

95 N 522583

24/12
01/12

Zware metalen en organische microverontreinigingen in bodem, regenwormen en dassen in het winterbed van de Maas bij Grave

Heavy metals and organic micropollutions in soil, earthworms and badgers in the Meuse winter-bed near Grave

Les métaux lourds et la micropollution organique dans le sol, dans les vers de terre et dans les blaireaux dans le lit d'hiver de la Meuse près de Grave

M.J.J. Kerkhofs, W. Silva and W. Ma

Reports of the project
"Ecological Rehabilitation of the River Meuse"
no. 14, October 1993

This report is also published in the series
"Ecological Rehabilitation of Rivers"
as no. 55-1994

Institute of Inland Water Management and Waste Water Treatment (RIZA),
Rijkswaterstaat, P.O. Box 9072, 6800 ED Arnhem, The Netherlands

In cooperation with:

Institute for Forestry and Nature Research (IBN-DLO),
P.O. Box 23, 6700 AA Wageningen, The Netherlands

Directorate Limburg, Rijkswaterstaat
P.O. Box 25, 6200 MA Maastricht, The Netherlands

Te citeren als (to be referred to as):

Kerkhofs, M.J.J., W. Silva en W. Ma. 1993. Zware metalen en organische microverontreinigingen in bodem, regenwormen en dassen in het winterbed van de Maas bij Grave. nr. 14-1993. RIZA in samenwerking met IBN-DLO en Directie Limburg. *Reports of the project "Ecological Rehabilitation of the River Meuse" (with abstracts in English and French)*

Inhoudsopgave

pagina

Samenvatting	
Lijst van figuren	
Lijst van tabellen	
Summary	
List of figures	
List of tables	
Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Voorwoord	
1 Inleiding	1
2 Beschrijving onderzoeksgebied	2
3 Verontreinigingssituatie van de Maas	4
4 Bemonsteringsopzet en methode van verwerking van resultaten	5
5 Resultaten	7
5.1 Algemeen	7
5.2 Inundatie	9
5.2.1 Fysisch/chemische grootheden	
5.2.2 Zware metalen gehalten in de bodem	
5.2.3 PCB-gehalten in de bodem	
5.3 Maaiveldhoogte	12
5.3.1 Fysisch/chemische grootheden	
5.3.2 Zware metalen gehalten in de bodem	
5.3.3 PCB-gehalten in de bodem	
5.4 Correlaties tussen verontreiniging en bodemkarakteristieken	14
5.5 Regenwormen	15
5.5.1 Zware metalen en PCB-gehalten in regenwormen	
5.5.2 Zware metalen en PCB-gehalten in regenwormen in relatie tot bodemgehalten	
5.6 Dassen	19
6 Discussie	20
6.1 Inundatie	20
6.2 Maaiveldhoogte	21
6.3 Bodemkarakteristieken	21
6.4 Regenwormen	22
6.5 Wat betekenen de zware metalen en PCB-gehalten voor de das?	22
7 Conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek	24
8 Referenties	25

Inhoudsopgave

pagina

9 Bijlagen

27

Bijlage 1.	Beschrijving van de monsterpunten
Bijlage 2.	Fysisch chemische gesteldheid van de bodem
Bijlage 3.	Zware metalengehaltes in de bodem.
Bijlage 4.	De PCB-gehaltes in de bodem.
Bijlage 5.	Correlatiematrices.
Bijlage 6.	Overzicht van de Keentse uiterwaard en de dassenburchten.
Bijlage 7.	Het onderzoeksgebied met de nummering van de monsterpunten.
Bijlage 8.	De maaiveldhoogte uitgezet tegen het organisch stofgehalte, de korrelgroottefractie $< 16 \mu\text{m}$, het kalkgehalte en de pH.
Bijlage 9.	De maaiveldhoogte uitgezet tegen de onderzochte zware metalen.
Bijlage 10.	De maaiveldhoogte uitgezet tegen de onderzochte PCB's.

Voorwoord

Natuurontwikkelingsprojecten in het rivierengebied worden veelal uitgevoerd in verontreinigde uiterwaarden. Dit brengt risico's met zich mee voor de organismen die zich in deze nieuwe omgeving vestigen. De grootte van de risico's waaraan organismen worden blootgesteld worden veelal geschat aan de hand van gehalten in de bodem.

Met deze studie wordt, weliswaar voor een klein gebied, inzicht gegeven wat de zware metalen en PCB-gehalten in de bodem, regenwormen en dassen zijn. Hopelijk leiden de resultaten van deze studie mede tot een betere risicoschatting voor de accumulatie van zware metalen en PCB's in dieren die foerageren in (Maas)uiterwaarden.

Ondanks het feit dat het onderzoek is uitgevoerd voor het opstarten van het Projekt Ecologisch Herstel Maas (EHM) (Botterweg & Silva, 1991) is het door de late rapportage van de gegevens en de uitstekende inpasbaarheid in EHM opgenomen in de EHM rapportenreeks.

De Direktie Limburg heeft de analyse van zware metalen en PCB's in de bodem en regenwormen gefinancierd. Het IBN-DLO heeft de analyses in de nieren van dassen gefinancierd. Voor de totstandkoming van dit rapport ben ik dank verschuldigd aan Jan Hendriks en Joke Botterweg die het van het nodige commentaar voorzagen.

Stan Kerkhofs, februari 1994

Samenvatting

De uiterwaardbodems langs de Maas bevatten hoge concentraties aan zware metalen en PCB's. Met name (delen van) uiterwaarden die regelmatig overstromen zijn sterker verontreinigd dan de gedeelten die minder vaak worden geïnundeerd. In dit rapport wordt de vervuiling van de Keentse uiterwaard in Noord Brabant (tussen Grave en Ravenstein) in beeld gebracht.

Binnen een gebied van 200x200 m zijn random 25 bodemonsters gestoken, opgebouwd uit minimaal 3 deelmonsters binnen een oppervlak van 1 m², over een diepte van 0 tot 20 cm. Op 5 van deze monsterpunten zijn tevens regenwormen verzameld. Aan de hand van overstromingsfrequentie en topografische kaarten zijn respectievelijk inundatiefrequentie en maaiveldhoogte van de monsterpunten bepaald.

De zware metalen en PCB-gehalten nemen af bij een afname van de overstromingsfrequentie.

In het onderzochte gebied is een toename van de verontreiniging van de bodem met zware metalen en PCB's gerelateerd aan een toename van het kalkgehalte, de pH en het organisch stofgehalte.

Van de hier onderzochte metalen worden cadmium en (in mindere mate) zink het sterkst geaccumuleerd door regenwormen. Hoge gehalten aan cadmium tot 150 mg/kg versgewicht zijn gemeten in monsters van regenwormen, hetgeen ca. 10 keer hoger is dan het gehalte in binnendijks bemonsterde wormen. De PCB-gehalten in de wormen liggen beneden de detectiegrens van 10 µg/kg versgewicht.

De cadmiumgehalten in de nieren van in de Keentse uiterwaard aangetroffen dassen varieert van 71 tot 199 mg/kg droge stof. De eerste symptomen van nierschade bij zoogdieren zijn waargenomen bij cadmiumgehalten in de nieren van 150 mg/kg droge stof (Ma, 1994).

De bodem van de Keentse uiterwaard is zodanig belast dat er een reëel risico bestaat van nadelige effecten op dassen als gevolg van doorvergiftiging van Cd. Ten aanzien van de overige onderzochte metalen is er geen reden voor ongerustheid. Ook ten aanzien van PCB's is gezien de relatief geringe accumulatie van PCB's in regenwormen geen toxische belasting van dassen in de Keentse uiterwaard te verwachten.

Lijst van figuren

- Figuur 2.1 De ligging van de Keentse uiterwaard aan de Maas tussen Grave en Ravenstein. De rivier is donker gearceerd, de oude afgesneden maasarm is licht gearceerd.
- Figuur 5.1 De inundatiefrequentie uitgezet tegen de gemiddelde waarde en de daarbij behorende standaardfout van de pH, het droge stofgehalte, het kalkgehalte, de korrelgroottefractie $< 2 \mu\text{m}$ en $< 16 \mu\text{m}$ en het organisch stofgehalte. De inundatiefrequenties 1 t/m 4 staan voor een overstromingsfrequentie van respectievelijk 1 keer per 2, 10, 50 en 250 jaar. Inundatiecode 5 is binnendijks gebied.
- Figuur 5.2 De inundatiefrequentie uitgezet tegen de gemiddelde waarde en de daarbij behorende standaardfout van het gehalte aan koper, zink, lood, kwik, chroom, cadmium, nikkel, arseen en scandium in de bodem. De inundatiefrequenties 1 t/m 4 staan voor een overstromingsfrequentie van respectievelijk 1 keer per 2, 10, 50 en 250 jaar. Inundatiecode 5 is binnendijks gebied.
- Figuur 5.3 De inundatiefrequentie uitgezet tegen de gemiddelde waarde en de daarbij behorende standaardfout van het gehalte aan PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180 in de bodem. De inundatiefrequenties 1 t/m 4 staan voor een overstromingsfrequentie van respectievelijk 1 keer per 2, 10, 50 en 250 jaar. Inundatiecode 5 is binnendijks gebied.
- Figuur 5.4 De gehalten aan koper, zink, lood, kwik, chroom, cadmium, nikkel, arseen en scandium in de bodem en in de wormen op de monsterpunten 1 t/m 5.

Lijst van tabellen

- Tabel 5.1 Fysische en chemische eigenschappen van de monsterpunten met respectievelijk de hoogte (H), inundatiefrequentie (IN), zuurgraad (pH), droge stofgehalte (DS), kalkgehalte (CaCO_3), korrelfractie $<2\ \mu\text{m}$ en $<16\ \mu\text{m}$ (KGV2 en KGV 16) en organisch stofgehalte (OS).
- Tabel 5.2 Zware metalen gehalten in de bodemlaag van 0-20 cm (mg/kg droge stof).
- Tabel 5.3 PCB-gehalten in de bodemlaag van 0-20 cm ($\mu\text{g/kg}$ droge stof).
- Tabel 5.4 Zware metalen (mg/kg droge stof) en PCB-gehalten ($\mu\text{g/kg}$ droge stof) in de wormen. De detectiegrens voor PCB's van $10\ \mu\text{g/kg}$ versgewicht, aangegeven met "<", is omgerekend naar $\mu\text{g/kg}$ droge stof, aangenomen dat de wormen voor 16 % uit droge stof bestaan (Ma, 1983).
- Tabel 5.5 Bioconcentratiefactor (BCF) voor regenwormen.
- Tabel 5.6 Zware metalen gehalten (mg/kg droge stof) in nieren van dassen. De Amersfoort-coördinaten geven de vindplaats van de dieren aan.
- Tabel 6.1. Schatting van de atmosferische depositie van zware metalen in de omgeving van de Keentse uiterwaard (uit: Warmenhoven et al., 1989)

Summary

The winter-beds along the river Meuse contain high concentrations of heavy metals and PCBs. (Parts of) the winter-beds that are frequently flooded show a degree of pollution considerably higher than parts that are inundated less frequently. This report intends to chart the pollution of the winter-bed at Keent in the province of North Brabant (between Grave and Ravenstein).

Within an area of 200x200 m, 25 random soil specimens were extracted, including at least 3 sub-specimens within an area of 1 m² at a depth of 0 to 20 cm. In addition, earthworms were collected at 5 of these sampling locations. The inundation frequency and surface level of these sampling locations were determined on the basis of flooding frequency and topographic maps.

The concentration of heavy metals and PCBs declines with decreasing flooding frequencies.

The research area shows an increase in soil pollution by heavy metals and PCBs as related to an increase in chalk content, pH and organic material content.

Of the metals investigated, strong accumulations of cadmium and (to a lesser degree) zinc were found in earthworms. High levels of cadmium of up to 150 mg/kg fresh weight were measured in earthworm samples, which is approx. 10 times as high as the quantities measured in earthworm taken from land inside the dikes. The PCB concentrations in worms are below the detection level of 10 µg/kg fresh weight. The cadmium content in the kidneys of badgers living in the Keent winter-bed varies from 71 to 199 mg/kg of dry material. Initial symptoms of kidney damage in mammals were detected with cadmium levels of 150 mg/kg dry material or more (Ma, 1994).

The soil of the Keent winter-bed is polluted to such a degree that there is a real risk of harmful effects on badgers as a result of Cd poisoning of the food chain. As far as the other metals investigated are concerned there is no reason for anxiety. Given the relatively minor accumulation of PCBs in earthworms, it is not to be expected that PCBs will have a harmful toxic influence on the badgers in the Keent winter-bed.

List of figures

- Figure 2.1 The location of the Keent winter-bed along the river Meuse between Grave and Ravenstein. To distinguish both waters, the river has been shaded darker than the old dammed Meuse meander.
- Figure 5.1 Inundation frequency compared to the average value and the corresponding standard error of pH, dry material content, chalk content, grain size fraction $< 2 \mu\text{m}$ and $< 16 \mu\text{m}$ and organic material content. The inundation frequencies 1 up to 4 represent a flooding frequency of once every 2, 10, 50 and 250 years, respectively. Inundation code 5 represents the land inside the dikes.
- Figure 5.2 Inundation frequency compared to the average value and the corresponding standard error of copper, zinc, lead, mercury, chromium, cadmium, nickel, arsenic and scandium contents in the soil. The inundation frequencies 1 up to 4 represent a flooding frequency of once every 2, 10, 50 and 250 years, respectively. Inundation code 5 represents the land inside the dikes.
- Figure 5.3 Inundation frequency compared to the average value and the corresponding standard error of PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180 concentrations in the soil. The inundation frequencies 1 up to 4 represent a flooding frequency of once every 2, 10, 50 and 250 years, respectively. Inundation code 5 represents the land inside the dikes.
- Figure 5.4 The copper, zinc, lead, mercury, chromium, cadmium, nickel, arsenic and scandium contents present in the soil and in earthworms at the sampling locations 1 to 5.

List of tables

- Table 5.1 Physical and chemical characteristics of the sampling locations, stating height (H), inundation frequency (IN), acidity (pH), dry material content (DS), chalk content (CaCO_3), grain fraction $<2\ \mu\text{m}$ and $<16\ \mu\text{m}$ (KGV2 and KGV 16) and organic material content (OS).
- Table 5.2 Heavy metal contents in the 0-20 cm soil layer (mg/kg dry material).
- Table 5.3 PCB content in the 0-20 cm soil layer ($\mu\text{g/kg}$ dry material).
- Table 5.4 Heavy metals (mg/kg dry material) and PCB content ($\mu\text{g/kg}$ dry material) in worms. The PCB detection level of $10\ \mu\text{g/kg}$ of fresh weight, indicated by "<", has been converted into $\mu\text{g/kg}$ of dry material, assuming that the worms are composed of 16% dry material (Ma, 1983).
- Table 5.5 Bio-concentration factor (BCF) for earthworms.
- Table 5.6 Heavy metals content (mg/kg dry material) in badger kidneys. The Amersfoort co-ordinates indicate the place where the animals were found.
- Table 6.1. Estimated atmospheric deposition of heavy metals in the vicinity of the Keent winter-bed (from: Warmenhoven et al., 1989)

Résumé

Les fonds du lit d'hiver le long de la Meuse contiennent de hautes concentrations de métaux lourds et de PCB. Notamment les parties du lit d'hiver régulièrement inondées sont plus polluées que celles qui sont moins fréquemment inondées. Ce rapport dresse le tableau de la pollution du lit d'hiver du méandre de Keent dans le Brabant du Nord (entre Grave et Ravenstein).

Dans un espace de 200m x 200m, on prélève arbitrairement 25 échantillons de terrain se composant d'au moins 3 échantillons partiels par 1m², sur une profondeur de 0 à 20 cm. Des vers de terre sont répartis sur 5 de ces points d'échantillonnage. A l'aide de la fréquence d'immersion et de cartes topographiques, on détermine respectivement les fréquences d'inondation et le niveau du sol.

Les teneurs en métaux lourds et en PCB diminuent en fonction de la diminution de la fréquence d'immersion.

Dans l'espace analysé, l'augmentation de la pollution du sol par des métaux lourds et du PCB est liée à une augmentation de la teneur en chaux, du pH et de la teneur en matière organique.

Parmi les métaux étudiés, ce sont le cadmium et (à un moindre degré) le zinc qui sont les plus fortement accumulés par les vers de terre. On a mesuré de hautes concentrations de cadmium atteignant jusqu'à 150 mg/kg de matière fraîche dans des échantillons de vers de terre, ce qui est environ 10 fois plus élevé que la teneur dans les vers de terre servant d'échantillon à l'intérieur des digues. Les teneurs en PCB dans les vers sont inférieures à la limite de détection de 10 µg/kg de matière fraîche. Les teneurs en cadmium trouvées dans les reins des blaireaux du lit d'hiver de Keent varient de 71 à 199 mg/kg de matière sèche. Chez les mammifères, les premiers symptômes de dommages causés aux reins ont été constatés à des taux de cadmium de 150 mg/kg de matière sèche dans les reins (Ma, 1994).

La pollution du fond du lit d'hiver de Keent est telle qu'il existe un risque réel d'effets nocifs sur la population de blaireaux suite à l'empoisonnement continu au Cd. Par contre, il n'y a pas lieu de s'inquiéter quant aux autres métaux étudiés. Vu l'accumulation relativement faible de PCB dans les vers de terre, il n'y a aucune raison de s'attendre à des effets toxiques dus au PCB sur les blaireaux dans le lit d'hiver de Keent.

Liste des figures

- Figure 2.1 La situation du lit d'hiver du méandre de Keent le long de la Meuse entre Grave et Ravenstein. Le fleuve est hachuré en foncé, l'ancien bras coupé de la Meuse est hachuré en clair.
- Figure 5.1 La fréquence d'inondation par rapport à la valeur moyenne et la marge d'écart correspondante du pH, la teneur en matière sèche, la teneur en chaux, la fraction de la grosseur du grain $<2\ \mu\text{m}$ et $<16\ \mu\text{m}$ et la teneur en matière organique. Les fréquences d'inondation 1 à 4 correspondent à des fréquences d'immersion de respectivement 1 fois tous les 2, 10, 50 et 250 ans. Le code d'inondation 5 est dans une zone à l'intérieur des digues.
- Figure 5.2 La fréquence d'inondation représentée par rapport à la valeur moyenne et la marge d'écart correspondante de la teneur en cuivre, zinc, plomb, mercure, chrome, cadmium, nickel, arsenic et scandium dans le sol. Les fréquences d'inondation 1 à 4 correspondent à des fréquences d'immersion de respectivement 1 fois tous les 2, 10, 50 et 250 ans. Le code d'inondation 5 est dans une zone à l'intérieur des digues.
- Figure 5.3 La fréquence d'inondation représentée par rapport à la valeur moyenne et la marge d'écart correspondante du taux en PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180 dans le sol. Les fréquences d'inondation 1 à 4 correspondent à des fréquences d'immersion de respectivement 1 fois tous les 2, 10, 50 et 250 ans. Le code d'inondation 5 est dans une zone à l'intérieur des digues.
- Figure 5.4 La teneur en cuivre, zinc, plomb, mercure, chrome, cadmium, nickel, arsenic et scandium dans le sol et dans les vers dans les points d'échantillonnage 1 à 5.

Liste des tableaux

- Tableau 5.1 Propriétés physiques et chimiques des points d'échantillonnage avec, respectivement, la hauteur (H), la fréquence d'inondation (IN), le taux d'acidité (pH), le taux en matière sèche (DS), la teneur en chaux (CaCO_3), la fraction du grain $<2\mu\text{m}$ et $<16\mu\text{m}$ (KGV2 et KGV 16) et la teneur en matière organique (OS).
- Tableau 5.2 Teneur en métaux lourds dans la couche du sol de 0-20 cm (mg/kg de matière sèche).
- Tableau 5.3 Teneur en PCB dans la couche du sol de 0-20cm ($\mu\text{g/kg}$ de matière sèche).
- Tableau 5.4 Teneur en métaux lourds (mg/kg de matière sèche) et en PCB ($\mu\text{g/kg}$ de matière sèche) dans les vers. La limite de détection pour les PCB de 10 $\mu\text{g/kg}$ de poids frais indiquée par un "<", est convertie en $\mu\text{g/kg}$ de matière sèche, en admettant que les vers se composent de 16% de matière sèche (Ma, 1983).
- Tableau 5.5 Facteur de bioconcentration (BCF) pour les vers de terre.
- Tableau 5.6 Teneur en métaux lourds (mg/kg de matière sèche) dans les reins des blaireaux. Les coordonnées Amersfoort donnent l'endroit où les animaux ont été trouvés.
- Tableau 6.1 Estimation du dépôt atmosphérique de métaux lourds dans les environs du lit d'hiver de Keent (de: Warmenhoven et al., 1989).

1 Inleiding

Het Instituut voor Bos en Natuuronderzoek (IBN) heeft onderzoek gedaan naar de belasting van de das met zware metalen, in het bijzonder cadmium, in relatie met de verontreiniging van de Maaswaterwaarden (Ma en Broekhuizen, 1989). Uit dit onderzoek komt naar voren dat in dassen die foerageren in de Maaswaterwaarden ten opzichte van dassen in controle gebieden alle onderzochte metalen, met uitzondering van zink, in verhoogde concentratie voorkomen. Vooral cadmium wordt in zulke hoge concentraties aangetroffen dat er mogelijke effecten op de voortplanting zijn (Copius Peereboom en Reijnders, 1986).

Het Instituut voor Milieuvraagstukken heeft een oriënterend onderzoek gedaan naar de invloed van PCB's op de voortplanting van terrestrische marterachtigen (pers. med. J. van Hattum, Instituut voor Milieuvraagstukken). Op basis van dit onderzoek kan een mogelijke beïnvloeding van de voortplanting van de das ten gevolge van de PCB-verontreiniging van de Maaswaterwaarden niet worden uitgesloten.

De dassen in de Maaswaterwaarden eten vooral regenwormen. Het is mogelijk dat zij hierdoor blootstaan aan een verhoogde cadmium- en PCB-belasting.

De Keentse uiterwaard (Provincie Noord Brabant, gemeente Ravenstein) wordt door dassen gebruikt als foerageergebied. In deze Maaswaterwaard is door het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling (RIZA) in samenwerking met het Instituut voor Milieuvraagstukken (IVM) en het Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN) in november 1989 de kwaliteit van de bodem, en van de daarin aanwezige regenwormen, onderzocht. Het doel van het onderzoek was om te onderzoeken in welke mate de in de bodem aanwezige metalen en PCB-verbindingen worden geaccumuleerd door regenwormen en wat dit betekent voor de in het gebied foeragerende dassen. Tevens is onderzocht of er een verband is tussen de mate van bodemvervuiling en de overstromingsfrequentie. Aangezien er binnen een gebied met eenzelfde overstromingsfrequentie nog verschillen in maaiveldhoogte zijn is ook onderzocht of er een verband is tussen de maaiveldhoogte en de mate van vervuiling. De laboratoriumanalyses zijn gefinancierd door de Directie Limburg. De gehalten in dassen (zie §5.5) zijn bepaald door het IBN. In dit rapport wordt in hoofdstuk 2 een korte beschrijving gegeven van het onderzoeksgebied. Hoofdstuk 3 geeft een overzicht van de huidige kwaliteit van het Maaswater. De bemonsteringsopzet wordt behandeld in hoofdstuk 4. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de geanalyseerde zware metalen en PCB-gehalten in de bodem en de regenwormen. In hoofdstuk 6 wordt bestudeerd of de vervuiling van de bodem van de uiterwaard gerelateerd is aan de overstromingsfrequentie. In dit hoofdstuk wordt ook nader ingegaan op de betekenis van de zware metalen en PCB-gehalten in de regenwormen voor de dassen die in dit gebied foerageren.

2 Beschrijving onderzoeksgebied

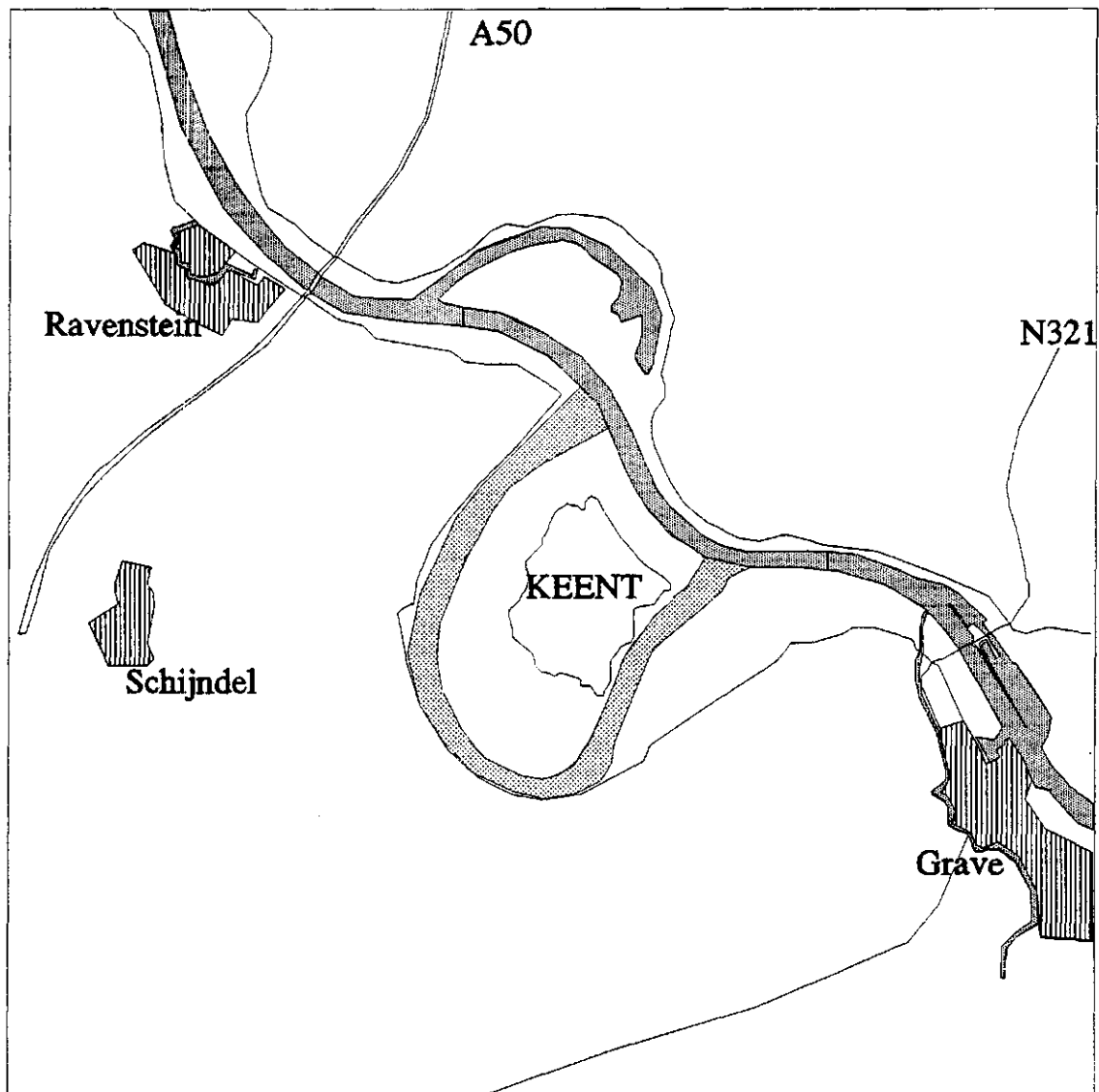
Door Natuur Milieu en Faunabeheer (NMF) is uit een drietal locaties in het winterbed van de Maas waar dassen foerageren te weten: Gennep, Sambeek en Grave, de locatie ter hoogte van Grave geselecteerd voor een gedetailleerde bemonsteringscampagne. Factoren die bij deze keuze een rol hebben gespeeld zijn:

- Onvoldoende tijd en budget is beschikbaar om alle drie de locaties te onderzoeken.
- Uitsluitend door een intensieve bemonstering zijn verantwoorde uitspraken over bodemkwaliteit ter plekke te doen; dit in verband met de vaak grote spreiding in analyseresultaten.
- Over de gehalten van zware metalen in het winterbed van de Maas ter hoogte van Gennep en Sambeek zijn al, zij het summiere, gegevens beschikbaar (Projectgroep zware metalen in oevergronden van Maas en zijrivieren, 1987).
- Verwacht mag worden dat op gronden langs de Maas met eenzelfde overstromingsfrequentie vergelijkbare gehalten aan verontreinigingen zullen voorkomen. De resultaten van de bemonsteringscampagne te Grave geven zo een globale indicatie van de verontreinigingssituatie op de andere locaties.

Het onderzoeksgebied ligt in het winterbed van de Maas bij Keent (gemeente Ravenstein, ter hoogte van Grave) (zie fig 2.1). In het gebied ligt een oude Maasmeander. Het onderzoeksgebied ligt in stuwpand Lith dat gestuwd wordt op 5 m NAP. Het gebied wordt geïnundeerd bij afvoeren die groter zijn dan 1500 m³/s. De hoogteligging binnen het onderzoeksgebied is weergegeven in figuur 2.2. De overstromingsfrequenties variëren van 1 keer per 2 jaar tot 1 keer per 250 jaar (zie fig. 2.4). De overstromingsfrequentie en de hoogteligging zijn per monsterpunt weergegeven in tabel 5.1 en bijlage 1 en 2. In de hoger gelegen delen van het gebied liggen 5 dassenburchten (zie bijlage 6).

Op de bodemkaart van Nederland (STIBOKA, 1976) wordt de bodem in de uiterwaard van Keent getypeerd als kalkloze poldervaaggrond. De korrelgrootteverdeling van de bodemmonsters staat in tabel 5.1.

De uiterwaard is voor 95% in gebruik als weiland en voor 5% als bouwland. Er staan enkele meidoornhagen en in de oude rivierloop ligt een klein wilgen- populierenstruweel. In De Soet (1976) krijgt de Keentse uiterwaard een vrij grote landschappelijke en een grote botanische en ornithologische waardering.



Figuur 2.1 De ligging van de Keentse uiterwaard aan de Maas tussen Grave en Ravenstein. De rivier is donker gearceerd. De oude afgesneden maasarm is licht gearceerd.

3 Verontreinigingssituatie van de Maas

Een overzicht van de ontwikkeling van de water- en slibkwaliteit van de Maas vanaf 1960 is gegeven in Breukel et al. (1992).

De waterkwaliteit van de Maas kent nog een groot aantal knelpunten die voor een belangrijk deel van buitenlandse oorsprong zijn. Uiteraard wordt de Maas ook vanuit het Nederlandse deel van het stroomgebied belast, met name met nutriënten (fosfaten en stikstof uit landbouw en rioolwaterzuiveringsinstallaties) en bepaalde microverontreinigingen (lood via verkeer en bestrijdingsmiddelen zoals atrazine).

De verbetering van de waterkwaliteit van de Maas is de laatste jaren zeer beperkt. De problemen worden vooral veroorzaakt door de grote ongezuiverde lozingen van huishoudelijk afvalwater en vanuit de (metaal)industrie. Maar ook zouten en warmte worden in (te) grote hoeveelheden geloosd. De waterkwaliteit beïnvloedt de kwaliteit van het meegevoerde slib en dat is dan ook sterk verontreinigd. Een opsomming van de "probleem-parameters" volgt hieronder:

- | | |
|------------------------------|------------------------|
| - watertemperatuur | - zuurstofhuishouding |
| - zwevende stof | - stikstofverbindingen |
| - koper | - zink |
| - cadmium | - bacteriologische |
| - cyanide | verontreiniging |
| - organische microveront- | - fosfaat |
| reinigingen (PAK's en PCB's) | - fluoride |
| - chloride | |

Om tegen het jaar 2000 bij Eijsden de kwaliteit van het Maaswater aan de algemene milieukwaliteit te laten voldoen, zal de stofvracht vanuit het buitenland aanmerkelijk gereduceerd moeten worden. Van stoffen als fosfaat, cadmium, zink, PAK's en PCB's geeft een vermindering van de vracht met 50% enige verbetering, maar om aan de algemene milieukwaliteit te voldoen zijn verdergaande reducties (tussen 65 en 90%) noodzakelijk.

4 Bemonsteringsopzet, materiaal en methode

Bij de bemonsteringsopzet is gebruik gemaakt van overstromingsfrequentiekaarten (RD Limburg), rivierkaarten (RD Limburg) en de topografische kaart. In de Keentse uiterwaard (ter hoogte van Grave) is een studiegebied van ongeveer 1 km² geselecteerd. Hierover is een coördinatenrooster van 200 x 200 m gelegd (bijlage 6 en 7). Daar waar binnen één vak relatief grote oppervlakten met verschillende overstromingsfrequentie voorkomen, is het vak verder opgedeeld in deelvakken van 40 x 40 m. De bemonstering vond plaats in het midden van het (deel)vak. Met uitzondering van twee monsters die in bouwland zijn genomen zijn de monsters afkomstig van grasland. De bemonstering is uitgevoerd op 24 november en 1 december in 1989. Aangezien de mate van verontreiniging in de diepte van de bodem mogelijk een gradiënt zal vertonen zijn twee lagen onderscheiden (0-5 cm en 5-20 cm) die afzonderlijk zijn bemonsterd. Elk grondmonster (ongeveer 1 kg) was opgebouwd uit minimaal 3 deelmonsters die binnen een oppervlakte van 1 m² genomen werden. Menging vond plaats in het laboratorium. Bij de bemonstering werd contaminatie door voor het onderzoek relevante metalen vermeden door het gebruik van een gutsboor van koolstofstaal. De wormenmonsters zijn genomen door een hoeveelheid grond van 50x50x50 cm uit te graven (inclusief zode) en zorgvuldig met de hand te sorteren op de aanwezige wormen. De gewichten zijn bepaald na een etmaal hongeren ter lediging van het darmkanaal.

In totaal werden 48 bodem- en 5 wormenmonsters genomen.

Om eventuele verschillen in vervuiling tussen de laag van 0-5 en 5-20 cm te onderzoeken zijn 16 grondmonsters geanalyseerd (zie bijlage 3 en 4). Aan de hand van deze resultaten zijn de overige monsters geanalyseerd. Van belang is de relatie tussen bodemtype en binding van zware metalen en PCB's en de opname door wormen. Het organisch stof-, lutum- en kalkgehalte en de pH beïnvloeden de binding en de opname zodat deze ook in de laboratoriumanalyse betrokken zijn.

De volgende werkzaamheden/analyses zijn verricht:

- Voor grondmonsters:

Menging

PCB's (7 congenen, lage detectiegrens, dat wil zeggen indamping tot 0,1 ml)

Ontsluiting zware metalen

Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn

Hg

As

Scandium

Org. stof (IB)

Fracties < 2 en < 16 µm

CaCO₃

Droge stof

pH-KCl

- Voor wormenmonsters:
 - Menging.
 - PCB's (als bij grondmonsters)
 - Ontsluiting zware metalen
 - Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn
 - Hg
 - As
 - Vetgehalte
 - Droog asgewicht (gloeirest)

Het organisch stofgehalte van regenwormen met geledigd darmkanaal is niet bepaald, maar op basis van eerder gedane (veelvuldige) bepalingen gesteld op 16% (Ma, 1983). Voor het bepalen van de gehalten in dassen zijn drie dieren onderzocht afkomstig van de dassenburchten aangegeven in bijlage 6. De dieren zijn als verkeersslachtoffer dood aangetroffen op de Oude Maasdijk van de Keentse uiterwaard. Als referentie zijn dassen uit de kop van Overijssel onderzocht. Ook deze dieren zijn verkeersslachtoffers. Van alle dieren zijn de nieren verwijderd en door het IBN-DLO geanalyseerd op gehalten aan zware metalen. Helaas zijn de PCB-gehalten in deze dieren niet gemeten.

5 Resultaten

5.1 Algemeen

In tabel 5.1 zijn de morfologische, fysische en chemische eigenschappen van de bodem voor de verschillende monsterpunten opgenomen.

Tabel 5.1 Fysische en chemische eigenschappen van de monsterpunten met respectievelijk: hoogte (H), inundatiefrequentie (IN), zuurgraad (pH), droge stofgehalte (DS), kalkgehalte (CaCO_3), korrelfractie $<2\ \mu\text{m}$ en $<16\ \mu\text{m}$ (KGV2 en KGV 16) en organisch stofgehalte (OS).

MONSTER	H (m)	IN (#)	pH	DS (+)	CaCO_3 (*)	KGV2 (*)	KGV16 (*)	OS (*)
1	8.45	2	6.1	79.4	0.2	9	16.2	4.3
2	8.40	2	6.6	78.1	0.5	16.3	28.8	8.5
3	6.80	1	6.9	70.9	3.8	21.7	41.5	12.8
4	6.10	1	6.9	67.9	4.5	21.4	41.2	13.5
5	-	5	5.8	80.4	0.5	19.5	35.9	3.1
6	8.60	2	5.9	81.3	<0.1	9.1	16.6	4.1
7	8.25	1	5.9	81.6	<0.1	11.7	18.9	4.3
8	8.25	1	6.9	76.8	1.4	16.1	29.7	11.2
9	8.40	1	5.9	78.6	<0.1	15.2	26.4	6
10	7.65	1	7	84.3	2.9	6.5	10.5	4
11	8.25	2	6.7	75.4	1	16.9	34.4	13.3
12	8.10	1	6.4	75.6	0.3	18	31.2	9.4
13	8.50	2	6.8	69.7	0.7	31.4	62.4	17.6
14	7.00	1	6.9	74.6	0.4	26.5	48.3	8.4
15@	8.60	2	5.6	73.7	0.3	36.9	63	8.9
16	7.00	1	7	74.1	2.5	26	49.8	14.3
17	6.60	1	7.1	76.7	0.3	22.1	42.2	9.4
18	6.55	1	6.9	72.7	0.5	21.2	41.9	12.2
19	-	5	5.2	83.5	0.1	13.8	23.3	3
20	10.10	4	3.8	80.2	0.1	23.3	40.3	8.7
21	9.00	2	3.8	79	0.1	34	60.2	10.6
22	9.80	4	5	82.8	<0.1	16.8	24.4	5.4
23	9.00	2	4.6	85.2	0.2	32.6	54.3	10.2
24	9.50	3	4.7	75.2	0.3	32.6	54.8	9
25@	8.45	2	5.1	79.3	0.5	21	34.6	8.2

(#) 1 t/m 4 staat voor een overstromingsfrequentie van respectievelijk 1 keer per 2,10,50 en 250 jaar. Inundatiecode 5 is binnendijks gebied.

(+) percentage van het versgewicht.

(*) percentage van het droge stofgehalte.

(-) buitendijkse monsterpunten (hoogte niet bekend).

@ bouwland (de andere monsters hebben betrekking op grasland).

De zware metalen- en PCB-gehalten in de bodemlaag van 0 tot 20 centimeter zijn weergegeven in tabel 5.2 en 5.3.

Tabel 5.2 Zware metalen gehalten in de bodemlaag van 0-20 cm (mg/kg droge stof).

MONSTER	Cu	Zn	Pb	Hg	Cr	Cd	Ni	As	Sc
1	23	216	45	0.9	23	<1	12	8	2
2	56	733	160	0.7	47	2.9	23	15	3
3	116	1538	348	1.8	93	16	40	33	4
4	128	1650	360	2.1	103	17	43	29	4
5	21	180	60	<0.1	37	<1	25	13	4
6	21	255	75	0.3	22	<1	16	9	2
7	17	230	75	0.2	25	<1	14	9	2
8	73	1100	250	1.3	57	9	31	30	3
9	28	350	80	0.3	34	<1	22	10	2
10	30	530	90	0.6	30	3	17	9	2
11	81	1150	310	1	50	8	28	20	4
12	58	790	210	0.7	48	5	26	22	4
13	160	2050	700	1.6	75	11	46	36	5
14	63	820	250	0.7	49	4	35	19	5
15	74	1100	380	0.8	59	4	46	25	7
16	130	2000	700	1.7	62	10	38	25	5
17	69	960	260	1.1	54	8	29	20	4
18	80	1150	310	1.1	59	10	31	20	4
19	14	83	25	<0.1	21	<1	14	7	3
20	50	58	240	0.6	39	1	26	20	4
21	65	720	340	0.8	52	2	37	20	6
22	25	320	110	0.2	25	<1	20	10	3
23	78	1050	400	0.8	60	4	38	26	6
24	50	620	220	0.4	54	2	34	20	6
25	70	1200	410	0.9	42	4	27	15	3

De zware metalen en PCB-gehalten in de eerste 5 monsterpunten liggen in de laag van 5-20 cm gemiddeld hoger (7 ± 4 %) dan in de laag van 0-5 cm (bijlage 3 en 4). Op individueel niveau zijn alleen de gehalten van Cd en in mindere mate van As significant hoger.

Een duidelijk trend is aanwezig bij de inundatiefrequentie; een geringer aantal overstromingen per jaar leidt tot gemiddeld lagere gehalten in de laag van 5-20 cm. Omdat bij het verwaarlozen van de verschillen tussen de twee bodemlagen een gemiddelde fout wordt gemaakt van 4% is alleen verder gerekend met de gewogen gemiddeldes voor de laag van 0-20 cm.

Van de monsternummers 6 en hoger zijn de bodemlagen niet opgedeeld, maar is na menging direct het gehalte voor de laag van 0-20 cm bepaald.

$$\text{gewogen gemiddelde (0-20)} = \frac{\text{concentratie (0-5)} + 3 * \text{concentratie (5-20)}}{4}$$

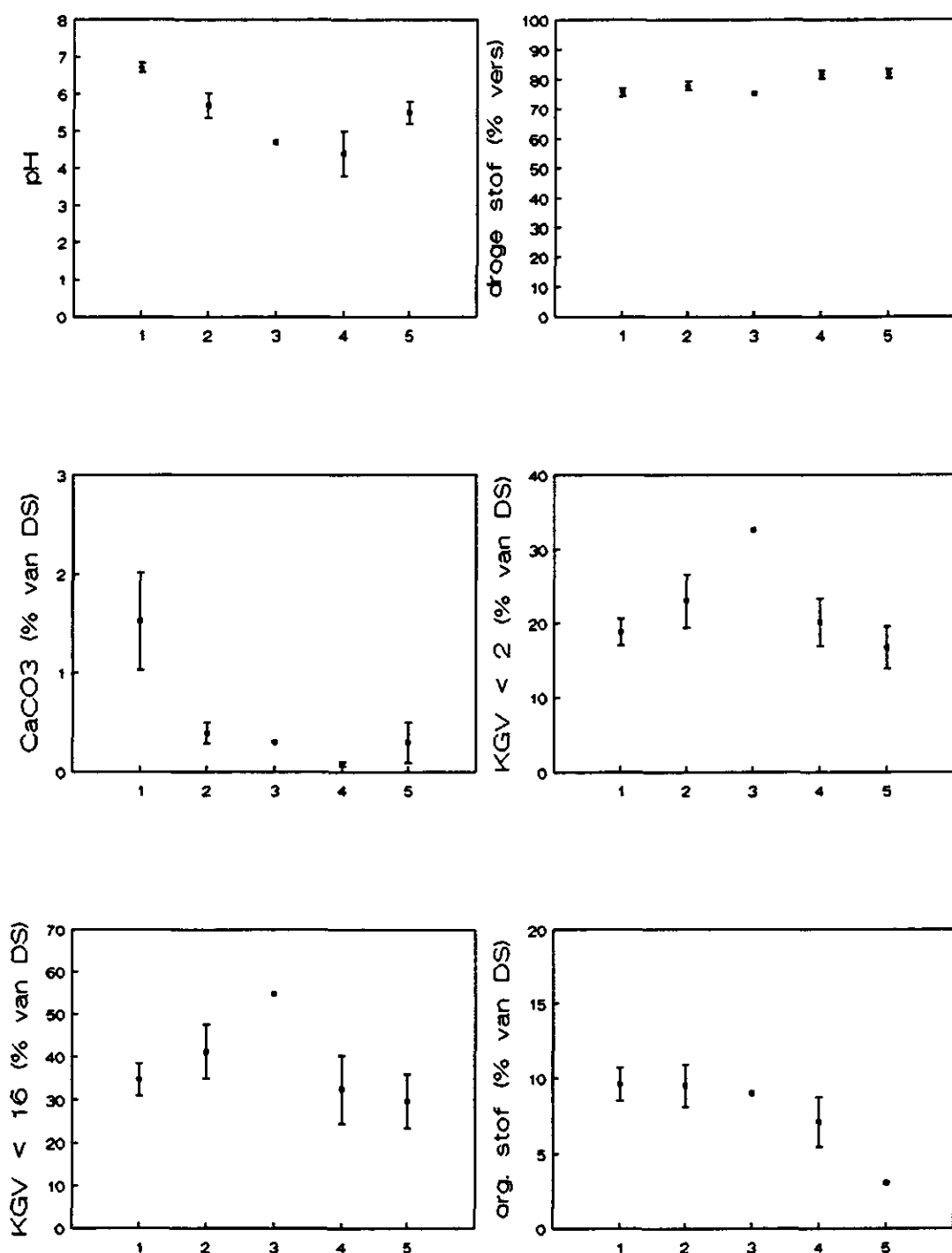
Tabel 5.3 PCB-gehaltenes in de bodemlaag van 0-20 cm ($\mu\text{g/kg}$ droge stof).

PCB's:	28	52	101	118	138	153	180	TOT*
1	<2	<2	<2	<2	<2	3	3	6
2	<3	<3	7	9	15	11	9	51
3	<10	<10	14	24	46	50	45	179
4	<10	<10	24	23	50	60	51	208
5	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	0
6	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	7,06	7,11	4,8	19
7	<1	<1	2,44	2,02	6,45	7,31	5,12	23
8	<1	<1	6,33	4,79	17,89	18,91	14,45	62
9	<1	<1	<1	2,4	7,61	8,37	5,61	24
10	3,14	1,78	5,47	<1	12,05	15,65	11,39	49
11	3,94	3,43	7,42	5,75	15,78	20,14	13,56	70
12	3,32	2,86	8,08	6,07	11,36	13,83	9,61	55
13	<1	<1	2,21	1,39	3,43	<1	4,54	12
14	<1	1,3	3,63	2,16	6,53	7,95	5,38	27
15	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
16	<1	<1	<1	<1	3,94	4,52	3,17	12
17	<1	3,69	6,84	5,58	15,06	18,49	13,68	63
18	4,94	5,87	10,2	8,07	16,34	20,21	14,43	80
19	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
20	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
21	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
22	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
23	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
24	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0
25	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0

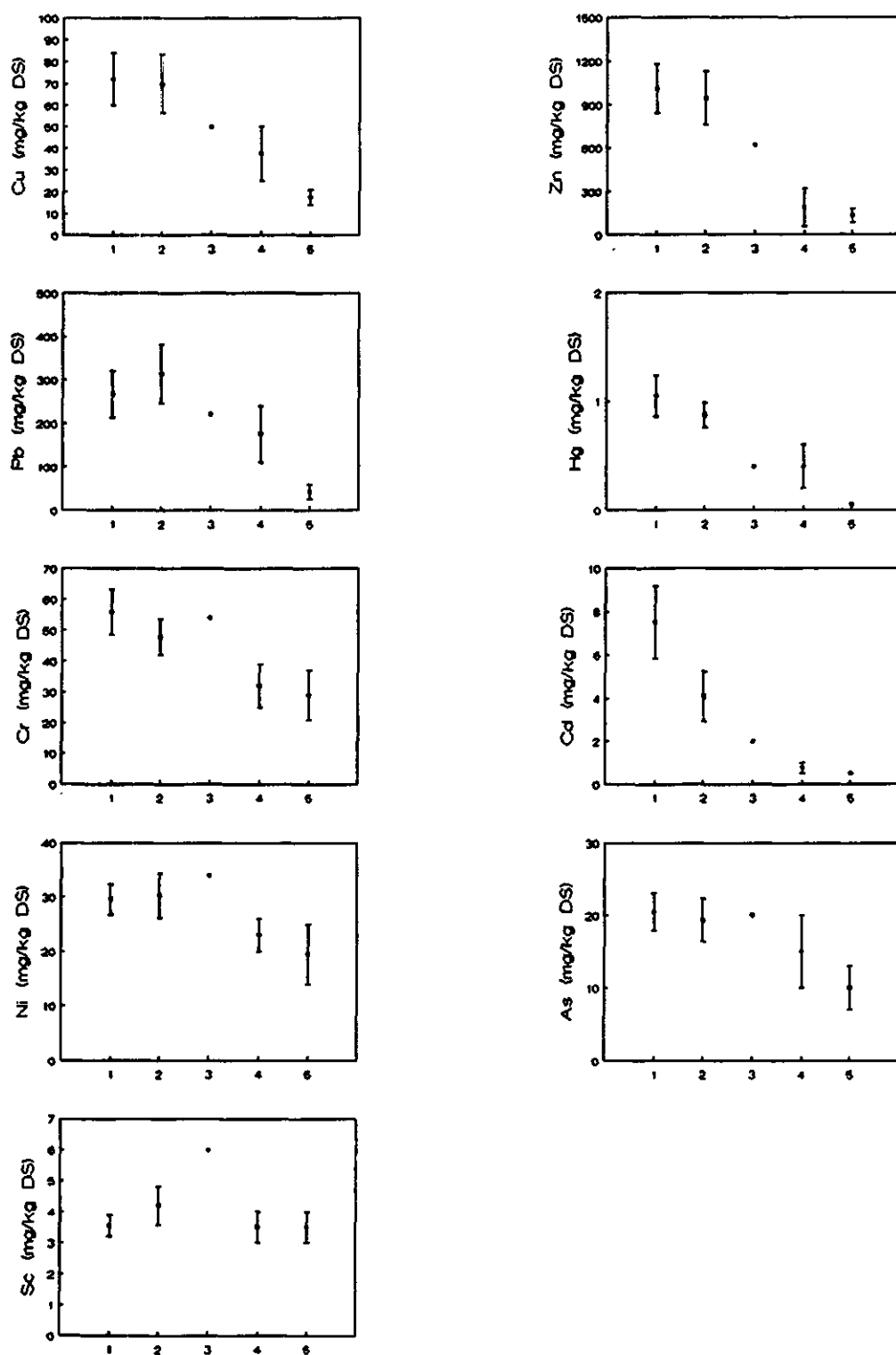
* Bij de berekening van het totale gehalte aan PCB's zijn de gehaltenes beneden de detectiegrens op "0" gesteld.

5.2 Inundatie

De laagst gelegen delen van de Keents uiterwaard worden gemiddeld 1 keer per 2 jaar overstroomd. In deze gedeeltes wordt het meeste slib afgezet. Op de hoger gelegen delen van de uiterwaard wordt minder slib afgezet omdat deze minder vaak inunderen. In figuur 5.1 t/m 5.3 zijn de gemiddelde waarden met de daarbij behorende standaardfout (SF) uitgezet ($SF = \text{STD}/\sqrt{n}$). In het gebied dat 1 keer per 50 jaar wordt overstroomd (inundatie-code 3) is maar op 1 punt bemonsterd, zodat hiervoor geen standaardfout kon worden berekend. De monsterpunten met inundatiecode 5 liggen als enige binnendijs, hetgeen directe invloed van de Maas uitsluit.



Figuur 5.1 De inundatiefrequentie uitgezet tegen de gemiddelde waarde en de daarbij behorende standaardfout van de pH, het droge stofgehalte, het kalkgehalte, de korrelgroottefractie < 2 μm en < 16 μm en het organisch stofgehalte. De inundatiefrequenties 1 t/m 4 staan voor een overstromingsfrequentie van respectievelijk 1 keer per 2, 10, 50 en 250 jaar. Inundatiecode 5 is binnendijks gebied.



Figuur 5.2 De inundatiefrequentie uitgezet tegen de gemiddelde waarde en de daarbij behorende standaardfout van het gehalte aan koper, zink, lood, kwik, chroom, cadmium, nikkel, arseen en scandium in de bodem. De inundatiefrequenties 1 t/m 4 staan voor een overstromingsfrequentie van respectievelijk 1 keer per 2, 10, 50 en 250 jaar. Inundatiecode 5 is binnendijks gebied.

5.2.1 Fysisch/chemische grootheden

Bij een afnemende overstromingsfrequentie nemen het CaCO_3 gehalte en de pH af (fig 5.1). De fractie $<16\mu\text{m}$ (KGV16), het droge stofgehalte en het organisch stofgehalte blijven nagenoeg gelijk (fig 5.1). De monsterpunten (3,4,8,10 en 16) met een hoog kalkgehalte (1,4% droge stof of meer) worden allen 1 keer per 2 jaar overstroomd (tab. 5.1)

5.2.2 Zware metalen gehalten in de bodem

Alleen voor het metaal cadmium geldt dat de gehalten in de gebieden die 1 keer per 2 jaar worden overstroomd significant hoger liggen dan de gehalten in de gebieden die 1 keer per 10 jaar worden overstroomd (fig 5.2). Voor de metalen Cu, Zn, Hg, Cr, Cd, en Ni geldt dat de gehalten in de gebieden die 1 keer per 2 en 10 jaar worden overstroomd significant hoger liggen dan de gehalten in de gebieden die 1 keer 250 jaar worden overstroomd. Alleen voor Cu, Pb en Hg geldt dat de gehalten in de gebieden die 1 keer 250 jaar (inundatiecode 4) worden overstroomd hoger liggen dan de gehalten in het binnendijks gebied (inundatiecode 5).

5.2.3 PCB-gehalten in de bodem

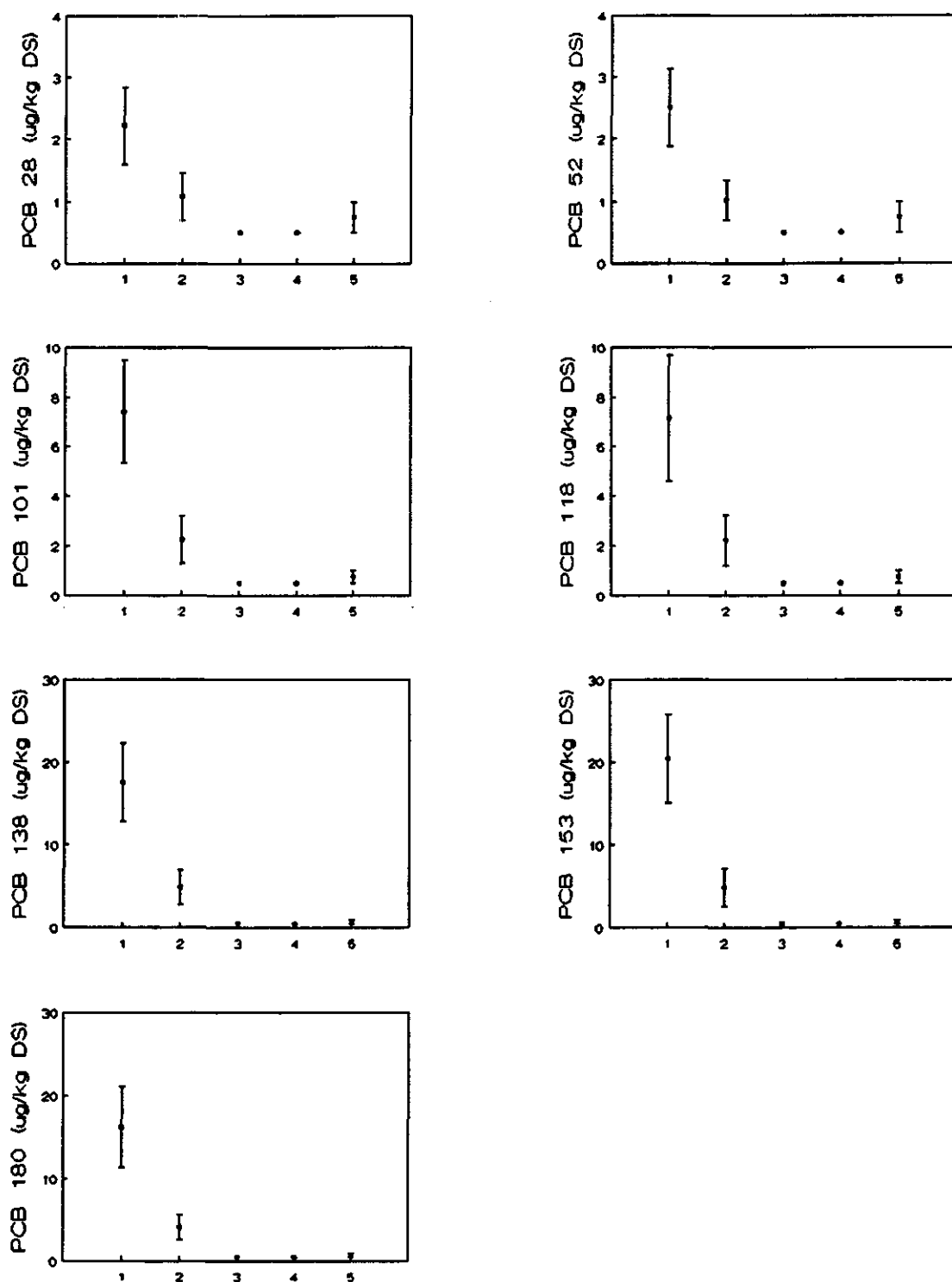
Voor alle PCB-verbindingen geldt dat de gehalten in de gebieden die 1 keer per 2 jaar worden overstroomd significant hoger liggen dan de gehalten in de gebieden die minder vaak worden overstroomd (fig 5.3). Tevens worden de verschillen tussen de overstromingsklassen van PCB28 naar PCB180 groter. In de gebieden die 1 keer per 50 jaar of minder worden overstroomd (inundatiecode 3,4 en 5) liggen de gehalten beneden de detectiegrens (tabel 5.2 en 5.3).

5.3 Maaiveldhoogte

Binnen een gebied met dezelfde overstromingsfrequentie zijn er verschillen in de hoogte van het maaiveld. De veronderstelling was dat de mate van bodemvervuiling een duidelijker verband zou vertonen met de verschillen in maaiveldhoogte dan met de gebieden die meer of minder worden geïnundeerd, de laatste indeling is namelijk veel grover.

5.3.1 Fysisch/chemische grootheden

De korrelgrootteverdeling (KGV) ($<16\mu\text{m}$) blijft nagenoeg gelijk terwijl het organisch stofgehalte licht afneemt bij toename van de hoogte van het maaiveld (bijlage 8). Het CaCO_3 gehalte en de pH daarentegen nemen duidelijk af naarmate het maaiveld hoger ligt. De pH blijft tot een maaiveldhoogte van 8 meter constant op ongeveer 7. Boven de 8,5 meter treedt een scherpe daling van de pH op. Het kalkgehalte varieert van 0,3 tot 3,8 % van het droge stofgehalte tussen 6,2 en 7,4 meter maaiveldhoogte. Boven de 8,5 meter zit er nagenoeg geen kalk meer in de bodem.



Figuur 5.3 De inundatiefrequentie uitgezet tegen de gemiddelde waarde en de daarbij behorende standaardfout van het gehalte aan PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180 in de bodem. De inundatiefrequenties 1 t/m 4 staan voor een overstromingsfrequentie van respectievelijk 1 keer per 2, 10, 50 en 250 jaar. Inundatiecode 5 is binnendijks gebied.

5.3.2 Zware metalen gehalten in de bodem

Bij een toename van de maaiveldhoogte lijken de zink, kwik en cadmium gehalten af te nemen, de gehalten van de overige metalen blijven nagenoeg gelijk (bijlage 9)

5.3.3 PCB-gehalten in de bodem

De PCB-gehalten nemen af bij een toename van de maaiveldhoogte (bijlage 10). Boven 8,5 meter liggen de PCB-waarden beneden de detectiegrens. De monsterpunten 3 en 4 (maaiveldhoogtes respectievelijk 6,8 en 6,1 meter) hebben een duidelijk hoger PCB-gehalte dan de andere monsterpunten.

5.4 Correlaties tussen verontreiniging en bodemkarakteristieken

Met behulp van het programma SPSS is een correlatiematrix bepaald waarbij de inundatiefrequentie, de maaiveldhoogte, de pH, het droge stofgehalte, het kalkgehalte, de korrelgroottefracties $<2\mu\text{m}$ en $<16\mu\text{m}$ en het organisch stofgehalte zijn uitgezet tegen de metaal- en PCB-gehalten (bijlage 5). In deze paragraaf worden de eerder beschouwde inundatiefrequentie en maaiveldhoogte buiten beschouwing gelaten en wordt alleen de relatie tussen de metaal- en PCB-gehalten in de bodem en de resterende fysisch/chemische parameters bekeken.

5.4.1 Zware metalen gehalten

In het onderzochte gebied is voor alle metalen behalve scandium en nikkel de correlatie met het organisch stofgehalte het beste. Scandium en nikkel correleren het beste met de korrelgroottefractie kleiner dan $2\mu\text{m}$ respectievelijk $16\mu\text{m}$. Bovendien valt op dat cadmium als enige metaal goed correleert met de PCB-verbindingen.

5.4.2 PCB-gehalten

De hier onderzochte PCB-verbindingen correleren het beste met het kalkgehalte (bijlage 5).

5.5 Regenwormen

5.5.1 Zware metalen en PCB-gehaltes in regenwormen.

De wormenmonsters waren als volgt samengesteld: 1. Aporrectodea caliginosa (adulten) 72 g, 2. Lumbricus terrestris (adulten en subadulten) 83 g., 3. L. rubellus (adulten) 11 g, 4. L. rubellus (adulten) 108 g, 5. A. caliginosa (adulten) 82 g.

De zware metalen- en PCB-gehaltes in de wormen zijn weergegeven in tabel 5.4. In het laboratorium zijn de zware metalen en PCB-gehaltes in versgewicht uitgedrukt. Voor de omrekening naar droge stof is uitgegaan van een droge stofgehalte in Lumbricus rubellus van 16 procent (Ma, 1983).

De scandium gehalten liggen in de regenwormen beneden de detectiegrens. Met uitzondering van de metalen chroom (Cr) en nikkel (Ni) liggen de gehalten in de wormen afkomstig van de buitendijkse monsterpunten hoger dan die afkomstig van het binnendijkse monsterpunt 5.

De PCB-gehaltes in de regenwormen liggen beneden de detectiegrens van 10 µg/kg versgewicht (= 63 µg/kg droge stof). De detectiegrens ligt zo hoog omdat regenwormen slechts weinig vet bevatten, gemiddeld slechts 1%.

Tabel 5.4 Zware metalen (mg/kg droge stof) en PCB-gehaltes (µg/kg droge stof) in regenwormen. De PCB-gehaltes in de wormen liggen onder de detectiegrens (aangegeven met "<") van 10 µg/kg versgewicht of 63 µg/kg droge stof. Aangenomen is dat de wormen voor 16 % uit droge stof bestaan (Ma, 1983).

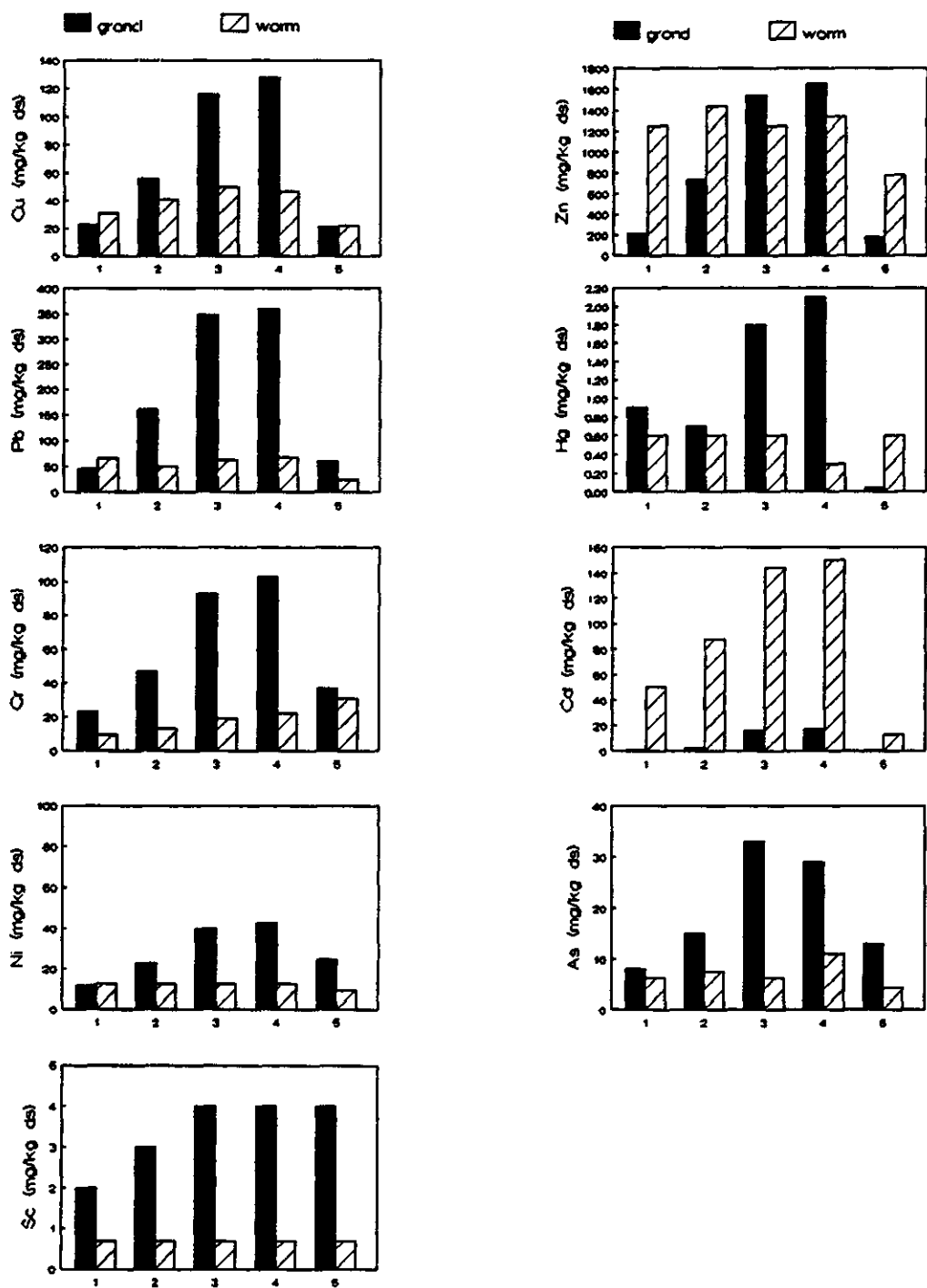
MONSTER:	1	2	3	4	5
WORMNR:	1	2	3	4	5
INUNDATIE®	2	2	1	1	5
GLOEIREST:*	4,8	3,2	2,65	2,2	5,4
ZWARE METALEN:					
Cu	31	41	50	47	22
Zn	1250	1438	1250	1344	781
Pb	66	50	63	69	25
Hg	0,6	0,6	0,6	<0,6	0,6
Cr	9,4	13	19	22	31
Cd	50	88	144	150	13
Ni	13	13	13	13	9,4
As	6,3	7,5	6,3	11	4,4
Sc	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3	<1,3

* (percentage van het versgewicht)

® De inundatiefrequenties 1 t/m 4 staan voor een overstromingsfrequentie van respectievelijk 1 keer per 2, 10, 50 en 250 jaar. Inundatiecode 5 is binnendijks gebied.

5.5.2 Zware metalen en PCB-gehalten in regenwormen in relatie tot bodemgehalten

Cadmium, en in zekere mate ook zink, worden sterk door regenwormen geaccumuleerd (tabel 5.5 en fig. 5.4). Op alle monsterpunten is het cadmiumgehalte in de regenwormen hoger dan in de omringende bodem. Op monsterpunt 2 is de bioconcentratiefactor (BCF) (een maat voor het accumulatievermogen, weergegeven door de verhouding tussen het metaalgehalte in de wormen en het gehalte in de omringende grond) 30 en op monsterpunt 1 ligt deze zelfs tussen 50 en 100 (tab. 5.5). In het onderzoeksgebied is de BCF-waarde voor de monsterpunten 3 en 4 steeds het laagst. Deze punten liggen laag, dichtbij de rivier en hebben een hoog kalkgehalte. Een stijging van de zware metalen gehalten in de bodem leidt alleen voor Cd tot een stijging van de gehalten in de wormen (fig 5.4).



Figuur 5.4 De gehalten aan koper, zink, lood, kwik, chroom, cadmium, nikkel arseen en scandium in de bodem en in de wormen op de monsterpunten 1 t/m 5.

Tabel 5.5 Bioconcentratiefactor¹ (BCF) voor regenwormen.

METAAL		MONSTER:					GEMIDDELD
		1	2	3	4	5	
Cu	grond	23	56	116	128	21	0.8
	worm	31	41	50	47	22	
	CF	1.4	0.7	0.4	0.4	1.1	
Zn	grond	216	733	1538	1650	180	2.7
	worm	1250	1438	1250	1344	781	
	CF	5.8	2.0	0.8	0.8	4.3	
Pb	grond	45	160	348	360	60	0.5
	worm	66	50	63	69	25	
	CF	1.5	0.3	0.2	0.2	0.4	
Hg	grond*	0.9	0.7	1.8	2.1	<0.1	2.8
	worm*	0.6	0.6	0.6	<0.6	0.6	
	CF	0.7	0.9	0.3	0.1	12	
Cr	grond	23	47	93	103	37	0.4
	worm	9.4	12	19	22	31	
	CF	0.4	0.3	0.2	0.2	0.8	
Cd	grond*	<1	2.9	16	17	<1	35
	worm	50	88	144	150	13	
	CF	100	30	9.0	8.8	26	
Ni	grond	12	23	40	43	25	0.5
	worm	13	13	13	13	9.4	
	CF	1.1	0.6	0.3	0.3	0.4	
As	grond	8	15	33	29	13	0.4
	worm	6.3	7.5	6.3	11.3	4.4	
	CF	0.8	0.5	0.2	0.4	0.3	
Sc	grond	2	3	4	4	4	0.2
	worm*	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	<1.3	
	CF	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	

* Voor het berekenen van de bioconcentratiefactor is de helft van de detectiegrens als gehalte in de grond aangehouden.

1

$$bioconcentratiefactor = \frac{\text{metaalgehalte worm}}{\text{metaalgehalte omringende grond}}$$

5.6 Dassen

In tabel 5.6 zijn de gehalten van zware metalen in de nieren van dassen weergegeven. PCB's zijn niet geanalyseerd. Bij de keuze van referentiedieren van de kop van Overijssel is, gezien de mogelijke invloed van leeftijd en geslacht op het Cd gehalte (Ma en Broekhuizen, 1989), rekening gehouden met dezelfde leeftijdsklasse en sexe als geldt voor de dieren in de Keentse uiterwaard.

Het blijkt uit de gegevens dat de dassen uit de Keentse uiterwaard een sterk verhoogd gehalte aan Cd bezitten in vergelijking tot de gehalten in dieren afkomstig uit het referentiegebied. In mindere mate is ook sprake van een verhoogd gehalte aan Zn. Uit de beperkte gegevens zijn geen aanwijzingen voorhanden voor een verhoogd gehalte aan Pb, Hg of Cu.

Van de dassen die hun burcht in de Keentse uiterwaard hebben (zie bijlage 6), mag op basis van zichtwaarnemingen en de structuur van de omgeving binnen zijn actieradius aangenomen worden dat ze foerageren in de aanliggende uiterwaarden.

Tabel 5.6 Zware metalen gehalten (mg/kg droge stof) in nieren van dassen. De Amersfoort-coördinaten geven de vindplaats van de dieren aan.

Regio	Am. Coörd.	Jaarklasse	Sexe	Cd	Pb	Hg	Cu	Zn
Keent	177-8/419-2	2	v	81	2.9	1.2	23	121
Keent	176-6/419-3	3	m	71	3.9	1.1	33	139
Keent	176-7/419-4	3	m	199	4.3	1.4	44	177
Staver.	166- /542	2	v	13	3.5	1.4	18	93
Zwolle	211- /522-	2	v	6.4	2.8	0.8	30	86
Zwolle	211- /522-	2	v	7.6	1.9	0.6	20	87
Staver.	170-2/544-1	3	m	8.0	3.5	0.7	19	110

6 Discussie

6.1 Inundatie

De afname van het CaCO_3 gehalte en de pH bij afnemende overstromingsfrequenties komt hoogstwaarschijnlijk door de verminderde invloed van het kalkrijke Maaswater bij hoger gelegen gebieden.

De hoge cadmiumgehalten in de gebieden die gemiddeld 1 keer per 2 jaar worden overstroomd in relatie tot gebieden die minder vaak worden overstroomd, komt door de zware belasting van de Maas met cadmium. De hoogste cadmiumgehalten in de Nederlandse wateren worden gemeten in de Maas; zowel in het water als gebonden aan zwevend stof (Breukel et al, 1992). De hogere koper, zink, kwik, chroom en nikkel gehalten in de gebieden die 1 keer per 2 en 10 jaar worden overstroomd ten opzichte van de gebieden die 1 keer per 250 jaar worden overstroomd mag ook toegeschreven worden aan de invloed van het Maaswater. Klein & Rang (1984) vonden in het winterbed van de Maas ten noorden van Maastricht ook een duidelijke relatie tussen de overstromingsfrequentie enerzijds en de verontreiniging van het bodemprofiel met zware metalen anderzijds.

De bijdrage van de atmosferische depositie heeft in relatie tot de bijdrage van de rivier nagenoeg geen invloed op de vervuiling van de uiterwaardbodems met zware metalen (zie tabel 6.1). Alleen het metaal lood vormt hierop een uitzondering (zie figuur 5.2).

Tabel 6.1. Schatting van de atmosferische depositie van zware metalen in de omgeving van de Keentse uiterwaard (uit: Warmenhoven et al., 1989)

Metaal	Atmosferische depositie	
	(g/ha.jr)	(mg/100 cm ²)
Cu	12	0.012
Zn	79	0.079
Pb	16x10 ⁵	1600
Hg	0.8	0.0008
Cr	6.3	0.0063
Cd	1.6	0.0016
Ni	7.9	0.0079

De significant hogere PCB-gehalten in de gebieden die 1 keer per 2 jaar worden overstroomd in relatie tot gebieden die minder vaak worden overstroomd is te wijten aan de vervuiling van Maaswater met PCB-verbindingen. Het feit dat de verschillen tussen de PCB-verbindingen 138, 153 en 180 tussen de gebieden die 1 keer per 2 jaar worden overstroomd en de gebieden die minder vaak worden overstroomd groter zijn dan bij de PCB-verbindingen 28, 52, 101 en 118 is mogelijk te wijten aan de grotere belasting van het Maaswater met de hogere PCB-verbindingen of aan de verschillen in afbreekbaarheid en hechting aan zwevend materiaal tussen de PCB-verbindingen.

6.2 Maaiveldhoogte

De enorme spreiding in het kalkgehalte tussen 6,2 en 7,4 meter wordt mogelijk veroorzaakt door de verschillen van de monsterpunten in afstand tot de Maas en de hieruit voortvloeiende verminderde invloed van kwel. Voor de scherpe daling van de pH bij een maaiveldhoogte boven 8,5 meter is geen directe verklaring. Hoewel de zuurgraad gecorreleerd is met het kalkgehalte kan het lage kalkgehalte boven de 8,5 meter niet de enige verklaring zijn, omdat een laag kalkgehalte ook bij lagere maaiveldhoogtes wordt gevonden en de pH daar toch op 7 ligt. De afname van kwel van rivierwater boven een hoogte van 8,5 meter vormt ook geen verklaring omdat het proefgebied ligt aan het stuwpand Lith dat gestuwd wordt op 5 meter NAP, bovendien was voor en tijdens de monsternamen (24 november 1989) de afvoer laag (54 m³/s bij Borgharen).

Hoewel de PCB-gehalten afnemen bij toename van de maaiveldhoogte is dit bij de zware metalen veel minder duidelijk. Waarom dit bij de PCB's duidelijker is dan bij de zware metalen is niet duidelijk.

Omdat de maaiveldhoogtes een meer nauwkeurige indicatie zijn van de inundatiefrequentie was de verwachting dat er een duidelijker verband zou zijn tussen de vervuilingsgraad en de maaiveldhoogte dan tussen de vervuilingsgraad en de inundatiefrequentie. Deze verwachting is echter niet bevestigd. Hiervoor zijn een aantal mogelijke oorzaken aan te wijzen:

- de maaiveldhoogtes niet nauwkeurig zijn bepaald, maar afgelezen van een hoogtekaart
- dezelfde maaiveldhoogtes op verschillende afstanden van de Maas liggen en er dus verschillen kunnen zijn in de hoeveelheid slib die sedimenteert.
- de verschillen in hoogte van de zomerdijk bepalen waar het water de uiterwaard als eerste binnenstroomt en dus waar het meeste slib sedimenteert.

6.3. Bodemkarakteristieken

De afname van de zware metalen gehalten over het gehele onderzoeksgebied door een afname van het kalkgehalte en (gedeeltelijk hiermee samenhangend) een daling van de pH, is tevens geconstateerd door Klein & Rang in het winterbed van de Maas ten noorden van Maastricht. In dat gebied werd naast een daling van de pH en een afname van het kalkgehalte ook een afname van het organisch stofgehalte verantwoordelijk gehouden voor een afname van de metaalgehalten. Overigens correleren alle metalen (behalve scandium en nikkel) in dit onderzoek ook erg goed met het organische stofgehalte. Een hoog kalkgehalte, een basische tot neutraal milieu en een hoog organische stofgehalte immobiliseren zware metalen hetgeen leidt tot hoge concentraties in de bodem (Klein & Rang, 1984).

6.4 Regenwormen

Bij een onderzoek naar gehalten in regenwormen en de concentraties in zavelgrond werd voor cadmium, zink, lood en koper een significant positief verband gevonden, bovendien werden cadmium en zink steeds in hogere concentraties in de wormen aangetroffen dan in de bodem (Ma, 1983). Hoewel zavelgrond en rivierafzettingen verschillen in samenstelling blijkt ook uit dit onderzoek dat cadmium en zink het sterkst geaccumuleerd worden. Op alle monsterpunten is de cadmiumconcentratie in de wormen hoger dan in de omringende grond. Voor zink geldt dit alleen voor de monsterpunten 1,2 en 5. De relatief lage CF-waarden voor zink op de monsterpunten 3 en 4 gelden overigens voor alle metalen. Deze monsterpunten hebben in relatie tot de overige 3 monsterpunten een relatief hoog kalkgehalte en een relatief hoog organisch stofgehalte. Dit is in overeenstemming met het onderzoek van Ma (1982) waaruit bleek dat de opname van cadmium, zink en lood toenam bij een afnemende pH en dat de opname van cadmium af nam naarmate het organisch stofgehalte hoger werd. Voor zink dient opgemerkt te worden dat homeostase, waarbij het gehalte fysiologisch op een bepaald niveau wordt gehouden, een rol kan hebben gespeeld. De hoge detectiegrens voor PCB's in regenwormen maskeert eventuele verschillen in PCB-gehalte in de regenwormen tussen de monsterpunten. Wat we echter wel mogen stellen is dat in dit onderzoek een PCB153-gehalte in de bodem van 60 µg/kg droge stof (monsterpunt 4) tot een concentratie in de wormen van minder dan 10 µg/kg versgewicht (of 63 µg/kg droge stof) kan leiden.

6.5. Wat betekenen de zware metalen en PCB-gehalten voor de das?

Verontreiniging van de bodem in de uiterwaarden heeft een negatieve invloed op natuurwaarden (Gleichman en Ma, 1989). De das is een belangrijke natuurwaarde langs de Maasuiterswaarden. Deze dieren foerageren in de graslanden op regenwormen (Ma en Broekhuizen, 1989). Gezien het feit dat regenwormen in de Keentse uiterwaard sterk verhoogde gehalten aan Cd bezitten (tabel 5.4) rijst de vraag of dit aanleiding kan geven tot een toxische mate van blootstelling. Blootstelling van zoogdieren aan Cd kan diverse effecten veroorzaken, waaronder een verstoring van de normale nierfunctie, bloeddrukverhoging, nadelige effecten op de reproductie, botafwijkingen en verscheidene andere effecten (Gezondheidsraad, 1988). De nier is een primair doelorgaan voor Cd. Het niergehalte kan dan ook worden opgevat als een indicator voor de mogelijke toxische effecten van Cd.

Uit eerder onderzoek van het IBN-DLO is gebleken dat dassenpopulaties die in de Maasuiterswaarden foerageren blootstaan aan een sterk verhoogde belasting met Cd (Ma en Broekhuizen, 1989). Ook in de Keentse uiterwaard bevinden zich een aantal dassenburchten. Volgens de laatste in 1990 gehouden dassencensus komen in dit gebied een zevental bewoonde burchten voor, waaronder twee hoofdburchten (bijl. 8). De belasting van de dassen in de Keentse uiterwaard met Cd blijkt sterk te zijn verhoogd ten opzichte van de referentie (tabel 5.6). Dit is in overeenstemming met de hoge gehalten aan Cd die in regenwormen in dit gebied zijn gevonden (tabel 5.4). Een van de onderzochte dieren vertoonde een Cd gehalte van 199 mg/kg in de nieren. Dit komt overeen met de kritische concentratie waarbij nadelige functionele effecten plaatsvinden. De NOEC voor cadmium in de nieren van dassen ligt beneden 150 mg/kg droge stof (Ma, 1994).

Op grond hiervan kan geconcludeerd worden dat de bodem van de Keentse uiterwaard zodanig belast is dat er een reëel risico bestaat van nadelige effecten op dassen als gevolg van doorvergiftiging van Cd. Ten aanzien van de overige onderzochte metalen is er geen reden voor ongerustheid. Ook ten aanzien van PCB's is gezien de relatief geringe accumulatie van PCB's in regenwormen geen toxische belasting van dassen in de Keentse uiterwaard te verwachten. Over de belasting van dassen in de Maasuiterswaarden met PCB's wordt door het IBN-DLO momenteel nog nader onderzoek verricht.

De ecotoxicologische betekenis van de verontreinigde Maasuiterswaarden voor de das is nog niet geheel duidelijk. Acut toxische risico's van cadmium op grond van de cadmiumconcentratie in de nier kunnen worden bereikt bij oudere dieren. De betekenis van chronische blootstelling aan cadmium voor de voortplanting is vooral nog onduidelijk. Wel kan worden opgemerkt dat de cadmiumverontreiniging voor de dassenpopulatie één van de risicofactoren vormt die moet worden afgewogen tegen andere zoals biotoopverlies en verkeer.

7 Conclusies en aanbevelingen voor verder onderzoek

In de Keentse uiterwaard nemen de zware metalen en PCB-gehalten af bij een afname van de overstromingsfrequentie. Bij de metalen zink, kwik en cadmium en bij de PCB's lijkt een toename van de hoogte van het maaiveld tot lagere gehalten in de bodem te leiden.

In het onderzochte gebied is de mate van verontreiniging van de bodem met zware metalen en PCB's gecorreleerd aan het kalkgehalte, de pH en het organisch stofgehalte.

Van de hier onderzochte metalen worden cadmium en (in mindere mate) zink het sterkst geaccumuleerd door regenwormen.

De in het onderzoeksgebied aangetroffen PCB's in de bodem accumuleren niet tot nauwelijks in regenwormen. Uit dit onderzoek blijkt dat een PCB153-gehalte in de bodem van $60 \mu\text{g/kg}$ droge stof kan leiden tot een gehalte in de wormen dat lager ligt dan $10 \mu\text{g/kg}$ versgewicht ($\approx 63 \mu\text{g/kg}$ droge stof).

De hoge detectiegrens voor PCB's in wormen maakt het onmogelijk om verschillen in wormgehalten tussen monsterpunten aan te tonen. Om dit laatste te verwezenlijken moet de detectiegrens verlaagd worden en het aantal wormenmonsters groter zijn dan het huidige aantal van vijf.

De bodem van de Keentse uiterwaard is zodanig belast dat er een reëel risico bestaat van nadelige effecten op dassen als gevolg van doorvergiftiging van Cd. Ten aanzien van de overige onderzochte metalen is er geen reden voor ongerustheid. Ook ten aanzien van PCB's is gezien de relatief geringe accumulatie van PCB's in regenwormen geen toxische belasting van dassen in de Keentse uiterwaard te verwachten.

8 Referenties

- Anonymus**, 1989. Water voor nu en later. Derde Nota Waterhuishouding. Ministerie van Verkeer en Waterstaat.
- Botterweg, J. en W. Helmer**, 1991. Toekomst voor een grindrivier. Deel 7 Milieu-aspecten van natuurontwikkeling. RIZA nota nr. 91.019.
- Breukel, R., W. Silva, W. van Vuuren, J. Botterweg en R. Venema**, De Maas, verleden heden en toekomst. RIZA nota nr. 91.052
- Copius Peereboom J.W. en L. Reijnders**, 1986. Hoe gevaarlijk zijn milieugevaarlijke stoffen? Boom Meppel, Amsterdam.
- DGW & RIZA**, 1990. Jaarboek 1988. ISSN nr. 0925-4854
- Gezondheidsraad**, 1988. Basisdocument cadmium. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Gleichman, E.C. en W. Ma**, 1989. Consequenties van verontreiniging van de (water)-bodem voor natuurwaarden in de Biesbosch. RIN-rapport 89/17
- Gogh, van W.G.**, 1989. Basisgegevens routinematig zwevende stof onderzoek in 1988. DBW/RIZA, Lelystad, werkdocument nr. 89.088X.
- Kleijn, C.E. en M.C. Rang**, 1984. Bodemverontreiniging met zware metalen. Een onderzoek naar de ruimtelijke en temporele variatie in het zware metalengehalte van de bodems in het winterbed van de Maas ten noorden van Maastricht. Rijksuniversiteit Utrecht, Vakgroep Fysische Geografie.
- Ma, W.**, 1983. Regenwormen als bio-indicators van bodemverontreiniging. Ministerie VROM, Bodembeschermingsreeks nr. 15. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Ma, W.**, 1994. Methodological principles of using small mammals for ecological hazard assesment of chemical soil pollution, with examples on cadmium and lead. In M.H. Donker et al. (eds.) Ecotoxicology of Soil Organisms. Lewis Publishers, Boca Raton. pp. 357-371.
- Ma, W. en S. Broekhuizen**, 1989. Belasting van dassen (*Meles meles*) met zware metalen: invloed van de verontreinigde uiterwaarden? Lutra 32, 139-151
- Projectgroep zware metalen in oevergronden van Maas en zijrivieren**, 1987. Zware metalen in oevergronden en daarop verbouwde gewassen in het stroomgebied van Maas, Geul en Roer in de provincie Limburg. Deel 1 Algemene gegevens en samenvatting van de resultaten. Instituut voor bodemvruchtbaarheid, Haren.
- Soet de, F.**, 1976. De waarden van de uiterwaarden. Een milieukartering en -waardering van de uiterwaarden van IJssel, Rijn, Waal en Maas. Pudoc Wageningen. ISBN 90 220 0604 2.

Stichting voor Bodemkartering, 1976. Bodemkaart van Nederland. 's Hertogenbosch, 45 Oost. Schaal 1:50.000.

Warmenhoven, J.P., J.A. Duiser, L. Th. de Leu en C. Veldt. 1989. De bijdrage van atmosferische depositie aan de verontreiniging van de Nederlandse bodem en het Nederlandse oppervlaktewater inclusief de territoriale wateren. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne, Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Rapportnr. 89/385.

Bijlage 1. Beschrijving van de monsterpunten

MON	VAKKEN		X-CRD	Y-CRD	HOOGTE (m)	INUN (*)
	(A)	(B)				
1	8	13	21.76	-42.28	8.45	2
2	14	18	22.075	-42.305	8.40	2
3	18	13	22.05	-42.555	6.80	1
4	19	6	22.1	-42.45	6.10	1
5	7	19	21.69	-42.43	?	5
6	9	12	21.88	-42.17	8.60	2
7	3	13	21.64	-42.14	8.25	1
8	4	11	21.715	-42.06	8.25	1
9	14	2	21.96	-42.25	8.40	1
10	19	9	22.19	-42.36	7.65	1
11	13	20	21.985	-42.39	8.25	2
12	13	13	21.905	-42.42	8.10	1
13	12	8	21.74	-42.53	8.50	2
14	12	18	21.8	-42.585	7.00	1
15	11	9	21.63	-42.645	8.60	2
16	11	18	21.66	-42.725	7.00	1
17	17	8	21.88	-42.67	6.60	1
18	16	8	21.75	-42.81	6.55	1
19	6	13	21.495	-42.565	?	5
20	16	19	21.83	-42.84	10.10	4
21	16	24	21.855	-42.86	9.00	2
22	17	17	21.91	-42.75	9.80	4
23	17	22	21.94	-42.78	9.00	2
24	22	8	22.02	-42.81	9.50	3
25	24	9	22.325	-42.5	8.45	2

(A) Vaknummer.

(B) Deelvak van vaknummer A.

(*) Inundatiecode 1 t/m 4 staat voor een overstromingsfrequentie van 1 keer per 2,10,50 en 250 jaar. Monsterpunten met inundatiecode 5 liggen in buitendijks gebied.

Bijlage 2. Fysisch chemische gesteldheid van de bodem

GROOTHEID	DIEPTE (cm)	MONSTERS:				
		1	2	3	4	5
INUNDATIE ^s		2	2	1	1	5
PH	(0-5)	6.4	6.4	6.8	6.8	5.9
	(5-20)	6	6.6	6.9	6.9	5.7
	(0-20)*	6.1	6.6	6.9	6.9	5.8
DROGE ST ⁺	(0-5)	72.7	74.7	65.9	60.2	71.9
	(5-20)	81.6	79.2	72.6	70.5	83.2
	(0-20)*	79.4	78.1	70.9	67.9	80.4
CACO ₃ [*]	(0-5)	0.4	0.6	3	5.3	0.6
	(5-20)	0.1	0.5	4	4.2	0.5
	(0-20)*	0.2	0.5	3.8	4.5	0.5
KGV<2um [*]	(0-5)	9.7	16.2	22.7	24.6	17.8
	(5-20)	8.8	16.3	21.4	20.3	20
	(0-20)*	9	16.3	21.7	21.4	19.5
KGV<16um [*]	(0-5)	16.8	29	41.9	45.5	32.7
	(5-20)	16	28.7	41.4	39.8	37
	(0-20)*	16.2	28.8	41.5	41.2	35.9
ORG STOF [*]	(0-5)	5.9	10.1	14	14.8	5.6
	(5-20)	3.7	7.9	12.4	13.1	2.3
	(0-20)*	4.3	8.5	12.8	13.5	3.1

⁺ (percentage van het versgewicht).

^{*} (percentage van het droge stof gehalte).

[#] Het gewogen gemiddelde van (0-5) en van (5-20).

^s Inundatiecode 1 t/m 4 staat voor een overstromingsfrequentie van 1 keer per 2,10,50 en 250 jaar. Monsterpunten met inundatiecode 5 liggen in buitendijks gebied.

Bijlage 3. Zware metalengehaltes in de bodem (mg/kg droge stof). De gehalten van (0-20) vormen het gewogen gemiddelde van de lagen 0-5 en 5-20.

METAAL	DIEPTE (cm)	MONSTER:				
		1	2	3	4	5
Cd	(0-5)	<1	2.5	15	15	<1
	(5-20)	<1	3	16	17	<1
	(0-20)	<1	2.9	16	17	<1
Cr	(0-5)	24	48	92	110	36
	(5-20)	23	46	93	100	37
	(0-20)	23	47	93	103	37
Cu	(0-5)	24	59	105	120	21
	(5-20)	23	55	120	130	21
	(0-20)	23	56	116	128	21
Hg	(0-5)	3	0.7	1.4	1.6	0.1
	(5-20)	0.2	0.7	1.9	2.3	<0,1
	(0-20)	0.9	0.7	1.8	2.1	<0.1
Ni	(0-5)	12	24	39	45	23
	(5-20)	12	22	40	42	26
	(0-20)	12	23	40	43	25
Pb	(0-5)	60	190	280	300	60
	(5-20)	40	150	370	380	60
	(0-20)	45	160	348	360	60
Zn	(0-5)	235	740	1350	1500	180
	(5-20)	210	730	1600	1700	180
	(0-20)	216	733	1538	1650	180
As	(0-5)	8	15	20	18	9.5
	(5-20)	7.5	15	37	33	14
	(0-20)	8	15	33	29	13
Sc	(0-5)	2	3	4	4	3
	(5-20)	2	3	4	4	4
	(0-20)	2	3	4	4	4

Bijlage 4. De PCB-gehalten in de bodem ($\mu\text{g/kg}$ droge stof). De gehalten van (0-20) vormen de gewogen gemiddeldes van de lagen (0-5) en (5-20). De gehalten met het teken "<" zijn de detectiegrenzen.

STOF	DIEPTE (cm)	MONSTER:				
		1	2	3	4	5
INUNDATIE ^s		2	2	1	1	5
PCB 28	(0-5)	<3	<3	<10	<10	<3
	(5-20)	<2	<3	<10	<10	<2
	(0-20)	<2	<3	<10	<10	<2
PCB 52	(0-5)	<3	<3	<10	<10	<3
	(5-20)	<2	<3	<10	<10	<2
	(0-20)	<2	<3	<10	<10	<2
PCB 101	(0-5)	<3	7	10	20	<3
	(5-20)	<2	7	15	25	<2
	(0-20)	<2	7	14	24	<2
PCB 118	(0-5)	<3	10	20	15	<3
	(5-20)	<2	8	25	25	<2
	(0-20)	<2	9	24	23	<2
PCB 138	(0-5)	<3	15	35	50	<3
	(5-20)	<2	15	50	50	<2
	(0-20)	<2	15	46	50	<2
PCB 153	(0-5)	<3	15	50	60	<3
	(5-20)	3	10	50	60	<2
	(0-20)	3	11	50	60	<2
PCB 180	(0-5)	<3	10	45	55	<3
	(5-20)	3	9	45	50	<2
	(0-20)	3	9	45	51	<2

^s Inundatiecode 1 t/m 4 staat voor een overstromingsfrequentie van 1 keer per 2,10,50 en 250 jaar. Monsterpunten met inundatiecode 5 liggen in buitendijks gebied.

Bijlage 5a. Correlatiematrix met correlatiewaarden van 0.50 en hoger, waarin van links naar rechts en van boven naar beneden respectievelijk zijn uitgezet: hoogte, inundatiefrequentie, zuurgraad, droge stof, kalk, korrelgroottefractie <2µm, korrelgroottefractie <10µm, organisch stof, koper, zink, lood, kwik, chroom, cadmium, nikkel, arseen, scandium, PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180.

	H	IN	PH	DS	CAC03	MU2	MU16	OS	CU	ZN	PB	HG	CR	CD	NI	AS	SC	P28	P52	P101	P118	P138	P153	P180
H	1.00																							
IN	-.79	1.00	-.80	-.56	-.62															-.71	-.63	-.69	-.72	-.69
PH	-.80		1.00																	.52		.54	.57	.52
DS	.56			1.00																.57		.56	.56	.53
CAC03	-.62		.50		1.00															-.59	-.61	-.56	-.55	-.58
MU2						1.00														.74	.72	.80	.81	.83
MU16							1.00																	
OS								1.00																
CU									1.00															
ZN										1.00														
PB											1.00													
HG												1.00								.64	.64	.65	.64	.68
CR													1.00							.68	.73	.68	.66	.70
CD														1.00						.78	.77	.78	.77	.80
NI															1.00									
AS																1.00								
SC																	1.00							
P28																		1.00						
P52																			1.00					
P101																				1.00	.92	.94	.95	.94
P118																				.92	1.00	.97	.95	.96
P138																				.94	.97	1.00	.99	.99
P153																				.95	.95	.99	1.00	.99
P180																				.94	.96	.99	.99	1.00

Bijlage 5b. Correlatiematrix met correlatiewaardes van 0.60 en hoger, waarin van links naar rechts en van boven naar beneden respectievelijk zijn uitgezet: hoogte, inundatiefrequentie, zuurgraad, droge stof, kalk, korrelgroottefractie <2µm, korrelgroottefractie <16µm, organisch stof, koper, zink, lood, kwik, chroom, cadmium, nikkel, arseen, scandium, PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180.

	H	IN	PH	DS	CACO3	MU2	MU16	OS	CU	ZN	PB	HG	CR	CD	NI	AS	SC	P28	P52	P101	P118	P138	P153	P180
H	1.00	-.79	-.80		-.62							-.64		-.71						-.71	-.63	-.69	-.72	-.69
IN	-.79	1.00	.68																					
PH	-.80	.68	1.00																					
DS				1.00				-.75	-.76	-.71		-.74	-.79	-.79	-.68	-.69				.74	.72	.80	.81	.83
CACO3	-.62				1.00						.67	.75	.67	.77	.85	.63	.96							
MU2						1.00	.98				.75	.80	.83	.81	.90	.72	.94							
MU16						.98	1.00	.70	.66	.88	.86	.80	.88	.86	.82	.89								
OS				-.75			.70	1.00	.95	.95	.91	.89	.88	.86	.84	.89								
CU				-.76			.66	.95	1.00	.95	.89	.85	.82	.85	.79	.81								
ZN				-.71			.88	.95	1.00	.89	.89	.85	.82	.85	.77	.77	.63							
PB						.67	.75	.86	.91	.89	1.00	.70	.66	.62	.81	.77				.64	.64	.65	.64	.68
HG	-.64			-.74	.75		.80	.89	.85	.85	.70	1.00	.86	.93	.66	.78				.68	.73	.68	.66	.70
CR				-.79	.67		.62	.88	.82	.82	.66	.86	1.00	.91	.86	.89				.78	.77	.78	.77	.80
CD	-.71			-.79	.77		.81	.86	.85	.85	.62	.93	.91	1.00	.66	.79	.84							
NI				-.68		.85	.90	.82	.84	.79	.81	.66	.86	.66	1.00	.89								
AS				-.69		.63	.72	.89	.89	.81	.77	.78	.89	.79	.89	1.00	.63							
SC						.96	.94				.63				.84	.63	1.00							
P28																		1.00	.84					
P52																		.84	1.00					
P101	-.71				.74							.64	.68	.78						1.00	.92	.94	.95	.94
P118	-.63			-.61	.72							.64	.73	.77						.92	1.00	.97	.95	.96
P138	-.69				.80							.65	.68	.78						.94	.97	1.00	.99	.99
P153	-.72				.81							.64	.66	.77						.95	.95	.99	1.00	.99
P180	-.69				.83							.68	.70	.80						.94	.96	.99	.99	1.00

Bijlage 5c. Correlatiematrix met correlatiewaardes van 0.70 en hoger, waarin van links naar rechts en van boven naar beneden respectievelijk zijn uitgezet: hoogte, inundatiefrequentie, zuurgraad, droge stof, kalk, korrelgroottefractie <2µm, korrelgroottefractie <16µm, organisch stof, koper, zink, lood, kwik, chroom, cadmium, nikkel, arseen, scandium, PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180.

	H	IN	PH	DS	CAC03	MU2	MU16	OS	CU	ZN	PB	HG	CR	CD	NI	AS	SC	P28	P52	P101	P118	P138	P153	P180
H	1.00	-.79	-.80																	-.71			-.72	
IN	-.79	1.00																						
PH	-.80		1.00																					
DS				1.00				-.75	-.76	-.71		-.74	-.79	-.79						.74	.72	.80	.81	.83
CAC03					1.00							.75		.77										
MU2						1.00	.98								.85		.96							
MU16						.98	1.00				.75				.90	.72	.94							
OS				-.75				1.00	.95	.88	.86	.80	.83	.81	.82	.89								
CU				-.76				.95	1.00	.95	.91	.89	.88	.86	.84	.89								
ZN				-.71				.88	.95	1.00	.89	.85	.82	.85	.79	.81								
PB						.75		.86	.91	.89	1.00				.81	.77								
HG				-.74	.75			.80	.89	.85		1.00	.86	.93	.78									
CR				-.79				.83	.88	.82		.86	1.00	.91	.86	.89				.78	.77	.78	.77	.70
CD	-.71			-.79	.77	.85	.90	.81	.86	.85		.93	.91	1.00	1.00	.89	.84			.78				.80
NI							.72	.82	.84	.79	.81	.78	.86	.79	.89	1.00								
AS							.89	.89	.89	.81	.77	.89	.89	.79	.84		1.00							
SC							.94											1.00						
P28																		.84	1.00					
P52																			.84	1.00				
P101	-.71				.74								.73	.78						1.00	.92	.94	.95	.94
P118					.72									.77						.92	1.00	.97	.95	.96
P138					.80									.78						.94	.97	1.00	.99	.99
P153	-.72				.81									.77						.95	.95	.99	1.00	.99
P180					.83							.70		.80						.94	.96	.99	.99	1.00

Bijlage 5d.

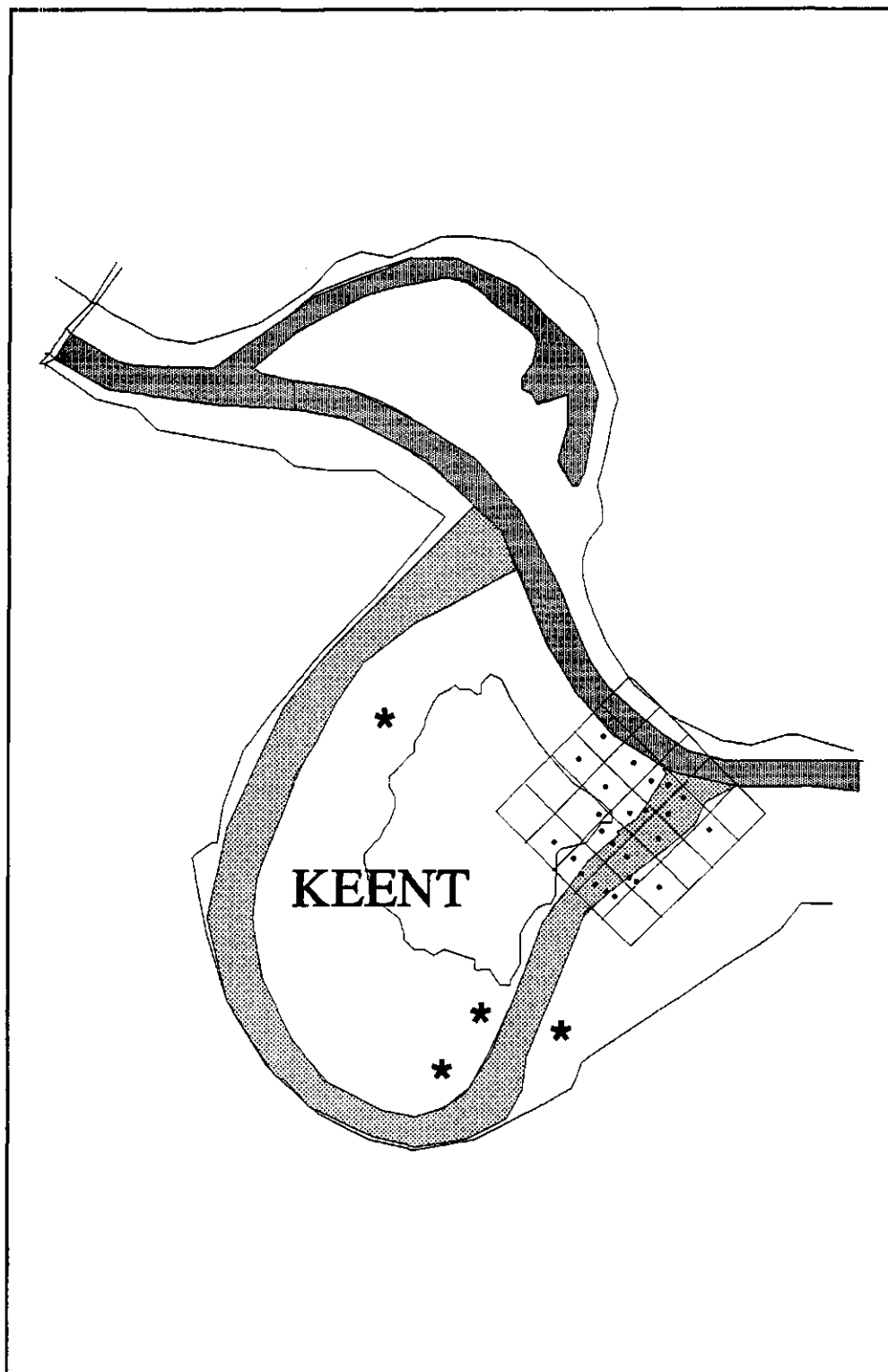
Correlatiematrix met correlatiewaardes van 0.80 en hoger, waarin van links naar rechts en van boven naar beneden respectievelijk zijn uitgezet: hoogte, inundatiefrequentie, zuurgraad, droge stof, kalk, korrelgroottefractie <2µm, korrelgroottefractie <16µm, organisch stof, koper, zink, lood, kwik, chroom, cadmium, nikkel, arseen, scandium, PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180.

	H	IN	PH	DS	CACO3	MU2	MU16	OS	CU	ZN	PB	HG	CR	CD	NI	AS	SC	P28	P52	P101	P118	P138	P153	P180
H	1.00																							
IN		1.00	-.80																					
PH			1.00																					
DS				1.00																				
CACO3					1.00																			
MU2						1.00																		
MU16							1.00																	
OS								1.00																
CU								.95	1.00															
ZN								.95	.95	1.00														
PB								.88	.91	.89	1.00													
HG								.86	.89	.85	.89	1.00												
CR								.83	.88	.82	.86	.86	1.00											
CD								.81	.86	.85	.81	.93	.91	1.00										
NI								.82	.84	.81	.81	.86	.86	.89	1.00									
AS								.89	.89	.81	.89	.89	.89	.89	.89	1.00								
SC								.89	.89	.81	.89	.89	.89	.89	.89	.89	1.00							
P28								.89	.89	.81	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.89	1.00	.84					
P52								.89	.89	.81	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.84	1.00					
P101								.89	.89	.81	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.84	.84	1.00				
P118								.89	.89	.81	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.84	.84	.92	1.00			
P138								.89	.89	.81	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.84	.84	.97	.97	1.00		
P153								.89	.89	.81	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.84	.84	.95	.95	.99	1.00	
P180								.89	.89	.81	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.89	.84	.84	.96	.96	.99	.99	1.00

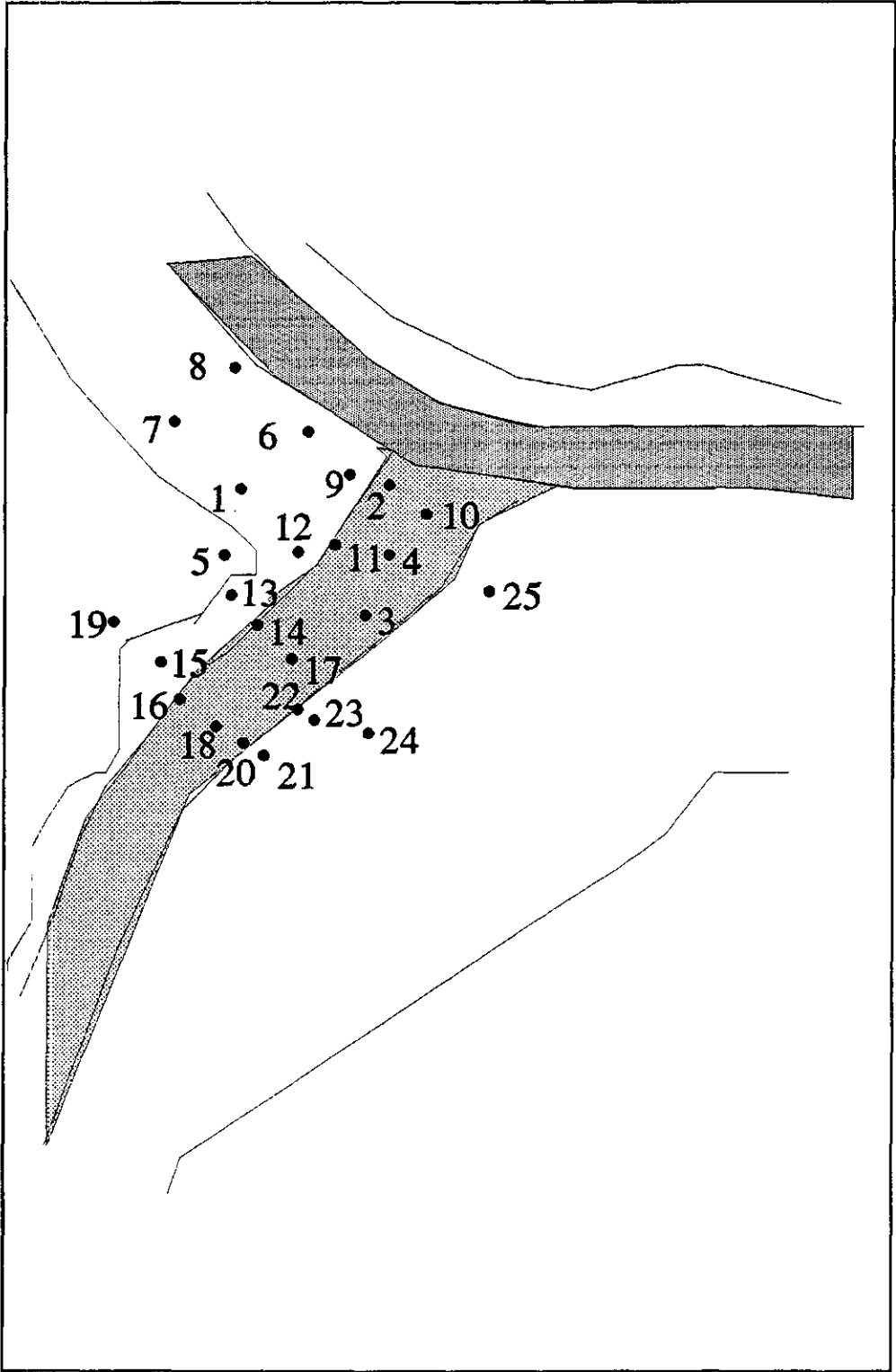
Bijlage 5e. Correlatiematrix met correlatiewaardes van 0.90 en hoger, waarin van links naar rechts en van boven naar beneden respectievelijk zijn uitgezet: hoogte, inundatiefrequentie, zuurgraad, droge stof, kalk, korrelgroottefractie <2µm, korrelgroottefractie <16µm, organisch stof, koper, zink, lood, kwik, chroom, cadmium, nikkel, arseen, scandium, PCB28, PCB52, PCB101, PCB118, PCB138, PCB153, PCB180.

H	IN	PH	DS	CACO3	MU2	MU16	OS	CU	ZN	PB	HG	CR	CD	NI	AS	SC	P28	P52	P101	P118	P138	P153	P180
1.00																							
IN	1.00																						
PH		1.00																					
DS			1.00																				
CACO3				1.00																			
MU2					1.00	.98																	
MU16						1.00																	
OS							1.00	.95															
CU							.95	1.00	.95	.91													
ZN								.95	1.00														
PB								.91		1.00													
HG											1.00												
CR												1.00	.93										
CD													.91	1.00									
NI															1.00								
AS																1.00							
SC																	1.00						
P28																		1.00					
P52																			1.00				
P101																				1.00	.92	.94	.95
P118																				.92	1.00	.97	.95
P138																				.94	.97	1.00	.99
P153																				.95	.95	.99	1.00
P180																				.94	.96	.99	.99
																							1.00

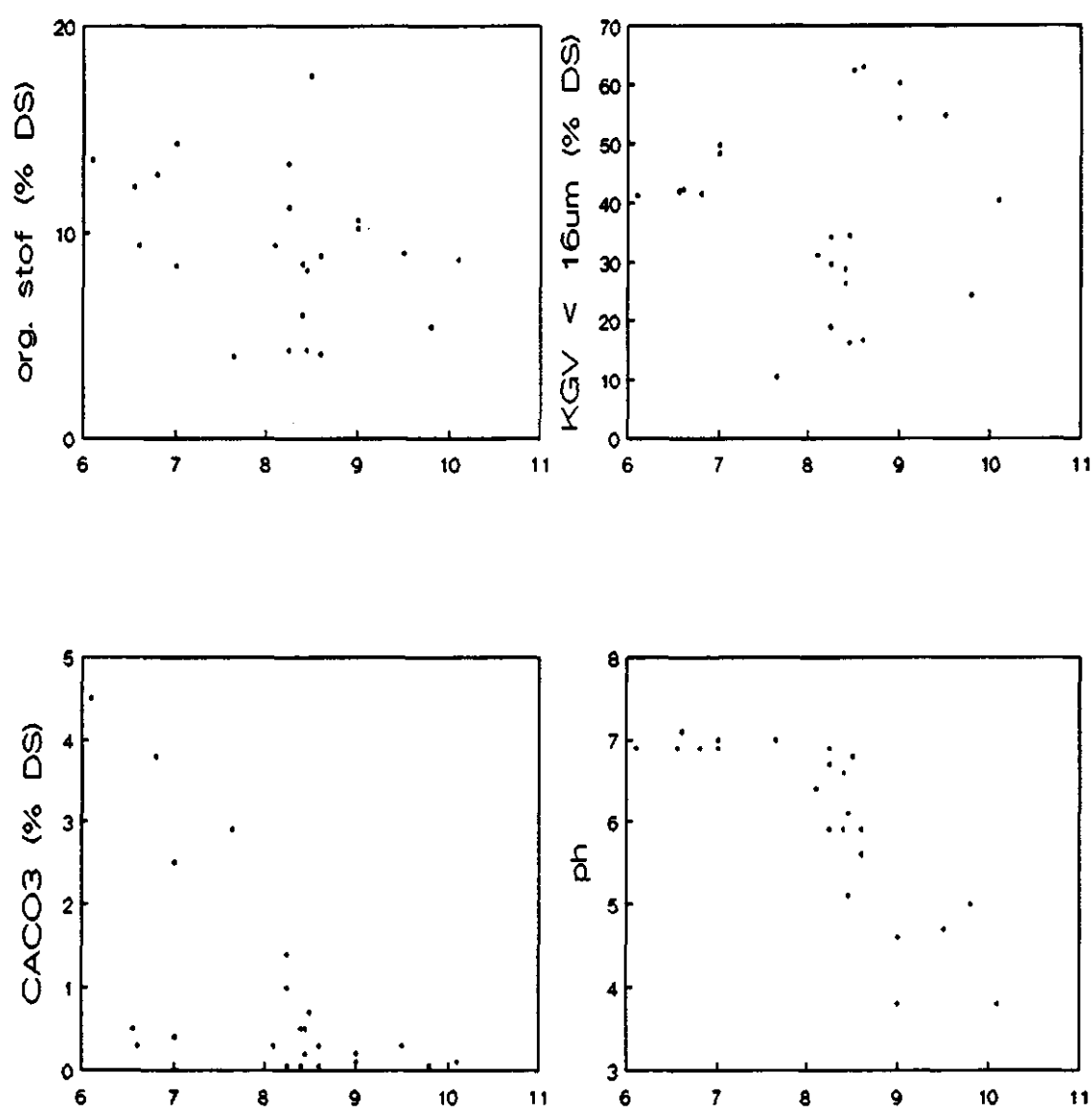
Bijlage 6 Overzicht van de Keentse uiterwaard. Het vierkante kader geeft het onderzoeksgebied van 200x200 m aan. Met een "*" is de ligging van de dassenburchten aangegeven.



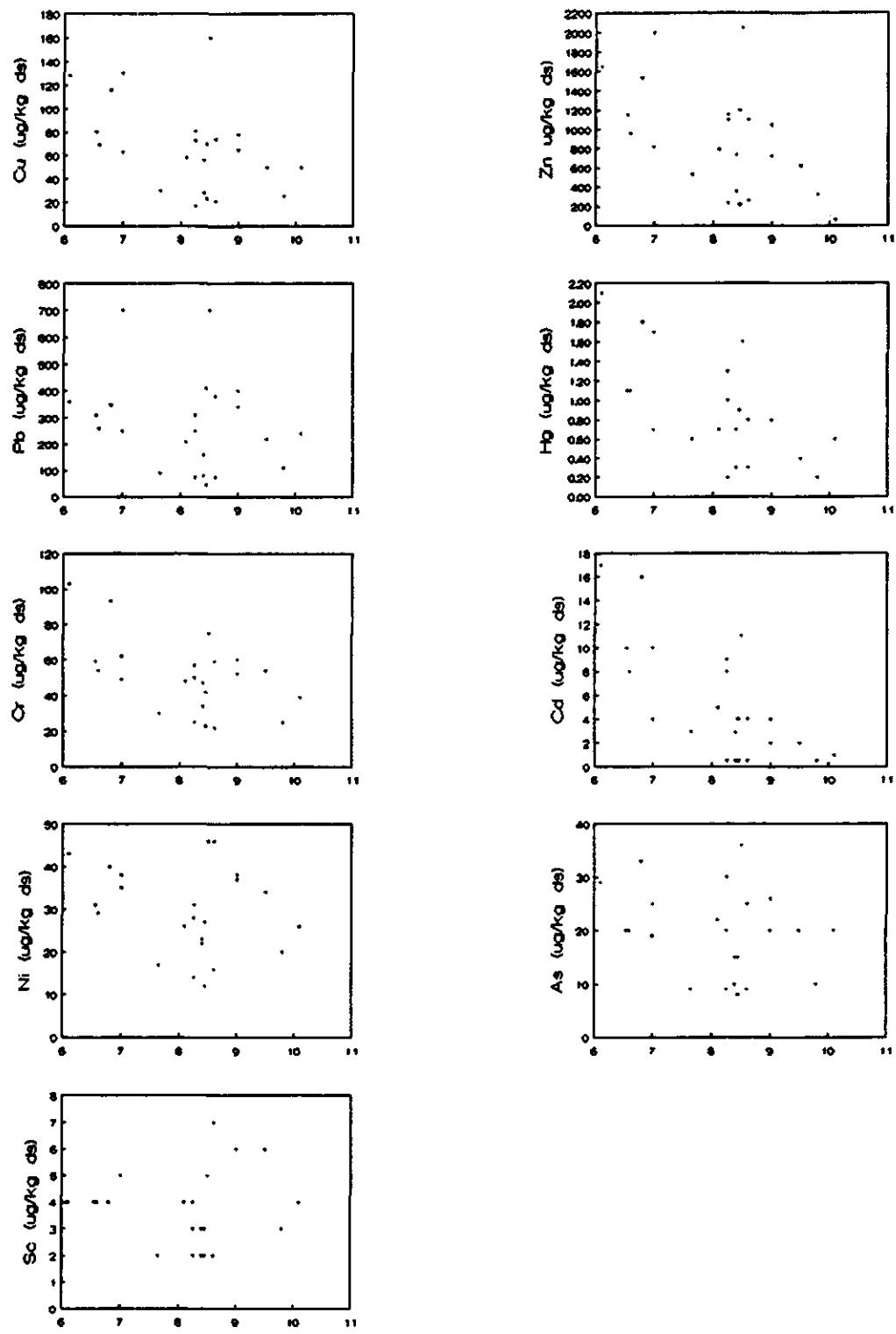
Bijlage 7 Het onderzoeksgebied (het kader uit bijlage 6) met daarin de ligging en de nummering van de monsterpunten.



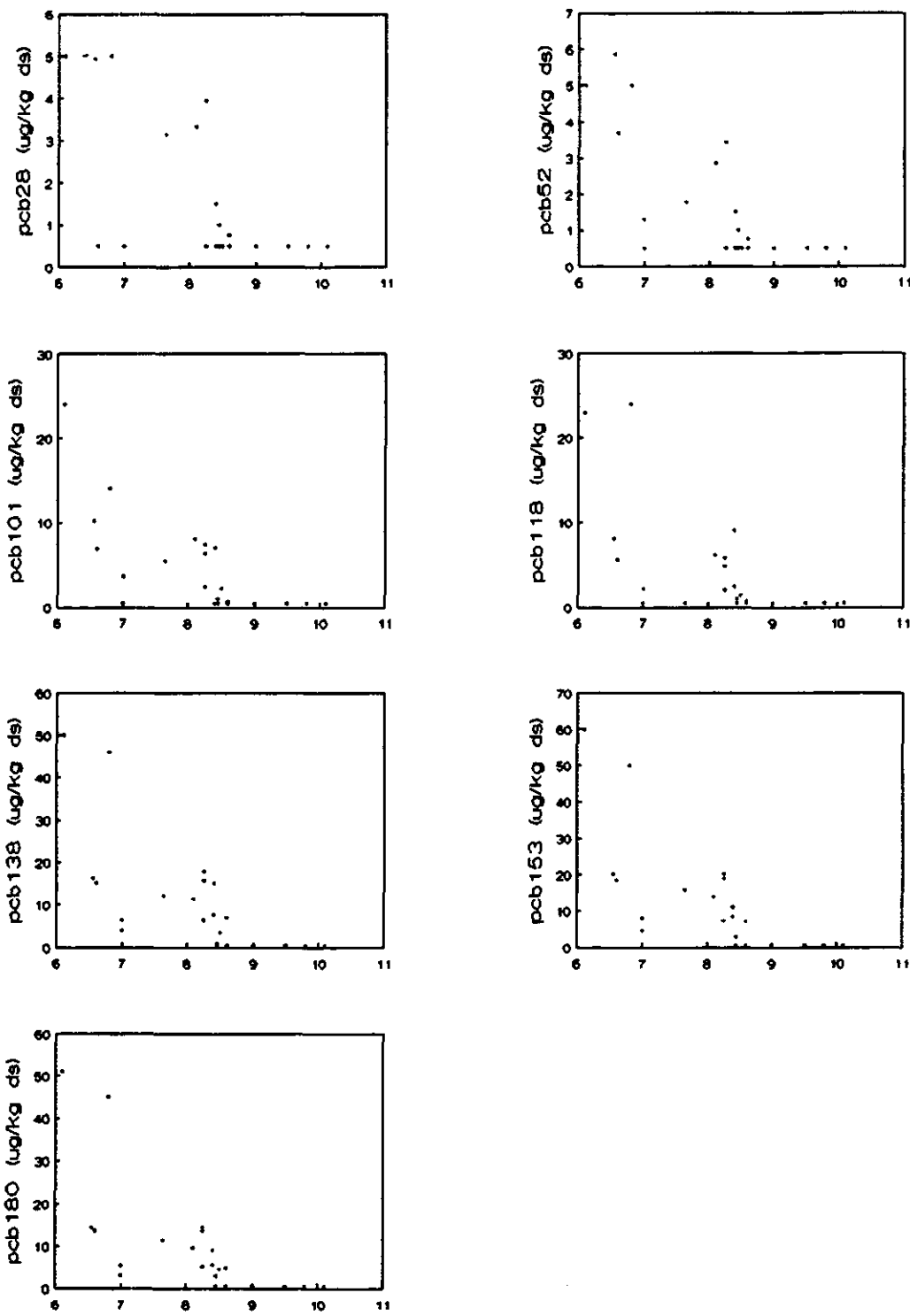
Bijlage 8 De maaiveldhoogte uitgezet tegen het organisch stofgehalte, de korrelgroottefractie < 16 μm , het kalkgehalte en de pH.



Bijlage 9 De maaiveldhoogte uitgezet tegen het gehalte aan koper, zink, lood, kwik, chroom, cadmium, nikkel, arseen en scandium in de bodem.



Bijlage 10 De maaiveldhoogte uitgezet tegen het gehalte aan PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 138, PCB 153, PCB 180 in de bodem.



Rapporten van het project "Ecologisch Herstel Maas" (Reports of the project "Ecological Rehabilitation of the River Meuse")
(all reports with a summary in english and french)

- nr. 1 - 1992 Projekt Ecologisch Herstel Maas
 J. Botterweg en W. Silva (RIZA)
- nr. 2 - 1992 Groei en overleving van de Vlottende waterranonkel (*Ranunculus Fluitans* Lam.) in de Maas: transplantatie en semi-veldexperimenten.
 M. de la Haye (Aquasense)
- nr. 3 - 1992 Microverontreinigingen in Blankvoorns en schelpdieren uit de Maas en Maasplassen, 1991
 B. van Hattum en S. Dirksen (IVM, Waardenburg)
- nr. 4 - 1992 Vegetaties in het oevermilieu van de Grensmaas: I Veldopname en verwerking van gegevens
 D. de Boer (STL)
- nr. 5 - 1992 Waterplanten in de Maasplassen: inventarisatie 1990-1991
 B. Paffen, P. van Avesaath en W. Overmars (Bureau Stroming)
- nr. 6 - 1992 De visstand in de Grensmaas
 T. Vriese (OVb)
- nr. 7 - 1992 Watervogels en wetlands in Limburg
 B. van Noorden (Provincie Limburg, RIZA, Waardenburg)
- nr. 8 - 1993 Worden de groei, overleving en kieming van Vlottende waterranonkel (*Ranunculus fluitans* LAMARCK) in Maaswater beïnvloed door waterstandsfluctuaties?
 M. de la Haye (Aquasense)
- nr. 9 - 1993 Onderzoek naar mogelijke paai- en opgroeigebieden in de Maas
 S. Semmekrot en F.T. Vriese (OVb)
- nr. 10 - 1993 Sedimenttransportmetingen Grensmaas, januari 1991
 M.C. Burgdorffer (RIZA)
- nr. 11 - 1993 Projektplan Ecologisch Herstel Maas, 1994-1995
 M.J.J. Kerkhofs (RIZA)
- nr. 12 - 1993 Verontreinigingsbronnen en waterkwaliteit van de Grensmaas
 R.M.A. Breukel, M.J.J. Kerkhofs en M.A.A. de la Haye (RIZA)

nr. 13 - 1993 De Maas, Kansen voor Ecologisch Herstel.

Onderzoeksresultaten van het projekt Ecologisch Herstel Maas, 1991-1992

M.J.J. Kerkhofs, J. Botterweg, M.C. Burgdorffer en M.A.A. de la Haye (RIZA)

Aanvragen/requests:

(RIZA): Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment,
P.O. Box 9072, 6800 ED Arnhem, The Netherlands

PUBLICATIES EN RAPPORTEN VAN HET PROJECT "ECOLOGISCH HERSTEL RIJN EN MAAS"

- 1 - 1988 Ecological rehabilitation of the river Rhine: a proposal for a Netherlands research programme. (RIZA, RIVM, RIVO-DLO)
- 2 - 1988 Fish and their environment in large european river ecosystems; the Dutch part of the river Rhine. W.G. Cazemier, Science de l'Eau 7, 95-114 (1988). (RIVO-DLO)
- 3 - 1988 High rates of denitrification in a storage reservoir fed with water of the river Rhine. W. Admiraal and J.C. van der Vlugt, Arch. Hydrobiol. 113, 593-605 (1988). (RIVM)
- 4 - 1988 Impact of biological activity on detritus transported in the lower river Rhine: an exercise in ecosystem analysis. W. Admiraal en B. van Zanten, Freshwater Biology 20, 215-225 (1988). (RIVM)
- 5 - 1988 Continue signalering van toxische stoffen in het aquatische milieu met behulp van biologische bewakingssystemen - literatuurstudie. J. Botterweg, 31 pp., Den Haag (1988). (RIZA)
- 6 - 1988 Environmental stress in five aquatic ecosystems in the floodplain of the river Rhine. W. Admiraal, E.D. de Ruyter van Steveninck en H.A.M. de Kruiff. The Science of the Total Environment 78, 59-75 (1988). (RIVM)
- 7 - 1989 Bioaccumulation in yellow eel (*Anguilla anguilla*) and perch (*Perca fluviatilis*) from the Dutch branches of the Rhine- mercury, organochlorine compounds and polycyclic aromatic hydrocarbons. F. van der Valk, H. Pieters en R.C.C. Wegman. (RIVO-DLO)
- 8 - 1989 Beoordeling en evaluatie van biologische alarmeringssystemen op het meetstation Lobith. Bio-alarm project fase I. J. Botterweg. (RIZA)
- 9 - 1989 Ecologisch herstel Rijn - beleid en onderzoek. Symposium- verslag 26 mei. E.C.L. Martéijn (red.). (RIZA)
- 10 - 1989 Summary of results and conclusions from the first phase (1988-1989) of the Netherlands research programme "Ecological Rehabilitation Rhine". J.A.W. de Wit, W. Admiraal, C. van der Guchte en W.G. Cazemier. (RIZA)
- 11 - 1989 Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with Atlantic salmon (*Salmo salar*). S.J. de Groot. (RIVO-DLO)
- 12 - 1989 Literature survey into the possibility of restocking the River Rhine and its tributaries with sea trout (*Salmo trutta trutta*). S.J. de Groot. (RIVO-DLO)
- 13 - 1989 Water- en oeverplanten in het zomerbed van de Nederlandse grote rivieren in 1988. Hun voorkomen en relatie met algemene fysische en chemische parameters. M.M.J. Maenen. (RIZA)
- 14 - 1989 Ecologisch herstel van de Rijnmakrofauna. B. van Dessel. (RIZA)
- 15 - 1989 Comparison of nitrification rates in three branches of the lower river Rhine. Biogeochemistry 8, 135-151. W. Admiraal and Y.J.H. Botermans. (RIVM)
- 16 - 1990 Vegetatie in de uiterwaarden: de invloed van hydrologie, beheer en substraat. M.C.C. de Graaf, H.M. van de Steeg, L.A.C.J. Voesebeek en C.W.P.M. Blom. (RIZA)
- 17 - 1990 Chemicals affecting the spawning migration of anadromous fish by causing avoidance responses or orientational disability, with special reference to concentrations in the River Rhine. T.C. van Brummelen. (RIZA)
- 18 - 1990 Biomonitoring met de larven van Chironomiden en kokerjuffers. F. Heinis en T. Krommentuijn. (RIZA)
- 19 - 1990 Changes in plankton communities in regulated reaches of the lower River Rhine. E.D. de Ruyter van Steveninck, W. Admiraal and B. van Zanten. (RIVM)
- 20 - 1990 Fixation of dissolved silicate and sedimentation of biogenic silicate in the lower River Rhine during diatom blooms. W. Admiraal, P. Breugem, D.M.L.H.A. Jacobs and E.D. de Ruyter van Steveninck. (RIVM)
- 21 - 1990 On the potential of basing an ecological typology of aquatic sediments on the nematode fauna: an example from the River Rhine. T. Bongers and J. van de Haar. (RIVM)
- 22 - 1990 Monitoring the toxicity of organic compounds dissolved in Rhine water. D. de Zwart and A.J. Folkerts. (RIVM)
- 23 - 1990 The kinetics of the degradation of chloroform and benzene in anaerobic sediment from the River Rhine. P. van Beelen and F. van Keulen. (RIVM)
- 24 - 1990 Phases in the development of riverine plankton: examples from the rivers Rhine and Meuse. E.D. de Ruyter van Steveninck, B. van Zanten and W. Admiraal. (RIVM)
- 25 - 1990 Typologie en waardering van stagnante wateren langs de grote rivieren in Nederland, op grond van waterplanten, plankton en macrofauna, in relatie tot fysisch-chemische parameters. F.W.B. van den Brink. (RIZA)
- 26 - 1990 Ecologische ontwikkelingsrichting grote rivieren. Aanzet tot kwantitatieve uitwerking van ecologische doelstellingen voor de grote rivieren in Nederland. J.A.M. Vanhemelrijk en A.L.M. van Broekhoven. (RIZA)
- 27 - 1991 Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study made in 1988 in the Dutch part. A. bij de Vaate and M. Greijdanus-Klaas. (RIZA)
- 28 - 1991 Voedselécologie van vissen in de Nederlandse Rijnakken. P.J.M. Bergers. (RIZA)
- 29 - 1991 Natuurontwikkeling in uiterwaarden. Perspectieven voor het vergroten van rivierdynamiek en het ontwikkelen van oobossen in de uiterwaarden van de Rijn. H. Ducl. (RIZA)
- 30 - 1991 Phytoplankton in the river Rhine, 1989. Comparison between Lobith and Maasluis. R. Bijkerk. (RIVM)
- 31 - 1991 Inventarisatie van en verbeteringsplanning voor de fysieke belemmeringen voor de migratie van vis op de grote Nederlandse rivieren. A.W. de Haas. (RIZA)
- 32 - 1991 Visintrekmogelijkheden in de Rijn in Nederland. J.A.M. Vanhemelrijk. (RIZA)
- 33 - 1991 Nevengeulen - onderzoek naar de mogelijkheden, de consequenties en de te stellen eisen bij de aanleg van nevengeulen in de uiterwaarden. A.W. de Haas. (RIZA)
- 34 - 1991 The Asiatic clam, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774), a new immigrant in the River Rhine. A. bij de Vaate (ed.). (RIZA)
- 35 - 1991 The effects of micropollutants on components of the Rhine ecosystem. Ed. J.A.W. de Wit et al.. (RIZA)
- 36 - 1991 Aquatische makro-evertetraten in de Duurse Waarden 1989- 1991. A. Klink, E. Martéijn, J. Mulder en B. bij de Vaate. (RIZA)
- 37 - 1991 Sensitivity of bacterioplankton in the Rhine river to various toxicants measured by thymidine incorporation and activity of exoenzymes. D.M.J. Tubbing and W. Admiraal. (RIVM)

- 38 - 1992 Schatting van risico's van microverontreinigingen in de Rijn voor groepen organismen van de rivier-AMOEBE. J.W. Dogger, F. Balk, L.L. Bijlmakers en A.J. Hendriks (RIZA)
- 39 - 1992 Macrofauna in de diepe waterbodem van het noordelijk Deltabekken. H.C. Dudok van Heel, H. Smit en S.M. Wiersma. (RIZA)
- 40 - 1992 Ecological rehabilitation of the Rivers Rhine and Meuse: Netherlands research programme(1992-1995). Anonymous. (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO).
- 41 - 1992 Projekt Ecologisch Herstel Maas. J. Botterweg en W. Silva (RIZA).
- 42 - 1992 Groei en overleving van Vloeiende waterranonkel (*Ranunculus fluitans* Lam.) in de Maas: transplantatie en semi-veldexperimenten. M. de la Haye (RIZA).
- 43 - 1992 Microverontreiniging in Blankvoorns en schelpdieren uit de Maas en Maasplassen, 1991. H. van Hattum en S. Dirksen (RIZA).
- 44 - 1992 Vegetaties en het oevermilieu van de Grensmaas: 1 Veldopname en verwerking van gegevens. D. de Boer (RIZA).
- 45 - 1992 Waterplanten en de Maasplassen: inventarisatie 1990 - 1991. B. Paffen, P. van Avesaath en W. Overmars (RIZA).
- 46 - 1992 De visstand in de Grensmaas. T. Vriese (RIZA).
- 47 - 1992 Methode voor de schatting van milieusico's in de Gelderse uiterwaarden (RIZA).
- 48 - 1993 Macro-evertetraten op de bodem van het Hollandsch Diep - Haringvliet. A. Klink en H.C. Dudok van Heel. (RIZA)
- 49 - 1993 De morfodynamiek van rivierduinen langs de Waal en de Lek. R.F.B. Isarin en H.J.A. Berendsen. (RIZA)
- 50 - 1993 Ecologisch herstel van de Rijn, van onderzoek naar beleid (1988-1992). Ecological rehabilitation of the River Rhine, The Netherlands summary report (1988-1992). G.M. van Dijk en E.C.L. Martijn (eds.). (RIZA, RIVM, IBN-DLO, RIVO-DLO, SC-DLO)
- 51 - 1993 Documentation of zooplankton species in the Lower River Rhine. B. van Zanten and P. Leentvaar. (RIVM)
- 52 - 1993 Monitoring macroinvertebrates in the River Rhine. Results of a study executed in the Dutch part in 1990. A. bij de Vaate and M. Grejdanus-Klaas. (RIZA)
- 53 - 1993 Worden groei, overleving en kieming van Vloeiende Waterranonkel (*Ranunculus fluitans* Lamarck) in Maaswater beïnvloed door waterstandsfluctuaties? Semi-veldexperimenten. M.A.A. de la Haye. (RIZA)
- 54 - 1993 Paai- en opgroei gebieden voor vis in de Maas. S. Semmekrot en F.T. Vriese. (RIZA)
- 55 - 1994 Zware metalen en organische microverontreinigingen in bodem, regenwormen en dassen in het winterbed van de Maas bij Grave. M.J.J. Kerkhofs, W. Ma, W. Silva (RIZA)

Aanvragen/requests:

- (RIZA): Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment, P.O. Box 17, 8200 AA Lelystad, The Netherlands.
- (RIVM): National Institute for Public Health and Environmental Protection, P.O. Box 1, 3720 BA Bilthoven, The Netherlands.
- (RIVO-DLO): Netherlands Institute for Fishery Investigations, P.O. Box 68, 1970 AB IJmuiden, The Netherlands.
- (IBN-DLO): Institute for Forestry and Nature Research, P.O. Box 9201, 6800 HB Arnhem, The Netherlands.