5,0		109	137
2a	4,4	4,5		
b	4,6		74	82
3a	5,8	5,7	69	81
b	5,6		62	77
4a	3,9	4,0	136	157
b	4,0		142	158
5a	2,1	2,1	76	95
b	2,1		63	77
6a	3,7	3,6	52	60
b	3,6		63	73
7a	5,2	4,8	66	76
b	4,5		57	68
8a	3,8	3,8	65	72
b	3,7		67	76
9a	0,8	0,8	52	63
b	0,8		60	68
10a	1,7	1,7	56	66
b	1,7		53	60
11a	2,4	2,4	72	79
b	2,4		64	78
12a	0,9	0,9	68	75
b	0,9		65	73
13a	2,3	2,2	46	51
b	2,2		42	45
14a	1,7	1,7	43	48
b	1,7		54	59
15a	1,5	1,5	18	20
b	1,5		16	17
16a	0,2	0,2	31	37
b	0,2		29	34
17a	3,6	3,6	60	75
b	3,6		62	73
18a	3,7	3,6	41	45
b	3,5		51	53
19a	3,8	3,8	66	66
b	3,8		80	83
20a	2,2	2,2	28	30
b	2,2		32	34
21a	2,6	2,6	45	48
b	2,5		46	51

Tabel 7

Serie C Zink- en cadmiumgehalten in de A₁-horizont van de bodem (bovenste twee cm) en de A₀-horizont

wind- richting	afstand in km	A ₁		A ₀	
		Zink mg/kg grond	Cadmium mg/kg grond	Zink mg/kg grond	Cadmium mg/kg grond
N	1,08	426	3,20	3400	17,1
	2,52	151	1,71	1150	12,0
	5,15	97	0,73	490	3,6
	7,65	67	0,72	404	3,0
	10,15	25	0,52	357	3,8
	16,5	16	0,23	142	0,6
	20,0	20	0,38	200	2,0
	NO	2,73	2194	2,08	1170
4,82		136	1,64	679	5,2
7,38		98	0,77	595	5,4
9,90		73	1,05	372	4,0
16,5		30	0,53	276	2,9
19,5		32	0,68	202	2,3
O	2,74	174	1,98	724	6,8
	4,84	98	1,02	414	3,9
	10,25	37	0,04	222	2,7
	16,5	30	0,37	75	1,0
	18,0	25	0,28	350	3,1
ZO	2,48	150	2,41	931	8,4
	6,35	51	0,51	245	2,4
	7,19	40	0,81	214	2,8
Z	2,24	90	0,85	461	2,7
ZZW	0,44	2432	37,90	14000	142
	2,31	66	0,70	328	2,5
ZW	0,29	4637	206	38600	184
	0,48	2584	14,6	8540	153
	0,92	2489	17,6	2020	14,7
	1,82	183	0,46	1140	9,0
W	0,25	23400	71,6	84800	202
	0,48	2190	6,10	8540	65,5
	0,74	418	5,18	3060	18,7
	1,45	489	5,30	1200	15,6
	2,30	137	0,93	1910	5,9
NW	0,75	1914	-	15500	35,4
	0,85	504	4,03	941	4,5
	1,28	230	3,11	1610	13,6
	2,38	128	1,57	526	3,7
	5,16	112	0,36	633	6,1
	7,38	26	0,26	232	3,3
	9,81	54	1,49	336	2,7
	15,3	76	0,46	358	2,5
	20,4	27	0,69	210	2,8

3 EFFECTENONDERZOEK

Naar aanleiding van een artikel over de situatie in de Kempen (Werkgroep milieuverontreiniging 1982) is in 1982 een bijeenkomst georganiseerd met diegenen waarvan toen aan de Werkgroep milieuverontreiniging bekend was dat zij onderzoek in de Nederlandse Kempen deden. Dit betrof onderzoek over de natuurlijke uitgangssituatie in de Nederlandse Kempen en over de hoeveelheden en effecten van de daar aanwezige zware metalen. Een schematisch overzicht van het interesseveld van de toen aanwezigen is opgenomen in tabel 10.

Door de Werkgroep milieuverontreiniging van het RIN zijn de afgelopen jaren een aantal onderzoeken verricht over de effecten van zware metalen op bodemmicroflora (Doelman en Haanstra 1982), regenwormen (Ma 1982a, 1983, Ma et al. 1983) en referentiewaarden (Th. Edelman, in druk, zie tevens par. 4). De hierop aansluitende activiteiten in de omgeving van de voormalige zink-smelterij zullen hieronder kort worden weergegeven.

- op basis van een dertigtal grondmonsters is getracht na te gaan of de remming van microbiële activiteiten kan worden voorspeld op basis van de zware metalenbelasting en de abiotische bodemfactoren. De aanzienlijke spreiding in abiotische factoren maakte dit niet mogelijk, wel kon op basis van een gemiddelde samenstelling van de monsters een remming door Zn (2680 mg.kg^{-1}) van microbiële bodemademhaling (60%) en fosfataseactiviteit (50%) worden berekend.
- een oriënterende bemonstering en analyse van paddestoelen leverde, in vergelijking tot monsters van dezelfde soorten uit Drenthe of Gelderland, aanzienlijke Cd-gehalten (max. $33,8 \text{ mg.kg}^{-1}$ in Amanita muscaria) en Zn-gehalte (max. 1233 mg.kg^{-1} in Hygrophoropsis aurantiaca) op. Deze bemonstering zal in ieder geval komend najaar herhaald moeten worden, ook vanwege enige niet verwachte, verhoogde gehalten in de controlegebieden.
- in aansluiting op het onderzoek over de accumulatie van zware metalen in regenwormen, zijn bemonsteringen uitgevoerd van de daar aanwezige muizen en spitsmuizen. Door slechte weersomstandigheden verliep het verzamelen trager dan gepland, waardoor een deel van het materiaal nog moet worden geanalyseerd.
- teneinde inzicht te krijgen in effecten op geleedpotigen is in enkele heideterreintjes in de directe omgeving van de voormalige smelter, een oriënterende bemonstering uitgevoerd. De resultaten zijn vergeleken met een bemonstering van een overeenkomstig terrein op de Hoge Veluwe. De eerste analyse van de mijtensorten leverde geen duidelijk veranderde samenstelling van de soorten op. Aanvullende laboratoriumproeven hadden voor één mijtensort (Nothrus sylvestris) een duidelijk effect van het toegevoegde Cd als resultaat.

- een serie laboratoriumproeven met verschillende pissebedsoorten op met Cd verontreinigde grond leverde tot nu toe slechts geringe effecten op.
- analyse van de belasting van heideplanten, heidestrooisel en diverse bodemlagen in heidevelden in de directe omgeving van de smelterij en verder daar vandaan (Strabrecht) toonde in vergelijking tot controleterreinen (Hoge Veluwe en Dwingeloo) een verhoogd zinkgehalte in vegetatie, strooisellaag en fermentatielaag voor Budel en Strabrecht, terwijl een verhoogd Cd-gehalte alleen in Budel werd gevonden. Oriënterende bepalingen over de ontwikkeling van de heide (standing crop) gaven geen verschillen te zien tussen de verschillende gebieden.

... ..

Naast de hierboven genoemde personen wordt voor zover ons bekend onderzoek uitgevoerd door de volgende personen:

t.a.v. effecten

Ernst, Vrije Universiteit Amsterdam. Zware metalen en grassen, fysiologische en genetische adaptatie.

Verkley, Vrije Universiteit Amsterdam. Zware metalen en planten.

Smilde, Instituut voor Bodemvruchtbaarheid. Opname zware metalen in landbouwgewassen.

Roelofs, Katholieke Universiteit Nijmegen. Effecten luchtverontreiniging en zware metalen in vennen.

t.a.v. de natuurlijke uitgangssituatie

Kalkhoven, RIN, afdeling landschapsecologie. Strijper Aa-studie vegetatie en flora.

v. Dam, RIN, afdeling landschapsecologie. Strijper Aa-studie macrofyten en macrofauna oppervlaktewater.

Stumpel, RIN, afdeling landschapsecologie. Strijper Aa-studie amfibieën en reptielen.

ten Houte de Lange, RIN, afdeling landschapsecologie. Strijper Aa-studie zoogdieren.

Opdam, RIN, afdeling landschapsecologie. Strijper Aa-studie vogels.

Gonggrijp, RIN, afdeling landschapsecologie. Strijper Aa-studie hydrologie en geomorfologie.

Oosterveld/Slim, RIN, afdeling botanie. Begrazingsproeven Grote Moost, Maria-peel en Cranendonk.

van Dobben, RIN, afdeling botanie. Korstmoskartering.

Verder zijn er uitgevoerd: broedvogelinventarisaties door RIN, KNNV, SBB; vegetatie-uurhokkartering door Rijksherbarium; inventarisatie amfibieën en reptielen door NVHT.

Vermoedelijk zal deze lijst nog verder aangevuld kunnen worden.

4 MOGELIJKE BOUWSTENEN VOOR NORMERING

Voor het vaststellen van kwaliteitsnormen voor de bodem, zoals omschreven in de ontwerpwet Bodembescherming, zou de chemische samenstelling van grond in natuurgebieden als uitgangspunt kunnen worden genomen. Bovendien zouden dergelijke uitgangs- of referentiewaarden gebruikt kunnen worden als basismetingen voor een meetnet bodemverontreiniging. Teneinde over deze referentiewaarden een eerste indruk te verkrijgen is van 1979-1981 bij het Rijksinstituut voor Natuurbeheer door Ir. Th. Edelman met subsidie van het voormalig ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne een onderzoek uitgevoerd naar de gehalten van een groot aantal elementen en een aantal organische verbindingen in zo min mogelijk door de mens beïnvloede gronden in Nederland. Hiertoe zijn grondmonsters verzameld in 40 natuurgebieden verspreid over het gehele land, met uiteenlopende sedimentologische, bodemkundige en vegetatiekundige kenmerken (fig. 6).

Om een representatief mengmonster van een gebied te verkrijgen zijn in elk gebied op ieder van drie plaatsen 42 monsters gestoken in een raster van 6x7 monsterpunten. Daarbij werd de bovenste 10 cm van de grond bemonsterd. Van vier gebieden is steeds een serie van 42 monsters apart gehouden om de spreiding op korte afstand te bepalen. Van deze mengmonsters zijn de Cd-gehalten bepaald d.m.v. Atomaire Absorptiespectrofotometrie na extractie met kokend salpeterzuur. De Zn-gehalten zijn bepaald m.b.v. Instrumentele Neutronen Activerings Analyse.

Bij een deel-onderzoek over de verspreiding op korte afstand zijn van de terreinen Hackfort, Savelsbos, Beuninger Achterheide en Kampinase Heide de Zn-gehalten van 42 monsters afzonderlijk bepaald. Van de twee laatste terreinen, die relevant lijken voor de bodemsituatie in de Kempen, staan de analyse resultaten in Fig.7. Zn vertoont een aanzienlijke ruimtelijke differentiatie waarbij de verdeling niet geheel normaal is; de gemiddelde Zn-gehalten en standaardafwijking in Beuninger Achterheide is 8.9 ± 3.1 mg.kg⁻¹ grond (n=27) en in Kampinase Heide $16 \pm 5,6$ mg.kg⁻¹ grond (n=22).

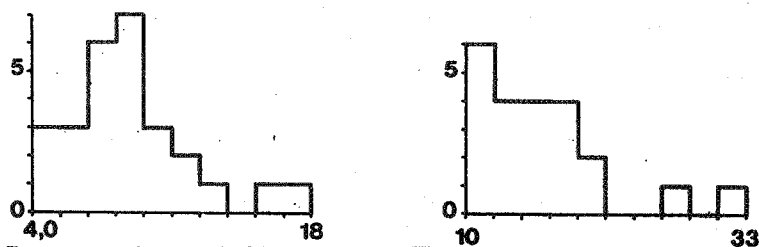
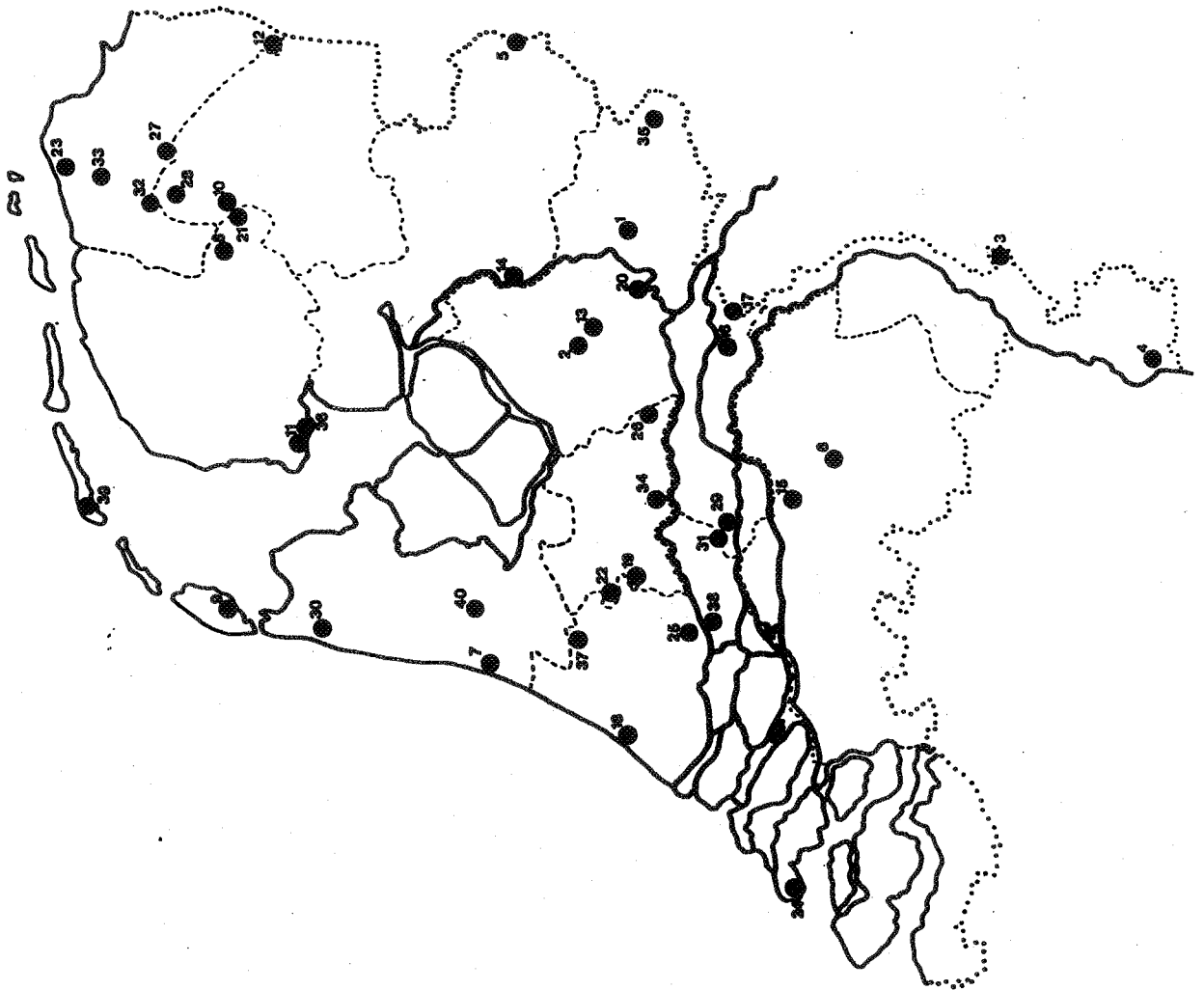


Fig. 7 Frequentieverdeling van Zn-gehalten in 42 monsters in Beuninger Achterheide (links) en Kampinase Heide (rechts). Op de horizontale as zijn de gehalten (mg.kg⁻¹ grond) uitgezet, op de verticale as de aantallen monsters.

1. Hackfort
2. Hoog Buurlo
3. Meijnweg
4. Savelsbos
5. Beuninger Achterheide
6. Kampina
7. Duin en Kruidberg
8. Bakkeveen
9. Zandkuil
10. Norgerholt
11. Rijsterbos
12. Ter Apeler Bossen
13. Spelderholt
14. Fortmond
15. Drunense Hei
16. Hernense Bos
17. Filosofendal
18. Wassenaarse Duinen
19. Linschoten
20. Middachten
21. Fochteloër Veer
22. Zegveld
23. Uithuizen
24. Koudekerkse Inlagen
25. Berkenwoude
26. Blauwe Hei
27. Harense Wildernis
28. De Kleibos
29. Eendenkooi 't Broek
30. Het Wildrijk
31. Oeverlanden Linge
32. Lettelberter Petten
33. Mierde Wetsinge
34. Beverweert
35. Korenburgerveen
36. Oude Mirdumerklif
37. Geerpolder
38. Blauwgrasland bij de Zijdebrug
39. Landerumer Kooi



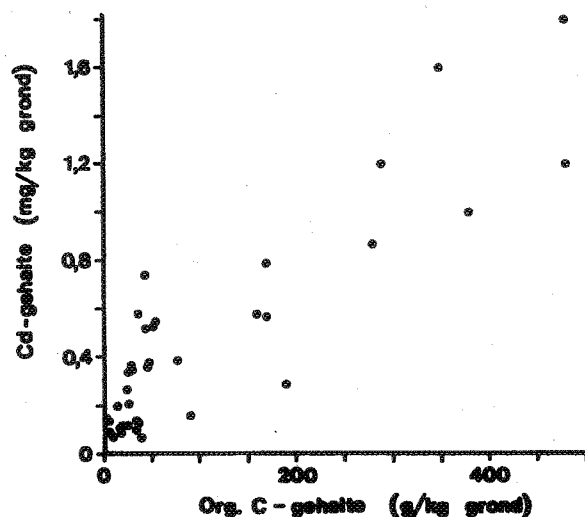
Figuur 6. Ligging van de bemonsterde terreinen.

De gemiddelde Cd-gehalten voor alle terreinen varieerden van $<0,05$ tot $2,02 \text{ mg.kg}^{-1}$ grond. In twee terreinen bleven alle drie mengmonsters onder de detectielimiet ($0,05 \text{ mg.kg}^{-1}$), in drie andere terreinen gold dit voor twee van de drie monsters en in één terrein voor één van de drie monsters. Voor Zn lag het traject tussen $6,4$ en 189 mg.kg^{-1} grond. In acht terreinen bleef het gehalte in één van de drie mengmonsters onder de detectielimiet, in vijf terreinen in twee van de drie monsters. Worden de terreinen opgesplitst naar textuur- en organische stofklassen dan ontstaat de reeks in tabel II.

Tabel III Trajecten van gemiddelde Cd en Zn-gehalten (mg.kg^{-1} grond) in de bovengrond van de onderzochte gebieden, gegroepeerd naar textuur- en organische stofklassen (indeling volgens De Bakker & Schelling 1966). Getallen tussen haakjes zijn gemiddelde waarden van minder dan 3 mengmonsters.

	zand	zavel leem	klei	venige klei kleilig veen	veen
Cd	$<0,05-0,74$	$0,10-0,58$	$0,27-0,55$	$0,29- 1,2$	$1,0-1,8$
Zn	$6,4 -62$	$(28)- 189$	$81- 153$	$62-(150)$	$(37)-120$

Relatering van de Cd-gehalten met het kleigehalte leverde een niet-significante correlatie-coëfficiënt op. Met het gehalte aan organische koolstof vertoonde het Cd-gehalte echter een sterke, positieve correlatie (correlatie coëfficiënt $0,89$; $n = 38$; $p < 0,001$), zoals ook te zien is in figuur 8).



Figuur 8 Verband tussen gehalten aan organisch koolstof en gehalten aan Cd in de bovengrond (0-10 cm) van de onderzochte terreinen.

Voor Zn werd een sterke positieve correlatie gevonden met het kleigehalte ($p < 0,001$), met het organisch koolstofgehalte ($p < 0,05$), terwijl met diverse mineralogische karakteristieken geen significante correlatie werden gevonden.

Bij vergelijking van de Cd-gehalten met trajecten in gronden uit België en Oostenrijk (tabel 12), blijken in Nederlandse gronden hogere gehalten gevonden te worden dan in buitenlandse gronden. De Zn-gehalten stemmen onderling goed overeen.

Tabel 12 Trajecten van Cd-gehalten (mg.kg^{-1} grond) in gronden uit Nederland, België (De Temmerman et al. 1982) en Oostenrijk (Aichberger 1980).

	Nederland	België	Oostenrijk
Cd	<0,05-1,8	0,03-0,5	0,02-0,71
Zn	(6,4)-189	25-150	7- 220

Voor de verschillen bij Cd kon in dit eerste, verkennende onderzoek nog geen verklaring gevonden worden. In principe kunnen verschillen in grondsoort, bepalingstechniek en mate van verontreiniging een rol spelen.

Een tweede benadering van normstelling zou kunnen gebeuren via de aantasting van de biologische bodemfuncties. Hoewel de ecologische functies van de bodem in de Ontwerpwet Bodembescherming een centrale plaats innemen is de normstelling op basis van een biologische bodemkwaliteit nog volop in ontwikkeling.

Als mogelijke bouwstenen voor een dergelijke normstelling zullen:

- representatieve parameters voor biologische bodemkwaliteit moeten worden geselecteerd,
- referentiewaarden voor deze parameters onder natuurlijke, zoveel mogelijk ongestoorde omstandigheden moeten worden vastgesteld,
- op basis van dosis-effectstudies, ED_{50} of EC_{50} -waarden (concentraties of doses waarbij 50% van de dieren een bepaald effect vertoont) of No-Effect Levels moeten worden vastgesteld,
- aan de hand van natuurlijke fluctuaties in aantallen of activiteiten van organismen normeringsmodellen moeten worden opgesteld.

Ten aanzien van de selectie van parameters is de rapportage van een inventariserende studie door TNO vrijwel afgerond.

Over de referentiewaarden van deze parameters is nog slechts zeer fragmentarisch materiaal verzameld. RIN en RID hebben dit oriënterend gedaan voor bodemenzymen.

Dosis-effectstudies over effecten van zware metalen op bodemmicroflora en regenwormen zijn o.a. uitgevoerd door Doelman en Haanstra (1983) en Ma (1983). Ter illustratie worden enige resultaten gegeven waarbij moet worden opgemerkt dat deze waarden niet los gezien kunnen worden van het totale kader waarin deze onderzoeken zijn uitgevoerd. Voor humusarme en humusrijke grond komen Doelman en Haanstra (1983) via laboratoriumproeven tot ED₁₀-waarden voor de meest gevoelige activiteit voor cadmium van respectievelijk 4 en 0,5 mg.kg⁻¹ (urease-activiteit) en voor zink van 4 en 0,2 mg.kg⁻¹ (fosfatase- en urease-activiteit).

Op basis van laboratoriumproeven met de regenworm Lumbricus rubellus in zavel of zandgrond komt Ma (1983) voor cadmium tot een No Effect Level van 10 mg.kg⁻¹. Daarbij moet echter aangetekend worden dat de betekenis van regenwormen vooral is, dat zij zware metalen vrijmaken uit de bodemmatrix via accumulatie in hun lichaam - zowel cadmium als zink worden in aanzienlijke mate geaccumuleerd - en zodoende introduceren in voedselketens (regenwormen zijn een belangrijke voedselbron voor vogels en zoogdieren).

Over normeringsmodellen zijn enkele onderzoeken uitgevoerd, te weten voor de relatie tussen micro-organismen en bestrijdingsmiddelen (Domsch et al. 1983) en de relatie tussen Daphnia's en bestrijdingsmiddelen (zie voor een artikel over de daarbij gehanteerde Normal Operating Range, Kersting 1982).

Een derde ingang voor normering is het op 24 februari 1978 vastgestelde streekplan, m.n. het deel over landelijk gebied. Hierin worden een aantal planelementen onderscheiden. Daarbij wordt in agrarisch gebied met landschappelijke en/of cultuurhistorische waarde, agrarisch gebied/bosgebied met natuurwaarde, en natuurgebied aandacht besteed aan natuurlijke elementen en zal een normering ook van effecten op dergelijke natuurlijke elementen kunnen worden afgeleid.

Opgemerkt moet worden dat ook in de andere planelementen, naast het voor het betreffende element geldende hoofdbelang (bv. voedselvoorziening in agrarisch gebied), belangen voor natuurelementen aanwezig kunnen zijn. Ten noordoosten van de voormalige zinksmelterij ligt bijvoorbeeld een agrarisch gebied naast een agrarisch gebied/bosgebied met natuurwaarde. Vogels (roofvogels, duiven, lijsterachtigen) die in het bosgebied broeden zullen in het belendend agrarisch gebied fourageren. Via doorgifte van zware

metalen in voedselketens (bv. grond-regenwormen-muizen/lijsterachtigen-roofvogels; bodem-zaadgewassen-duiven-roofvogels; bodem-vegetatie-konijnen-roofvogels) zouden natuurlijke elementen nadelig kunnen worden beïnvloed.

Aangezien in het streekplan wordt aangegeven dat de aard en waarde van de natuurkwaliteit van de eerste twee hierboven genoemde planelementen nader zullen moeten worden uitgewerkt, lijkt het nuttig de effecten van zware metalen in voedselketens in dit onderzoek te betrekken.

5 LITERATUUR OVER ZWARE METALENBELASTING KEMPEN OF DAARAAN VERWANTE ZAKEN

- *Aichberger, K. 1980. Schwermetallgehalte einiger Bodenprofile Ober-österreichs. *Bodenkultur* 31, 215-227.
- Anonymus. ca. 1975 of 1976. Rapport zink- en bodemvruchtbaarheidsonderzoek Budel (onderzoek uitgevoerd door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek, voor Budelco), 8 p. + tabellen met grondmonsteranalyseresultaten.
- *Bakker, H. de & J. Schelling. 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland, de hogere niveaus. Pudoc, Wageningen.
- *Beersum, I. van. 1982. Zink-, cadmium-, koper- en loodgehalten in grond en strooisel in de omgeving van een zinkfabriek en het verband met gehalten aan deze metalen in regenwormen. Studentenrapport RIN Arnhem.
- Bosmans, H. en J. Paenhuys. 1980. The distribution of heavy metals in the soils of the Kempen. *Pedologie* 30, 191-223.
- *Burg, J. van den, C.P. van Goor en L. Oldenkamp. 1973. De invloed van zinkovermaat op de groei van boomsoorten in zuidoostelijk Noord-Brabant. *Nederlands Bosbouw Tijdschrift* 45 (7 & 8). 329-359, Mededeling 'De Dorschkamp' nr. 135.
- Burg, J. van den. 1976. Zinkgehalte en lengtegroei van douglas in kwekerijen (najaar 1964). Rapport 'De Dorschkamp' nr. 88.
- Burg, J. van den. 1976. Groei, zink- en zwavelgehalte van Corsicaanse den in Zuid-Nederland. Rapport 'De Dorschkamp' nr. 89.
- Burg, J. van den. 1976. Zink- en zwavelgehalten van loofhoutsoorten op de Veluwe (augustus 1975). Rapport 'De Dorschkamp' nr. 93.
- Burg, J. van den. 1976. Zink- en zwavelgehalten van groveden en Corsicaanse den op de veluwe. Rapport 'De Dorschkamp' nr. 94.
- Burg, J. van den. 1976. Zinkovermaat en magnesiumgebrek bij beuk, zomereik, Amerikaanse eik en groveden in Oost-Noord-Brabant en West-Limburg. Uitvoerig Verslag 'De Dorschkamp' band 14 nr. 1.
- Burg, J. van den, en M.J.W.M. Janssens. 1977. De invloed van bemesting met kalk, gips, fosfaat en organische stof op de groei van enkele loof- en naaldhoutsoorten op een met zink verontreinigde grond (verslag van in 1975 en 1976 uitgevoerde potproeven). Rapport 'De Dorschkamp' nr. 125.
- Burg, J. van den, en M.J.W.M. Janssens. 1977. De invloed van een gecombineerde zink-, kalk- en fosfaatbemesting op de groei en ontwikkeling van ruwe berk en Corsicaanse den op een arme zandgrond (verslag van een in 1977 uitgevoerde potproef). Rapport 'De Dorschkamp' nr. 135.
- Chardon, W.J. 1980. Cadmium, een literatuuroverzicht. Vakgroep Bodemkunde en Bemestingsleer te Wageningen. Mededeling nr. 51.

- Dalen, B. van. 1983. De invloed van zink op het metabolisme van de pissebed *Porcellio scaber* uit zinkbelaste en onbelaste omgeving. Doctoraalverslag VU.
- Dekker, J.M.J. en J.A. van den Hurk. 1975. Loozerheide Budel - Bodemgesteldheid. Rapport Stiboka nr. 1256.
- Diemont, W.H., F.G. Blanckenborg & H. Kamps (red.). Het plaggen van heidevelden. Rapport van de werkgroep Afzet en Verwerking van Heideplaggen (in voorbereiding).
- *Doelman, P. en L. Haanstra. 1981. De invloed van zware metalen op de bodemmicroflora. Rapport nr. 20 Bodembeschermingsreeks, Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Domsch, K.H., G. Jagnow & T.H. Anderson. 1983. An ecological concept for the assessment of side-effects of agrochemicals on soil microorganisms. Residue Reviews 86, 66-105.
- Driel, W. van, B.J. van Goor en D. Wiersma. 1983. Cadmium in Nederlandse natuurgronden. Bedrijfsontwikkeling 14 (6), 476-480.
- *Edelman, Th. 1982. Onderzoek naar de referentiewaarden van anorganische en organische stoffen in Nederlandse natuurterreinen. Intern onderzoeksrapport Rijksinstituut voor Natuurbeheer. Dit rapport zal in de loop van dit jaar worden gepubliceerd in de Bodembeschermingsreeks, Staatsuitgeverij, Den Haag.
- Ernst, W.H.O. 1982. Monitoring of particulate pollutants. In: L. Steubing & H.J. Jäger (eds.). Monitoring of Air Pollutants by Plants, pp. 121-128. W. Junk Publ., The Hague.
- Ernst, W.H.O. 1983. Indicatoren van een overmaat aan zware metalen in terrestrische ecosystemen. In: E.P.H. Best & J. Haeck (eds.) Ecologische Indicatoren. Pudoc, Wageningen (in druk).
- Faber, J. 1981. Oecologische aspecten van bodemverontreiniging door zware metalen en zink tolerantie bij *Agrostis tennus*. Doctoraal verslag V.U. Amsterdam.
- Feenstra, J.F. Cadmiumbalans. Instituut voor Milieuvraagstukken. V.U. Amsterdam.
- Glas, H.P. 1981. Discriminerend vermogen ten opzichte van zinkbelasting bij pissebedden. Doctoraalverslag V.U.
- Glas, H.P., W. Verhoog en K.J. Wulffraat. 1980. De assimilatie van zink en eventuele toxische effecten bij de pissebed *Porcellio scaber*. Doctoraalverslag V.U.
- Haan, S. de. 1983. Cadmium in zuiveringsslib met landbouwkundige bestemming. Bedrijfsontwikkeling 14(6), 480-484.

- *Harmsen, K. 1977. Behaviour of heavy metals in soils. Agricultural Research Reports 866, Landbouwhogeschool Wageningen, 171 pp.
- Hemkes, A.J. en A. Kemp. Cadmium, lood en koper in grond en weidegras na vijf jaar bemesting met rioolslib. Centrum voor Agrobiologisch onderzoek, Wageningen.
- Henkens, Ch.H. 1983. Beleid ten aanzien van de cadmiumaanvoer in de akkerbouw. Consulentenschap voor bodemaangelegenheden in de landbouw. De Buffer nr. 1.
- Henkens, Ch.H. 1983. Cadmium in meststoffen. Bedrijfsontwikkeling 14(6), 484-489.
- Henkens, Ch.H. 1983. De landbouwkundige consequenties van de cadmiumnormen. Bedrijfsontwikkeling 14(6), 504-507.
- *Jans, Th. 1982. Opname van enige zware metalen door de regenworm Lumbricus rubellus, invloed van bodemzuurgraad en organisch stofgehalte op dit proces. Studentenrapport RIN Arnhem.
- Joosse, E.N.G., K.J. Wulffraat en H.P. Glas. 1981. Tolerance and acclimation to zinc of the isopod Porcellio scaber Latr. - Int. Conference Heavy Metals in the Environment Amsterdam 1981, pp. 425-428. CEP Consultants, Edinburgh.
- Kersting, K. 1982. Micro-ecosystems for testing effects of toxic substances. Ann.Rep. 1981 Research Institute for Nature Management.
- Klitsie, C.G.M. 1983. Ontwerpnormen voor cadmium, lood en kwik. Bedrijfsontwikkeling 14(6), 502-504.
- Koeman, J.H. 1983. Bevolkingsrisico's van cadmium. Bedrijfsontwikkeling 14(6), 473-476.
- *Kuiper, J.J.M. 1983. Verontreiniging van de bodem met zware metalen rondom de zinksmelterij van Budel-Dorplein. Studentenrapport RIN Arnhem.
- 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(6), 489-493.
- *Ma, W. 1982. De invloed van zware metalen en bestrijdingsmiddelen op regenwormen (Lumbricidae, Oligochaeta) als biologische indicatie van bodemverontreiniging. Rapport nr. 15. Bodembeschermingsreeks, Staatsuitgeverij, Den Haag.
- *Ma, W. 1982. The influence of soil properties and worm-related factors on the concentration of heavy metals in earthworms. Pedobiologia 24, 109-119.
- *Ma, W., Th. Edelman, I. van Beersum en Th. Jans. 1983. Uptake of Cadmium, Zinc, Lead, and Copper by earthworms near a zincsmelting complex: influence of soil pH and organic matter. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 30, 424-427.

- Marquenie-van der Werff, M., W.H.O. Ernst en J. Faber. 1981. Complexing agents in soil organic matter as factors in heavy metal toxicity in plants. - Int. Conference Heavy Metals in the Environment Amsterdam 1981, pp. 222-225. CEP Consultants, Edinburgh.
- Moller-Pilot. Biologische kwaliteit van beken. Proefschrift afdeling Natuurbeheer, L.H. Wageningen.
- *Schouwenburg, J.C. van, J. Walinga & Ch. Koot. 1980. The determination of Pb and Cd after extraction in xylene using flauweless atomic absorption spectrophotometry. Int.comm. nr. 53. Afd. Bodemkunde en bemestingsleer, L.H. Wageningen.
- Stuurgroep Uitvoering Richtlijn Lood in Bloed & G.G.D. Geldrop e.o. 1980. Europees onderzoek lood in bloed. Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.
- *Temmerman, L.O. de, J.R. Istas, M. Hoenig, S. Dupire, G. Ledent, Y. van Elsen, H. Baeten & A. de Meijer. 1982. Onderzoek naar de 'normale' gehalten aan spoorelementen in een aantal Belgische bodems als basis voor de detectie en het onderzoek van bodemvervuiling. Landbouwtijdschrift 35(2).
- Veen, N.G. van der. 1983. Cadmium in dierlijke produkten. Bedrijfsontwikkeling 14(6), 497-499.
- Veen, N.G. van der, Ch.H. Henkens, H.W. Lammers, A.P. Hidding, S. Bommeljé, J.P.N.L. Roorda van Eijsinga, D. Wiersma, P. van Lune & B.T. van Goor. 1983. Gehalten aan cadmium in Nederlandse land- en tuinbouwgewassen. Bedrijfsontwikkeling 14(6), 493-496.
- Vos, R.H. de. 1983. De opname van cadmium door de mens via de voeding. Bedrijfsontwikkeling 14(6), 499-502.
- Werff, M. van der. 1981. Ecotoxicity of heavy metals in aquatic and terrestrial higher plants. Proefschrift Vrije Universiteit, Amsterdam.
- *Werkgroep milieuverontreiniging RIN. 1982. Zware metalen van zinkfabriek belasten het milieu tot op 25 km. Natuur en Milieu 82/6, 10-13.
- Wulffraat, K.J. 1980. Sublethale lange-termijn effecten van zink op de pissebed *Porcellio scaber* uit zinkbelaste omgeving en uit onvervuild gebied. Doctoraalverslag VU.

Verder is de volgende publikatie in voorbereiding

CCRX Werkgroep Cd-evaluatierapport (in voorbereiding). Cadmium, de belasting van het Nederlandse milieu.

* Aan deze literatuur wordt in dit rapport gerefereerd.

ANALYSENRS.	TITEL	JAAR	ORGANISATIE
1-78	Rapport onderzoek naar het voorkomen van de metalen cadmium en zink in de bodem van de Kamersvenloop en daarmee in verbandstaande watergangen	1980	Waterschap de Dommel
79-114	Overzicht Water- en Slibmetingen van Beken in het grensgebied Noord-Brabant-België	1983	P.W.S.-Brabant Milieu
115-138	Rapport onderzoek oppervlaktewater Eindergatloop en Dommel te België over de periode mei 1982 - februari 1983	1983	Waterschap de Dommel
139-144	Resultaten meetpunt Budelco/Tungelroysche Beek	1980	Waterschap de Dommel
145-158	Onderzoek zinkgehalte Boschloop	1979	Waterschap de Dommel
159-162	Onderzoek Bodemslib Dommel	1982	Waterschap de Dommel
163-169	Monster-overzicht bemonsteringspunten 240.058/240.032/240.034/240.035	1983	Waterschap de Dommel
170-172	Afvalwateranalyse Budelco 1982, 2e kwartaal	1982	Budelco
173	Jaarverslag 1981	1982	Waterschap de Dommel
174-199	Zware metalen in Budel-Dorplein; een oriënterend onderzoek	1982	Chemiewinkel Eindhoven
200-243 1010-1019	Budelco B.V. rapport inzake onderzoek naar cadmium in de omgeving van Budelco	1982	Budelco
244-248 536-555	Meetnet Grondwaterkwaliteit Noord-Brabant	1983	R.I.D.
249-272	Waterpollutie door zware metalen in Lommel	1982	Ministerie van Volksgezondheid en het Gezin
273-317	Distribution of heavy metals in the soils of the kempen Pedologie 30, nr. 2	1980	Landbouwinstituut K.U. Leuven
318-381	Een analyse van zware metalen in planten in de buurt van de ontmantelde zinkfabriek te Lommel	1981	Cardinaels e.a.

VERVOLG BIJLAGE 3

ANALYSENRS.	TITEL	JAAR	ORGANISATIE
382-404	Onderzoek aan paddestoelen	1983	R.I.N.
405-452 1000-1009	Onderzoek aan regenwormen en bodem	1981	R.I.N.
453 1037-1041 1089	Monster-overzicht bemonsteringspunt 30.032	1981	Waterschap Zuiveringssch. Limburg
454	Analyse Kempervennen	1983	Sporthuis Centrum
455-519	Bemonsteringen puttenveld Budel 1978-1983	1983	Waterleidingmij. Oost-Brabant
520-535	Bemonstering proefboring Luykgestel	1982	Waterleidingmij. Oost-Brabant
556-787 1042-1070 1154-1164	Analyses Instituut voor bodemvruchtbaarheid	1983	Instituut voor Bodemvruchtbaarheid
788-831	Cadmium, lood en zink rond Luykgestel, Bergeijk en omgeving	1983	Vereniging v. Ecologische leefwijze en teelt
832-898 1022-1031	Onderzoek Heide	1980	RIN
899-918	Onderzoeksresultaten Biologisch Lab. der vrije Universiteit	1980	Vrije Universiteit
1032-1037	Onderzoek Stort Weert	1983	PWS-Limburg
1071-1088	Diverse gemeentelijke onderzoeken	1983	Gemeente Weert
1090-1137	Nader onderzoek Tranchéeweg	1983	Technisch Adviesbureau van de Unie van Waterschappen
1138-1141	Oriënterend onderzoek Lambers	1983	Idem
1143-1153	Diverse gemeentelijke onderzoeken	1982	Gemeente Weert

BIJLAGE 4 SELEKTIECRITERIA VOOR RELEVANTE INFORMATIE UIT GESCHIKTE ONDERZOEKEN

Soort monster

Er is onderscheid gemaakt tussen gewas-, bodem- en watermonster. Als gewas is beschouwd: alle hogere levende plantaardige organismen én strooisel.

De bodem is omschreven als het vaste deel van het aardoppervlak. Ook het slib in de rivieren is hierbij gerekend. Assenwegen zijn beschouwd als verhardingsmiddel en derhalve niet als bodem.

Met water is bedoeld het oppervlaktewater en het grondwater.

Jaar van monstername

Wanneer het jaar van monstername niet is vermeld, is het jaar van rapportage aangegeven.

Exakte plaats van monstername

Er is zo nauwkeurig mogelijk geregistreerd waar de monstername heeft plaatsgevonden. Van deze plaats zijn de topografische X- en Y-coördinaten in hectometers opgemeten.

Diepte monstername

Van alle bodem- en watermonsters is aangegeven op welke diepte onder maaiveld ze genomen zijn.

Bodemtype

In een beperkt aantal onderzoeken is het bodemtype vermeld. Dit is geregistreerd, waarbij onderscheid is gemaakt tussen zand, lemig zand en grof zand. Ook is als apart bodemtype opgenomen het slib, aanwezig in rivierbeddingen.

Gewassoort

Er is onderscheid gemaakt tussen het soort gewas, bijv. berk, gras, maïs, prei. Ook is strooisel meegenomen als een "gewassoort".

Zuurgraad

In een beperkt aantal onderzoeken is de zuurgraad (pH) bepaald. Deze is geregistreerd, waarbij onderscheid is gemaakt tussen de wijze van pH-bepaling. Drie verschillende methoden zijn onderscheiden: pH-water, pH-KCL en pH-CaCl₂.

Totaalgehalten

De totaalgehalten aan cadmium, zink, lood en koper werden steeds geregistreerd in mg per kg droge stof (voor bodem en gewas) of in ug per liter (voor grond- en oppervlaktewater). Daar waar gewasgehalten uitgedrukt waren als mg per kg versgewicht is omgerekend tot mg per kg droge stof met behulp van de Nederlandse Voedingsmiddelentabel. Hoewel groenten gewoonlijk op basis van versgewicht zijn vermeld, werd het voor een goede onderlinge vergelijking noodzakelijk geacht ook groenten om te rekenen en uit te drukken op basis van drooggewicht.



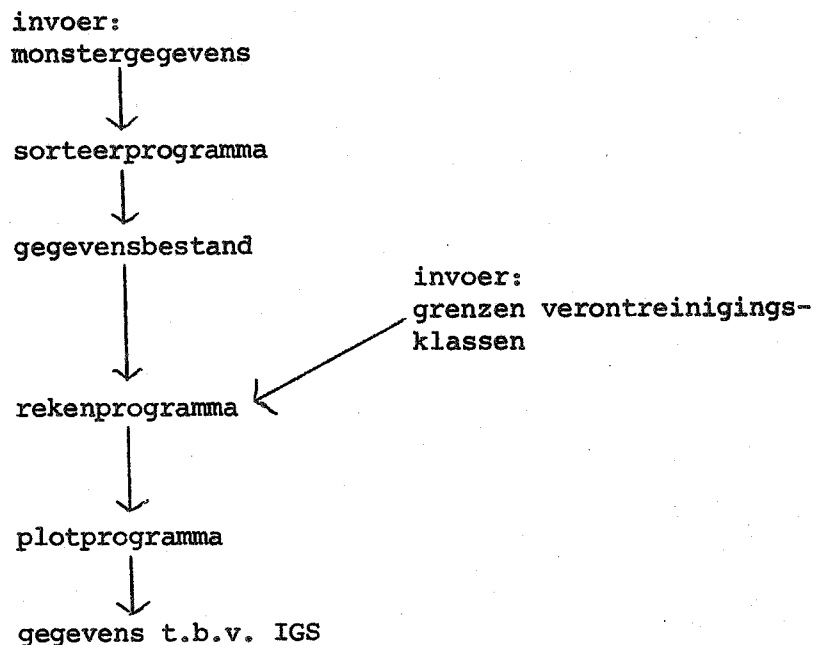
Verwerking monstergegevens

Van ieder monster worden, voorzover bekend, de volgende gegevens in de computer ingevoerd:

- nummer van het monster: dient ter identificatie, zodat de bron kan worden teruggevonden
- jaartal van monstername
- x-coördinaat en y-coördinaat in hectometers van het vak, waarin het monster gelegen is
- diepte van monstername, t.o.v. het maaiveld
- gebruiksfunctie,
- soort monster, (gewas, bodem, water, grondwater)
- soort gewas: naam (alleen bij gewasmonsters)
- concentratie cadmium
- concentratie zink
- concentratie lood
- concentratie koper
- zuurgraad, incl. codering voor de waarnemingsmethode.
- bodemtype

Een deel van de ingevoerde gegevens is niet nodig bij het op kaart aangeven van de verontreiniging met cadmium en zink. Ze zijn toch opgeslagen, omdat hierdoor de toegankelijkheid van deze gegevens in de toekomst aanzienlijk wordt verbeterd.

De wijze waarop de monstergegevens door de computer worden verwerkt, is schematisch weergegeven in fig. 2.



Figuur 2. Schematische weergave van de verwerking van monstergegevens.

Het sorteerprogramma leest de gegevens in en sorteert deze op het soort monster en rangschikt tevens de monsters op de y- en x-coördinaten. Alle monstergegevens zijn op deze wijze in het gegevensbestand opgeslagen.

Nadat de grenzen van de verontreinigingsklassen per gebruiksfunctie zijn ingevoerd, kan het rekenprogramma starten. Het rekenprogramma berekent eerst de gemiddelde concentraties van één metaal en bepaalt vervolgens met behulp van de ingelezen klassegrenzen per grid van 1 ha de verontreinigingsklasse volgens het bodem- en watermonster van zink en cadmium.

Op deze manier worden 4 lijsten opgebouwd van verontreinigingsklassen voor:

- a) cadmium in de bodem
- b) zink in de bodem
- c) cadmium in het water
- d) zink in het water.

Deze gegevens worden door het plotprogramma zodanig gecodeerd dat de koppeling met het interactief grafisch systeem probleemloos verloopt.

Met het gehanteerde systeem is het goed mogelijk meer informatie op te slaan dan gebruikt wordt. Dit is in feite ook geschied. Het betreft onder meer lood- en kopergehalte, pH, bodemtype, gewasmonsters e.d.

Het gegevensbestand biedt de volgende mogelijkheden:

- 1) uitbreiden met nieuwe informatie
- 2) opvragen van alle gegevens, of iedere gewenste selectie daaruit, b.v.:
 - zoneringskaart op kleiner formaat tekening (b.v. alleen waterwingebied) of op een andere schaal
 - zoneringskaart van één of meer gebruiksfuncties
 - de lijst van gemiddelde concentraties en verontreinigingsklasse per metaal
 - Opvragen van de gegevens van alleen de slib- en gewasmonsters van het gehele gebied of per grid, van 1 ha. (x- en y-coördinaat opgeven)
 - Produceren van een kaart met isocadmium lijnen.

De bestanden zijn geschreven in zgn. binaire code. Dit houdt in dat de benodigde opslagruimte is geminimaliseerd, de leestijd zo kort mogelijk is, en de gegevens alleen toegankelijk zijn m.b.v. een speciaal inleesprogramma.

BIJLAGE 6 UITWERKING BALANSPOSTEN

Regenwater

Met het regenwater wordt een hoeveelheid cadmium aangevoerd naar de grond. Ter bepaling van deze hoeveelheid is gebruik gemaakt van gegevens, afkomstig van de RID-meetstations Susteren, Breehei en Eindhoven (1978-'82). Door deze gegevens te middelen kan een indruk verkregen worden van de natte depositie in het onderzoeksgebied, waarbij evenwel géén extra (industriële) uitwerpen meegenomen zijn. Uit deze gegevens blijkt dat per jaar 4800 mg cadmium per hectare aangevoerd wordt met de regen. (gebaseerd op 800 mm regen per jaar en een concentratie van 0,6 ug Cd/l).

Bij een totaal oppervlak van 48.143 ha betekent dit dus een jaarlijkse aanvoer van $48.143 \times 0,0048 = 231$ kg cadmium.

Rivieren en kanalen

a. Rivieren

Er zijn in het gebied een aantal rivieren welke in de meeste gevallen vanuit België komen en het gebied in het noorden weer verlaten. De Tungelroysche Beek echter ontspringt nabij Budel-Dorplein en stroomt in westelijke richting.

Met deze rivieren wordt cadmium vervoerd. Er worden twee afzonderlijke transportmogelijkheden onderscheiden.

- Ten eerste: Transport van cadmium in opgeloste vorm en als colloïdaal deeltje of aangehecht aan zo'n deeltje. bepaling van deze grootte geschiedt door ongefiltreerd rivierwater te analyseren.

Metingen door PWS-Brabant verricht in de Dommel te Borkel en Schaft (grens met België) gedurende de winter toonden aan dat het cadmiumgehalte van het water varieerde tussen 15,5 en 21,2 mg Cd/m³ water en dat het debiet op 18/19 november 1982 9400 m³ per uur bedroeg. Uitgaande van een concentratie van 16 mg Cd/m³ en een debiet van 7000 m³/uur bedraagt de cadmiumimport met het Dommelwater 980 kg cadmium per jaar.

Bovenvermeld onderzoek toonde eveneens aan dat met de overige stroompjes (Tongelreep, Beekloop, Buulder Aa en Strijper Aa) op 18/19 november 1982 6600 m³ water per uur werd geïmporteerd uit België. Het cadmiumgehalte schommelde tussen de 0,5 en 2,2 mg per m³.

Met de Raam werd vanuit België in 1982 gemiddeld 1220 m³/uur geïmporteerd met een gehalte van minder dan 1,0 mg Cd/m³ (lit. 10).

Uitgaande van een concentratie van 1,0 mg Cd/m³ en een debiet van 6.000 m³/uur betekent dat een cadmiumimport van 54 kg per jaar.

Onbekend is hoeveel cadmium in de waterfase het gebied verlaat.

Vernoemenswaard is dat de Tungelroysche Beek nabij de Zuid-Willemsvaart over 1982 een gemiddeld cadmiumgehalte had van 18,8 mg/m³ water. Bij een gemiddeld watertransport van 440 m³/uur is er op dit punt derhalve sprake van een cadmiumtransport van 72,5 kg per jaar.

Deze hoeveelheid is afkomstig van het bovenstroomse gedeelte van de beek.

LITERATUUR

1. Statisch Zakboek 1982, CBS.
2. Handboek voor de Rundveehouderij. Proefstation voor de Rundveehouderij, 1977.
3. Beleid ten aanzien van de cadmiumaanvoer in de akkerbouw. Ch. Henkens. De Buffer 29 (1983) no. 1.
4. Landbouwtellingen mei 1982. CBS.
5. Cadmium, chroom, koper, lood, nikkel en zink in huishoudelijk afvalwater en in af te voeren neerslag. A. de Waal Malefijt. H₂O 15 (1982) no. 14.
6. Evaluatie van de gehalten aan zware metalen in de omgevingslucht in België. Instituut voor Hygiëne en Epidemiologie, Brussel 1982.
7. Provinciaal Afvalstoffenplan Noord-Brabant, 1981.
8. Jaarverslag 1981. Gemeenschappelijke Technologische Dienst Oost-Brabant.
9. Overzicht water- en slibmetingen van beken in het grensgebied Noord-Brabant - België. Provinciale Waterstaat Noord-Brabant, 1983.
10. Basisonderzoek 1982 Waterschap Zuiveringsschap Limburg.
11. Afvalstoffenplan Limburg, 1980.
12. Gebruik en verspreiding van cadmium in Nederland. Instituut voor Milieuvraagstukken, 1975.

Als bron is naar alle waarschijnlijkheid aan te merken de aanwezigheid van verontreinigd slib in de beekloop. Vóór 1973 werd in de beek het ongezuiverde proceswater van KZM (voorganger van Budelco) geloosd. Er is hier dus sprake van een secundaire bron.

- Ten tweede: Transport van cadmium aanwezig in het riviersediment. Deze wijze van vervoer zal vooral optreden bij tijden van hoge afvoer. Door rekenwerk te verrichten aan de zandvang in de Boven-Dommel te Eindhoven is gepoogd de hoeveelheid cadmium die op deze wijze verplaatst wordt te kwantificeren. (Een en ander is gebaseerd op gegevens verkregen van het Waterschap de Dommel). Naar schatting houdt de zandvang ieder jaar 4000 m³ zand/slib achter. Bemonsteringen van dit materiaal toonden aan dat het gemiddeld gehalte 54,5 mg cadmium/kg droge stof bevat (4 monsters gemiddeld). Uitgaande van een volumegewicht van 1500 kg per m³ betekent dit een cadmiumtransport van 327 kg per jaar.

De hoeveelheid cadmium die als riviersediment het gebied inkomt kan alleen voor de Raam berekend worden. De in deze loop aanwezige zandvang houdt jaarlijks naar schatting 600 m³ zand/slib achter (bron: Waterschap Zuiveringsschap Limburg). Recente analyses, verricht door de Keuringdienst van Waren te Maastricht, tonen aan dat dit slib hooguit 3 mg cadmium per kg droge stof bevat. Op jaarbasis betekent dit een hoeveelheid van ca. ± 5 kg cadmium.

Overigens is onbekend hoeveel cadmium als riviersediment het gebied inkomt of uitgaat.

b. Kanalen

Vanuit België wordt via de Zuid-Willemsvaart Maaswater aangevoerd (maximaal 5 m³/sec).

Tevens wordt periodiek via het kanaal Wessem-Nederweert Maaswater aangevoerd. Aanvoer geschiedt tevens door de effluentlozingen van de Rioolwaterzuiveringsinstallatie te Weert (hooguit 1 m³/sec).

Afvoer vindt plaats via de Zuid-Willemsvaart richting Helmond, via de Noordervaart naar de Peel (periodiek, maximaal 3 m³/sec) en via het kanaal Wessem-Nederweert naar de Maas (periodiek). Ook is er ongetwijfeld sprake van infiltratie via de kanaalbodem.

Tevens vindt op beperkte schaal onttrekking plaats ten behoeve van beregeningsinstallatie.

Er zijn geen kwaliteitsgegevens bekend van het water en slib in de kanalen. Derhalve is het niet mogelijk een balans op te maken van het cadmiumtransport in de kanalen.

Zuiveringsslib

De Gemeenten Budel en Maarheeze hebben een gezamenlijke rioolwaterzuiveringsinstallatie te Maarheeze.

De Rioolwaterzuiveringsinstallatie Weert zuivert het afvalwater van Weert, Nederweert, Stramproy en een (verwaarloosbaar) gedeelte van de gemeente Hunsel. Deze RWZI, met een gemeten belasting van 77.000 i.e., produceert jaarlijks 954 ton slib met een cadmiumgehalte van 11 mg per kg, ofwel 10,5 kg cadmium. Deze hoeveelheid wordt gedeeltelijk gestort en gedeeltelijk aangewend in de landbouw en kan derhalve als aanvoer aangemerkt worden.

Afvalstoffen

Alle cadmium, verwerkt in de produkten welke onze samenleving produceert en verbruikt, is afkomstig van buiten de regio en wordt dus geïmporteerd. Na gefunctioneerd te hebben worden de produkten afgedankt en afgevoerd via recuperatiehandel of als afval.

Wat betreft het afval is bekeken of verwerking in het onderzoeksgebied plaatsvindt. Zo worden afvalstoffen welke vrij komen in Bergeyk, Luyksgestel, Westerhoven, Valkenswaard en Leende verwerkt bij de Razob (lit. 7). Aangezien de Razob buiten het onderzoeksgebied is gelegen, werken de hiernaar afgevoerde afvalstoffen neutraal op de balans.

Afvalstoffen welke in Budel, Maarheeze, Weert, Nederweert en Stramproy vrijkomen worden verwerkt te Weert. Uit het Provinciaal afvalstoffenplan van Limburg (lit. 11) blijkt dat hier naar schatting 125.000 m³ per jaar wordt gestort. Bij een volumegewicht van 600 kg/m³ en een gemiddeld van 1,1 mg/kg (lit. 12), betekent dit een aanvoer van 82,5 kg cadmium.

Verkeer

Er is getracht de cadmiumaanvoer, veroorzaakt door slijtage van autobanden, te kwantificeren.

In Nederland werd in 1980 per persoon van 12 jaar en ouder ± 5000 km afgelegd als autobestuurder (lit. 1). Aangenomen wordt dat in het onderzoeksgebied gemiddeld evenveel auto wordt gereden als gemiddeld in Nederland. In het onderzoeksgebied wonen 125.000 mensen, ofwel ± 90.000 personen van 12 jaar of ouder. Deze maken dan 90.000 x 5.000 = 450 miljoen km per jaar.

Bij een bandenslijtage van 3.600 gr per 50.000 km per auto (4 banden) (lit. 5) betekent dit dat 9000 kg bandenmateriaal per jaar in het gebied achterblijft.

Rekening houdend met een cadmiumgehalte van 50 mg/kg is er dus sprake van een cadmiumaanvoer van 0,45 kg/jaar.

Industriële bronnen

In het gebied zijn twee industrieën actief welke aanzienlijke cadmiumemissies hebben, te weten Budelco en Philips Maarheeze.

Wat betreft de lozingen van proceswater is in het voorgaande reeds een en ander vermeld.

Hier blijft nog de luchtmissies van deze bedrijven te kwantificeren.

Uit de hinderwetvergunning van Philips Maarheeze blijkt dat dit bedrijf vergunning heeft gekregen voor een uitstoot via de lucht van 360 kg Cd/jaar. Hoewel niet bekend is of deze vestiging aan de gestelde eisen voldoet, wordt echter vooralsnog van deze in de vergunning vermelde waarde uitgegaan.

VERVOLG BIJLAGE 6

Hierop lozen echter niet de Philipsvestiging te Maarheeze (deze loost via een persleiding op RWZI Eindhoven) en Budelco te Budel (heeft een eigen waterzuivering en loost op oppervlaktewater). De RWZI Maarheeze produceert 210 ton slib op droge stofbasis à 29 mg Cd per kg, ofwel 6 kg Cd (lit. 7). Tot voor kort werd dit slib in de bosbouw afgezet. Verondersteld wordt dat deze hoeveelheid cadmium het gebied niet verlaat en derhalve als aanvoer aangemerkt kan worden.

De gemeenten Bergeyk, Luijksgestel, Valkenswaard, Leende en Westerhoven en de Philipsvestiging te Maarheeze lozen op de RWZI Eindhoven. Hier wordt het afvalwater van 500.000 i.e. verwerkt. Er wordt geproduceerd (op basis van droge stof) (lit. 8):

2500 ton slib (zeefband pers) à 33 mg Cd/kg	=	82,5 kg Cd
12000 ton slib (filterpers) à 15 mg Cd/dag	=	180 kg Cd
Totaal		<u>262,5 kg Cd.</u>

Het aantal i.e. afkomstig uit deze 5 gemeenten én uit de Philipsvestiging te Maarheeze is als volgt berekend:

aantal inwoners: 45.335 à 1 i.e.		45.335 i.e.
geregistreerde industriële lozers (behalve Philips-Maarheeze)		28.339 i.e.
Philips Maarheeze	144 kg Cd en	<u>22.432 i.e.</u>
Totaal	144 kg Cd en	96.106 i.e.

Wanneer van de totale cadmiumwaarde van de RWZI Eindhoven eerst de lozing van Philips wordt afgetrokken, resteert $262,5 - 144 = 118,5$ kg Cd. Dit betekent dat de bovengenoemd 5 gemeenten gemiddeld voor ongeveer $0,2 \times 118,5 = 24$ kg Cd bijdragen aan de RWZI Eindhoven. Dit cadmium is aanwezig in het afvalwater. Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat het cadmium in dit afvalwater afkomstig is van materialen, welke gebruikt worden in onze samenleving. Deze materialen slijten of verweren, waardoor ondermeer het erin aanwezige cadmium afgevoerd wordt via het rioolstelsel en uiteindelijk grotendeels in het slib terecht komt.

Aangezien - dit slib buiten de regio opgeslagen wordt te Mierlo
 - de slijtbare/verweerbare materialen van buiten de regio geïmporteerd worden
 - Philips Maarheeze producten van buiten de regio importeert en het proceswater weer exporteert

wordt er vooralsnog van uitgegaan dat de rioolslibproductie uit deze vijf gemeenten en van Philips Maarheeze geen invloed hebben op de balans.

Grensoverschrijdende waterverontreiniging is in voorgaande tekst reeds verwerkt (zie onder "rivieren").

Kunstmest

Het bemestingspatroon van bouwland toont een aantal duidelijke verschillen met het bemestingspatroon van grasland. Derhalve worden in onderstaande aparte berekeningen gemaakt voor beide vormen van landbouw.

Het areaal bouwland bedraagt in het onderzoeksgebied 9.340 ha, het areaal grasland 13.037 ha (lit. 4).

Henkens (lit.3) berekende dat met de anorganische bemesting gemiddeld over heel Nederland aan bouwland 5,5 g en aan grasland 1,6 g cadmium per jaar wordt toegevoegd. Deze aanvoer wordt voornamelijk veroorzaakt door de fosfaatkunstmest. De meest gebruikte fosfaatkunststoffen tripelsuperfosfaat en NPK bevatten meer dan 80 mg cadmium per kg fosfaat (P_2O_5), en gemiddeld wordt 64,9 kg fosfaat per jaar op bouwland en 17,5 kg fosfaat op grasland gebruikt in Nederland. Ook in stikstof-, kalk- en kalimeststoffen zitten geringe hoeveelheden cadmium.

Voor het onderzoeksgebied betekent dit een aanvoer van 51 kg cadmium voor bouwland en 21 kg voor grasland. Wanneer echter veel organische mest wordt gebruikt zal deze aanvoer minder zijn.

Dierlijke mest

In het onderzoeksgebied bevonden zich mei 1982 323.233 varkens en 6.282.995 kippen (lit.4). Overig (mest)vee is van relatief geringe betekenis. Op jaarbasis produceert een varken 128 kg droge stof aan mest en een kip 13 kg (lit.2).

Henkens schatte het cadmiumgehalte van varkensmest op 1,1 g en van kippenmest op 1,7 g per ton droge stof. Voor het onderzoeksgebied betekent dit een aanvoer van 45 kg cadmium via varkensmest en 139 kg cadmium via kippemest, wanneer tenminste alle mest binnen het gebied verwerkt wordt.

Wat betreft het melkvee wordt er vanuitgegaan dat alle mest ten goede komt aan het grasland. De in deze mest aanwezige cadmium is afkomstig uit het gras, maïs en krachtvoer. Gras en maïs zijn afkomstig uit de streek, zodat hier sprake is van een kringloop van cadmium. Het krachtvoer daarentegen wordt van buiten de streek aangevoerd. Henkens (lit. 3) schat de belasting veroorzaakt door krachtvoer per jaar op 2,7 g cadmium per hectare bij een gemiddelde veebezetting van 3 koeien per hectare. Voor het onderzoeksgebied betekent dit een aanvoer van ca. 35 kg cadmium.

Landbouwprodukten

Afvoer van landbouwprodukten betekent tevens afvoer van het cadmium dat door deze gewassen is opgenomen. Henkens schat de afvoer op gemiddeld 1 g cadmium per jaar per hectare. Rekening houdend met een bouwlandareaal van 9.340 ha betekent dit een afvoer uit het gebied van ca. 9 kg.

Opgemerkt dient te worden dat waar verhoogde cadmiumgehalten in de bodem aanwezig zijn er sprake zal zijn van een verhoogde cadmiumopname door de landbouwgewassen. In dit kader is daar geen rekening mee gehouden.

