

RIVM rapport 714801031/2003

**Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit**  
Resultaten eerste meetronde, 1993-1997

J.J.B. Bronswijk, M.S.M. Groot, P.M.J. Fest, T.C. van  
Leeuwen\*

\* Landbouw Economisch Instituut

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Directoraat Generaal Milieubeheer van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Directie BWL (projectnummer 714801, Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, MAP Milieu 2000-2004)

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), Postbus 1, 3720 BA Bilthoven,  
telefoon: 030 - 274 91 11, fax: 030 - 274 29 71

**ABSTRACT**

The objective of the National Soil Quality Monitoring Network (LMB) in the Netherlands is to describe and explain current (chemical) soil quality and quality changes in time. The LMB consists of 10 soil categories, each representing a different combination of land use and soil type. In each category, samples from topsoil, subsoil and the upper groundwater are taken on 20 different locations spread across the country. Sampling is repeated every six years. Chemical analysis of the samples is focused on heavy metals, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) and pesticides. The first LMB sampling round was conducted between 1993 and 1997, while the second (1999-2003) is now in progress. The results of the first round are documented here.

Heavy metal and PAH levels were found to be generally low compared to Dutch soil quality target values for these compounds, while pesticide levels were high.

Most of the diffuse soil pollution in the Netherlands is caused by historical (no longer present) pollution sources such as the metal industry in the southern part of the Netherlands or traffic in pre-katalysator times. Nowadays, agriculture is the main source of diffuse soil pollution. Accumulation of heavy metals in agricultural soils is widespread. Increasing exceedance of soil quality target values and crop quality standards is expected in the future.

**INHOUD**

<b>Samenvatting</b>	<b>5</b>	
<b>1. Inleiding</b>	<b>7</b>	
1.1. Aanleiding tot de opzet van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit	7	
1.2. Doelstelling	7	
1.3. Leeswijzer	8	
<b>2. Opzet van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit</b>	<b>9</b>	
2.1. Algemene opzet meetnet	9	
2.2. Bemonsteringsstrategie	10	
2.3. Representativiteit van de bemonsterde locaties	10	
2.4. Parameterpakket en chemische-analysemethoden	13	
2.5. Vergelijking met normen	13	
2.6. Belasting van de bodem met nutriënten en zware metalen	16	
<b>3. De toestand van de bodem in Nederland</b>	<b>19</b>	
3.1. Opbouw van de dataset	19	
3.2. Bepalingsgrenzen	19	
3.3. Gehalten in Nederland per geanalyseerde parameter	20	
3.4. Vergelijking van de verschillende categorieën	23	
3.5. Belasting van de bodem met zware metalen per LMB-categorie	24	
<b>4. Discussie</b>	<b>29</b>	
4.1. De invloed van de mens op de bodemkwaliteit in Nederland	29	
4.1.1. Bestrijdingsmiddelen en PAK	29	
4.1.2. Zware metalen	30	
4.2. Risico's	35	
4.2.1. Vergelijking met streefwaarden, afstand tot beleidsdoel	35	
4.2.2. Risico's voor landbouw en voedselveiligheid	36	
4.2.3. Risico's voor bodemecosystemen	38	
4.2.4. De toekomst	41	
<b>5. Conclusies</b>	<b>43</b>	
<b>Literatuur</b>	<b>45</b>	
<b>Bijlagen</b>	<b>49</b>	
Bijlage I	Bemonsterde categorieën met inperkingen	49
Bijlage II	Verdeling bemonsterde locaties over Nederlandse provincies en LEI-gebieden	51
Bijlage III	Analysemethoden	53
Bijlage IV	Bepalingsgrenzen	57
Bijlage V	Categoriegemiddelden bodem absoluut	63
Bijlage VI	Categoriegemiddelden bodem relatief t.o.v. de streefwaarde	67
Bijlage VII	Categoriegemiddelden zware metalen in grondwater	69

---

Bijlage VIII	Categoriegemiddelden en cumulatieve frequentiediagrammen absoluut van zware metalen in bodem	71
Bijlage IX	Categoriegemiddelden absoluut van zware metalen in grondwater	85
Bijlage X	Categoriegemiddelden en cumulatieve frequentiediagrammen absoluut van PAK in bodem	91
Bijlage XI	Categoriegemiddelden en cumulatieve frequentiediagrammen absoluut van organocloorbestrijdingsmiddelen in bodem	95
Bijlage XII	Categoriegemiddelden en cumulatieve frequentiediagrammen relatief t.o.v. de streefwaarde van zware metalen in bodem	103
Bijlage XIII	Categoriegemiddelden en cumulatieve frequentiediagrammen relatief t.o.v. de streefwaarde van zware metalen in grondwater	117
Bijlage XIV	Categoriegemiddelden en cumulatieve frequentiediagrammen relatief t.o.v. de streefwaarde van PAK in bodem	125
Bijlage XV	Categoriegemiddelden en cumulatieve frequentiediagrammen relatief t.o.v. de streefwaarde van organochloorbestrijdingsmiddelen in bodem	129
Bijlage XVI	Belasting met zware metalen per categorie	137
Bijlage XVII	Belasting met zware metalen uitgesplitst naar herkomst	139
Bijlage XVIII	Correlatiematrix totaal	141
Bijlage XIX	Correlatiematrix belasting	145
Bijlage XX	Gebruikte afkortingen	149

## SAMENVATTING

Het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) heeft als doelstelling het beschrijven en verklaren van de huidige bodemkwaliteit en veranderingen daarvan in het landelijk gebied van Nederland onder invloed van diffuse belasting. In het LMB worden van tien categorieën landgebruik/bodemtype op twintig locaties per categorie één keer per zes jaar monsters genomen van de bovengrond, de ondergrond en het bovenste grondwater. De monsters worden o.a. geanalyseerd op zware metalen, PAK en bestrijdingsmiddelen. Bovendien worden van elke LMB-locatie gegevens over zware-metalentoevoer via atmosferische depositie en bemesting verzameld om een relatie tussen belasting en (veranderingen in) bodemkwaliteit te kunnen leggen. De eerste meetronde is in 1993 gestart en beëindigd in 1997. De tweede meetronde vindt van 1999 t/m 2003 plaats. In dit rapport worden de resultaten van de eerste meetronde samengevat.

Uit de eerste LMB-meetronde blijkt dat voor zware metalen in de bodem van het landelijk gebied relatief weinig streefwaardeoverschrijdingen voorkomen. De huidige zware-metalagehalten zijn vooral veroorzaakt door belasting in het verleden. Er is geen relatie tussen de huidige belasting en de huidige gehalten.

De som-PAK-gehalten in de bodem van het landelijk gebied zijn laag in vergelijking met de streefwaarde en vertonen weinig variatie, wat overeenkomt met de verwachting dat atmosferische depositie de voornaamste bron van PAK-bodembelasting is.

De gehalten aan (inmiddels verboden) persistente bestrijdingsmiddelen als DDT, drins en HCH in de bodem zijn op grote schaal nog fors hoger dan de streefwaarde. Onder bos/zand zijn de gemiddelde relatieve gehalten aan bestrijdingsmiddelen het laagst, waaruit blijkt dat directe toepassing in de landbouw de belangrijkste bron voor de hoge bestrijdingsmiddelen-gehalten is.

In het bovenste grondwater wordt zowel onder landbouw als onder bos de streefwaarde voor zware metalen vaak overschreden. Onder bos op zand in zuid-Nederland is, door een combinatie van hoge gehalten en bodemverzuring, deze overschrijding het grootst. Lokaal wordt hier de interventiewaarde overschreden.

Voor zware metalen zijn belangrijke historische diffuse bodemverontreinigingsbronnen de zinkindustrie in Zuid-Nederland, de toemaakdekken in het veenweidegebied, de overstromingen van rivierkleigronden, de looddepositie door verkeer en de bemesting in de landbouw. Anno 2000 speelt van deze historische bronnen alleen de landbouw nog een rol.

In de meeste landbouwgronden treedt momenteel accumulatie van zink, lood, koper en cadmium op, vooral door bemesting. In bossen nemen de zware-metaalgehalten in de bodem veelal af door een aanzienlijke uitspoeling naar het grondwater. De gehalten aan persistente bestrijdingsmiddelen in de bodem zullen (langzaam) afnemen doordat het gebruik ervan inmiddels is verboden.

Uit het LMB blijkt dat de actuele bodemkwaliteit in Nederland sterk door de mens is beïnvloed. De huidige streefwaarden voor zware metalen, som-PAK, som-DDT, som-drins en som-HCH in de bodem, die gebaseerd zijn op die actuele bodemkwaliteit, zijn dan ook veel hoger dan wanneer ze gebaseerd zouden zijn op natuurlijke achtergrondgehalten zoals eigenlijk zou moeten. De mate van streefwaardeoverschrijding bij de betreffende stoffen (stofgroepen) kan daarom niet geïnterpreteerd worden als een maat voor het ecotoxicologische risico.

De risico's van de gevonden stofgehalten voor bodemecosystemen moeten nog verder (modelmatig) worden uitgewerkt. Wel kunnen nu al enkele conclusies worden getrokken omtrent de effecten van de zware-metaalgehalten in de bodem op de voedselveiligheid. Op kleine schaal hebben de huidige gehalten aan zware metalen in de bodem tot gevolg dat lokaal gewaskwaliteitsnormen overschreden kunnen worden. In de komende decennia zal het oppervlak met overschrijding van gewaskwaliteitsnormen voor zware metalen toenemen.

## 1. INLEIDING

### 1.1. Aanleiding tot de opzet van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit

Om de kwaliteit van het milieu in Nederland en eventuele veranderingen hiervan te kunnen vaststellen en evalueren is in het verleden een aantal milieukwaliteitsmeetnetten opgezet. Zo bestaat er een Landelijk Meetnet Oppervlaktewaterkwaliteit (gestart rond 1950), een Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit (ca. 1970) en een Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (ca. 1980). Een meetnet voor het monitoren van de bodemkwaliteit vormde lang een ontbrekende schakel.

Op initiatief van de Coördinatie Commissie voor Radioactieve en Xenobiotische stoffen (CCRX) is door het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) in samenwerking met het DLO Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO), het DLO Staringcentrum (SC-DLO) en het Rijks Kwaliteits Instituut voor Land- en Tuinbouwprodukten (DLO-RIKILT), in de periode 1988-1991 een eerste aanzet gegeven tot inrichting van een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) (Van Duijvenbooden *et al.*, 1995). De resultaten van deze studie hebben de basis gevormd voor de opzet van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) dat in 1993 van start is gegaan.

### 1.2. Doelstelling

Het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit heeft als primaire doelstelling het vaststellen of veranderingen in de bodemkwaliteit van het landelijk gebied van Nederland optreden, onder invloed van diffuse belasting. Daarnaast heeft het meetnet tot doel het beschrijven en zo mogelijk verklaren van de huidige bodemkwaliteit. Het meetnet is zodanig ingericht dat relaties kunnen worden gelegd met de belastingsgegevens vanuit diffuse bronnen als de landbouw en atmosferische depositie.

Eenzijds kunnen de resultaten van het LMB van belang zijn voor het brongerichte beleid (emissiereductiedoelstellingen) en anderzijds kan informatie uit dit meetnet een bijdrage leveren aan het effectgerichte beleid (Van Duijvenbooden en Lagas, 1993). De laatste jaren is het belang van het LMB nog toegenomen omdat in het Nationale MilieubeleidsPlan 3 (NMP3) de doelstelling is opgenomen om uiterlijk in 2005 een landsdekkend beeld van de bodemkwaliteit in Nederland gereed te hebben. De resultaten van het LMB kunnen worden gebruikt om het zogenaamde diffuse spoor van dit landelijk beeld in te vullen.

Het doel van dit eindrapport van de 1<sup>e</sup> bemonsteringsronde is een samenvattend overzicht te geven van de kwaliteit van de bodem in een groot deel van Nederland voor de periode 1993-1997. Een belangrijk aspect dat in het gehele rapport naar voren zal komen is de menselijke beïnvloeding van de bodemkwaliteit in het landelijk gebied. Er zal gekeken worden of relaties aanwezig zijn tussen bodemkwaliteit en grondsoort, grondgebruik of geografische ligging. De vraag of er trends in de ontwikkeling van de bodemkwaliteit in Nederland optreden (zowel verbeteringen als verslechtingen) kan nog maar beperkt beantwoord

worden omdat slechts één bemonsteringsronde is uitgevoerd. Na het voltooien van de tweede bemonsteringsronde (in 2003) zal de trendvraag beantwoord worden.

### **1.3. Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 zal de opzet van het LMB worden beschreven, met name de bemonsteringsstrategie en de wijze waarop de gevonden concentraties in bodem en grondwater zijn vergeleken met milieukwaliteitsnormen. Er wordt aangegeven welke oppervlakte van Nederland door de verschillende bemonsterde categorieën wordt gerepresenteerd. Tenslotte wordt beschreven hoe de belasting met zware metalen is berekend. In hoofdstuk 3 worden de resultaten samengevat van de totale eerste bemonsteringsronde van het LMB, zowel voor Nederland als geheel als voor elke categorie afzonderlijk. In hoofdstuk 4 vindt vervolgens de discussie over de gevonden resultaten plaats. Hoe staat het nu met de kwaliteit van de Nederlandse bodem en welke invloeden van de mens zijn er gevonden? De conclusies volgen in hoofdstuk 5.

In dit samenvattende eindrapport van de volledige eerste bemonsteringsronde van het LMB is vooral gestreefd naar beknoptheid. Voor een compleet en gedetailleerd overzicht van de resultaten per categorie wordt verwezen naar de jaarrapporten (Groot *et al.*, 1996, 1997, 1998, 2000, 2003). Daarnaast is veel informatie opgenomen in bijlagen achterin het rapport, zodat de hoofdtekst beperkt van omvang en dus makkelijk leesbaar kon blijven.



## 2. OPZET VAN HET LANDELIJK MEETNET BODEMKWALITEIT

### 2.1. Algemene opzet meetnet

Het LMB is om praktische redenen gefaseerd opgezet. Gedurende een periode van vijf jaar zijn er 40 locaties per jaar bemonsterd. Elk jaar zijn twee combinaties van grondgebruik en grondsoort bemonsterd. Uiteindelijk zijn er dus aan het einde van de 1<sup>e</sup> LMB-bemonsteringsronde tien van deze combinaties (200 locaties) bemonsterd. Factoren die hebben bijgedragen aan de selectie van de categorieën zijn grootte van het oppervlak van de betreffende combinatie in Nederland, beleidsrelevantie en de verwachting dat binnen een bepaalde categorie hoge belastingen c.q. bodemgehalten voorkomen. De eerste bemonsteringsronde is in 1993 gestart en beëindigd in 1997. De resultaten van 1993 t/m 1997 staan afzonderlijk beschreven in respectievelijk Groot *et al.* (1996, 1997, 1998, 2000, 2003). In 1999 is de tweede meetronde van start gegaan, waarbij de meeste categorieën opnieuw zullen worden bemonsterd, zodat ook trends in de tijd gesignaleerd kunnen worden. De bemonsterde categorieën uit de eerste bemonsteringsronde staan weergegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Opzet eerste bemonsteringsronde LMB 1993-1997.

Jaar	Bedrijfstype	Grondgebruik	Grondsoort	Afkorting in dit rapport
1993-1	Melkveehouderij met lage veedichtheid	Grasland, maïs	Zand	Grasland (extensief)/zand
1993-2	Melkveehouderij met hoge veedichtheid	Grasland, maïs	Zand	Grasland (intensief)/zand
1994-1	Melkveehouderij met intensieve veehouderijtak	Grasland, maïs	Zand	Intensieve veehouderij
1994-2	n.v.t.	Bos	Zand	Bos/zand
1995-1	Akkerbouw	Bouwland	Zand	Akkerbouw/zand
1995-2	Melkveehouderij	Grasland	Veen	Grasland/veen
1996-1	Akkerbouw	Bouwland	Zeeklei	Akkerbouw/zeeklei
1996-2	Melkveehouderij	Grasland	Rivierklei	Grasland/rivierklei
1997-1	Melkveehouderij	Grasland	Zeeklei	Grasland/zeeklei
1997-2a	Tuinbouw	Vollegroonds groenteteelt	Klei/zand	Groente
1997-2b	Bloembollenteelt	Bollenteelt	Klei/zand	Bloembollen

Per combinatie grondgebruik/grondsoort is getracht een 20-tal locaties te selecteren. Volgens de resultaten van het eerste fase-onderzoek (Van Duijvenbooden *et al.*, 1995) maakt dit aantal het mogelijk in relatief korte tijd nauwkeurige uitspraken over trends te doen.

Met betrekking tot de landbouwcategorieën is gekozen voor bemonstering op bedrijfsniveau, terwijl de categorie bos op perceelsniveau is bemonsterd. Om verschillen in bodemkwaliteit tussen de verschillende combinaties te kunnen verklaren, is namelijk kennis van belastingsgegevens noodzakelijk. De belasting van de landbouwgronden door middel van mest is beschikbaar op bedrijfsniveau, via het LEI Bedrijven-Informatie-Net (LEI-BIN). Gegevens met betrekking tot de atmosferische depositie zijn verkregen uit het Landelijk Meetnet Luchtkwaliteit van het RIVM.

## **2.2. Bemonsteringsstrategie**

Het LMB richt zich in eerste instantie op de toplaag van de bodem (0-10 cm diepte), omdat hier de effecten van belasting het eerste te zien zijn. Tevens is op alle locaties de laag van 30-50 cm diepte en het bovenste grondwater bemonsterd.

Per locatie zijn van de toplaag 4 mengmonsters samengesteld en geanalyseerd, waarbij elk mengmonster bestaat uit 80 steken van de gehele locatie (dus in de landbouwcategorieën het gehele bedrijf en in de bossen het gehele perceel). Van de diepere laag is één mengmonster samengesteld, bestaande uit 16 steken.

Een uitzondering vormen de boslocaties (1994-2), waarbij in plaats van de diepere laag de strooisellaag over de gehele dikte is bemonsterd. Elk mengmonster van de strooisellaag bestaat uit 10 plakken van 20x20 cm.

Bij de bemonstering van het ondiepe grondwater is gekozen voor tijdelijke meetpunten, zodat de bedrijfsvoering zo min mogelijk wordt gehinderd en zodat de bemonsteringsdiepte kan worden aangepast aan de grondwaterstand. De grondwatermonsters zijn afkomstig uit de gehele bovenste meter van het grondwater. Het aantal bemonsteringspunten en mengmonsters varieerde (zie detailrapporten), maar meestal zijn 4 mengmonsters in het laboratorium geanalyseerd.

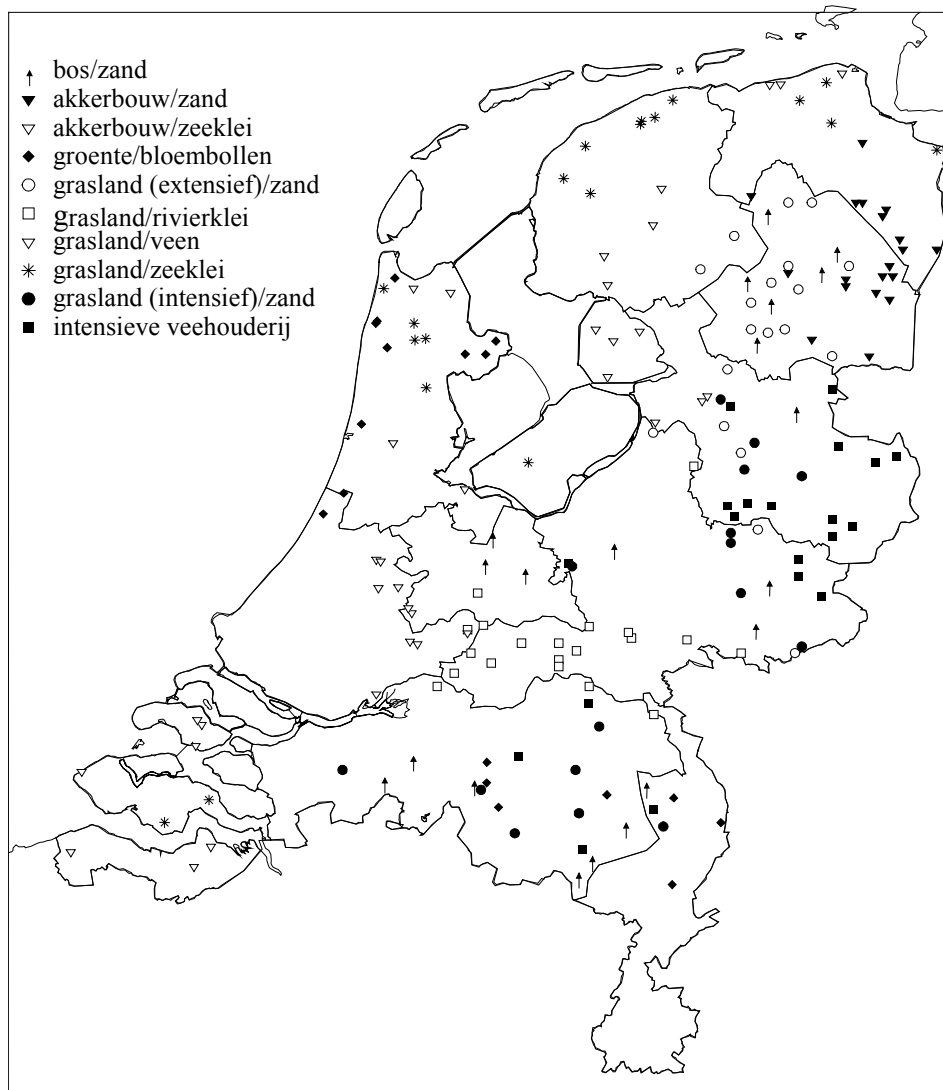
Alle genomen grondmonsters worden op het RIVM bewaard, zodat ze gebruikt kunnen worden voor eventuele nadere analyses. Zo kunnen bijvoorbeeld bepaalde stoffen, waarvan de gehalten in eerste instantie niet bepaald zijn, achteraf toch snel worden gescand op hun voorkomen in de Nederlandse bodem.

Het LMB is ook gekoppeld aan een onderzoek naar de invloed van landgebruik en bodemverontreiniging op bodemecologie. Daartoe is op alle LMB-locaties uit één van de mengmonsters een deelmonster genomen ten behoeve van onderzoek naar nematodenpopulaties. De resultaten staan beschreven in van Esbroek *et al.* (1995, 1996, 1997a, 1997b, 1998 en 1999). In de laatste jaren van de eerste bemonsteringsronde zijn de waarnemingen aan bodemecologische parameters uitgebreid (Schouten *et al.*, 2002.)

## **2.3. Representativiteit van de bemonsterde locaties**

In deze paragraaf zal aangegeven worden voor welke oppervlaktes en voor welke aantallen landbouwbedrijven in Nederland de in het LMB bemonsterde bedrijven en bospercelen representatief zijn. Alle bemonsterde landbouwbedrijven zijn geselecteerd uit de ca. 1500 bedrijven die deelnemen aan het Bedrijven-Informatie-Net (BIN) van het LEI-DLO. Het BIN

is een gestratificeerde steekproef uit bedrijven in de Landbouwtelling van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS). Voor aansluiting bij het BIN is gekozen omdat voor deze bedrijven ook gegevens over mineralen- en zware metalenbalans bekend zijn. De bemonsterde boslocaties zijn geselecteerd uit het LMB eerste fase-onderzoek uit 1988, het trendmeetnet Bossen van het RIVM, het Bodemkwaliteitsmeetnet van de provincie Drenthe, het Provinciaal Meetnet Utrecht en het Meetnet Bodemkwaliteit van de provincie Noord-Brabant. Figuur 2.1 geeft een overzicht van de ligging van alle monsterpunten van de eerste bemonsteringsronde van het LMB.



Figuur 2.1. Lokaties van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, eerste meetronde.

Alle landbouwbedrijven in Nederland en het totale landbouwareaal zijn in het LEI-boekhoudnet onderverdeeld naar type landbouwbedrijf (neg-hoofdtype). Voor elke LMB-categorie is er een keuze gemaakt uit bepaalde neg-typen in een bepaald LEI-gebied. Het

areaal en het aantal bedrijven dat de bemonsterde LMB-landbouwbedrijven representeren, worden weergegeven in tabel 2.2.

*Tabel 2.2 Het areaal en aantal bedrijven dat elke categorie representeert met bijbehorend percentage van het totaal aantal bedrijven of areaal.*

categorie	bedrijfstype	aantal landbouwbedrijven waarvoor de bemonsterde bedrijven in een categorie representatief zijn (% van totaal)	areaal waarvoor de locaties in een categorie representatief zijn (in 1000 ha) (% van totale areaal land in Nederland)
1993-1	“extensieve” melkveehouderij	3733 (3,1)	114 (4,1)
1993-2	“intensieve” melkveehouderij	5211 (4,4)	130 (4,7)
1994-1	veehouderij met intensieve veehouderijtak	3636 (3,1)	78 (2,8)
1994-2	bos op zand	-	330 (11,8)
1995-1	akkerbouw op zand	1968 (1,7)	80 (2,9)
1995-2	melkveehouderij op veen	5799 (4,9)	190 (6,8)
1996-1	akkerbouw op zeeklei	6714 (5,6)	299 (10,7)
1996-2	melkveehouderij op rivierklei	1897 (1,6)	59 (2,1)
1997-1	melkveehouderij op zeeklei	4195 (3,5)	159 (5,7)
1997-2a	vollegroonds groenteteelt	4261 (3,6)	37 (1,3)
1997-2b	bloembollenteelt		
Totaal		37414 (31,4)	1477 (53,0)

N.B. 1993-1 en 1993-2 afkomstig uit CBS-landbouwtelling 1991; 1994-1 afkomstig uit het LEI-BIN 93-94; 1994-2 afkomstig uit CBS-landbouwtelling 1991; 1995-1 en 1995-2 afkomstig uit LEI-BIN 94-95; 1996-1 en 1996-2 afkomstig uit het LEI-BIN 95-96; 1997-1, 1997-2a en 1997-2b afkomstig uit LEI-BIN 96-97.  
totaal aantal bedrijven is afkomstig uit LMB 1993 (=119133), totaal areaal Nederland afkomstig uit LMB 1994 (2785000 ha).

Uit tabel 2.2 blijkt dat alle in het LMB bemonsterde landbouwbedrijven en bospercelen samen representatief zijn voor 53% van het totale landoppervlak in Nederland. De landbouwbedrijven in het LMB zijn representatief voor 59% van het landbouwareaal en voor 31% van het aantal landbouwbedrijven in Nederland. Dit verschil wordt veroorzaakt door de inperking dat bedrijven in het LMB > 10 ha moeten zijn. Hierdoor vallen veel kleine bedrijven buiten de bemonstering, wat verklaart dat een derde van de bedrijven meer dan de helft van het landbouwareaal vertegenwoordigt. De categorieën bos/zand (1994-2) en akkerbouw/zeeklei (1996-1) zijn representatief voor de grootste oppervlakten. De categorieën groente (1997-2a) en bloembollen (1997-2b) representeren slechts een klein areaal binnen Nederland.

Geografisch gezien (zie figuur 2.1) wordt er geen geheel dekkend beeld gevonden voor de 1<sup>e</sup> meetronde van het LMB, met name van de provincies Utrecht, Zeeland, Zuid-Holland, Flevoland en Limburg zijn er weinig gegevens bekend binnen het LMB. In bijlage II wordt het percentage van het totaal aantal locaties per provincie gegeven, waaruit hetzelfde geconcludeerd kan worden. Hieruit blijkt verder dat de provincies Gelderland en Drenthe het meest vertegenwoordigd zijn in het LMB. Kijkend naar de verschillende LEI-gebieden, blijkt dat de meest bemonsterde gebieden het noordelijk, oostelijk en zuidelijk zandgebied zijn.

Daarentegen is het LEI-gebied zuid Limburg in zijn geheel niet bemonsterd. De verdeling van de locaties naar LEI-gebied is tevens te vinden in bijlage II.

## 2.4. Parameterpakket en chemische-analysemethoden

De bodemmonsters zijn geanalyseerd op bodemkenmerken, zware metalen en een aantal organische parameters (PAK, organochloor-bestrijdingsmiddelen en triazines). De grondwatermonsters zijn geanalyseerd op zware metalen, nutriënten, DOC (opgelost organisch koolstof) en diverse andere elementen (waaronder macro-elementen). In tabel 2.3 worden de stoffen en parameters weergegeven die in het LMB zijn opgenomen.

De selectie van de te analyseren stoffen en parameters is beschreven in het LMB-rapport van 1993 (Groot *et al.*, 1996). De bodemmonsters zijn door het AB-DLO te Haren (thans Alterra te Wageningen) geanalyseerd op bodemkenmerken en zware metalen en door het Laboratorium voor Organische Chemie (LOC) van het RIVM op organische parameters. De grondwatermonsters zijn geanalyseerd door het Laboratorium voor Anorganische Chemie (LAC) van het RIVM. Voor een compleet overzicht van de analysemethoden wordt verwezen naar bijlage III.

Tabel 2.3 Stoffen en parameters die zijn opgenomen in het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit.

grond	
bodemkenmerken	organische stof, lutum, pH, CEC, CaCO <sub>3</sub> *
diversen	Fe, Mn, Sb*
zware metalen	Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn
nutriënten	P-Al, Pw, P-totaal PAK (PHE, ANT, FLT, BaA, CHR, BkF, BaP, BPE, IPY, NPH*, ACE*, FLU, PYR, BbF, DBA)
organische micro's	organochloorbestrijdingsmiddelen ( $\alpha$ -HCH, $\beta$ -HCH, $\gamma$ -HCH, $\delta$ -HCH, HCB, heptachloor, $\beta$ -heptachloorepoxide, aldrin, dieldrin, eldrin, $\alpha$ -endosulfan, $\beta$ -endosulfan, DDT, DDE, DDD) triazines (desisopropylatrazin, desethylatrazin, simazin, atrazin)
grondwater	
diversen (o.a. macro's)	Cl, SO <sub>4</sub> *, DOC, Al*, Ba*, Ca, Fe, Mg, Mn, Na, Sr*
zware metalen	Cd, Cr, Cu, Ni*, Pb, Zn, As
nutriënten	NO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> , ortho-P, totaal-P, K

\* niet voor alle categorieën bepaald

## 2.5. Vergelijking met normen

In dit rapport worden de gevonden stofgehalten in de bodem en grondwater vergeleken met de geldende streefwaarden. De streefwaarden beschrijven in principe het milieukwaliteitsniveau waaronder sprake is van verwaarloosbare risico's voor mens en ecosysteem. Met de streefwaarden wordt het niveau van de bodemkwaliteit aangegeven dat uiteindelijk bereikt moet worden in Nederland (VROM, 1991).

Streefwaarden zijn afgeleid voor een standaard bodem met 10% organische stof en 25% lutum. De streefwaarde moet gecorrigeerd worden voor het werkelijke gehalte organische stof en lutum. Formules voor de correctie van de streefwaarden voor bodems en streefwaarden voor grondwater worden gegeven in tabel 2.4 (zware metalen) en 2.5 (PAK, organochloorverbindingen en atrazine).

*Tabel 2.4 Correctieformules voor de berekening van de streefwaarden voor zware metalen naar lutum- en organische-stofgehalte voor bodems en streefwaarden voor zware metalen in grondwater.*

Stof	Correctieformule streefwaarden bodem*	Streefwaarden grondwater ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )
arseen	$SW = 15 + 0,4 \cdot (L+H)$	10
cadmium	$SW = 0,4 + 0,007 \cdot (L+H)$	0,4
chromium	$SW = 50 + 2 \cdot L$	1
koper	$SW = 15 + 0,6 \cdot (L+H)$	15
kwik	$SW = 0,2 + 0,0017 \cdot (2L+H)$	0,05
lood	$SW = 50 + L + H$	15
nikkel	$SW = 10 + L$	15
zink	$SW = 50 + 1,5 \cdot (2L+H)$	65

\* streefwaarden in  $\text{mg.kg}^{-1}$ , L = gewichtspercentage lutum van grond; H = gewichtspercentage organische stof van grond; standaardbodem: 10% organische stof en 25% lutum. Bron: VROM (2000).

In VROM (2000) zijn geen streefwaarden meer gedefinieerd voor individuele PAK. Deze streefwaarden zijn vervangen door één waarde voor de som-PAK. De som-PAK bestaat uit de som van de 10 PAK van VROM, namelijk antracene, benzo[a]antracene, benzo[k]fluorantheen, benzo[a]pyreen, chryseen, phenanthreen, fluorantheen, indeno[1,2,3-cd]pyreen, naphhtaleen en benzo[ghi]peryleen.

Niet voor alle geanalyseerde OCBs zijn streefwaarden gedefinieerd, de betreffende stoffen zijn veelal opgenomen in som-waarden. Het betreft d-HCH, ppDDE, ppTDE, opDDT en ppDDT.  $\beta$ -endosulfan vormt hierop een uitzondering, deze stof kent geen streefwaarde en valt ook niet in een som-waarde. Het betreft hier een bijmenging van het bestrijdingsmiddel  $\alpha$ -endosulfan. Deze twee stoffen blijken moeilijk te scheiden bij de productie. De som-waarden van bestrijdingsmiddelen betreffen som-DDT, som-drins en som-HCH. Som-DDT bestaat uit de som van DDT, DDD en DDE. Som-drins bestaat uit de som van aldrin, dieldrin en endrin. Som-HCH bestaat uit de som van  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH en  $\delta$ -HCH. Om de relatieve gehalten ten opzichte van de streefwaarde voor HCB in de bodem te berekenen, is gebruik gemaakt van de oude streefwaarde. Het betreft namelijk nog een streefwaarde die gedefinieerd is voor HCB als individuele stof. In VROM (2000) wordt alleen een streefwaarde gedefinieerd voor de groep chloorbenzenen, waaronder wordt verstaan de som van alle chloorbenzenen (mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, hexachloorbenzenen). Aangezien alleen HCB is geanalyseerd, kan er weinig gezegd worden over de hoogte van de som-waarde.

Tabel 2.5 Correctieformules voor de berekening van de streefwaarden voor PAK, organochloorverbindingen en atrazine in afhankelijkheid van het lutum- en organische-stofgehalte van de bodem.

Stof	Correctieformule streefwaarden bodem*
som-PAK	$SW = 100 \cdot H$
som-DDT	$SW = 1 \cdot H$
som-drins	$SW = 0,5 \cdot H$
aldrin	$SW = 0,006 \cdot H$
dieldrin	$SW = 0,05 \cdot H$
endrin	$SW = 0,004 \cdot H$
som-HCH	$SW = 1 \cdot H$
$\alpha$ -HCH	$SW = 0,3 \cdot H$
$\beta$ -HCH	$SW = 0,9 \cdot H$
$\gamma$ -HCH	$SW = 0,005 \cdot H$
endosulfan	$SW = 0,001 \cdot H$
heptachloor	$SW = 0,07 \cdot H$
heptachloor-epoxide	$SW = 0,00002 \cdot H$
chloorbenzenen	$SW = 3 \cdot H$
atrazine	$SW = 0,02 \cdot H$

\* streefwaarden in  $\mu\text{g.kg}^{-1}$

H = gewichtspercentage organische stof van grond; standaardbodem: 10% organische stof. Voor som-PAK geldt: als % organische stof < 10 %, dan wordt de streefwaarde berekend met  $H = 10$  %. Voor alle andere organische verbindingen uit de tabel geldt: als % organische stof < 2 %, dan wordt de streefwaarde berekend met  $H = 2$  %. Voor alle organische verbindingen geldt: als % organische stof > 30 %, dan wordt de streefwaarde berekend met  $H = 30$  %. Bron: VROM ( 2000).

Bij correctie van de streefwaarden van organische verbindingen, met uitzondering van PAK, moeten voor bodems met gemeten organische-stofgehalten van meer dan 30% en minder dan 2%, gehalten van respectievelijk 30% en 2% worden aangehouden. Voor de streefwaarde PAK wordt geen bodemtypecorrectie toegepast voor bodems met een organisch stofgehalte tot 10% en bodems met een organisch stofgehalte boven de 30%. Hiervoor worden respectievelijk 10% en 30% ingevuld (VROM, 2000).

In dit rapport zullen de gemeten gehalten vooral worden uitgedrukt als relatieve stofgehalten. Met onderstaande formule kunnen de relatieve gehalten of concentraties berekend worden.

$$\text{relatieve concentratie of gehalte} = \frac{C_g}{SW}$$

waarin:

$C_g$  = gehalte of concentratie ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ,  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  of  $\mu\text{g.l}^{-1}$ )  
 $SW$  = (gecorrigeerde) streefwaarde ( $\text{mg.kg}^{-1}$ ,  $\mu\text{g.kg}^{-1}$  of  $\mu\text{g.l}^{-1}$ )

Deze benadering heeft als voordeel dat bodemtypen met verschillende organische-stof- en lutumgehalten eenvoudig vergeleken kunnen worden. Bovendien wordt direct zichtbaar of, en in welke mate de streefwaarde overschreden wordt.

## 2.6. Belasting van de bodem met nutriënten en zware metalen

Ter karakterisering van de individuele LMB landbouwbedrijven en de categorie als geheel is eerst het mineralenoverschot van de bedrijven berekend. Het mineralenoverschot van de bedrijven geeft het verlies van een bepaald element (zuiver N, P of K) aan en wordt berekend als de totale aanvoer van buiten het bedrijf minus de totale afvoer vanaf het bedrijf. Bij alle producten die op het bedrijf worden aan- of afgevoerd is gerekend met een normatief mineralengehalte. Voor het berekenen van het mineralenoverschot en de gehanteerde gehalten wordt verwezen naar Daatselaar *et al.* (1990). De grootste aanvoerposten op de mineralenbalans zijn kunstmest, veevoer en organische mest. De op het bedrijf geproduceerde en aangewende mest is onderdeel van een interne mineralenstroom en is dus geen aanvoerpost op de mineralenbalans. De belangrijkste afvoerposten zijn melk, organische mest, vee en gewassen.

Voor elke categorie zijn, per bedrijf, de zware-metaalbalansen berekend. Deze balansen verschillen qua opzet niet van de mineralenbalans.

De belangrijkste aanvoerposten van zware metalen op de veehouderijbedrijven zijn kunstmest, organische meststoffen, depositie en voedermiddelen. De belangrijkste afvoerposten zijn producten als melk en vlees en soms ook dierlijke mest en gewassen.

Voor de categorieën groenteteelt en bollenteelt konden geen mineralenoverschotten worden berekend, omdat hiervoor onvoldoende (gedetailleerde) gegevens in het BIN voor het boekjaar, voorafgaand aan het bemonsteringsjaar, beschikbaar bleken. In deze categorieën zijn als aanvoerposten van zware metalen kunstmest, organische mest en depositie onderscheiden. Vanwege het ontbreken van gedetailleerde gegevens is de afvoer van zware metalen op de bedrijven in deze categorieën normatief per hectare cultuurgrond verondersteld.

Tabel 2.6 geeft een overzicht van de gehalten en forfaitaire afvoer waarmee de zware metalenbalans is berekend. Deze gehalten wijken op onderdelen af van die door Heidemij (1994) zijn gebruikt voor de berekening van zware metalenoverschotten. In tabel 2.6 worden de meest recente gehalten zware metalen gegeven, voor de gebruikte gehalten per bemonsteringsjaar wordt verwezen naar de betreffende jaarrapporten. Bij de berekening van de langjarige gemiddelden is gebruik gemaakt van de meest recente gehalten.

Elke categorie kent meststoffen die veelvuldig worden gebruikt en meststoffen die niet of nauwelijks worden gebruikt. Voor een overzicht van de gebruikte meststoffen per categorie wordt verwezen naar de betreffende jaarrapporten.

Voor zover de gehalten aan zware metalen in de diverse meststoffen niet bekend zijn, worden aangevoerde hoeveelheden hiervan omgerekend naar kg zuiver N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en K<sub>2</sub>O, waarna deze hoeveelheden weer worden vermenigvuldigd met de metaalgehalten voor overig N, P en K in tabel 2.6.

De gehalten zware metalen voor kunstmeststoffen zijn ontleend aan Smilde (1986), Driessen en Roos (1996) en Hotsma *et al.* (1996). De gehalten in de organische mest zijn afkomstig uit



Driessen en Roos (1996) en uit de 'Nationale Milieuverkenning 1990-2000' zoals vermeld in Hoogervorst (1991). De gehalten in krachtvoerders zijn afkomstig uit Productschap voor Veevoeder (1998) en uit de rapportage 'Natuur en milieu in Landbouwmodellen' (Hanegraaf *et al.*, 1991).

Tenslotte dient te worden opgemerkt dat wordt aangenomen dat de balansoverschotten per bedrijf volledig op de bodem terechtkomen. De accumulatie in de bodem is gelijk aan het balans-overschot (netto-belasting) minus de uitspoeling naar diepere lagen. Deze uitspoeling is geschat door de gemeten concentratie aan zware metalen in het grondwater te vermenigvuldigen met het jaarlijkse neerslagoverschot. Op deze wijze is de netto jaarlijkse accumulatie van zware metalen in de bodem berekend. Omdat het hier om een globale berekening gaat, worden alleen categoriegemiddelden gepresenteerd.

Tabel 2.6 Gehalten aan zware metalen \* waarmee de zware metalenbalansen zijn berekend.

Gehalten in producten:	Cd	Pb	Cu	Zn
<b>N-meststof:</b>				
KAS	0,10	0,70	3,54	7,80
MAS	0,40	1,30	2,55	86,68
overig N	0,37	2,70	13,60	30,00
<b>P-meststof:</b>				
superfosfaat	7,41	3,59	23,94	160,02
tripelsuperfosfaat	27,22	5,25	30,13	551,12
overig P	75,00	17,40	114,00	904,00
<b>K-meststof</b>				
K30	0,04	3,92	NB	0,70
K40	0,16	4,40	NB	19,83
K60	0,26	6,60	NB	11,40
overig K	0,35	11,70	13,98	13,98
<b>NPK-meststof:</b>				
N23P23K00	13,11	2,90	26,45	148,12
N12P10K18	7,5	1,70	14,00	73,67
N17P17K17	18,02	0,90	23,97	108,97
N26P14K00	1,25	6,70	9,90	39,00
N00P15K30	12,00	0,96	20,40	114,60
N00P25K25	24,00	7,50	33,00	186,00
N00P14K24	1,25	6,70	9,90	39,00
N00P10K32	12,00	2,00	18,00	108,00
<b>kalkmeststoffen:</b>				
schuimaarde	0,17	1,01	4,63	18,81
overig	0,60	7,00	22,00	61,20
<b>organische mest:</b>				
melkveedrijfmest	0,026	2,323	4,10	9,80
fokvarkendrijfmest	0,038	2,160	39,92	74,80
vleesvarkendrijfmest	0,034	1,962	41,53	67,47
leghennen dun	0,044	4,872	16,67	58,33
leghennen dik	0,111	6,094	33,79	218,28
slachtkuikenmest	0,104	5,664	79,19	174,56
<b>krachtvoer:</b>				
rundvee	0,05	1,40	27,50	58,70
mestvarkens	0,01	1,00	62,60	157,80
zeugen	0,03	1,10	30,20	133,30
biggen	0,04	0,90	169,70	161,20
leghennen	0,02	1,70	15,40	82,30
slachtkuikens	0,05	0,80	30,70	84,00

NB = niet bekend

\* In mg kg<sup>-1</sup> product m.u.v. overig N, overig P en overig K waarbij de gehalten respectievelijk zijn uitgedrukt in mg kg<sup>-1</sup> zuiver N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> en K<sub>2</sub>O.

Bron: LEI-DLO

### 3. DE TOESTAND VAN DE BODEM IN NEDERLAND

#### 3.1. Opbouw van de dataset

De LMB-dataset is opgebouwd uit de bedrijfsgemiddelden per parameter voor 0-10 cm diepte en de individuele waarnemingen per parameter voor 30-50 cm diepte en grondwater. Zodoende bevat de dataset per bedrijf 1 waarde voor bodem: 0-10 cm, 1 waarde voor bodem: 30-50 cm en 1 waarde voor grondwater: 0-100 cm onder de grondwaterspiegel. Indien een streefwaarde is gedefinieerd voor een parameter, is ook het relatieve gehalte bekend, naast het absolute gehalte. In tabel 3.1 is aangegeven hoe bij het bewerken van de data is omgegaan met waarnemingen beneden de bepalingsgrens.

*Tabel 3.1 Het omgaan met bepalingsgrenzen bij het bewerken van de dataset.*

<ul style="list-style-type: none"> <li>Een of meer individuele waarnemingen (0-10 cm, grondwater) &lt; bep. gr.</li> </ul>	waarnemingen < bep.gr. x 0,7 → absoluut gemiddelde berekenen waarnemingen < bep.gr. x 0,7 → delen door SW → relatief gemiddelde berekenen
<ul style="list-style-type: none"> <li>Individuele waarneming (30 – 50 cm) &lt; bep. gr.</li> </ul>	individuele waarneming (30-50 cm) x 0,7 → absolute waarde (30- 50 cm) individuele waarneming (30-50 cm) x 0,7 → delen door SW → relatieve waarde (30- 50 cm)
<ul style="list-style-type: none"> <li>SW &lt; bep. gr. (aldrin, endrin, <math>\gamma</math>-HCH, <math>\alpha</math>-endosulfan, <math>\beta</math>-heptachloorepoxide)</li> </ul>	SW = bep. gr.; geen correctie O.S; bepalingsgrenzen zoals aangegeven in Ministerie van VROM (2000) liggen beduidend hoger dan bepalingsgrenzen die in dit onderzoek zijn gehanteerd.
<ul style="list-style-type: none"> <li>SW na correctie &lt; bep. gr. (heptachloorepoxide, dieldrin)</li> </ul>	SW na correctie = bep. gr.; geen correctie O.S.

bep.gr.: bepalingsgrens

#### 3.2. Bepalingsgrenzen

In bijlage IV wordt voor beide diepten, per parameter en per jaar het percentage van de waarnemingen gegeven dat onder de bepalingsgrens ligt. Indien het percentage waarnemingen ‘kleiner dan bepalingsgrens’ groter is dan nul, wordt tevens de bepalingsgrens vermeld. Bepalingsgrenzen zijn afhankelijk van de gehanteerde analysemethode, maar ook van de matrix. Dat wil zeggen dat de bepalingsgrens wordt beïnvloed door bijvoorbeeld het bodemtype of de aanwezigheid van storende stoffen. Als gevolg hiervan kunnen de bepalingsgrenzen tussen en binnen categorieën verschillen.

De gehalten zware metalen op beide diepten vertonen weinig waarnemingen onder de bepalingsgrens. En dit is ook het geval voor de concentraties zware metalen in het grondwater.

Bij PAK worden meer waarnemingen gevonden onder de bepalingsgrens dan bij de zware metalen. Met name naftaleen wordt nauwelijks aangetroffen in de bodemmonsters. De streefwaarde voor de som-PAK ligt voldoende hoog ten opzichte van de bepalingsgrenzen van de individuele PAK en hoeft dus niet gecorrigeerd te worden.

De organochloor-bestrijdingsmiddelen kennen zeer veel waarnemingen onder de bepalingsgrens. In veel gevallen blijkt dat meer dan 50% te zijn. In het geval van aldrin, endrin,  $\gamma$ -HCH,  $\alpha$ -endosulfan en  $\beta$ -heptachloorepoxide ligt de streefwaarde onder de bepalingsgrens. Tevens blijkt de streefwaarde na organische-stofcorrectie, in een aantal gevallen voor heptachloor en dieldrin onder de bepalingsgrens te liggen. In bovenstaande gevallen is de streefwaarde verhoogd tot de bepalingsgrens, zoals in VROM (2000) wordt voorgeschreven.

### **3.3. Gehalten in Nederland per geanalyseerde parameter**

In deze paragraaf wordt in tabelvorm een totaal-overzicht gegeven van de gehalten van de onderzochte parameters in de Nederlandse bodem (tabel 3.2). Hierbij wordt nog geen onderscheid gemaakt tussen de verschillende categorieën. In de bijlagen worden aanvullende tabellen en grafieken gepresenteerd, zoals cumulatieve frequentieverdelingen.

#### *Zware metalen*

Het gemiddelde en de mediaan van de gehalten in de bodem liggen voor alle zware metalen op een niveau van ongeveer de helft van de streefwaarde of lager. Wel komen soms maximale gehalten voor tot ongeveer 4 keer de streefwaarde. Het percentage locaties met gehalten hoger dan de streefwaarde ligt voor alle metalen onder de 10%. Gezien de methode waarmee de streefwaarden zijn afgeleid is dit geen verrassing, zie paragraaf 4.2.1.

Vrijwel alle zware metalen komen in de bovenlaag voor in een hoger gehalte dan in de onderlaag, met uitzondering van chroom.

In het bovenste grondwater van Nederland wordt de streefwaarde voor zware metalen op grote schaal overschreden. Concentraties tot ca. 60 keer de streefwaarde komen voor. Op ongeveer 30% van de LMB-locaties zijn de zink- en cadmiumconcentraties in het bovenste grondwater hoger dan de streefwaarde. Voor koper en nikkel is dat op ca. 15% van de locaties het geval. Voor chroom is dit zelfs 55%. Arseen en lood vertonen maar een laag percentage overschrijdingen van de streefwaarde, 5% of minder van de locaties.

#### *Polycyclische aromatische koolwaterstoffen*

Voor som-PAK komen weinig streefwaardeoverschrijdingen voor. De mediaan en het gemiddelde van de som-PAK-gehalten in de Nederlandse bodem liggen voor zowel de ondergrond als de bovengrond ruim beneden de streefwaarde. Slechts 1 tot 2 % van de locaties heeft een gehalte boven de streefwaarde.

Tabel 3.2 Gemiddelde, mediaan en maximumgehalte per onderzochte parameter en bodemlaag, relatief en absoluut, en % overschrijding van de streefwaarde (SW).

		diepte (cm)	absoluut			relatief t.o.v. de streefwaarde				
			gemiddelde	mediaan	maximum	gemiddelde	mediaan	maximum	SW*	%> SW
ZWARE METALEN (mg.kg <sup>-1</sup> )	Zn	0-10	60,48	39,50	398,18	0,54	0,48	3,70	140	3,7
		30-50	47,07	29,10	310,43	0,40	0,36	2,43		1,8
	Cu	0-10	17,49	13,38	102,75	0,59	0,55	2,36	36	8,5
		30-50	12,31	6,90	50,74	0,40	0,31	1,42		0,6
	Cr	0-10	39,46	27,03	105,98	0,47	0,45	0,97	100	0,0
		30-50	42,62	29,70	121,50	0,48	0,48	1,29		0,6
	Cd	0-10	0,37	0,29	1,79	0,54	0,47	2,68	0,8	2,6
		30-50	0,21	0,15	1,03	0,31	0,27	1,88		1,8
	Pb	0-10	31,22	19,81	303,48	0,41	0,30	3,11	85	4,8
		30-50	20,99	13,39	163,81	0,27	0,20	1,76		3,6
	Hg	0-10	0,07	0,05	0,70	0,27	0,19	2,26	0,3	3,2
		30-50	0,04	0,02	0,34	0,13	0,09	1,20		0,6
PAK (µg.kg <sup>-1</sup> , SOM-PAK in mg.kg <sup>-1</sup> )	PHE	0-10	33,73	19,75	408,85					
		30-50	19,60	9,85	315,78					
	ANT	0-10	6,28	3,39	60,57					
		30-50	3,84	0,93	124,21					
	FLT	0-10	83,19	50,73	834,96					
		30-50	29,94	12,34	1037,10					
	BaA	0-10	30,55	19,01	255,36					
		30-50	10,79	5,75	94,90					
	CHR	0-10	46,55	29,13	361,11					
		30-50	14,64	8,50	118,61					
	BkF	0-10	26,27	14,76	185,21					
		30-50	8,45	4,92	72,63					
	BaP	0-10	36,32	21,97	325,12					
		30-50	12,38	6,64	108,28					
	BPE	0-10	30,07	20,16	185,24					
		30-50	16,60	9,23	358,05					
	IPY	0-10	41,95	28,41	344,84					
		30-50	16,06	8,24	107,85					
	NPH	0-10	7,29	6,30	153,52					
		30-50	5,87	5,67	118,20					
	SOM-PAK	0-10	0,35	0,23	2,48	0,27	0,21	2,47	1,0	1,59
		30-50	0,14	0,08	1,48	0,11	0,08	0,96		0
	ACE	0-10	8,25	7,70	39,88					
		30-50	7,40	5,88	14,00					
FLU	0-10	2,05	1,40	25,78						
	30-50	1,29	1,12	24,13						
PYR	0-10	60,77	39,45	444,71						
	30-50	19,77	9,88	268,50						
BbF	0-10	63,29	39,45	423,56						
	30-50	23,07	14,81	130,48						
DBA	0-10	7,40	4,96	45,78						
	30-50	5,89	2,10	190,02						

(vervolg tabel 3.2)

		diepte (cm)	absoluut			relatief t.o.v. de streefwaarde				
			gemiddelde	mediaan	maximum	gemiddelde	mediaan	maximum	SW*	%> SW
ORGANOCHLOORBESTRIJDINGSMIDDELEN ( $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	$\alpha$ -HCH	0-10	0,41	0,35	5,97	0,24	0,20	0,99	3,0	0,0
		30-50	0,36	0,35	2,40	0,39	0,43	0,90		
	$\beta$ -HCH	0-10	1,70	0,35	23,26	0,30	0,09	3,24	9,0	7,9
		30-50	0,42	0,35	3,19	0,15	0,15	1,72		
	$\gamma$ -HCH	0-10	4,24	0,50	208,50	8,49	1,01	417,00	0,5**	50,3
		30-50	0,75	0,35	25,57	1,50	0,70	51,14		
	$\delta$ -HCH	0-10	0,37	0,35	2,57					
		30-50	0,35	0,35	0,35					
	HCB	0-10	1,90	0,68	14,36	0,12	0,04	2,39	9,0	0,5
		30-50	1,26	0,35	16,56	0,14	0,06	2,76		
	Hepta	0-10	0,35	0,35	0,49	0,60	0,70	0,98	0,7	0,6
		30-50	0,35	0,35	0,55	0,64	0,70	1,00		
	Aldrin	0-10	0,41	0,35	6,36	0,83	0,70	12,72	0,5**	3,2
		30-50	0,61	0,35	32,53	1,21	0,70	65,07		
	$\beta$ -hepo	0-10	0,52	0,35	7,96	1,04	0,70	15,93	0,5**	19,0
		30-50	0,38	0,35	2,69	0,75	0,70	5,39		
	$\alpha$ -endo	0-10	0,36	0,35	0,92	0,71	0,70	1,84	0,5**	1,6
		30-50	0,35	0,35	0,69	0,70	0,70	1,38		
	Dieldrin	0-10	5,10	0,57	61,62	8,52	1,10	123,24	0,5	51,3
		30-50	2,14	0,35	38,07	4,03	0,70	76,14		
	ppDDE	0-10	5,15	1,60	93,53					
		30-50	2,44	0,68	61,97					
	Endrin	0-10	0,38	0,35	1,33	0,75	0,70	2,66	0,5**	3,7
		30-50	0,35	0,35	0,72	0,70	0,70	1,44		
	$\beta$ -endo	0-10	0,59	0,35	11,86					
		30-50	0,38	0,35	2,47					
	ppTDE	0-10	0,95	0,35	8,84					
		30-50	0,67	0,35	13,26					
opDDT	0-10	1,77	0,35	34,40						
	30-50	0,64	0,35	9,62						
ppDDT	0-10	9,36	1,83	131,58						
	30-50	5,53	0,66	300,94						
Som-DDT	0-10	17,23	4,66	264,85	3,39	0,75	96,15	10	46,6	
	30-50	9,29	2,29	337,83	3,46	0,79	168,92			
Som-drins	0-10	5,89	1,30	62,32	2,26	0,48	30,43	5	28,6	
	30-50	3,10	1,05	45,09	2,22	0,91	45,09			
Som-HCH	0-10	6,73	1,84	211,10	0,91	0,40	13,14	10	20,6	
	30-50	1,89	1,40	26,62	0,53	0,56	2,31			
ZWARE METALEN - GRONDWATER ( $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ )	Zn		92,15	32,70	2462,31	1,42	0,50	37,88	65	33,9
	Cd		0,59	0,16	23,39	1,48	0,40	58,48	0,4	29,1
	Pb		2,24	1,39	22,15	0,15	0,09	1,48	15	2,1
	Cr		1,59	1,16	10,05	1,59	1,16	10,05	1	55,0
	Cu		8,81	6,35	89,55	0,59	0,42	5,97	15	15,9
	Ni		11,72	5,59	260,14	0,78	0,37	17,34	15	18,2
	As		3,23	1,57	58,55	0,32	0,16	5,86	10	5,3

\* Streefwaarde voor een standaard bodem na correctie voor bepalinggrens.

\*\* bepalinggrens

### *Organochloorbestrijdingsmiddelen*

Gehalten van verschillende organochloorbestrijdingsmiddelen in de Nederlandse bodem zijn vaak fors hoger dan de streefwaarde. De mediaan en het gemiddelde van de gevonden gehalten liggen voor een aantal stoffen ruim boven de streefwaarde. Gehalten lopen op tot ca. 400 keer de streefwaarde. Voor DDT, drins en HCH's worden op 20-50% van de locaties gehalten boven de streefwaarde gevonden.

### **3.4. Vergelijking van de verschillende categorieën**

In deze paragraaf worden de stofgehalten per categorie besproken, zowel voor de bodem als voor het bovenste grondwater.

#### *Zware metalen*

Over het algemeen liggen de gemiddelde zware-metaalgehalten voor de verschillende categorieën rond een niveau van 0,5 keer de streefwaarde met enkele uitschieters naar boven en beneden (figuur 3.1). Relatief hoge gemiddelde gehalten en hoge % waarnemingen boven de streefwaarde worden gevonden voor zink in grasland/rivierklei, grasland/veen en akkerbouw/zeeklei, koper in grasland/veen, akkerbouw/zand, grasland/rivierklei en groente, cadmium in intensieve veehouderij en grasland/rivierklei, lood in grasland/veen en kwik in grasland/veen. De hoogste absolute gehalten van nagenoeg alle zware metalen worden gevonden in de categorieën grasland/rivierklei en grasland/veen. Voor alle metalen met uitzondering van chroom zijn de gemiddelde absolute gehalten in deze twee categorieën ongeveer twee keer zo hoog (of meer) als in de andere categorieën (bijlage V). Ook als we de gehalten relatief ten opzichte van de streefwaarde berekenen, hebben grasland/rivierklei en grasland/veen vaak de hoogste gemiddelde relatieve gehalten. Dit beeld is het duidelijkst bij zink, cadmium, kwik en lood. Bossen op zand hebben vaak de laagste gemiddelde gehalten, met uitzondering van cadmium en lood.

In het bovenste grondwater hebben de boslocaties juist de hoogste cadmium- en zinkconcentraties, gemiddeld meer dan 5 keer de streefwaarde en veel hoger dan de concentraties in het grondwater onder landbouw (figuur 3.1). Onder bos/zand heeft meer dan 75% van de locaties een cadmium of zinkconcentratie boven de streefwaarde. Op ca. 10% van de locaties wordt zelfs de interventiewaarde voor Cd en Zn in het grondwater overschreden (Groot *et al.*, 1997). De koper-, lood-, chroom- en kwikconcentraties in het grondwater onder bossen op zand zijn vergelijkbaar met, of lager dan, die in het grondwater van de landbouwcategorieën. Wat betreft de concentraties in het grondwater valt verder op dat de concentraties lood in het grondwater het hoogst zijn onder grasland/veen maar dat de streefwaarde hier niet overschreden wordt; dat de categoriegemiddelde koperconcentraties vooral onder landbouw op zand en veen hoog zijn (rond de streefwaarde) en dat de chroomconcentraties in het grondwater overal, maar met name in de zandgebieden, boven de streefwaarde liggen.

#### *som-PAK*

Omdat voor de individuele PAK in VROM (2000) geen streefwaarde meer zijn gedefinieerd,

wordt de nadruk gelegd op de som-PAK. De gemiddelde som-PAK-gehalten van de categorieën zijn laag ten opzichte van de streefwaarde en verschillen weinig van elkaar. De categorieën grasland/veen en grasland/rivierklei hebben het hoogste gemiddelde (zowel absoluut als relatief ten opzichte van de streefwaarde) voor zowel de laag van 0-10 cm als de laag van 30-50 cm (figuur 3.2, bijlage X-a).

#### *Organochloor bestrijdingsmiddelen*

De gehalten van som-DDT in de bodem zijn op grote schaal fors hoger dan de streefwaarde. De grootste streefwaarde-overschrijdingen komen voor bij akkerbouw/zeeklei, gemiddeld ca. 17 keer de streefwaarde op 30-50 cm diepte, met een maximum bedrijfsgemiddelde van 170 keer de streefwaarde (Figuur 3.2). Ook de relatieve gehalten onder groente zijn hoog. De hoogste absolute gehalten van som-DDT komen voor in grasland/veen, maar door het hoge organische-stofgehalte is de streefwaarde in deze gronden hoog, waardoor de streefwaarde-overschrijdingen gering zijn. In bos/zand zijn de gemiddelde relatieve som-DDT gehalten het laagst.

Ook voor som-drins komen vaak streefwaarde-overschrijdingen voor in de Nederlandse bodem. De categorieën bloembollen, akkerbouw/zeeklei en akkerbouw/zand hebben de hoogste gemiddelde relatieve gehalten, variërend tussen ca. 5 en ca. 20 keer de streefwaarde. Bos/zand heeft de laagste relatieve som-drinsgehalten.

De categoriegemiddelde som-HCH gehalten in de Nederlandse bodem liggen op een niveau van maximaal 2 keer de streefwaarde, met uitschieters naar 13 keer de streefwaarde. De relatieve gehalten zijn lager dan die van som-DDT en som-drins.

### **3.5. Belasting van de bodem met zware metalen per LMB-categorie**

Op de wijze van paragraaf 2.6 is voor elke LMB-categorie de gemiddelde bodembelasting met koper, lood, cadmium en zink berekend uit het overschot op de zware-metalenbalans op bedrijfsniveau. Het overschot op bedrijfsniveau is berekend als gemiddelde over de ca. 5-jarige periode dat een bedrijf aan het LEI-BIN deelneemt om korte-termijnfluctuaties uit te sluiten. De uitspoeling van de genoemde zware metalen is berekend met behulp van de gemeten concentraties van zware metalen in het grondwater, een jaarlijks neerslagoverschot van 300 mm en een porositeit van 0,3. De categoriegemiddelde accumulatie van zware metalen in de bodem is vervolgens berekend als het verschil tussen het gemiddelde overschot en de gemiddelde uitspoeling. In figuur 3.3 wordt de aldus berekende accumulatie per zwaar metaal getoond.

Opgemerkt moet worden dat het hier gaat om de recente bodembelasting in de periode van ongeveer 1993 tot 1999. Historische bronnen van bodembelasting met zware metalen zoals bijvoorbeeld hoge looddeposities uit het pre-katalysatortijdperk of hoge cadmiumdeposities in zuidoost Nederland zijn dus niet in de berekende bodembelastingen opgenomen, maar hebben mogelijk nog wel invloed op de gevonden zware-metaalgehalten in de bodem. Hierop wordt nader ingegaan bij de beschrijving van de relatie tussen bodembelasting en bodemgehalte (hoofdstuk 4).



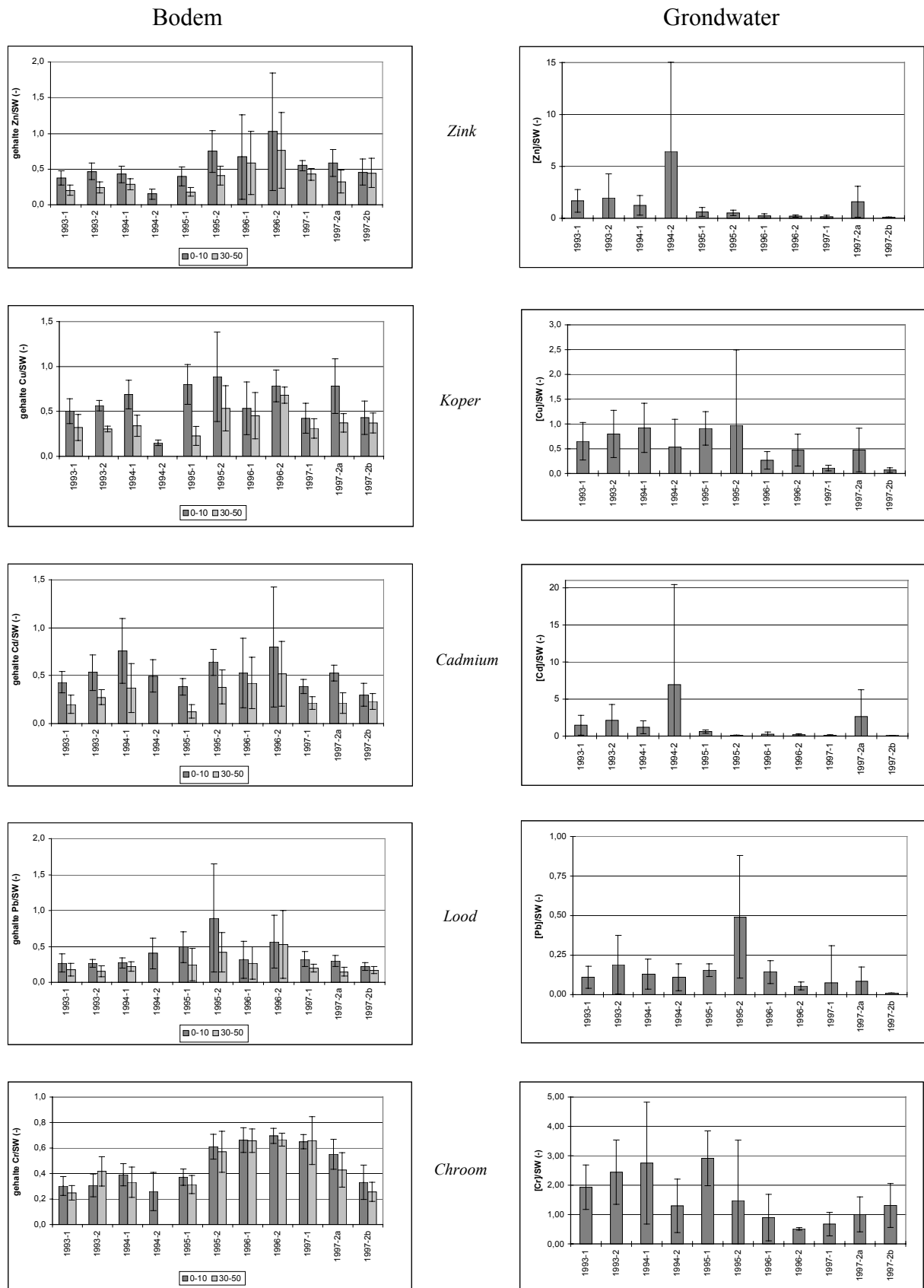
In bijlage XVII wordt het zware metalen overschot verder onderverdeeld naar soort belasting, zoals dierlijke mest, kunstmest, atmosferische depositie, etc. Deze gegevens zijn ontleend aan de jaarrapporten van het LMB, omdat langjarige gemiddelden hiervan niet beschikbaar zijn. Het gevolg hiervan is dat het totale overschot uit figuur 3.3 niet helemaal overeenkomt met de in bijlage XVII getoonde belasting. De belastingsgegevens zoals deze in de betreffende figuren worden getoond, worden weergegeven in bijlage XVI.

De loodbelasting is voor alle categorieën ongeveer vergelijkbaar, omdat atmosferische depositie hier de belangrijkste bron is en die verschilt niet zoveel tussen de categorieën. Alleen in de categorie bloembollen wordt er een aanzienlijke hoeveelheid lood via mest aangevoerd. Gezien de onzekerheid van de metaalbelasting in deze categorie (zie ook par. 2.6) berust deze hoge belasting waarschijnlijk op verkeerde belastingsgegevens.

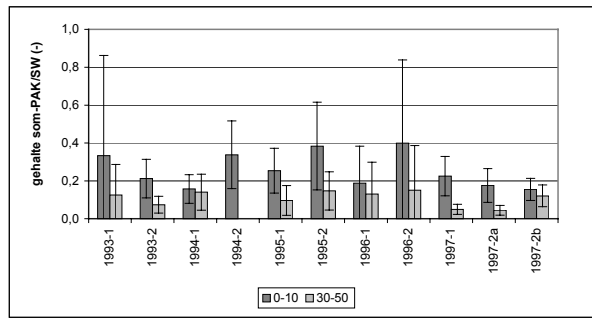
Bij de zware metalen die vooral via kunstmest en dierlijke mest worden aangevoerd (koper, cadmium en zink) zien we wel verschillen tussen de categorieën. Zink en koper, vooral afkomstig uit dierlijke mest, kennen de hoogste belasting in de categorie intensieve veehouderij. Ook bij akkerbouw/zand, grasland/rivierklei en grasland/zand is de aanvoer van koper en zink via dierlijke mest groot. Bij de akkerbouwbedrijven gaat het hierbij om dierlijke mest geproduceerd op veebedrijven elders. Bij de graslandbedrijven gaat het vooral om dierlijke mest, geproduceerd op het eigen bedrijf. Cadmium wordt vooral via kunstmest aangevoerd. Cadmiumoverschotten zijn hoog in de categorieën grasland/zand en groente.

De uitspoeling van lood en koper in de landbouwcategorieën is gering in vergelijking met de belasting. Hierdoor is de accumulatie in de bodem min of meer gelijk aan de bodembelasting. Bij zink speelt uitspoeling soms wel een rol waardoor de uiteindelijke accumulatie van zink in de bodem wat minder is dan de bodembelasting.

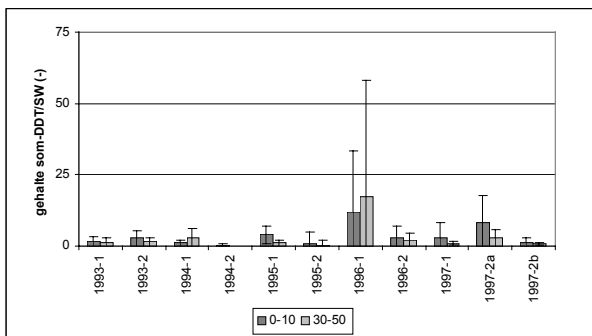
In de categorie bos/zand is het beeld volkomen anders. De belasting met zink, koper en cadmium is, door het ontbreken van bemesting, relatief gering. Bij koper is ook de uitspoeling gering waardoor er netto nauwelijks accumulatie plaatsvindt. Bij cadmium en zink is de uitspoeling bijzonder groot, vele malen groter dan de huidige belasting. Waarschijnlijk speelt verzuring hierbij een rol. Ook moeten de gehalten van deze zware metalen vroeger, onder invloed van historische belasting, hoger zijn geweest. Netto resultaat is een zeer grote uitspoeling naar het grondwater, waarbij de gehalten in de bodem afnemen.



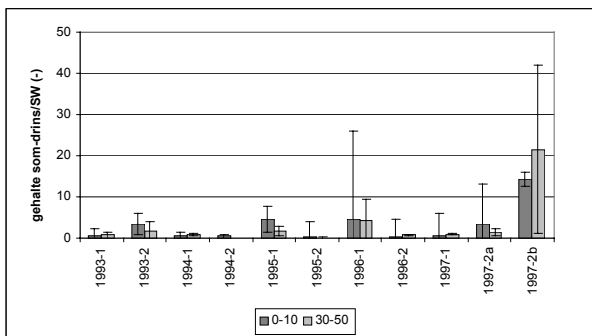
Figuur 3.1 Zware-metaalgehalten (relatief t.o.v. de streefwaarde) in bodem (links) en grondwater (rechts).



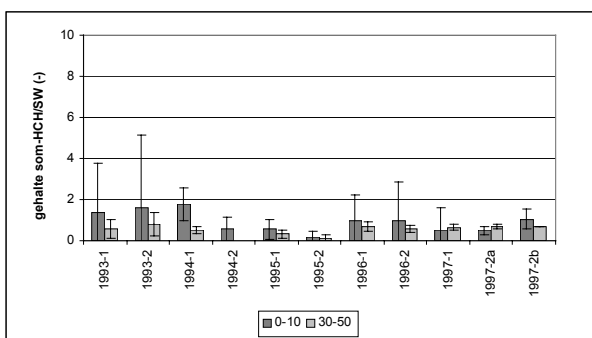
*Som-PAK*



*Som-DDT*

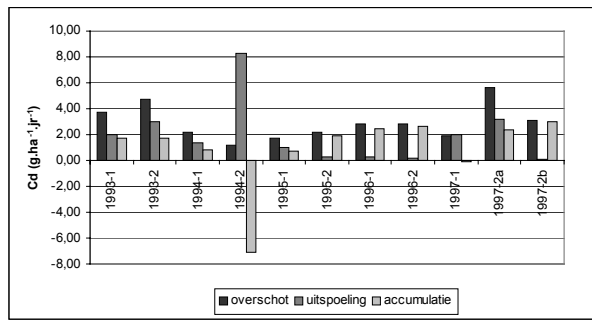


*Som-drins*

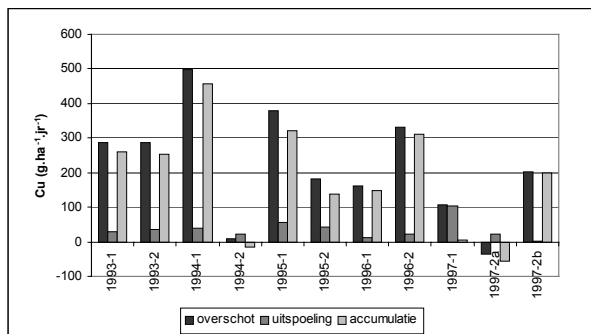


*Som-HCH*

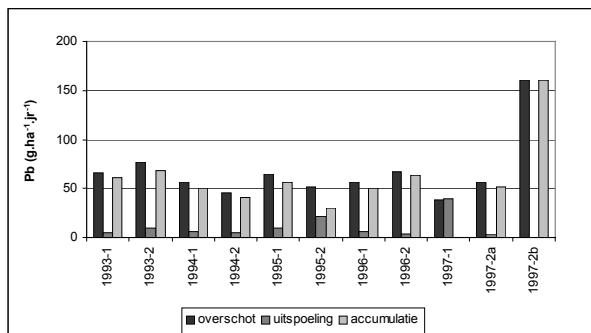
Figuur 3.2 Gehalten van een aantal organische verbindingen in de bodem. De gemiddelde gehalten per LMB-categorie (relatief ten opzichte van de streefwaarde) plus het bijbehorende betrouwbaarheidsinterval zijn weergegeven.



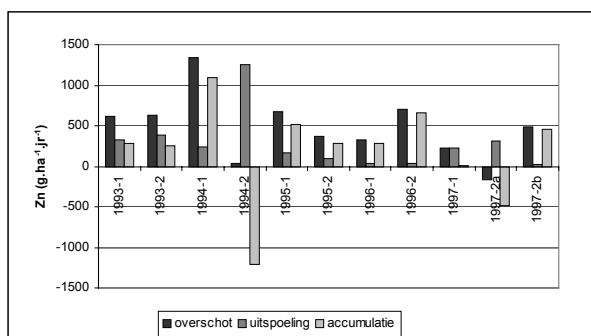
*Cadmium*



*Koper*



*Lood*



*Zink*

Figuur 3.3 Bedrijfsoverschot (=bodembelasting), uitspoeling en accumulatie van verschillende zware metalen per categorie

## 4. DISCUSSIE

In de vorige paragraaf is een overzicht gegeven van de huidige toestand van de Nederlandse bodem aan de hand van de gehalten van zware metalen, bestrijdingsmiddelen en PAK en is de accumulatie van zware metalen als gevolg van atmosferische depositie en toediening van dierlijke en organische mest berekend. In deze paragraaf staat de vraag centraal wat de invloed van het menselijk handelen is (geweest) op de diffuse bodemkwaliteit in Nederland en wat de eventuele risico's van deze bodemkwaliteit zijn, zowel nu als in de toekomst.

### 4.1. De invloed van de mens op de bodemkwaliteit in Nederland

#### 4.1.1. Bestrijdingsmiddelen en PAK

De invloed van de mens op de Nederlandse bodemkwaliteit is evident in de gehalten van stoffen die van nature niet in de bodem voorkomen, zoals bestrijdingsmiddelen. Waar deze stoffen worden aangetoond, zijn ze door de mens toegediend, door atmosferische depositie of lokale toepassing.

Bijna alle bestrijdingsmiddelen die in het LMB zijn onderzocht, zijn reeds lange tijd verboden in Nederland. De gevonden gehalten in de bodem zijn dus grotendeels restanten van toediening van bestrijdingsmiddelen in het verleden.

Bij DDT zien we nog op grote schaal streefwaarde-overschrijdingen, terwijl het gebruik van DDT sinds 1973 is verboden. DDT werd toegediend als insectenbestrijdingsmiddel. In totaal werd in de eerste LMB-ronde (ruim 20 jaar na het verbod) in ruim 40% van de monsters (zowel in boven- als ondergrond) som-DDT gehalten boven de streefwaarde gevonden, met als maximum 168 x de streefwaarde. De hoogste relatieve gehalten komen voor in akkerbouw op zand en op zeeklei en in tuinbouw. De laagste gehalten worden, zoals verwacht, gevonden in de bos/zand, met atmosferische depositie als bron.

Drins zijn sinds de jaren 80 verboden maar komen eveneens nog veel voor in gehalten boven de streefwaarde. In 30-40% van de gevallen (zowel boven- als ondergrond) wordt de streefwaarde overschreden, met een maximumgehalte van 45 x de streefwaarde. Ook drins werden toegediend voor insectenbestrijding. Drins komen vooral voor in intensieve melkveehouderij, akkerbouw/zand, akkerbouw/zeeklei, groente en bloembollen. In bos/zand worden geen streefwaardeoverschrijdingen gevonden.

HCH (o.a. lindaan:  $\gamma$ -HCH), een insecticide, werd tot 1999 nog beperkt toegepast in akkerbouw en tuinbouw. HCH vertoont minder overschrijdingen van de streefwaarde, maar ook hier vertonen de meeste landbouwcategorieën hogere gehalten dan bos/zand.

Van een aantal bestrijdingsmiddelen die in het LMB onderzocht zijn is bekend wat de actuele atmosferische depositie is (Duyzer en Vonk, 2002) (Tabel 4.1). Lindaan, HCB, endosulfan en DDT (en afbraakprodukten) worden, vooral door gebruik in het buitenland, nog steeds via atmosferische depositie aan de bodem toegevoegd. Tevens is een schatting gemaakt van de benodigde periode om de gevonden gehalten in de bodem te verkrijgen bij deze huidige atmosferische depositie. We concluderen dat de gevonden lindaangehalten (bijvoorbeeld in

bossen) kunnen worden verklaard door een atmosferische depositie op huidig niveau van enkele tientallen jaren. Voor HCB, som-DDT en endosulfan is de termijn echter enkele honderden tot enkele duizenden jaren. Voor deze middelen geldt dus inderdaad dat de (hogere) toediening in het verleden de oorzaak moet zijn geweest van de huidige streefwaardeoverschrijdingen in de bodem.

Omdat het bij de bestrijdingsmiddelen gaat om middelen die in het verleden zijn toegediend en die momenteel niet meer gebruikt mogen worden, is te verwachten dat de gehalten, zij het langzaam, verder zullen afnemen. Halfwaardetijden in de bodem liggen in de orde van tien jaar of meer (Meijer *et al.*, 2001) zodat het minstens tientallen jaren duurt voordat de gehalten tot onder de streefwaarde zijn gedaald.

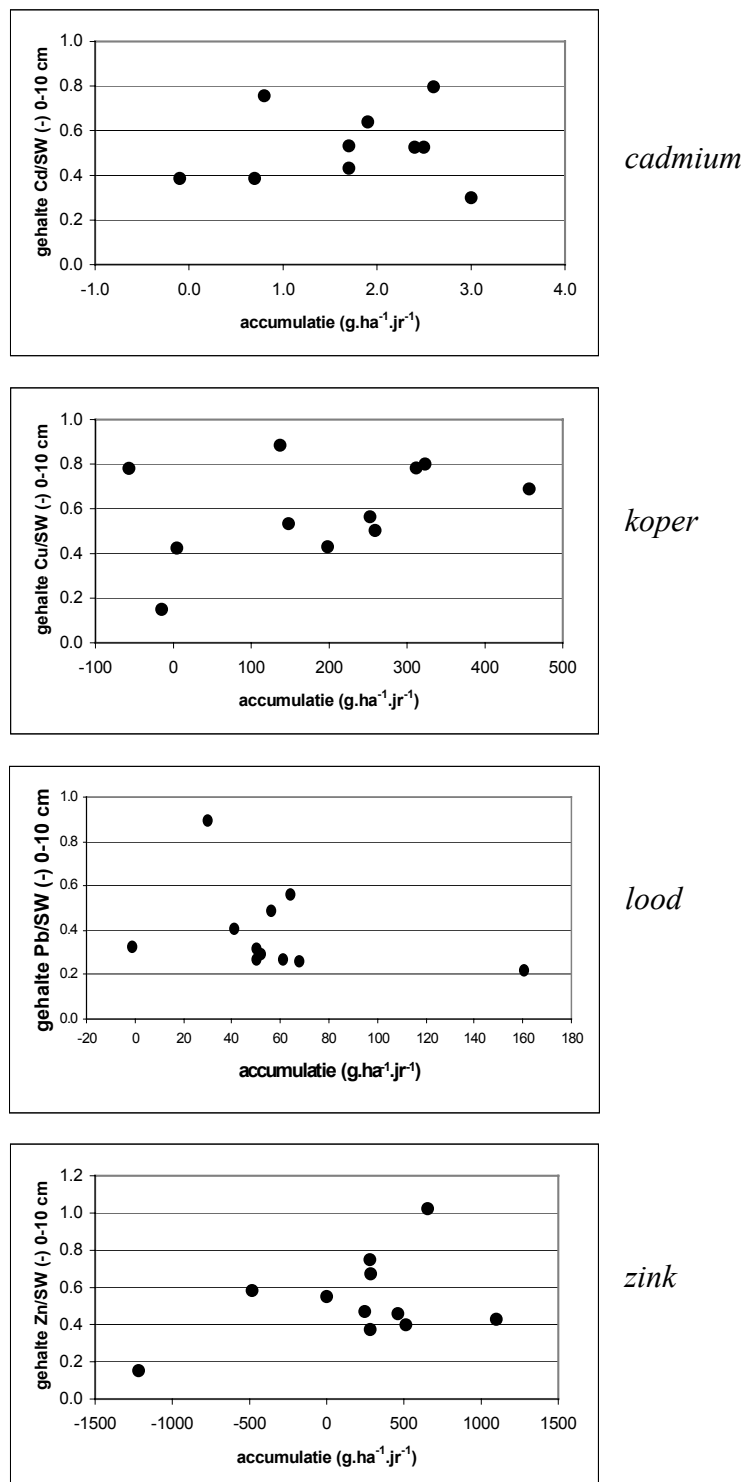
PAK komen vooral via atmosferische depositie in de bodem. Verwacht wordt dat er geen invloed van lokale toediening (landbouw) is. De resultaten bevestigen deze verwachting. De gemiddelde PAK-gehalten per LMB-categorie liggen namelijk weinig uit elkaar en in bossen komen PAK-gehalten voor die vergelijkbaar zijn met de gehalten in landbouwpercelen. Overschrijdingen van de som-PAK streefwaarde komen weinig voor. In tegenstelling tot de situatie bij bestrijdingsmiddelen is de PAK-depositie in verhouding tot de gehalten in de bodem nog aanzienlijk (tabel 4.1), al is wel sprake van een afname in de afgelopen decennia (Duyzer en Vonk, 2002).

*Tabel 4.1 Relatie tussen huidige atmosferische depositie en bodemgehalten voor enkele organische verbindingen. Deposities zijn afkomstig uit Duyzer en Vonk (2002).*

Stof:	Huidige gemiddelde depositie ( $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{jr}$ )	Huidige gehalte in bovenste 10 cm (laagste-hoogste) ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )	Aantal jaren tot het bereiken van het huidige gehalte
Som-PAK	279	25600-161600	90-600
Lindaan	7	65-2500	10-370
HCB	0,2	70-1200	300-5400
Endosulfan	0,1	0-74	1400
Som-DDT	0,4	549-6600	1400-17300

#### 4.1.2. Zware metalen

Zware metalen komen, in tegenstelling tot PAK en bestrijdingsmiddelen, ook van nature in de bodem voor. Verder komen ze zowel via atmosferische depositie als toediening via kunstmest en dierlijke mest in de bodem. Per metaal verschilt de verspreidingswijze. In figuur 4.1 is voor cadmium, lood, koper en zink de relatie weergegeven tussen de recente accumulatie in de bodem (berekend op de wijze van paragraaf 2.6) en de huidige gehalten in de toplaag van de bodem. Uit deze figuur en ook uit de correlatiematrix tussen metaalbelasting en gehalten (bijlagen XVIII en XIX) concluderen we dat er geen relatie is tussen de *recente* zware-metalenbelasting van de Nederlandse bodem en de huidige gehalten in die bodem.



Figuur 4.1 Relatie tussen accumulatie en relatief gehalte in de bodem voor vier zware metalen

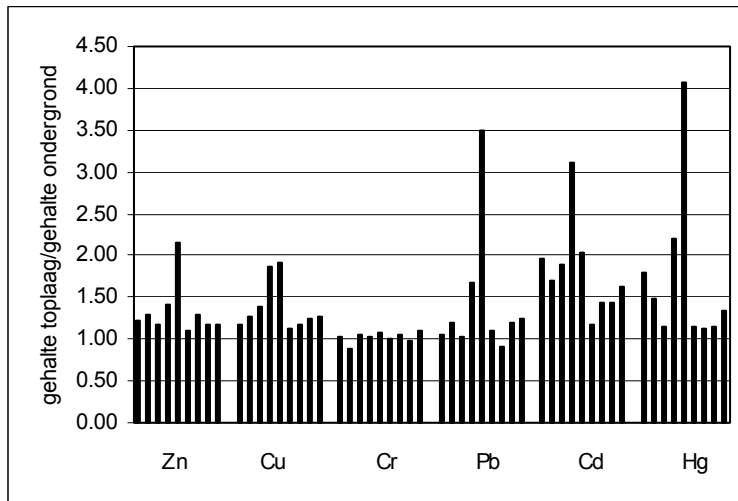
Om te onderzoeken wat de invloed is van *historische* zware-metalenbelasting op de diffuse bodemkwaliteit in Nederland vergelijken we de gehalten in boven- en ondergrond en de gehalten in bos en landbouw. Omdat zware metalen adsorberen aan organische stof en klei worden verschillen tussen bodemtypen en bodemlagen deels veroorzaakt door verschillende klei en organische-stofgehalten. Met behulp van een Restricted Maximum Likelihood procedure (Genstat) zijn alle gemeten zware-metaalgehalten teruggerekend naar de lutum- en organische-stofgehalten van een standaardbodem. Op deze wijze wordt de invloed van deze twee bodemeigenschappen geminimaliseerd. In figuur 4.2 is de aanrijking van de bovengrond ten opzichte van de ondergrond voor de verschillende metalen en categorieën weergegeven, na correctie voor verschillen in organische stof en lutum. Bos/zand is niet weergegeven omdat daar geen gehalten in de ondergrond bepaald zijn. Op basis van figuur 4.2 concluderen we dat er bij chroom geen menselijke invloed op de gehalten in de bodem zichtbaar is. Bij alle andere metalen is die invloed er wel. Ook Mol (2002) concludeerde dat Cr-gehalten in de Nederlandse bodem niet antropogeen verhoogd zijn.

In figuur 4.3 zijn de zware-metaalgehalten van de landbouwgronden ten opzichte van de gehalten in de bossen weergegeven, ook nu weer na correctie voor verschillen in organische stof en lutum. Uit deze figuur trekken we de volgende conclusies:

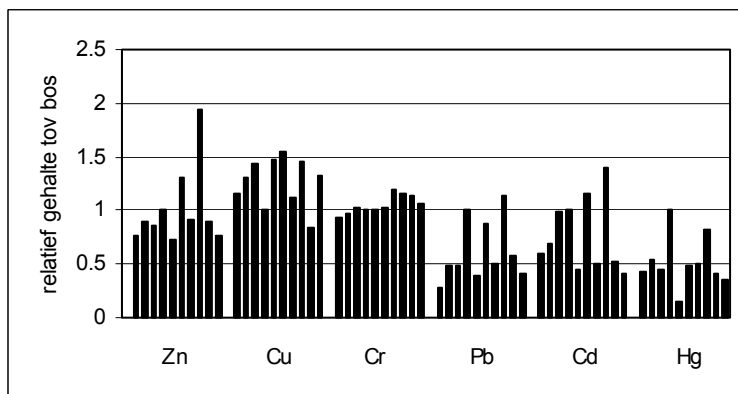
- De geringe antropogene invloed op de chroomgehalten van de bodem wordt bevestigd door de kleine verschillen in chroomgehalten tussen de landbouwcategorieën enerzijds en de bossen anderzijds.
- De verhoogde kopergehalten in de Nederlandse landbouwbodems worden vooral veroorzaakt door bemesting. Met uitzondering van melkveehouderij/zeeklei hebben alle landbouwcategorieën namelijk hogere kopergehalten dan de bossen.
- De gehalten aan zink, koper, cadmium, lood en kwik zijn relatief hoog in grasland/veen en in grasland/rivierklei. In de rapportage over LMB96 (Groot *et al.*, 2000) is aangetoond dat in uiterwaardpercelen hoge zware-metaalgehalten voorkomen. Bij de veengronden speelt de aanwezigheid van toemaakdekken een rol (zie hierna).
- Hoge lood- en kwikgehalten in de bodem zijn daarnaast vooral veroorzaakt door atmosferische depositie. Met uitzondering van de veengronden (toemaak) en rivierkleigronden (uiterwaarden) zijn de lood- en kwikgehalten in bossen gemiddeld twee of meer keer zo hoog als in landbouwgronden. Uit andere studies (onder andere Draaijers *et al.*, 1988) is bekend dat bosranden meer stoffen 'invangen' dan landbouwgronden waardoor de uiteindelijke depositie op de bosbodem hoger is dan bij landbouwpercelen.
- De zink- en cadmiumgehalten in landbouwgronden zijn gemiddeld lager dan die in bos (met uitzondering van grasland/veen en grasland/rivierklei, zie hierboven). Dit wordt veroorzaakt door de zeer hoge zink- en cadmiumgehalten van enkele locaties in Zuid-Nederland (zie hieronder). Hierdoor wordt de mogelijke bijdrage van bemesting aan de zink- en cadmiumgehalten in de bodem gemaskeerd.

De historische hoge atmosferische depositie van zware metalen afkomstig uit de zinksmelterijen in het zuiden heeft geleid tot hoge cadmium- en zinkgehalten in de bodem van Zuid-Nederland (Wilkens, 1995; Mol, 2002). Ook in het LMB is deze invloed zichtbaar.





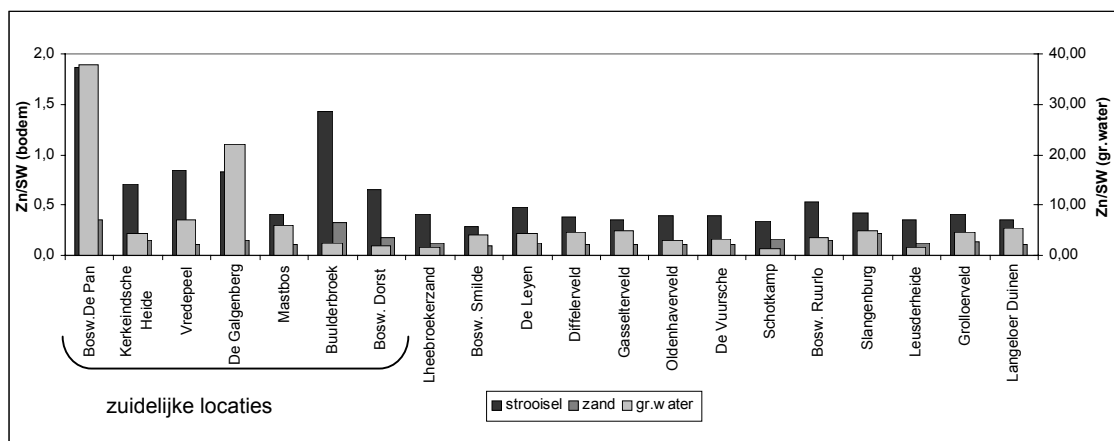
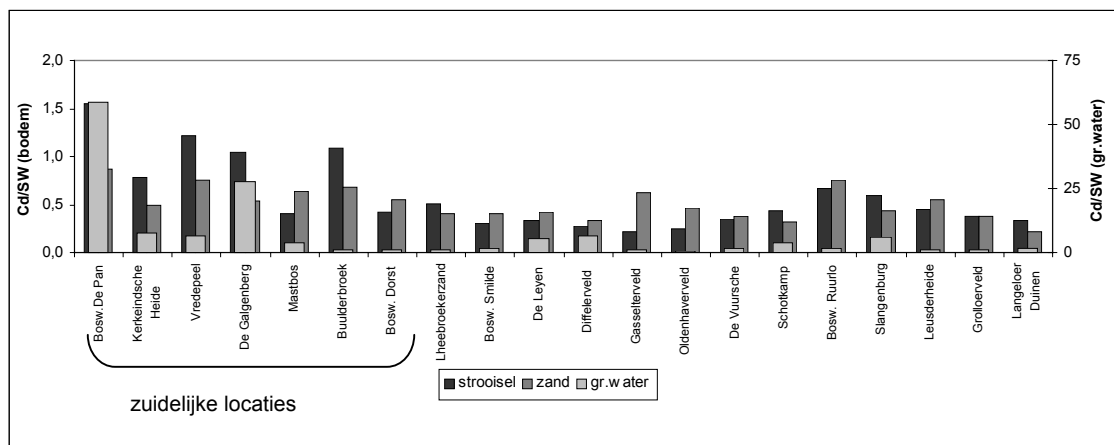
Figuur 4.2 De invloed van diffuse belasting op de gehalten aan zware metalen in de bodem van Nederland. Weergegeven is het metaalgehalte in de bovengrond ten opzichte van het gehalte in de ondergrond. Hierbij is gecorrigeerd voor verschillen in lutum en organische stof.



Figuur 4.3 De invloed van de landbouw op het zware metalengehalte in de bodem. Weergegeven is het gehalte aan zware metalen in de toplaag van de verschillende categorieën relatief ten opzichte van het gehalte in bos/zand. Hierbij is gecorrigeerd voor verschillen in lutum- en organische-stofgehalten.

In figuur 4.4 zijn de zink- en cadmiumgehalten van de boslocaties van zuid naar noord weergegeven. De zuidelijke locaties vertonen de hoogste gehalten aan zink en cadmium in bosstrooisel, zand en grondwater.

Een ander aspect van de relatie tussen menselijk handelen en bodemkwaliteit betreft de oorzaak van verhoogde loodgehalten. Met behulp van de verhouding tussen verschillende loodisotopen kan de bron van lood in de bodem bepaald worden. In het kader van het LMB is door Walraven *et al.* (2000) aangetoond dat het lood in bossen/zand enkel afkomstig is van atmosferische depositie van benzinelood, en in akkerbouw/grasland vooral van een combinatie van atmosferische depositie (>50%), organische mest en kunstmest. In enkele



Figuur 4.4 Relatie tussen noord-zuid gradiënt en gehalte aan cadmium (boven) en zink (onder) in bodem en grondwater van de 20 bos/zand locaties

locaties werd ook lood uit bouwmaterialen/steenkol aantroffen, onder andere in veengronden. Lexmond *et al.* (1987) toonde al aan dat in veengronden hoge loodgehalten voorkomen als gevolg van het aanbrengen van ‘toemaak’ (een mengsel van bagger, mest en stadsvuil dat tussen de middeleeuwen en het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw aan met name veengronden is toegevoegd). Ook de gehalten aan koper, kwik, zink en PAK in veengronden kunnen verhoogd zijn door het opbrengen van toemaak in het (verre) verleden.

Uit het voorgaande volgt dat de meeste factoren die de huidige diffuse zware-metaalgehalten in de bodem hebben bepaald, in het verleden liggen. Een mix van diverse beleidsmaatregelen heeft ertoe geleid dat de belasting van de Nederlandse bodem de afgelopen decennia sterk is afgenomen: de toemaakdekken en de overstromingen van, en slibdepositie in, uiterwaarden zijn erfenissen uit het (verre) verleden. De looddepositie is door invoering van de auto-

katalysator sterk verminderd. De zinksmelterijen zijn gesaneerd. Extreem hoge dierlijke mestgiften behoren inmiddels ook tot het verleden.

De huidige zware-metalenbalansen (paragraaf 3.5) duiden echter op een voortgaande toename van de zware-metaalgehalten in de bodem, met name onder landbouw. Na de tweede LMB-ronde, afgerond in 2003, zullen de actuele zware-metalenbalansen vergeleken worden met de actuele toe- en afname van zware metalen.

## **4.2. Risico's**

Tot nu toe zijn de gevonden gehalten aan zware metalen en organische verbindingen weergegeven als absoluut gehalte of als relatief gehalte ten opzichte van de streefwaarde. Enerzijds geven de relatieve gehalten aan hoe ver het einddoel voor het bodembeleid (namelijk op termijn nergens meer een streefwaarde-overschrijding) nog verwijderd is. Anderzijds geven de relatieve gehalten in principe aan hoe 'erg' een bepaald absoluut gehalte van een stof is, omdat de streefwaarde het concentratieniveau zou moeten zijn waarbij de risico's voor mens en ecosysteem verwaarloosbaar zijn. In deze paragraaf wordt ingegaan op de vraag wat de gevonden stofgehalten betekenen voor mens en ecosysteem.

### **4.2.1. Vergelijking met streefwaarden, afstand tot beleidsdoel**

Voor zware metalen is het beleidsdoel voor de diffuse bodemkwaliteit (de streefwaarde) grotendeels bereikt, maar in de toekomst dreigen nieuwe streefwaardeoverschrijdingen (par. 3.5 en 4.1). Voor PAK is eveneens het beleidsdoel bereikt, en zijn in de toekomst geen streefwaardeoverschrijdingen te verwachten. Voor bestrijdingsmiddelen is het beleidsdoel nog ver verwijderd, maar zijn de oorzaken hiervan inmiddels grotendeels weggenomen.

Deze conclusies worden sterk bepaald door de hoogte van de streefwaarden en door de wijze waarop streefwaarden zijn afgeleid. In de rest van deze paragraaf zullen we naar aanleiding van de LMB-resultaten de hoogte van de streefwaarden voor de verschillende stoffen en stofgroepen nader analyseren en conclusies trekken over de betekenis van de streefwaarden.

De vigerende set van streefwaarden is vastgelegd in de circulaire Streefwaarden en Interventiewaarden Bodemsanering (Circulaire SIB: VROM, 2000). De hierin opgenomen streefwaarden zijn grotendeels afkomstig uit de notitie Integrale Normstelling Stoffen (VROM, 1997, 1999) waarin voor het afleiden van de streefwaarden de 'Toegevoegd Risico Methode' is toegepast. Bij deze methode wordt de streefwaarde voor een bepaalde stof berekend als de som van de natuurlijke achtergrondconcentratie plus de 'Verwaarloosbare Toevoeging'. Hierbij wordt de verwaarloosbare toevoeging vastgesteld op basis van toxicologische studies. Voor bestrijdingsmiddelen is het natuurlijke achtergrondgehalte nul, dus de streefwaarde zou enkel gebaseerd moeten zijn op toxicologische studies. Voor PAK is niet bekend of er een natuurlijk achtergrondgehalte is, maar waarschijnlijk is de waarde erg laag (Wilcke, 2000). De streefwaarden voor individuele PAK en individuele bestrijdingsmiddelen zijn in de INS-notitie op deze wijze vastgesteld. In de praktijk wordt echter ook veel gewerkt met somnormen, vooral bij bestrijdingsmiddelen en PAK. Bekijken we de streefwaarden voor som-DDT, som-drins en som-HCH in de Circulaire SIB, dan valt op dat

deze streefwaarden zijn afgeleid uit de gehalten zoals die momenteel voorkomen in de Nederlandse bodem, inclusief landbouwgronden. Aangezien het hier niet gaat om natuurlijke achtergrondgehalten is de streefwaarde een factor 10 à 100 te hoog. Het is dan ook niet verassend dat de streefwaarden voor individuele drins (aldrin:  $0,00006 \text{ mg.kg}^{-1}$ ; dieldrin:  $0,0005$ ; endrin:  $0,00004$ ; alle voor een standaardbodem), die wel enkel op toxicologische studies zijn gebaseerd, veel lager zijn dan de norm voor som-drins ( $0,005 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) die gebaseerd is op de thans voorkomende gehalten in de Nederlandse bodem. Hetzelfde geldt voor DDT: de som-DDT streefwaarde is  $0,01 \text{ mg.kg}^{-1}$ ; de individuele streefwaarden voor DDT, DDD en DDE zijn respectievelijk  $0,00009$ ,  $0,00002$  en  $0,00001 \text{ mg.kg}^{-1}$ . Ook bij som-PAK zien we dat de streefwaarde ( $1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ) veel hoger is dan de toxicologisch afgeleide streefwaarden voor individuele PAK (tussen  $0,001$  en  $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ ). Bij zware metalen is wel sprake van een natuurlijke achtergrond. Omdat de natuurlijke achtergrondgehalten meestal veel hoger zijn dan de verwaarloosbare toevoeging, wordt de streefwaarde bij zware metalen vooral bepaald door het natuurlijke achtergrondgehalte. Dit achtergrondgehalte is voor de huidige generatie streefwaarden in de Circulaire SIB gebaseerd op de 90 percentielen van zware-metaalgehalten in de bodem van natuurgebieden. Uit het LMB blijkt echter dat ook in natuurgebieden de thans voorkomende gehalten niet de natuurlijke achtergrondgehalten zijn, maar antropogeen beïnvloed zijn. Fraters *et al.* (2001) hebben al aangetoond dat de natuurlijke achtergrondgehalten van zware metalen in de bodem van Nederland minstens een factor 2 lager zijn dan de thans voorkomende gehalten. Mol (2002) concludeert dat de natuurlijke achtergrondgehalten voor lood en zink 5 à 10 keer lager zijn dan de thans geldende streefwaarden.

De conclusie is dat weliswaar een deel van de thans geldende streefwaarden voor bodemkwaliteit volgens de toegevoegd risico methodiek is afgeleid maar dat juist bij de belangrijkste stoffen en meest gebruikte streefwaarden (zware metalen, som-PAK, som-DDT, som-drins en som-HCH) een afwijkende redenering is gevolgd waardoor deze streefwaarden enerzijds veel hoger zijn en anderzijds geen toxicologische basis hebben. De mate van streefwaardeoverschrijding bij de betreffende stoffen kan dan ook niet geïnterpreteerd worden als een maat voor het risico van het stofgehalte voor het bodemecosysteem.

#### **4.2.2. Risico's voor landbouw en voedselveiligheid**

Gehalten aan zware metalen, PAK en bestrijdingsmiddelen in de bodem kunnen dusdanig hoog zijn dat er risico's voor landbouwkundige gewasproductie en gewaskwaliteit ontstaan. In het algemeen kunnen er vier soorten problemen optreden:

- Opbrengstderving;
- Vergiftiging van dieren (bijvoorbeeld via gras);
- Vergiftiging van de mens - direct via consumptie van akkerbouwgewassen;
- Vergiftiging van de mens - indirect via consumptie van vlees, melk, kaas, etc.

Om de gevolgen van bodemverontreiniging voor landbouwkundig gebruik in beeld te brengen zijn de LAC-sigitaalwaarden afgeleid (LNV, 1991). Deze LAC-sigitaalwaarden

geven het gehalte van een stof in de bodem aan, waarboven nader onderzoek naar de kwaliteit van de gewassen van de betreffende grond uitgevoerd zou moeten worden. Gezien de vele onzekerheden in de afleiding van LAC-signaalwaarden en de grote invloed van lokale bodemeigenschappen als pH, kleigehalte, organische-stofgehalte, etc. betekent een overschrijding van de LAC-signaalwaarde in de bodem niet automatisch dat wettelijk vastgestelde productkwaliteitsnormen worden overschreden.

Tabel 4.2. LAC-signaalwaarden (i.e. kritieke stofgehalten in de bodem met het oog op landbouwkundig gebruik) voor bestrijdingsmiddelen

	maximum gehalte in LMB ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )	streef- waarde ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )	LAC-signaalwaarde bij een bepaald bodemgebruik ( $\mu\text{g.kg}^{-1}$ )		
			grasland	mais	akkerbouw/ groente
aldrin	33	0,06	300	500	100 – 500
dieldrin	62	0,5	300	500	100 – 500
endrin	1	0,04	200	400	100 – 500
som-DDT	338	10	2500	4000	100 – 500
$\alpha$ -HCH	6	3	300	500	100 – 500
$\beta$ -HCH	23	9	100	200	100 – 500
$\gamma$ -HCH	209	0,05	2500	4000	100 – 500
b-hepo	8	0,0002	100	200	100 – 500
HCB	17	30	300	500	100 – 500

Voor OCB's zijn LAC-signaalwaarden gegeven in tabel 4.2. Voor bijna alle OCB's liggen de maximaal gevonden gehalten in het LMB ruim onder de LAC-signaalwaarden (vergelijk tabel 3.2 met tabel 4.2). Uitzonderingen zijn  $\gamma$ -HCH (lindaan), som-DDT en dieldrin (hoogste gehalte respectievelijk 209, 338, en 62  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ), waar de maximaal gevonden gehalten in akkerbouw/zand in de buurt van de LAC-signaalwaarde liggen. De conclusie is dat voor de meeste OCB's de gehalten in de bodem niet dusdanig hoog zijn dat de voedselveiligheid in gevaar komt. Hierbij dient wel beseft te worden dat de LAC-signaalwaarden voor OCB's een zeer voorlopig karakter hebben.

Van zware metalen is bekend dat ze kunnen accumuleren in planten. Voor landbouwgronden is daarom de vraag van belang bij welke zware-metaalgehalten de voedselveiligheid in gevaar komt. Hierbij gaat het om zowel om directe effecten op de mens (waarbij het metaalgehalte in een gewas als tarwe dusdanig hoog is dat het gewas niet meer geschikt is voor menselijke consumptie) als effecten op dieren via veevoerkwaliteit (bijvoorbeeld gras of mais). In tabel 4.3 zijn de LAC-signaalwaarden (LNV, 1991) weergegeven die het kritische gehalte aangeven voor effecten van zware metalen in de bodem op landbouwkundige gewasproductie. We concluderen dat de LAC-signaalwaarden ongeveer gelijk of hoger zijn dan de streefwaarde voor een standaardbodem (tabel 4.3). Op grond van de resultaten in hoofdstuk 3 is dus niet te verwachten dat de LAC-signaalwaarden op grote schaal worden overschreden in Nederland. De LAC-signaalwaarden hebben echter een aantal nadelen, zoals het feit dat er slechts een zeer beperkte bodemtypecorrectie is opgenomen, en dat de pH

geen rol speelt (De Vries *et al.*, 2001). De afgelopen jaren zijn dan ook methoden ontwikkeld om op een andere manier te kijken naar effecten van zware metalen in de bodem op gewaskwaliteit, waarbij rekening wordt gehouden met locatiespecifieke gehalten van zware metalen, organische stof en lutum en met de pH. In enkele recente publicaties (De Vries *et al.*, 2001; Brus *et al.*, 2002a, 2002b; De Vries *et al.*, 2002) zijn de LMB-gegevens, soms in combinatie met andere databestanden, gebruikt om een inschatting te maken van de risico's van de huidige zware-metaalgehalten in de Nederlandse bodem voor landbouwkundige gewaskwaliteit. De conclusies van die publicaties zijn dat voor cadmium en lood de kans op overschrijding van het kritieke metaalgehalte in de bodem voor tarwe en maïs regelmatig groter is dan 5% en regionaal (Brabantse Kempen, Midden- en Zuid-Limburg) vaak groter dan 50%. Voor de overige metalen en gewassen is de kans op overschrijding van het kritieke metaalgehalte in de bodem momenteel klein.

Tabel 4.3. Vergelijking tussen LAC-siginaalwaarden (i.e. kritieke metaalgehalten in de bodem met het oog op landbouwkundig gebruik) en de streefwaarde voor een standaardbodem (10% organische stof, 25 % klei)

	maximum gehalte in LMB (mg.kg <sup>-1</sup> )	streef- waarde (mg.kg <sup>-1</sup> )	LAC-siginaalwaarde bij een bepaald bodemgebruik en bodemtype (mg.kg <sup>-1</sup> )												
			grasland- beweiding			bouwland- veevoer			bouwland- overig			niet uitgesplitst			
			zand	veen	klei	zand	veen	klei	zand	veen	klei	zand	veen	klei	
cadmium	1,8	0,8	2	3	3	0,5	1	1	0,5	1	1				
chromium	122	100											200	300	300
koper	103	36	30*	30*	30*	50	80	50	50	200	50				
kwik	0,7	0,3											2	2	2
lood	303	85	150	150	150	150	150	150	100	200	200				
zink	398	140	200	350	350	100	350	350	100	350	350				

\* deze waarde geldt voor beweiding door schapen, de overige voor grasland-algemeen

#### 4.2.3. Risico's voor bodemecosystemen

De vaststelling van streef- en grenswaarden voor stoffen in het milieu hebben uiteindelijk tot doel om verspreiding, blootstelling en effecten van die stoffen bij mens en ecosystemen te voorkómen (preventief stoffenbeleid). Normoverschrijding is niet 1:1 gerelateerd aan lokale ecologische effecten, aangezien de normen op generieke basis zijn vastgesteld. Bij geringe overschrijdingen van de normen zijn daadwerkelijke effecten in het veld bovendien moeilijk vast te stellen omdat meerdere stressfactoren van invloed zijn, tezamen met effecten van bodemgebruik en grondbewerking. Uiteindelijke ecologische effecten zijn dus een resultante van een complex aan verstrengelde factoren. Het onderzoek in het LMB heeft aangetoond dat de normwaarden voor bepaalde stoffen regelmatig worden overschreden (zie voorgaande paragraaf). Omdat normoverschrijding (per stof) dus geen inzicht geeft in daadwerkelijke effecten blijft de vraag: *wat zijn de risico's van normoverschrijdingen voor lokale bodemecosystemen?* Er zijn twee manieren om dit te ontrafelen.

1. Berekening van de Potentieel Aangetaste Fractie (PAF) van organismen in het ecosysteem, op basis van ecotoxicologische laboratorium gegevens per stof en bodemeigenschappen.

2. Vaststellen van effecten uit bodembologisch veldonderzoek met behulp van (multiple) responsmodellen, of door vergelijking van waarnemingen met een geschikte referentie.

Beide werkwijzen voor ecologische risicoschatting hebben geen deel uitgemaakt van de analyse in dit LMB-rapport. Ontwikkelingen in kennis, methoden en datasets hebben parallel plaatsgevonden. Een synthese is mogelijk en wenselijk, maar is nog niet uitgevoerd. Hieronder wordt een korte voorbeeld uitgewerkt van de ecologische risicoschattingen die kunnen plaatsvinden met de LMB-dataset. Technisch gezien is dit inmiddels uitvoerbaar.

*ad 1. Modelmatige voorspelling van ecotoxicologische effecten van normoverschrijdingen:*

De gemeten stofgehalten kunnen niet rechtstreeks vertaald worden naar biologische verschijnselen. Dit is wel gewenst aangezien er bijvoorbeeld voor metalen en bestrijdingsmiddelenresiduen, regelmatig normoverschrijdingen worden aangetoond. Posthuma *et al.* (2002) hebben de mogelijkheden geschetst om een voorspelling te doen omtrent te verwachten ecologische effecten.

De gegevens die via het LMB verzameld zijn, bieden mogelijkheden om de chemische gehalten te vertalen naar locatiespecifieke toxische druk van het aangetroffen stoffenmengsel. Dit gebeurt door middel van toepassing van het zogenaamde Species Sensitivity Distributions (SSD) concept, dat ook ten grondslag ligt aan de normstelling van toxische stoffen. In de methode wordt allereerst per stof, de locale toxische druk van de biobeschikbare fractie op organismen berekend. Dit wordt uiteengezet in het eerdergenoemde overzichtswerk, de details worden hier niet behandeld. De eenheid van toxische druk is de zogenaamde Potentieel Aangetaste Fractie (PAF). Indien deze bijvoorbeeld 30% blijkt te zijn bij de locale beschikbare concentratie van een stof, dan betekent dit dat bij 30% van de soorten die in deze bodem aanwezig zijn er effecten te verwachten zijn. Hoe hoger de PAF, hoe hoger het aantal soorten dat nadelige invloeden zal ondervinden. PAF-waarden, als resultaat van de modellering, zijn dimensieloos. Dit is van belang voor het beoordelen van mengsels: door toepassing van toxicologische principes aangaande de effecten van mengsels, kunnen stoffen in toxicologische zin 'opgeteld worden' tot een enkelvoudige waarde van de meer-stoffen PAF (ms-PAF) voor een locatie. Op deze manier is de PAF, maar ook de ms-PAF, een relatieve maat voor toxische druk op een locatie. Aan de hand van de hier geschetste methodiek kunnen de in het LMB-onderzoek waargenomen concentraties van een serie van stoffen worden samengevat in een biologisch betekenisvolle (zij het relatieve) maat voor risico. Dit levert een meerwaarde ten opzichte van de interpretatie van de afzonderlijke parameters ten opzichte van de beleidsdoelstellingen. Een recente toepassing van het SSD-concept op een vergelijkbare gegevensverzameling toont de effectiviteit van deze aanpak, en de inzichtelijkheid van de resultaten (De Zwart *et al.*, in prep.). Aangezien de modellen aanwezig zijn, verdient het aanbeveling deze gebruiken om de biologische effecten van de in het LMB-werk waargenomen abiotische trends concreet te voorspellen.

*ad 2. Responsmodellen voor soorten op basis van veldwaarnemingen:*

De relatieve maat 'toxische druk', uitgedrukt als PAF of ms-PAF per locatie, suggereert dat

er verschillen in effecten zullen optreden bij soortenverzamelingen die worden blootgesteld. De validatie van deze effecten is mogelijk door de relatie tussen veldwaarnemingen en abiotische drukvariabelen verder statistisch te modelleren. Hierdoor kunnen de berekende relatieve verschillen in toxische druk van de mengsels worden vertaald in toe- en afnemende dichtheden van meetbare soortgroepen. Ook hier is ervaring mee opgedaan in andere kaders. Uit het eerdergenoemde werk van De Zwart *et al.* (in prep.) bleek bijvoorbeeld dat de modelvoorspellingen van toxische druk samenhangen met effecten op levensgemeenschappen van vissen in natuurlijke oppervlaktewatersystemen.

De voorgestelde responsmodellering kan ook worden uitgevoerd aan de hand van biologische metingen die in de periode 1993-1997 binnen het LMB zijn gedaan. Deze gegevens hebben betrekking op levensgemeenschappen van nematoden (=aaltjes). De soortengroep is gekozen, omdat deze in alle grondsoorten vertegenwoordigd is met een groot aantal individuen, soorten en functionele groepen (Bongers, 1988; Bongers, 1990; Yeates *et al.*, 1993). De metingen zijn relatief eenvoudig en goedkoop uit te voeren. Naast de verzameling nematoden-gegevens is er sinds 1999 (LMB2) bovendien op systematische wijze een uitgebreidere bodemecosysteemanalyse gedaan, met daarin waarnemingen aan micro-organismen, nematoden, potwormen, regenwormen, mijten en springstaarten, aangevuld met procesmetingen aan koolstof- en stikstofmineralisatie (Schouten *et al.*, 2000; 2002). Door deze verbreding wordt gestreefd naar een bredere representatie van de in het veld vóórkomende soortgroepen, waardoor de effecten ook geïnterpreteerd kunnen worden in het licht van ecologische functies van bodem, en duurzaamheid en stabiliteit.

Gebruik makend van de nematodengegevens uit LMB1 is reeds een verkennende studie uitgevoerd naar de invloed van zware metalen op het voorkomen van soorten, met behulp van zogenaamde (multiple regressie) responsmodellen (zie hoofdstuk 7.3.4 in Posthuma *et al.*, 1998). Significante regressiemodellen konden worden afgeleid voor 62 soorten. Ongeveer éénderde van de soorten (22) bleek een significante negatieve associatie te vertonen tussen hun vóórkomen en één of meerdere metalen. Berekeningen met behulp van deze modellen suggereren, dat er rond de generieke streefwaarden van lood en zink reeds een verminderde kans op voorkomen kan zijn van respectievelijk 11% en 4 % van de nematodensoorten in de bodem. Of er op een locatie daadwerkelijk sprake is van verminderd vóórkomen wordt uiteraard mede bepaald door de invloeden van de andere lokale bodemeigenschappen en grondbewerking. Deze invloeden kunnen de metaaleffecten versterken dan wel versluieren.

De tot dusver uitgevoerde responsmodellering met de biologische gegevens uit het LMB en uit andere bronnen is niet uitputtend geweest. Na de verkennende studie is het aantal gegevens sterk uitgebreid (meer monsterdata, meer locaties, meer soortengroepen), zodat verbeterde analyses kunnen worden uitgevoerd. Deze kunnen een op veldwaarnemingen gebaseerd inzicht geven in de effecten van verschillende stressfactoren op bodemorganismen en bodemfuncties.

De verzamelde veldwaarnemingen kunnen in principe ook worden gebruikt om ecologische eigenschappen, die afwijken van een referentie-conditie, te kwantificeren. Voorwaarde is dan dat er een referentiebeeld bestaat. Voor de bodem zijn echter nog geen ecologische



streefbeeld vastgesteld, analoog aan bijvoorbeeld de natuurdoeltype-indeling.

De opzet van het LMB maakt het wel mogelijk om verschillen tussen de ecologische eigenschappen van bodems en bodemgebruikstypen vast te stellen, waarbij één van de categorieën als referentie kan dienen. Deze benadering is voornamelijk toepasbaar binnen de drie categorieën graslanden op zandgrond. Gebruiksintensiteit kan hier worden uitgedrukt in eenheden van veebezetting. Bij deze benadering kunnen effecten van zware metalen alleen worden aangetoond, als er verschillen tussen de categorieën bestaan. De bijdrage van verschillende stressfactoren op bodembioologische eigenschappen is nog niet nader geanalyseerd. De resultaten van het bodembioologische onderzoek zijn verder beschreven in Van Esbroek *et al.* (1996, 1997, 1998, 1999).

#### *Conclusies ten aanzien van ecologische risico's voor bodemecosystemen*

Overschrijdingen van generieke normen blijken in het LMB regelmatig op te treden, maar zijn geen leidraad naar daadwerkelijke effecten in veldbodems. Zowel via modellering met behulp van SSDs als via responsmodellering, is het mogelijk om waarden voor afzonderlijke stressfactoren te vertalen naar ecologische effecten. De rekenmethoden en databases zijn inmiddels beschikbaar, verdere uitwerking zal in de toekomst plaats vinden. Uiteindelijk zijn de ecologische effecten de achterliggende motivatie van de milieuregelgeving, en zijn de generieke normen zoals streefwaarden daar slechts afgeleiden van.

#### **4.2.4. De toekomst**

We hebben in dit hoofdstuk geconcludeerd dat de huidige gehalten aan zware metalen en bestrijdingsmiddelen in de bodem vooral zijn veroorzaakt door belasting in het verleden. Bij bestrijdingsmiddelen zijn de stoffen waar het om gaat inmiddels verboden, zodat het probleem zichzelf oplost, zij het dat dit nog tientallen jaren kan duren.

Bij zware metalen is echter sprake van voortgaande accumulatie. In paragraaf 3.5 is aangetoond dat voor alle landbouwcategorieën de aanvoer van zware metalen (bijvoorbeeld via mest) groter is dan de afvoer (bijvoorbeeld via gewas of uitspoeling). Dit betekent dat accumulatie van zware metalen in de bodem doorgaat. Per stof is uitgerekend hoe lang het voor de verschillende LMB-categorieën duurt voordat streefwaarden en andere bodemkwaliteitsniveaus overschreden gaan worden (De Vries *et al.*, 2002). In tabel 4.4 zijn de resultaten samengevat. Voor cadmium en koper wordt voorspeld dat binnen enkele jaren de streefwaardeoverschrijdingen in de Nederlandse landbouwgronden zullen toenemen. Voor lood en zink zal dit meer dan 100 jaar duren. Uit hoofdstuk 4 kan echter geconcludeerd worden dat, vanwege de te hoge waarde van de zware-metalenstreefwaarden, ecologische effecten en effecten op de voedselveiligheid mogelijk al eerder te verwachten zijn.

*Tabel 4.4 Periode tot streefwaardeoverschrijding in de bodem voor de landbouwbedrijven in het LMB, onder de huidige belasting (Uit De Vries et al, 2002).*

	Periode tot overschrijding, gemiddelde + 5%-95% range			
	Cd	Pb	Cu	Zn
Tijd (jaren)	197 (12-1008)	1178 (307-3120)	465 (0-4815)	297 (193-599)



## 5. CONCLUSIES

Over het algemeen liggen de categoriegemiddelde zware-metaalgehalten in de bodem van het landelijk gebied rond een niveau van 0,5 keer de streefwaarde met enkele uitschieters naar boven en beneden. Relatief hoge gemiddelde gehalten worden gevonden voor zink in grasland/rivierklei, grasland/veen en akkerbouw/zeeklei, koper in grasland/veen, akkerbouw/zand, grasland/rivierklei en groente, cadmium in intensieve veehouderij en grasland/rivierklei, lood in grasland/veen en kwik in grasland/veen. Bossen op zand hebben vaak de laagste gemiddelde gehalten in de bodem, met uitzondering van cadmium en lood.

In het bovenste grondwater hebben de boslocaties de hoogste cadmium- en zinkconcentraties, gemiddeld meer dan 5 keer de streefwaarde en veel hoger dan de concentraties in het grondwater onder landbouw. Onder bos/zand heeft meer dan 75% van de boslocaties een cadmium of zinkconcentratie boven de streefwaarde. Op ca. 10% van de locaties wordt zelfs de interventiewaarde voor Cd en Zn in het grondwater overschreden. De koper-, lood-, chroom- en kwikconcentraties in het grondwater onder bossen op zand zijn vergelijkbaar met, of lager dan, die in het grondwater van de landbouwcategorieën.

De gemiddelde som-PAK-gehalten van de categorieën zijn laag ten opzichte van de streefwaarde en verschillen weinig van elkaar.

De gehalten van som-DDT in de bodem zijn op grote schaal fors hoger dan de streefwaarde. De grootste streefwaarde-overschrijdingen komen voor bij akkerbouw/zeeklei, gemiddeld ca. 17 keer de streefwaarde op 30-50 cm diepte, met een maximum bedrijfsgemiddelde van 170 keer de streefwaarde. (Figuur 3.2). Ook de relatieve gehalten onder groente zijn hoog. In bos/zand zijn de gemiddelde relatieve som-DDT gehalten het laagst.

Ook voor som-drins komen vaak streefwaarde-overschrijdingen voor in de Nederlandse bodem. De categorieën bloembollen, akkerbouw/zeeklei en akkerbouw/zand hebben de hoogste gemiddelde relatieve gehalten, variërend tussen ca. 5 en ca. 20 keer de streefwaarde. Bos/zand heeft de laagste relatieve som-drins gehalten

De categoriegemiddelde som-HCH gehalten in de Nederlandse bodem liggen op een niveau van maximaal 2 keer de streefwaarde, met uitschieters naar 13 keer de streefwaarde. De relatieve gehalten zijn lager dan die van som-DDT en som-drins.

De gehalten aan zware metalen (met uitzondering van chroom), bestrijdingsmiddelen en PAK in de Nederlandse bodem zijn onder invloed van diffuse belasting door de mens verhoogd ten opzichte van de natuurlijke gehalten.

De huidige gehalten zijn vooral veroorzaakt door bodembelasting in het verleden. Voor zware metalen is er geen relatie tussen de huidige belasting en de huidige gehalten. De huidige bodembelasting is lager dan in het verleden.

Voor zware metalen in de bodem zijn de belangrijke historische diffuse bodemverontreinigingsbronnen de zinkindustrie in Zuid-Nederland, de toemaakdekken in het veenweidegebied, de overstromingen van uiterwaarden, de looddepositie door verkeer en de bemesting in de landbouw. Ook de hoge gehalten aan DDT, drins en HCH in de Nederlandse bodem zijn veroorzaakt in het verleden.

De meeste historische bodemverontreinigingsbronnen spelen nu geen rol van betekenis meer, met uitzondering van de landbouw. Bij bestrijdingsmiddelen gaat het om middelen die in het verleden zijn toegediend en die momenteel niet meer gebruikt mogen worden. De gehalten in de bodem zullen daarom afnemen, hoewel het minstens tientallen jaren duurt voordat ze tot onder de streefwaarde zijn gedaald. Voor zware metalen is de situatie anders: in landbouwgronden treedt, vooral door bemesting, momenteel accumulatie van zink, lood, koper en cadmium op. In bossen worden, onder invloed van verzuring, de gehalten in de bodem minder door een forse uitspoeling van zware metalen naar het grondwater.

Een groot deel van de thans geldende streefwaarden voor bodemkwaliteit is afgeleid volgens de toegevoegd risico methodiek. Juist bij een aantal van de meest relevante stoffen en meest gebruikte streefwaarden (zware metalen, som-PAK, som-DDT, som-drins en som-HCH) is echter een afwijkende redenering gevolgd waardoor deze streefwaarden enerzijds veel hoger zijn en anderzijds geen toxicologische basis hebben. De mate van streefwaardeoverschrijding bij de betreffende stoffen (stofgroepen) kan dan ook niet geïnterpreteerd worden als een maat voor het toxicologische risico.

De risico's van de gevonden stofgehalten voor bodemecosystemen moeten nog verder (modelmatig) worden uitgewerkt. Wel kunnen nu al enkele conclusies worden getrokken over de effecten van de zware-metaalgehalten in de bodem op de voedselveiligheid. Op kleine schaal hebben de huidige gehalten aan zware metalen in de bodem tot gevolg dat lokaal gewaskwaliteitsnormen overschreden kunnen worden. In de komende decennia zal het oppervlak met overschrijding van gewaskwaliteitsnormen voor zware metalen toenemen.

In sommige akkerbouwpercelen liggen de gehalten aan lindaan, DDT en drins boven de LAC-sigitaalwaarde.

**LITERATUUR**

- Bongers T., 1988. De nematoden van Nederland. Stichting Uitgeverij van de KNNV, Utrecht.
- Bongers T., 1990. The Maturity Index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83: 14-19.
- Brus, D.J., J.J. de Gruijter, D.J. Walvoort, F. de Vries, P.F.A.M. Römken en W. de Vries. 2002. Landelijke kaarten van de kans op overschrijding van kritieke zwaremetaalgehalten in de bodem van Nederland. Alterra, Wageningen. Rapport 124.
- Brus, DJ, JJ de Gruijter, DJJ Walvoort, F. de Vries, JJB Bronswijk, PFAM Römken, W. de Vries. 2002. Mapping the risk of exceeding critical thresholds for cadmium concentrations in soils in the Netherlands. *Journal of Environmental Quality* 31: 1875-1884.
- Daatselaar, C.H.G, D.W. de Hoop, H. Prins en B.W. Zaalmink. 1990. Bedrijfsvergelijkend onderzoek naar de benutting van mineralen op melkveebedrijven. Landbouw-Economische Instituut-DLO, Den Haag. Onderzoeksverslag 61, 1990.
- De Vries, W., P.F.A.M. Römken, J. Kros, D. Boels, D.J. Brus en J. Japenga. 2001. Risico's van bodemverontreiniging in het landelijk gebied. Alterra, Wageningen. Rapport 244.
- De Vries, W., P.F.A.M. Römken, T. van Leeuwen, and J.J.B Bronswijk. 2002. Heavy metals. In: P.M. Haygarth and S.C. Jarvis (Eds): *Agriculture, Hydrology and Water Quality*, CABI publishing, New York. 502 pages, pp107-132.
- De Zwart, D., S. D. Dyer, L. Posthuma and C. P. Hawkins (in prep.) Predictive models used to attribute impact of mixture toxicity and habitat degradation on fish communities in Ohio rivers.
- Draaijers, G.P.V., Ivens, W.P.M.F. and Bleuten, W.: 1988, Atmospheric deposition in forest edges measured by monitoring canopy throughfall. *Water Air Soil Pollut.* 42: 129-136
- Driesen, J.J.M. en A.H. Roos. 1996. Zware metalen, organische verontreinigingen en nutriënten in dierlijke mest, compost, zuiveringsslib, grond en kunstmeststoffen. DLO-Rijks Kwaliteitsinstituut voor land- en tuinbouwproducten (RIKILT-DLO), Wageningen. Rapport 96.14.
- Duyzer, J.H. en A.W. Vonk. 2002. Atmosferische depositie van pesticiden, PAK en PCB's in Nederland. TNO-rapport R2002/606. TNO-MEP, Apeldoorn.
- Esbroek, M.L.P. van, J.R.M. Alkemade en A.J. Schouten. 1995. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Deel 1: De nematodenfauna en fosfaattoestand in de bodem van melkveehouderijbedrijven op zandgrond. RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 714801004.
- Esbroek, M.L.P. van, A.J. Schouten en J.R.M. Alkemade. 1996. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit: Nematodefauna. Deel 2: Bemonstering 1994 (boslocaties op zandgrond). RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 714801010.
- Esbroek, M.L.P. van en A.J. Schouten. 1997a. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit: Nematodefauna. Deel 3: Bemonstering 1995 (akkerbouwgebieden op zandgrond). RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 714801011.
- Esbroek, M.L.P. van en A.J. Schouten. 1997b. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit: Nematodefauna. Deel 4: Bemonstering 1995 (melkveehouderijbedrijven op veen). RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 714801016.

- Esbroek, M.L.P. van en A.J. Schouten. 1998. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit: Nematodefauna. Deel 5: Bemonstering 1996 (akkerbouwgebieden op zeelei). RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 714801019.
- Esbroek, M.L.P. van en A.J. Schouten. 1999. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit: Nematodefauna. Deel 6: Bemonstering 1996 en 1997 (melkveehouderijen op rivierklei, zeelei en tuinbouwbedrijven). RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 714801025.
- Fraters, B., L.J.M. Boumans, H.P. Prins. 2001. Achtergrondconcentraties van 17 sporenelementen in het grondwater van Nederland. RIVM-rapport 711701017. RIVM, Bilthoven. 136 pp.
- Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan en P. del Castilho. 1996. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit; Resultaten 1993. RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 714801007.
- Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan en P. del Castilho. 1997. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit; Resultaten 1994. RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 71480101017.
- Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T. de Haan en P. del Castilho. 1998. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit; Resultaten 1995. RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 71480101024.
- Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T.C. van Leeuwen. 2000. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit; Resultaten 1996. RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 71480101026.
- Groot, M.S.M., J.J.B. Bronswijk, W.J. Willems, T.C. van Leeuwen. 2003. Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit; Resultaten 1997. RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 71480101029.
- Hanegraaf, M., T. van der Mey en H. de Graaf. 1991. Natuur en milieu in landbouwmodellen. R.U. Milieubiologie, Leiden.
- Heidemij. 1994. Invloed van het meststoffengebruik op zware metalenaanvoer in Nederlandse landbouwgronden. Rapport in opdracht van het Ministerie van VROM. Heidemij Advies, Arnhem.
- Hoogervorst, N.J.P. 1991. Het landbouw-scenario in de Nationale Milieuverkenning 2; uitgangspunten en berekeningen. RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 251701005.
- Hotsma, P.H., W.J. Bruin en E.J.R. Maathuis. 1996. Gehalten aan zware metalen in meststoffen. Informatie- en Kenniscentrum Landbouw (IKC-L), Ede. Rapport 27.
- Lexmond, Th.M., A.H. Dijkuis, J.J.M.B. Heuer en M.F. Heuer. 1987. Zware metalen in toemaakdekken: sporen van bemesting met stadsvuil. Milieu 5: 165-170.
- LNV. 1991. LAC-signaalwaarden. Rapport van de Landbouwadvisiecommissie Milieukritische Stoffen. Min. van LNV, Den Haag. 42 pp (+ bijlagen).
- Meijer, S.N., C.J. Halsall, T. Harner, A.J. Peters, W.A. Ockenden, A.E. Johnston and K.C. Jones. 2001. Organochlorine pesticide residues in archived UK soil. Environ. Sci. Technol. 35: 1989-1995.
- Mol, G. 2002. Soil acidification monitoring in the Netherlands. PhD Thesis Utrecht University.
- Posthuma, L., C.A.M. van Gestel, C.E. Smit, D.J. Bakker, J.W. Vonk (Eds.), 1998. Validation of toxicity data and risk limits for soils: final report. RIVM report 607505004

- Posthuma L., G.W. Suter en T.P. Traas. 2002. Species Sensitivity Distributions in Ecotoxicology. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Productschap voor Veevoeder. 1998. Concept-rapport Monitoring mineralen in diervoeders in 1997. Productschap voor Veevoeder, Den Haag.
- Schouten, A.J. Bloem, A.M. Breure, W.A.M. Didden, M. van Esbroek, P.C. de Ruiter, M. Rutgers, H. Siepel en H. Velvis, 2000. Pilotproject Bodembioologische Indicator voor Life Support Functies van de bodem. RIVM rapport 607604001
- Schouten, A.J., J. Bloem, W. Didden, G. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel en M. Rutegrs. 2002. Bodembioologische indicator 1999. RIVM, Bilthoven. RIVM-rapportnr. 607604003.
- Smilde, K.W. 1986. Zware-metaalgehalten van kunstmeststoffen en aanvoer van zware metalen via deze meststoffen op landbouwgronden. Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren. Nota 154.
- TCB. 1996. Advies toegevoegd risicomethode. Den Haag: Technische Commissie Bodembescherming, briefrapport kenmerk TCB S37(1996); 30 mei 1996.
- Van Duijvenbouden, W. en P. Lagas. 1993. Een landelijk meetnet voor de bodemkwaliteit. Bodem, jaargang 3, nummer 3, blz. 65-69.
- Van Duijvenbouden, W., W. van Driel en W.J. Willems. 1995. Resultaten van een onderzoek naar de mogelijke opzet van een Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Coördinatie-Commissie voor Metingen in het Milieu (CCRX).
- VROM. 1991. Notitie Milieukwaliteitsdoelstellingen Bodem en Water. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordeningen en Milieu. VROM 91060/2-91.
- VROM. 1997. Integrale normstelling stoffen; milieukwaliteitsnormen bodem, water, lucht. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordeningen en Milieu, VROM 97759/h/12-97.
- VROM. 1999. Integrale Normstelling Stoffen, 1999. milieukwaliteitsnormen bodem, water, lucht. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordeningen en Milieu, VROM DGM/SVS/2000033063.
- VROM. 2000. Circulaire streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering. Den Haag: Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordeningen en Milieu, nr. DBO/1999226863.
- Walraven, N., B.J.H. van Os en G. Th. Klaver. 2000. Herkomstbepaling van antropogeen lood in de Nederlandse bodem; Stabiele loodisotopen als bronindicator voor loodverontreinigingen. TNO-rapport Rapportnummer 00-292-B. Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO, Utrecht.
- Wilcke, W. 2000. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in soil: a review. J. Plant Nutr. Soil Sci. 163: 229-248.
- Wilkens, B.J. 1995. Evidence for groundwater contamination by heavy metals through soil passage under acidifying conditions. PhD Thesis Utrecht University.
- Yeates, G.W., T. Bongers, R.G.M. de Goede, D.W. Freckman & S.S. Georgieva, 1993. Feeding habits in soil nematode families and genera: an outline for soil ecologists. J Nematol 25: 315-331.





**BIJLAGE I BEMONSTERDE CATEGORIEËN MET INPERKINGEN**

categorie	neg-hoofdtype	neg-type	LEI-gebied	inperkingen
“extensieve” en “intensieve” melkveehouderij	graasdierbedrijven		noordelijk zandgebied oostelijk zandgebied centraal zandgebied zuidelijk zandgebied	bedrijven > 10 ha bedrijven < 10% bouwland (excl. snijmaïs) geen varkens of pluimvee aanwezig grondwaterstand > 40 cm-mv
veehouderij met intensieve tak	graasdierbedrijven veeteeltcombinaties		noordelijk zandgebied oostelijk zandgebied centraal zandgebied zuidelijk zandgebied veenkoloniën	bedrijven > 10 ha akkerbouw < 10% grondwaterstand > 40 cm-mv aandeel varkens + kippen > 0% productie dierlijke mest > 225 kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> per ha
bos op zand	naald- en loofbos*			
akkerbouw op zand	akkerbouwbedrijven		noordelijk zandgebied veenkoloniën	bedrijven > 10 ha
melkveehouderij op veen	graasdierbedrijven	sterk gespecialiseerde melkveebedrijven	noordelijk veenweidegebied westelijk weidegebied	
akkerbouw op zeeklei	akkerbouwbedrijven		noordelijk kleigebied centraal kleigebied zuidwestelijk kleigebied	bedrijven > 10 ha
melkveehouderij op rivierklei	graasdierbedrijven	sterk gespecialiseerde melkveebedrijven (4110) gespecialiseerde melkveebedrijven (4210) overige melkveebedrijven (4370)	riverkleigebied (met aangrenzende gebieden: westelijk weidegebied, oostelijk zandgebied, centraal zandgebied en zuidelijk zandgebied)	hoofdgrondsoort is rivierklei bedrijven > 10 ha
melkveehouderij op zeeklei	graasdierbedrijven	sterk gespecialiseerde melkveebedrijven (4110) gespecialiseerde melkveebedrijven (4210) overige melkveebedrijven (4370)	noordelijk kleigebied centraal kleigebied zuidwestelijk kleigebied	bedrijven > 10 ha
vollegronds groenteteelt en bloembollenteelt	tuinbouwbedrijven	opengrondsgroentebedrijven (2110) opengrondsbloembollen- bedrijven (2021)	alle gebieden	

\* geen neg-hoofdtype



## BIJLAGE II VERDELING BEMONSTERDE LOKATIES OVER NEDERLANDSE PROVINCIES EN LEI-GEBEIDEN

### Aantal bemonsterde lokaties per provincie

provincie	percentage lokaties per provincie (%)
Friesland	7,9
Groningen	9,0
Drenthe	14,3
Overijssel	12,2
Gelderland	16,9
Noord-Holland	10,6
Zuid-Holland	5,3
Zeeland	5,3
Flevoland	2,7
Utrecht	3,2
Noord-Brabant	10,1
Limburg	3,1

### Aantal bemonsterde lokaties per LEI-gebied

LEI-gebied	percentage lokaties per LEI-gebied (%)
Noordelijk Kleigebied	8,9
Noordelijk Veenweidegebied	4,2
Centraal Kleigebied	10,1
Westelijk Weidegebied	7,9
Zuidwestelijk Kleigebied	5,8
Noordelijk Zandgebied	13,2
Veenkolonien	7,4
Oostelijk Zandgebied	15,9
Centraal Zandgebied	4,8
Rivierkleigebied	7,9
Zuidelijk Zandgebied	13,8
Zuid Limburg	0,0



## BIJLAGE III ANALYSEMETHODEN

### *Analysemethoden bodem*

#### **Analyse van fysische bodemparameters**

De mengmonsters zijn door het Instituut voor Agrobiologisch en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO) te Haren (thans Alterra te Wageningen) onderzocht op de fysische bodemparameters pH (zuurgraad), organische stof, lutum (deeltjes kleiner dan 2 µm) en CEC (kationenuitwisselcapaciteit).

#### *Voorbehandeling*

De monsters zijn eerst voorbehandeld, d.w.z. gedroogd bij een temperatuur van maximaal 40°C (luchtdroog) en vervolgens gezeefd over een 3 mm-zeef, om de grindfractie af te scheiden.

#### *Zuurgraad*

De pH (zuurgraad) van de grond is bepaald in een suspensie van het luchtdroge monster met demiwater (pH-H<sub>2</sub>O) en kaliumchloride-oplossing 1 M (pH-KCl). De verhouding grond:oplossing is 1:5.

#### *Lutumgehalte (deeltjes < 2 µm)*

Bij het bepalen van de lutumfractie (kleidelen < 2 µm) wordt gebruik gemaakt van de verschillende bezinkingssnelheden van deeltjes (Wet van Stokes). De fractie organische stof wordt verwijderd door voorbehandelen met watersofperoxide; hierna wordt een overmaat zoutzuur toegevoegd om het aanwezige carbonaat te verwijderen. Het monster wordt na deze voorbewerking samen met een peptisatiemiddel in een slijbcilinder overgebracht, waarna de lutumfractie wordt bepaald door op vaststaande tijden en diepten een exacte hoeveelheid suspensie uit de cilinder te pipetteren en in te dampen. Het lutumgehalte is vooral van belang voor het bepalen van de streefwaarden van zware metalen. Hierbij is echter ook het humusgehalte (organische stof) nodig.

#### *Organische stofgehalte*

Het gehalte aan organische stof is bepaald door het monster te koken met een bichromaat/zwavelzuurmengsel; hierna wordt de overmaat bichromaat teruggetitreerd met Mohr's zout. Het humusgehalte is ook nodig bij het vaststellen van de streefwaarden van organische verbindingen, zoals PAK en organochloorverbindingen.

#### *Kationenuitwisselcapaciteit*

De kationenuitwisselcapaciteit (CEC) is bepaald door het monster eerst te schudden met BaCl<sub>2</sub>; vervolgens wordt een bekende overmaat MgSO<sub>4</sub> toegevoegd. De overmaat magnesium wordt gemeten met AAS-vlamtechniek; het verschil tussen toegevoegd en gevonden magnesium is een maat voor de CEC.

#### **Analyse van (zware) metalen, fosfor, P-AL en Pw**

Het Instituut voor Agrobiologische en Bodemvruchtbaarheidsonderzoek (AB-DLO, thans Alterra) heeft naast de fysisch-chemische bodemkenmerken tevens de analyse van zware metalen koper, lood, cadmium, zink, chroom en kwik uitgevoerd. Tevens zijn de monsters onderzocht op gehalten aan ijzer, mangaan, Pw, P-AL en P-totaal.

#### *Analyse van zink, koper, ijzer, chroom, mangaan en fosfor*

De elementen zink, koper, ijzer, chroom, mangaan en fosfor zijn ontsloten door destructie met Fleischmannzuur (1:1) en perchloorzuur. Het gehalte is bepaald met FAAS, behalve fosfor. Het gehalte aan fosfor is colorimetrisch bepaald volgens Murphy en Riley.

#### *Analyse van cadmium en lood*

De elementen cadmium en lood zijn ontsloten door afroken met salpeterzuur, daarna opgenomen in zoutzuur en water. IJzer is verwijderd met pentaandion en chloroform; vervolgens is de oplossing geconcentreerd met behulp van NaDDC in methyl-isobutylketon. Het gehalte is bepaald met FAAS.

#### *Analyse van kwik*

Het element van kwik wordt door oxidatie met een verzadigde kaliumperoxidesulfaat-oplossing in Fleischmannzuur ontsloten, waarbij kwik in ionogene vorm wordt gebracht. Na reductie tot metallisch kwik met SnCl<sub>2</sub> wordt de kwikdamp met een carriergas (stikstof) naar een kwartscurvet gevoerd. Daar wordt de atomaire absorptie gemeten bij 253,6 nm (koude damp-methode).

*Analyse van P-Al*

Aan 2,5 g grond wordt 50 ml van een bufferoplossing bestaande uit 0,1 M ammoniumlactaat en 0,4 M azijnzuur toegevoegd. Bij kamertemperatuur wordt 4 uren geëxtraheerd. Na filtratie wordt het fosfaat colorimetrisch gemeten en het resultaat wordt uitgedrukt in mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per 100 g luchtdroge grond.

*Analyse van Pw*

Aan 1,2 ml grond wordt 2 ml demiwater toegevoegd en gedurende 22 uur bij kamertemperatuur voorbevochtigd. Daarna wordt 70 ml demiwater toegevoegd en gedurende 1 uur krachtig geschud. Na filtratie wordt het fosfaat colorimetrisch gemeten en het resultaat wordt uitgedrukt in mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> per liter luchtdroge grond.

*Analyse van organische verbindingen*

De analyse van de organische verbindingen in de grondmonsters is uitgevoerd door het Laboratorium voor Organische Chemie (LOC) van het RIVM. Dit lab heeft een STERLAB-certificaat.

*Monsteropwerking voor PAK*

De monsters zandgrond zijn eerst gehomogeniseerd, voordat er afgewogen is. De veenmonsters zijn vooraf gemalen met vloeibaar stikstof in een groentesnijmachine, zodat veenresten en dergelijke goed fijn gemaakt zijn en een homogeen monster verkregen wordt. De grondmonsters worden geëxtraheerd met aceton, waarbij van de zandmonsters telkens 10 gram monster en van de veenmonsters telkens 5 gram in bewerking wordt genomen.

*Analyse van PAK*

Na extractie worden de extracten gezuiverd en geanalyseerd met behulp van een on-line SPE (solid phase extraction)-HPCL-systeem. De PAK worden gedetecteerd door middel van fluorescentie, waarbij acenaftyleen niet detecteerbaar is. Aan alle monsters wordt voor extractie een intern standaardmengsel van 6-methylchryseen en D12-benzo(k)fluorantheen toegevoegd.

*Monsteropwerking voor organochloorverbindingen*

De opwerking van de monsters voor de analyse van organochloorverbindingen is middels een extractie met behulp van een microwave. Een hoeveelheid monster met hexaan wordt in een afgesloten vat in een microwave geplaatst en verwarmd. Na afkoelen wordt een gedeelte van het extract ingedampt tot 5 ml.

*Analyse van organochloorverbindingen*

De gehalten aan organochloorbestrijdingsmiddelen in het extract wordt bepaald met behulp van een gaschromatograaf uitgerust met een twee-koloms-systeem. Na injectie van het extract worden de componenten in het injectiesysteem verdeeld over twee scheidingskolommen, elk voorzien van een EC-detector en data-verwerkingssysteem. Door hun verschillende polariteit hebben de kolommen elke een verschillend scheidingspatroon. Voor het data-verwerkingssysteem is een macro geschreven dat een component als aanwezig herkent als de betreffende retentietijd op beide kolommen gevonden is. Hierdoor wordt de selectiviteit vergroot, waardoor het optreden van vals positieve waarden vermindert. Tevens wordt van elke monsterplaats een van de 4 monsters onderzocht met behulp van GC-MS (positieve chemische ionisatie en electron impact) voor bevestiging van de met de GC gevonden organochloorbestrijdingsmiddelen (MS-controle).

*Monsteropwerking atrazines*

De opwerking van de veenmonsters voor de analyse van triazines is uitgevoerd middels een extractie met behulp van een microwave. Een hoeveelheid monster met oplosmiddel wordt in een afgesloten vat in een microwave geplaatst en verwarmd. Na afkoelen wordt een gedeelte van het extract drooggedampten opgelost in dichloormethaan. Deze oplossing wordt gezuiverd met behulp van een chromatografie over een SPE-kolommetje gevuld met silica. Voor de extractie van de zandmonsters is geen gebruik meer gemaakt van de microwave, maar is terugegaan naar de schud-extractie met waterige acetonitril.

*Analyse van triazine*

De gehalten aan triazines in de extracten worden bepaald met behulp van een gaschromatograaf voorzien van een NP-detector. Tevens wordt de monsterplaats minimaal één van de 4 monsters onderzocht met behulp van de GC-MS voor bevestiging van de met GC gevonden triazines (MS-controle).

### ***Analysemethoden grondwater***

De analyse van zware metalen, arseen, overige metalen, opgelost koolstof en macroparameters in de grondwatermonsters is uitgevoerd door het Laboratorium voor Anorganische Chemie (LAC) van het RIVM. Dit laboratorium heeft een STERLAB-certificaat.

#### *Analyse van ammonium*

De met zuur geconserveerde monsters worden vooraf geneutraliseerd. Bij een pH van 12,8 – 13,0 vormt ammoniak uit ammonium met hypochloriet en salicylaat in aanwezigheid van nitroprusside een blauwgekleurd indofenol-complex. De absorptie van het blauwgekleurde complex wordt fotometrisch bepaald bij 650 nm en is een maat voor de hoeveelheid ammonium in het monster.

#### *Analyse van totaal-P*

Door verhitting met zwavelzuur worden fosforverbindingen omgezet in orthofosfaat-ionen. Met molybdaat vormen de orthofosfaat-ionen na reductie met ascorbinezuur een blauwgekleurd complex. De absorptie wordt fotometrisch bepaald bij 838 nm en is een maat voor de hoeveelheid fosfor in het monster.

#### *Analyse van orthofosfaat*

Molybdaat vormt, in een zuur milieu en in aanwezigheid van antimoon, met orthofosfaat-ionen en ascorbinezuur een blauwgekleurde verbinding. De extinctie van deze verbinding wordt gemeten bij 880 nm en is een maat voor de aanwezige hoeveelheid orthofosfaat.

#### *Analyse van chloride, nitraat en sulfaat*

Ionen van een monster kunnen worden gescheiden door het monster op te nemen in een loopvloeistof-stroom en deze te leiden door een kolom met een ionenwisselaar. Het principe van de ionchromatografie berust op het verschil in de affiniteit van de te scheiden ionen tot de uitwisselingsplaatsen van de ionenwisselaar. De te bepalen ionen worden gemeten met geleidbaarheidsdetectie na chemische suppressie. Nitraat wordt, indien meting met geleidbaarheid daartoe aanleiding geeft, met UV-detectie bij 206 nm gemeten. Met behulp van standaarden vindt identificatie van de componenten in de monsters plaats. De kalibratielijnen worden via point-to-point kalibratie bepaald. Voor de berekening van de anionenconcentraties worden de piekoppervlakten gebruikt.

#### *Analyse van aluminium, barium, calcim, kalium, magnesium, mangaan, natrium, silicium, strontium, ijzer en zink*

De analyse van bovengenoemde stoffen vindt plaats met behulp van ICP-AES.

#### *Analyse van cadmium en lood*

De analyse van cadmium en lood vindt plaats met behulp van ICP-MS (PlasmaQuad 2 plus).

#### *Analyse van koper, chroom en nikkel*

De analyse van koper, chroom en nikkel vindt plaats met behulp van grafietoven-AAS met Zeeman-achtergrondcorrectie (AAS) (PE Zeeman/5000).

#### *Analyse van arseen*

De analyse van arseen vindt plaats met behulp van hydridegeneratie- en flow injectietechniek en atomaire-absorptie-spectrometrie (AAS).

#### *Analyse van DOC*

Aan de monsterstroom wordt verdund zwavelzuur toegevoegd, waarna koolstofdioxide verwijderd wordt door de vloeistofstroom samen met een stikstofstroom door een glazen spiraal te leiden. Na ontlichten wordt een peroxidesulfaatoplossing bij de stroom gevoegd, waarna een stroom in een UV-digestor wordt geleid. Vervolgens wordt eventueel gevormd chloor gereduceerd door toevoegen van een iso-ascorbinezuuroplossing. De stroom wordt hierna lang een soliconen-membraan geleid, waarbij het uit organische koolstof gevormde koolstofdioxide gedeeltelijk diffundeert in een zwak gebufferde oplossing met fenolftaleïne als indicator. Na ontlichting wordt de extinctie van fenolftaleïne bepaald bij 550 nm. De afname van de extinctie is een maat voor de hoeveelheid opgelost organisch koolstof in het monster.





## **BIJLAGE IV BEPALINGSGRENZEN**

Percentages gehalten onder de bepalingsondergrens per categorie voor 0 – 10 cm, inclusief de bepalingsondergrens (zware metalen in mg.kg<sup>-1</sup>, PAK en organo-Cl-bestrijdingsmiddelen in µg.kg<sup>-1</sup> en zware metalen in grondwater in µg.l<sup>-1</sup>). De percentages zijn gebaseerd op gemiddelde gehalten per bedrijf.

categorie	"extensieve" melkveehouderij 19		"intensieve" melkveehouderij 16		veehouderij met intensieve tak 20		bos op zand 20		akkerbouw op zand 19		melkveehouderij op veen 18		akkerbouw op zeeklei 20		melkveehouderij op rivierklei 20		melkveehouderij op zeeklei 20		vollegronds groenteteelt 10		bloembollenteelt 7		totaal 189	
n	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	
zware metalen	Zn	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	Cu	0	-	0	-	0	-	90	<4,0	0	-	0	-	0	-	15	<8,0	0	-	71	<8,0	0	-	14
	Cr	0	-	0	-	0	-	35	<9,0	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	57	<18,0	0	-	6
	Cd	0	-	0	-	0	-	15	<0,2	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	2
	Pb	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	Hg	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
PAK	PHE	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	ANT	0	-	0	-	35	<1,0	5	<1,0	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	4
	FLT	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	BaA	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	CHR	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	BkF	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	BaP	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	BPE	0	-	0	-	0	-	0	-	5	<6,0	6	<10,0	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	1
	IPY	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	NPH	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<9,0	100	<10,0	100	<6,6	90	<8,7	90	<10,0	80	<10,0	100	<10,0	95
	ACE	-	-	-	-	-	-	-	-	100	<11,0	94	<15,0	100	<7,9	95	<8,7	100	<20,0	100	<20,0	100	<20,0	98
	FLU	11	<0,2	6	<0,2	100	<3,0	85	<3,0	11	<0,5	78	<2,0	80	<1,3	85	<1,7	90	<2,0	100	<2,0	100	<2,0	66
	PYR	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
	BbF	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0
DBA	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	30	<3,0	30	<3,0	43	<3,0	0	-	6	

categorie	"extensieve" melkveehouderij		"intensieve" melkveehouderij		veehouderij met intensieve tak		bos op zand		akkerbouw op zand		melkveehouderij op veen		akkerbouw op zeeklei		melkveehouderij op rivierklei		melkveehouderij op zeeklei		vollegronds groenteteelt		bloembollenteelt		totaal			
n	19		16		20		20		19		18		20		20		20		10		7		189			
	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.			
organochloorbestrijdingsmiddelen	α-HCH	84	<0,5	100	<0,5	80	<0,5	100	<0,5	89	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	95		
	β-HCH	74	<0,5	100	<0,5	0	-	40	<0,5	58	<0,5	89	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	71	<0,5	74		
	γ-HCH	21	<0,5	50	<0,5	35	<0,5	85	<0,5	0	-	50	<0,5	75	<0,5	35	<0,5	85	<0,5	80	<0,5	43	<0,5	50		
	δ-HCH	100	<0,5	100	<0,5	95	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	94	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	99		
	HCB	42	<0,5	63	<0,5	50	<0,5	95	<0,5	0	-	11	<0,5	30	<0,5	45	<0,5	50	<0,5	10	<0,5	0	-	40		
	hepta	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100
	aldrin	100	<0,5	100	<0,5	90	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	90	<0,5	57	<0,5	97
	β-hepo	84	<0,5	100	<0,5	40	<0,5	100	<0,5	21	<0,5	72	<0,5	90	<0,5	100	<0,5	90	<0,5	100	<0,5	43	<0,5	77		
	α-endo	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	70	<0,5	100	<0,5	98
	dieldrin	37	<0,5	50	<0,5	60	<0,5	40	<0,5	0	-	28	<0,5	55	<0,5	95	<0,5	75	<0,5	50	<0,5	0	-	48		
	ppDDE	0	-	0	-	30	<0,5	35	<0,5	0	-	11	<0,5	25	<0,5	0	-	35	<0,5	30	<0,5	86	<0,5	19		
	endrin	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	68	<0,5	94	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	96
	β-endo	89	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	95	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	95	<0,5	30	<0,5	86	<0,5	94		
	ppTDE	58	<0,5	56	<0,5	45	<0,5	90	<0,5	26	<0,5	44	<0,5	70	<0,5	85	<0,5	80	<0,5	70	<0,5	71	<0,5	63		
	opDDT	21	<0,5	25	<0,5	40	<0,5	65	<0,5	0	-	83	<0,5	65	<0,5	80	<0,5	80	<0,5	30	<0,5	86	<0,5	52		
ppDDT	5	<0,5	6	<0,5	25	<0,5	5	<0,5	0	-	89	<0,5	40	<0,5	40	<0,5	50	<0,5	0	-	86	<0,5	30			
zw. met. - gr. wat.	Zn	0	-	6	<10,0	0	-	0	-	0	-	0	-	15	<6,54	10	<6,54	60	<6,54	20	<6,54	57	<6,54	13		
	Cd	5	<0,1	6	<0,1	0	-	0	-	0	-	83	<0,06	60	<0,06	5	<0,06	65	<0,056	30	<0,045	100	<0,045	28		
	Pb	37	<1,0	19	<1,0	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	50	<0,207	20	<0,207	100	<0,207	15		
	Cr	0	-	0	-	0	-	40	<0,8	0	-	39	<0,7	70	<0,702	100	<0,702	85	<0,702	60	<0,702	29	<0,702	39		
	Cu	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	30	<0,699	10	<0,699	29	<0,699	5		
	Ni	-	-	-	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	<0,699	0	-	0	-	0		
	As	53	<0,5	31	<0,5	0	<0,15	70	<0,15	5	<0,15	0	-	0	-	0	-	0	-	40	<0,15	0	-	18		

Percentages gehalten onder de bepalingsondergrens per categorie voor 30 – 50 cm, inclusief de bepalingsondergrens (zware metalen in  $\text{mg.kg}^{-1}$ , PAK en organo-Cl-bestrijdingsmiddelen in  $\mu\text{g.kg}^{-1}$ ).

categorie		“extensieve” melkveehouderij 18		“intensieve” melkveehouderij 13		veehouderij met intensieve tak 20		akkerbouw op zand 19		melkveehouderij op veen 18		akkerbouw op zeeklei 20		melkveehouderij op rivierklei 20		melkveehouderij op zeeklei 20		vollegronds groenteteelt 10		bloembollenteelt 7		totaal 165	
n		%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	
zware metalen	Zn	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	
	Cu	94	<8,0	100	<8,0	80	<8,0	0	-	0	-	0	-	0	-	40	<8,0	60	<8,0	71	<8,0	39	
	Cr	78	<18,0	15	<18,0	40	<18,0	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	20	<18,0	86	<18,0	19	
	Cd	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	10	<0,2	0	-	0	-	0	-	0	-
	Pb	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	10	<1,0	0	-	0	-	0	-	0	-
	Hg	39	<0,005	38	<0,005	30	<0,005	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	30	<0,005	43	<0,005	15	
PAK	PHE	6	<2,0	0	-	0	-	0	-	11	<2,0	0	-	0	-	25	<1,5	20	<1,5	0	-	6	
	ANT	78	<1,0	92	<1,0	75	<1,0	37	<1,0	50	<2,0	0	-	50	<0,8	40	<0,5	40	<0,5	29	<0,5	49	
	FLT	39	<8,0	62	<8,0	5	<8,0	53	<15,0	44	<15,0	0	-	5	<10,3	25	<2,0	10	<2,0	0	-	25	
	BaA	11	<1,0	0	-	0	-	26	<1,5	11	<2,0	0	-	5	<0,8	10	<1,0	20	<1,0	0	-	8	
	CHR	0	-	0	-	0	-	0	-	6	<2,0	0	-	5	<1,6	0	-	0	-	0	-	1	
	BkF	22	<0,5	8	<0,5	0	-	11	<0,9	56	<10,0	0	-	5	<0,8	35	<1,0	30	<1,0	29	<1,0	18	
	BaP	6	<1,0	0	-	0	-	16	<1,2	11	<2,0	0	-	10	<0,8	35	<2,0	50	<2,0	14	<2,0	13	
	BPE	22	<6,0	31	<6,0	5	<6,0	79	<6,0	33	<10,0	0	-	0	-	40	<3,0	40	<3,0	14	<3,0	26	
	IPY	39	<11,0	62	<11,0	20	<11,0	0	-	0	-	0	-	30	<2,4	20	<2,0	20	<2,0	0	-	19	
	NPH	100	<3,0	100	<3,0	100	<3,0	95	<9,0	100	<10,0	100	<6,7	95	<8,6	80	<10,0	90	<10,0	100	<10,0	96	
	ACE	100	<4,0	100	<4,0	95	<4,0	95	<11,0	100	<15,0	100	<8,0	100	<8,6	100	<20,0	100	<20,0	100	<20,0	99	
	FLU	94	<1,0	8	<1,0	80	<1,0	42	-	100	<2,0	95	<1,3	95	<1,7	100	<2,0	100	<2,0	100	<2,0	82	
	PYR	17	<4,0	38	<4,0	0	-	0	-	39	<5,0	0	-	0	-	35	<4,0	40	<4,0	14	<4,0	16	
	BbF	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-	5	<2,4	5	<1,0	0	-	14	<1,0	2	
DBA	83	<3,0	77	<3,0	60	<3,0	0	-	33	<2,0	0	-	45	<0,9	95	<3,0	90	<3,0	71	<3,0	52		

categorie		“extensieve” melkveehouderij		“intensieve” melkveehouderij		veehouderij met intensieve tak		akkerbouw op zand		melkveehouderij op veen		akkerbouw op zeeklei		melkveehouderij op rivierklei		melkveehouderij op zeeklei		vollegronds groenteteelt		bloembollenteelt		totaal		
n		18		13		20		19		18		20		20		20		10		7		165		
		%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.	bep.gr.	%< bep.gr.		
organoCl-bestrijdingsmiddelen	α-HCH	100	<0,5	92	<0,5	100	<0,5	95	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	99		
	β-HCH	83	<0,5	85	<0,5	85	<0,5	89	<0,5	94	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	90	<0,5	86	<0,5	92		
	γ-HCH	72	<0,5	85	<0,5	90	<0,5	63	<0,5	78	<0,5	85	<0,5	90	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	85		
	δ-HCH	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100		
	HCB	56	<0,5	62	<0,5	65	<0,5	74	<0,5	67	<0,5	35	<0,5	80	<0,5	85	<0,5	60	<0,5	14	<0,5	63		
	hepta	100	<0,5	92	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	95	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	99
	aldrin	100	<0,5	92	<0,5	95	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	71	<0,5	98
	β-hepo	100	<0,5	92	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	95	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	71	<0,5	98
	α-endo	100	<0,5	92	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	99
	dieldrin	72	<0,5	85	<0,5	85	<0,5	11	<0,5	89	<0,5	50	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	60	<0,5	14	<0,5	70		
	ppDDE	33	<0,5	31	<0,5	15	<0,5	32	<0,5	83	<0,5	15	<0,5	40	<0,5	70	<0,5	40	<0,5	100	<0,5	42		
	endrin	100	<0,5	92	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	99
	β-endo	100	<0,5	85	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	80	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	98
	ppTDE	89	<0,5	85	<0,5	60	<0,5	74	<0,5	94	<0,5	70	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	80	<0,5	86	<0,5	84		
	opDDT	83	<0,5	31	<0,5	65	<0,5	68	<0,5	94	<0,5	70	<0,5	100	<0,5	100	<0,5	70	<0,5	100	<0,5	79		
ppDDT	39	<0,5	0	-	80	<0,5	5	<0,5	94	<0,5	60	<0,5	65	<0,5	80	<0,5	90	<0,5	100	<0,5	59			



## **BIJLAGE V CATEGORIEGEMIDDELDEN BODEM**

	"extensieve" melkveehouderij		"intensieve" melkveehouderij		veehouderij met intensieve tak		bos op zand
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm
fysische parameters							
org. stof (%)	9,13 (4,63)	4,67 (2,32)	5,17 (1,14)	2,89 (1,36)	5,52 (1,01)	3,28 (0,91)	6,40 (2,17)
<2 µm (%)	4,11 (2,43)	3,61 (1,25)	3,41 (1,17)	3,94 (1,76)	4,32 (1,07)	4,56 (1,33)	1,99 (0,95)
pH-H <sub>2</sub> O	5,83 (0,21)	5,73 (0,29)	5,94 (0,34)	6,15 (0,38)	5,89 (0,26)	5,96 (0,30)	3,72 (0,16)
pH-KCl	4,92 (0,27)	4,70 (0,26)	5,13 (0,32)	5,20 (0,51)	5,37 (0,34)	4,98 (0,35)	3,11 (0,23)
CEC (cmol+.kg <sup>-1</sup> )	10,97 (4,78)	7,12 (3,10)	6,98 (1,69)	6,18 (2,33)	7,68 (1,57)	5,16 (1,76)	5,03 (1,77)
CaCO <sub>3</sub> (%)	-	-	-	-	-	-	-
zware metalen (mg.kg <sup>-1</sup> )							
Zn	28,56 (9,54)	13,89 (4,88)	31,93 (8,28)	16,28 (6,44)	30,43 (8,28)	19,81 (5,81)	10,14 (5,13)
Cu	11,56 (3,82)	6,32 (2,47)	11,34 (1,19)	5,81 (0,75)	14,39 (3,38)	6,67 (2,43)	2,99 (0,61)
Cr	17,79 (5,56)	14,19 (3,14)	17,55 (5,80)	24,35 (7,64)	22,94 (5,34)	19,63 (6,98)	14,22 (8,67)
Cd	0,28 (0,12)	0,11 (0,05)	0,29 (0,09)	0,14 (0,05)	0,42 (0,18)	0,19 (0,12)	0,28 (0,10)
Pb	17,28 (9,42)	10,53 (5,18)	15,43 (3,24)	8,52 (4,37)	16,12 (4,41)	12,62 (3,96)	23,86 (13,53)
Hg	0,07 (0,05)	0,01 (0,01)	0,04 (0,02)	0,01 (0,00)	0,03 (0,02)	0,01 (0,01)	0,04 (0,02)
PAK (µg.kg <sup>-1</sup> m.u.v. som PAK: mg.kg <sup>-1</sup> )							
PHE	28,60 (36,70)	20,42 (20,21)	15,44 (8,10)	10,69 (7,51)	10,42 (6,06)	21,63 (18,79)	33,74 (23,32)
ANT	6,20 (9,67)	1,23 (1,34)	3,93 (3,75)	0,92 (0,79)	1,83 (1,44)	1,92 (4,04)	3,83 (3,34)
FLT	118,17 (177,53)	19,92 (33,83)	64,62 (30,99)	10,47 (8,05)	39,18 (20,19)	21,93 (22,74)	78,20 (49,95)
BaA	30,34 (55,47)	8,81 (15,33)	17,05 (10,59)	5,80 (5,58)	13,46 (7,79)	12,01 (10,47)	23,88 (15,50)
CHR	42,95 (60,36)	15,62 (19,64)	26,22 (12,29)	10,22 (6,72)	21,55 (9,96)	19,22 (12,71)	60,04 (33,11)
BkF	20,71 (30,70)	7,72 (10,91)	12,84 (5,76)	4,99 (3,14)	11,24 (5,06)	8,93 (4,44)	45,42 (22,73)
Bap	40,67 (70,13)	11,46 (20,69)	24,57 (13,77)	6,33 (4,65)	16,23 (8,59)	12,77 (9,24)	22,23 (13,08)
BPE	25,68 (36,82)	19,12 (21,09)	18,69 (7,91)	11,77 (9,67)	16,54 (7,10)	19,39 (9,56)	25,83 (12,93)
IPY	40,90 (50,13)	19,01 (20,61)	28,43 (11,40)	10,91 (4,69)	26,72 (11,09)	20,13 (9,30)	47,17 (23,67)
NPH	-	2,10 (0,00)	-	2,10 (0,00)	-	2,10 (0,00)	-
ACE	-	2,80 (0,00)	-	2,80 (0,00)	-	3,16 (1,61)	-
FLU	1,54 (1,91)	0,84 (0,61)	0,79 (0,53)	0,85 (0,37)	2,13 (0,09)	1,10 (1,26)	2,66 (1,62)
PYR	65,48 (93,78)	14,73 (24,62)	39,52 (20,77)	8,12 (6,45)	26,50 (14,08)	16,71 (18,51)	50,63 (30,08)
BbF	58,02 (59,01)	22,85 (21,22)	40,09 (13,84)	13,65 (7,53)	35,86 (13,89)	24,64 (10,38)	86,74 (41,97)
DBA	7,49 (9,51)	2,92 (2,53)	5,03 (2,15)	2,87 (1,92)	3,01 (1,21)	2,95 (1,20)	5,91 (2,95)
SOM-PAK	0,35 (0,53)	0,13 (0,16)	0,21 (0,10)	0,07 (0,04)	0,16 (0,08)	0,14 (0,09)	0,34 (0,18)
organochloorbestrijdingsmiddelen (µg.kg <sup>-1</sup> )							
α-HCH	0,48 (0,34)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,37 (0,09)	0,41 (0,12)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
β-HCH	1,52 (3,37)	0,57 (0,68)	0,35 (0,02)	0,65 (0,80)	8,19 (4,44)	0,49 (0,36)	2,69 (5,46)
γ-HCH	15,67 (47,54)	1,73 (5,21)	8,54 (22,24)	0,66 (0,66)	0,76 (0,41)	0,39 (0,09)	0,41 (0,17)
δ-HCH	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,42 (0,27)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
HCB	1,32 (1,15)	0,64 (0,50)	0,64 (0,60)	0,64 (0,54)	0,70 (0,39)	0,82 (1,03)	0,43 (0,31)
hepta	0,36 (0,03)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,37 (0,06)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
aldrin	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,40 (0,19)	0,37 (0,06)	0,36 (0,04)	0,35 (0,00)
β-hepo	0,42 (0,11)	0,35 (0,00)	0,35 (0,02)	0,38 (0,12)	0,61 (0,25)	0,35 (0,00)	0,39 (0,11)
α-endo	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,38 (0,09)	0,35 (0,01)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
dieldrin	1,77 (2,73)	0,70 (0,87)	6,74 (15,95)	1,43 (2,49)	0,79 (1,16)	0,45 (0,29)	0,66 (0,33)
ppDDE	2,63 (1,83)	1,42 (1,54)	3,94 (3,82)	1,13 (1,00)	1,22 (0,85)	2,11 (2,11)	0,90 (1,09)
endrin	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,38 (0,10)	0,36 (0,01)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
β-endo	0,45 (0,37)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,39 (0,15)	0,36 (0,02)	0,35 (0,00)	0,37 (0,07)
ppTDE	0,72 (0,76)	0,45 (0,32)	0,72 (0,66)	0,41 (0,16)	0,81 (0,58)	0,73 (0,61)	0,39 (0,12)
opDDT	2,14 (2,31)	0,66 (0,97)	2,03 (2,26)	0,44 (0,24)	0,87 (0,63)	0,86 (1,05)	0,50 (0,30)
ppDDT	6,60 (8,74)	3,36 (5,59)	7,09 (7,75)	1,99 (2,66)	2,88 (3,18)	4,81 (5,84)	1,62 (2,14)
SOM-DDT	12,09 (13,40)	5,90 (8,20)	13,78 (14,34)	3,97 (3,83)	5,77 (5,11)	8,50 (9,27)	3,41 (3,60)
SOM-DRINS	2,47 (2,73)	1,40 (0,87)	7,44 (15,95)	2,21 (2,52)	1,52 (1,17)	1,16 (0,29)	1,36 (0,33)
SOM-HCH	18,02 (47,72)	3,00 (5,20)	9,60 (22,23)	2,04 (1,18)	9,78 (4,67)	1,58 (0,39)	3,80 (5,47)



	akkerbouw op zand		melkveehouderij op veen		akkerbouw op zeeklei		melkveehouderij op rivierklei	
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm
fysische parameters								
org. stof (%)	11,86 (4,98)	8,68 (7,80)	6,03 (9,62)	29,30 (11,63)	2,39 (0,68)	2,00 (0,73)	9,13 (2,78)	2,91 (1,08)
<2 µm (%)	3,29 (1,17)	2,89 (1,57)	24,99 (13,53)	27,24 (17,94)	16,20 (3,64)	17,13 (5,00)	34,96 (9,56)	40,72 (12,74)
pH-H <sub>2</sub> O	5,96 (0,27)	5,20 (0,44)	7,25 (0,37)1	5,46 (0,60)	8,09 (0,15)	8,29 (0,14)	6,59 (0,43)	7,38 (0,56)
pH-KCl	5,00 (0,28)	4,21 (0,44)	6,51 (0,46)	4,74 (0,57)	7,47 (0,17)	7,55 (0,17)	5,69 (0,58)	6,18 (0,78)
CEC (cmol+.kg <sup>-1</sup> )	16,53 (7,18)	8,71 (5,78)	21,76 (7,92)	40,11 (9,74)	14,42 (2,63)	14,37 (3,31)	28,88 (6,74)	28,43 (7,66)
CaCO <sub>3</sub> (%)	-	-	2,18 (0,06)	0,00 (0,00)	4,71 (2,93)	5,30 (3,07)	0,18 (0,32)	0,64 (0,87)
zware metalen (mg.kg <sup>-1</sup> )								
Zn	31,59 (12,91)	13,07 (4,96)	126,18 (56,90)	74,60 (35,73)	71,07 (73,67)	62,93 (59,12)	158,81 (83,55)	123,56 (49,49)
Cu	19,54 (7,11)	5,06 (3,05)	42,14 (24,83)	27,21 (14,75)	14,21 (9,02)	12,20 (8,31)	32,11 (6,58)	27,85 (5,76)
Cr	21,10 (4,17)	17,67 (5,20)	62,98 (23,81)	62,82 (31,20)	54,93 (11,71)	55,65 (11,71)	83,69 (15,76)	87,38 (17,36)
Cd	0,27 (0,08)	0,08 (0,06)	0,73 (0,17)	0,46 (0,20)	0,31 (0,23)	0,25 (0,17)	0,64 (0,40)	0,38 (0,18)
Pb	32,40 (14,76)	15,28 (14,10)	92,17 (76,26)	44,44 (29,16)1	22,12 (19,81)	18,90 (17,90)	50,86 (26,09)	48,34 (41,23)
Hg	0,07 (0,06)	0,02 (0,02)	0,25 (0,20)	0,13 (0,08)	0,07 (0,08)	0,05 (0,07)	0,10 (0,07)	0,06 (0,04)
PAK (µg.kg <sup>-1</sup> m.u.v. som PAK: mg.kg <sup>-1</sup> )								
PHE	55,40 (57,98)	42,79 (75,14)	99,55 (95,35)	34,25 (24,03)	19,82 (21,88)	14,43 (19,26)	43,05 (63,91)	18,52 (37,22)
ANT	8,57 (7,37)	9,37 (22,12)	17,47 (14,91)	10,91 (28,54)	4,32 (6,94)	2,61 (4,61)	10,49 (16,21)	4,40 (9,85)
FLT	78,28 (63,39)	20,51 (18,29)	232,05 (174,75)	112,93 (238,01)	40,12 (38,05)	26,34 (32,29)	96,10 (91,93)	30,47 (46,75)
BaA	32,45 (31,23)	5,55 (5,63)	86,11 (70,61)	25,81 (23,68)	18,91 (21,09)	12,57 (17,54)	43,69 (46,09)	14,56 (23,74)
CHR	52,32 (41,41)	11,30 (9,48)	142,15 (103,64)	28,07 (18,38)	24,33 (31,67)	16,08 (24,97)	52,19 (54,66)	17,90 (27,59)
BkF	23,66 (14,54)	6,23 (4,44)	88,79 (49,26)	25,37 (22,70)	12,03 (12,78)	8,03 (10,96)	24,99 (22,33)	8,40 (11,81)
Bap	31,25 (24,50)	4,87 (4,03)	117,96 (91,81)	32,06 (19,01)	24,14 (26,50)	16,02 (23,25)	45,43 (41,62)	14,81 (21,94)
BPE	17,05 (7,69)	5,13 (2,40)	82,91 (59,09)	47,34 (80,13)	22,04 (18,79)	15,52 (17,19)	42,91 (29,73)	14,34 (17,92)
IPY	38,22 (17,58)	7,59 (3,82)	135,85 (96,14)	42,80 (18,65)	19,26 (19,95)	14,07 (19,85)	41,64 (31,58)	15,74 (26,53)
NPH	6,45 (0,53)	6,62 (1,40)	7,00 (0,00)	7,00 (0,00)	4,22 (0,13)	4,33 (0,12)	17,67 (38,35)	11,27 (25,17)
ACE	7,82 (0,37)	7,70 (0,00)	12,13 (6,93)	10,50 (0,00)	5,08 (0,15)	5,20 (0,15)	5,97 (1,73)	5,66 (0,31)
FLU	2,15 (1,64)	1,06 (0,82)	3,39 (4,06)	1,40 (0,00)	1,40 (1,37)	1,11 (1,09)	3,32 (6,70)	2,28 (5,14)
PYR	60,81 (56,21)	16,16 (22,54)	166,29 (130,35)	44,07 (64,54)	36,05 (33,35)	24,57 (28,38)	83,64 (75,09)	27,80 (36,88)
BbF	67,55 (34,63)	20,07 (12,30)	185,85 (121,60)	62,30 (24,24)	30,31 (29,75)	21,26 (26,71)	68,06 (59,70)	23,21 (30,58)
DBA	10,84 (5,47)	6,62 (6,88)	19,75 (10,61)	26,70 (44,94)	4,86 (5,01)	3,34 (4,51)	8,95 (7,77)	2,95 (4,38)
SOM-PAK	0,34 (0,24)	0,12 (0,10)	1,01 (0,73)	0,37 (0,31)	0,19 (0,20)	0,13 (0,17)	0,42 (0,43)	0,15 (0,24)
organochloorbestrijdingsmiddelen (µg.kg <sup>-1</sup> )								
α-HCH	0,76 (1,35)	0,46 (0,47)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
β-HCH	1,43 (2,02)	0,39 (0,15)	0,80 (1,33)	0,36 (0,05)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
γ-HCH	3,97 (6,14)	0,56 (0,36)	2,85 (8,98)	1,87 (5,92)	1,15 (2,86)	0,47 (0,36)	6,78 (15,98)	0,48 (0,47)
δ-HCH	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,47 (0,52)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
HCB	7,30 (3,30)	1,79 (1,38)	1,42 (1,10)	0,84 (1,28)	2,33 (2,18)	2,25 (2,95)	0,79 (0,54)	0,49 (0,40)
hepta	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,36 (0,03)	0,36 (0,04)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
aldrin	0,35 (0,01)	0,38 (0,15)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,36 (0,02)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
β-hepo	0,45 (0,25)	0,35 (0,00)	0,61 (0,45)	0,35 (0,00)	0,60 (0,95)	0,38 (0,12)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
α-endo	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
dieldrin	26,10 (16,89)	4,51 (4,26)	2,07 (1,35)	0,62 (0,79)	5,07 (6,98)	4,44 (7,19)	0,38 (0,11)	0,35 (0,00)
ppDDE	4,08 (2,82)	0,89 (0,85)	6,56 (21,72)	2,46 (8,62)	9,04 (14,69)	8,39 (14,87)	13,23 (17,16)	3,04 (3,79)
endrin	0,59 (0,39)	0,35 (0,00)	0,36 (0,05)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,01)	0,35 (0,00)
β-endo	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
ppTDE	2,40 (2,24)	0,60 (0,53)	1,21 (1,31)	1,07 (3,04)	1,22 (1,85)	1,46 (2,53)	0,52 (0,53)	0,35 (0,00)
opDDT	5,47 (3,92)	0,62 (0,50)	2,30 (8,01)	0,57 (0,91)	1,46 (2,52)	1,32 (2,19)	0,68 (0,97)	0,35 (0,00)
ppDDT	29,32 (22,81)	4,88 (4,61)	7,72 (30,91)	1,32 (4,09)	14,79 (27,78)	26,00 (69,91)	6,22 (9,74)	2,44 (7,40)
SOM-DDT	41,26 (31,08)	6,98 (5,65)	17,79 (61,68)	5,41 (16,68)	26,51 (45,85)	37,17 (83,72)	20,66 (27,11)	6,19 (10,01)
SOM-DRINS	27,05 (17,18)	5,24 (4,29)	2,78 (1,36)	1,32 (0,79)	5,78 (7,00)	5,14 (7,19)	1,08 (0,11)	1,05 (0,00)
SOM-HCH	6,51 (6,89)	1,76 (0,77)	4,48 (8,93)	2,93 (5,92)	2,20 (2,86)	1,52 (0,36)	7,83 (15,98)	1,53 (0,47)

	melkveehouderij op zeelei		volle gronds groenteteelt		bloembollenteelt	
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm
fysische parameters						
org. stof (%)	6,22 (1,98)	1,93 (1,60)	3,30 (1,01)	1,75 (0,79)	1,65 (1,35)	1,33 (0,33)
<2 µm (%)	23,56 (9,71)	25,41 (12,34)	8,45 (7,86)	7,45 (7,03)	1,24 (4,38)	3,38 (2,64)
pH-H <sub>2</sub> O	7,14 (0,51)	8,14 (0,33)	6,99 (0,66)	6,94 (0,94)	7,80 (0,31)	7,92 (0,27)
pH-KCl	6,48 (0,64)	7,18 (0,45)	6,28 (0,74)	6,03 (1,07)	7,54 (0,30)	7,56 (0,28)
CEC (cmol+.kg <sup>-1</sup> )	22,04 (6,53)	18,99 (8,47)	10,70 (7,41)	6,37 (7,13)	5,18 (6,44)	4,50 (1,84)
CaCO <sub>3</sub> (%)	1,83 (2,45)	4,32 (4,63)	1,19 (2,66)	4,22 (7,19)	3,20 (1,86)	3,24 (5,05)
zware metalen (mg.kg <sup>-1</sup> )						
Zn	71,87 (21,09)	56,53 (21,71)	45,07 (13,16)	26,82 (19,06)	29,72 (15,01)	27,07 (10,81)
Cu	13,87 (5,24)	9,91 (4,95)	16,66 (7,16)	7,73 (3,06)	8,01 (3,85)	6,53 (1,66)
Cr	63,52 (15,45)	67,38 (24,21)	37,94 (15,48)	29,07 (14,71)	19,80 (12,19)	14,76 (5,71)
Cd	0,27 (0,05)	0,14 (0,06)	0,28 (0,04)	0,11 (0,06)	0,15 (0,07)	0,11 (0,04)
Pb	25,99 (9,51)	16,02 (6,29)	18,39 (6,63)	9,07 (4,68)	12,41 (3,75)	9,24 (2,42)
Hg	0,05 (0,02)	0,02 (0,01)	0,03 (0,02)	0,01 (0,01)	0,04 (0,05)	0,01 (0,01)
PAK (µg.kg <sup>-1</sup> m.u.v. som PAK: mg.kg <sup>-1</sup> )						
PHE	19,27 (8,66)	5,25 (4,18)	13,51 (6,62)	3,99 (2,46)	11,27 (4,20)	8,77 (5,16)
ANT	3,64 (1,77)	1,05 (0,85)	3,03 (2,95)	1,26 (1,50)	2,25 (0,99)	1,79 (1,26)
FLT	51,84 (28,88)	9,24 (6,95)	41,50 (28,11)	8,02 (5,17)	36,46 (12,61)	26,13 (15,40)
BaA	23,34 (10,94)	3,76 (2,83)	17,82 (11,03)	3,67 (3,55)	16,19 (7,76)	11,75 (6,01)
CHR	26,39 (12,84)	4,42 (2,68)	20,03 (9,91)	4,24 (3,47)	17,03 (7,04)	12,44 (6,17)
BkF	13,34 (6,80)	2,25 (1,44)	11,01 (4,90)	2,33 (1,59)	9,62 (4,04)	5,67 (3,86)
Bap	25,80 (13,04)	3,81 (2,49)	18,51 (12,42)	3,84 (3,23)	17,20 (7,93)	13,93 (8,26)
BPE	28,10 (12,44)	6,49 (6,38)	22,60 (8,99)	5,12 (3,64)	20,69 (8,97)	17,98 (11,53)
IPY	25,70 (13,15)	5,12 (2,55)	19,28 (7,23)	4,22 (2,47)	17,52 (6,42)	15,50 (10,06)
NPH	7,79 (2,17)	8,32 (2,74)	8,54 (3,74)	8,20 (3,80)	7,00 (0,00)	7,00 (0,00)
ACE	14,00 (0,00)	14,00 (0,00)	14,00 (0,00)	14,00 (0,00)	14,00 (0,00)	14,00 (0,00)
FLU	1,52 (0,29)	1,40 (0,00)	1,40 (0,00)	1,40 (0,00)	1,40 (0,00)	1,40 (0,00)
PYR	46,42 (21,54)	8,40 (6,15)	38,16 (25,02)	8,26 (6,16)	30,54 (11,36)	22,76 (12,93)
BbF	34,28 (16,01)	6,74 (7,88)	31,30 (10,97)	6,83 (5,40)	24,38 (9,33)	18,51 (10,61)
DBA	4,73 (2,98)	2,27 (0,75)	3,91 (2,10)	2,22 (0,38)	3,57 (1,38)	3,29 (2,05)
SOM-PAK	0,23 (0,10)	0,05 (0,03)	0,18 (0,09)	0,04 (0,03)	0,16 (0,06)	0,12 (0,06)
organochloorbestrijdingsmiddelen (µg.kg <sup>-1</sup> )						
α-HCH	0,36 (0,02)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
β-HCH	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,37 (0,04)	0,38 (0,09)	0,45 (0,17)	0,35 (0,00)
γ-HCH	2,30 (8,15)	0,35 (0,00)	0,51 (0,38)	0,35 (0,00)	1,06 (0,83)	0,35 (0,00)
δ-HCH	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
HCB	1,34 (1,62)	0,46 (0,35)	1,51 (1,76)	2,62 (5,07)	4,71 (5,07)	4,70 (5,54)
hepta	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
aldrin	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,37 (0,07)	0,35 (0,00)	1,98 (2,38)	6,20 (12,06)
β-hepo	0,83 (1,73)	0,35 (0,00)	0,36 (0,04)	0,35 (0,00)	0,88 (0,78)	0,81 (0,89)
α-endo	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,46 (0,19)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
dieldrin	0,93 (1,36)	0,35 (0,00)	4,33 (7,89)	0,75 (0,77)	12,59 (9,74)	15,01 (15,64)
ppDDE	6,22 (13,78)	0,66 (0,61)	4,72 (5,12)	1,52 (1,56)	0,68 (0,87)	0,35 (0,00)
endrin	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)	0,35 (0,00)
β-endo	0,38 (0,13)	0,35 (0,00)	4,32 (4,07)	0,71 (0,78)	0,62 (0,71)	0,35 (0,00)
ppTDE	0,78 (1,01)	0,35 (0,00)	0,75 (0,88)	0,43 (0,20)	0,66 (0,60)	0,69 (0,89)
opDDT	0,90 (1,56)	0,35 (0,00)	2,51 (2,85)	0,69 (0,65)	0,40 (0,13)	0,35 (0,00)
ppDDT	6,76 (11,83)	0,62 (0,66)	16,54 (23,87)	2,97 (3,82)	3,42 (8,13)	0,35 (0,00)
SOM-DDT	14,67 (26,70)	1,99 (1,16)	24,52 (32,37)	5,61 (6,12)	5,16 (9,68)	1,74 (0,89)
SOM-DRINS	1,63 (1,36)	1,05 (0,00)	5,05 (7,96)	1,45 (0,77)	14,92 (9,69)	21,56 (20,41)
SOM-HCH	3,36 (8,17)	1,40 (0,00)	1,58 (0,41)	1,43 (0,09)	2,22 (0,80)	1,40 (0,00)

**BIJLAGE VI CATEGORIEGEMIDDELDEN BODEM RELATIEF T.O.V. DE STREEFWAARDE**

	"extensieve" melkveehouderij		"intensieve" melkveehouderij		veehouderij met intensieve tak		bos op zand
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm
zware metalen (-)							
Zn/SW	0,37 (0,10)	0,20 (0,07)	0,47 (0,12)	0,24 (0,08)	0,43 (0,12)	0,29 (0,08)	0,15 (0,07)
Cu/SW	0,50 (0,14)	0,32 (0,14)	0,56 (0,06)	0,30 (0,03)	0,69 (0,16)	0,34 (0,12)	0,15 (0,03)
Cr/SW	0,30 (0,07)	0,25 (0,06)	0,31 (0,09)	0,42 (0,12)	0,39 (0,09)	0,33 (0,12)	0,26 (0,15)
Cd/SW	0,43 (0,11)	0,20 (0,09)	0,53 (0,18)	0,27 (0,08)	0,76 (0,34)	0,37 (0,25)	0,50 (0,17)
Pb/SW	0,27 (0,12)	0,18 (0,09)	0,26 (0,06)	0,15 (0,08)	0,27 (0,07)	0,22 (0,07)	0,40 (0,22)
Hg/SW	0,28 (0,21)	0,06 (0,06)	0,19 (0,07)	0,03 (0,02)	0,13 (0,07)	0,05 (0,04)	0,16 (0,10)
PAK (-)							
SOM-PAK/SW	0,33 (0,53)	0,13 (0,16)	0,21 (0,10)	0,07 (0,04)	0,16 (0,08)	0,14 (0,09)	0,34 (0,18)
organochloorbestrijdingsmiddelen (-)							
SOM-DDT/SW	1,61 (1,65)	1,41 (1,52)	2,72 (2,70)	1,49 (1,60)	1,09 (1,00)	2,72 (3,62)	0,53 (0,40)
SOM-drins/SW	0,64 (0,80)	0,76 (0,72)	3,44 (7,78)	1,66 (2,37)	0,56 (0,42)	0,75 (0,26)	0,47 (0,18)
aldrin/SW	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,80 (0,37)	0,74 (0,12)	0,72 (0,08)	0,70 (0,00)
dieldrin/SW	3,38 (5,50)	1,40 (1,73)	13,49 (31,90)	2,86 (4,99)	1,59 (2,32)	0,90 (0,58)	1,31 (0,63)
endrin/SW	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,76 (0,21)	0,71 (0,03)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)
SOM-HCH/SW	1,37 (2,39)	0,57 (0,47)	1,60 (3,53)	0,78 (0,57)	1,77 (0,80)	0,51 (0,18)	0,56 (0,60)
$\alpha$ -HCH/SW	0,18 (0,05)	0,31 (0,14)	0,24 (0,06)	0,47 (0,17)	0,25 (0,07)	0,38 (0,10)	0,21 (0,09)
$\beta$ -HCH/SW	0,14 (0,23)	0,15 (0,13)	0,08 (0,02)	0,30 (0,45)	1,64 (0,84)	0,17 (0,13)	0,40 (0,67)
$\gamma$ -HCH/SW	31,34 (95,07)	3,46 (10,43)	17,09 (44,47)	1,33 (1,33)	1,52 (0,81)	0,77 (0,19)	0,82 (0,33)
$\alpha$ -endo/SW	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,75 (0,19)	0,70 (0,02)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)
hepta/SW	0,58 (0,14)	0,69 (0,05)	0,70 (0,00)	0,73 (0,11)	0,70 (0,01)	0,70 (0,00)	0,66 (0,07)
$\beta$ -Hepo/SW	0,83 (0,22)	0,70 (0,00)	0,71 (0,04)	0,77 (0,25)	1,22 (0,50)	0,70 (0,00)	0,79 (0,22)
HCB/SW	0,65 (0,63)	0,61 (0,39)	0,51 (0,43)	0,80 (0,35)	0,54 (0,34)	1,00 (1,00)	0,30 (0,23)

	akkerbouw op zand		melkveehouderij op veen		akkerbouw op zeeklei		melkveehouderij op rivierklei	
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm
zwارة metalen (-)								
Zn/SW	0,40 (0,13)	0,18 (0,06)	0,75 (0,29)	0,41 (0,13)	0,67 (0,59)	0,58 (0,44)	1,02 (0,82)	0,77 (0,53)
Cu/SW	0,80 (0,22)	0,23 (0,11)	0,89 (0,50)	0,53 (0,25)	0,53 (0,29)	0,45 (0,26)	0,78 (0,18)	0,68 (0,09)
Cr/SW	0,37 (0,06)	0,31 (0,07)	0,61 (0,10)	0,57 (0,16)	0,66 (0,10)	0,66 (0,09)	0,70 (0,06)	0,67 (0,05)
Cd/SW	0,39 (0,08)	0,13 (0,07)	0,64 (0,14)	0,38 (0,18)	0,53 (0,36)	0,42 (0,27)	0,80 (0,63)	0,52 (0,34)
Pb/SW	0,49 (0,21)	0,25 (0,22)	0,89 (0,75)	0,42 (0,28)	0,32 (0,26)	0,27 (0,23)	0,56 (0,37)	0,53 (0,47)
Hg/SW	0,29 (0,25)	0,07 (0,09)	0,74 (0,63)	0,39 (0,25)	0,26 (0,29)	0,20 (0,24)	0,32 (0,27)	0,19 (0,14)
PAK (-)								
SOM-PAK/SW	0,25 (0,12)	0,10 (0,08)	0,38 (0,23)	0,15 (0,10)	0,19 (0,20)	0,13 (0,17)	0,40 (0,44)	0,15 (0,24)
organochloorbestrijdingsmiddelen (-)								
SOM-DDT/SW	3,99 (3,15)	1,07 (0,97)	1,02 (3,79)	0,45 (1,64)	11,76 (21,42)	17,49 (40,58)	2,69 (4,37)	2,09 (2,57)
SOM-drins/SW	4,61 (2,52)	1,62 (1,17)	0,22 (0,08)	0,12 (0,08)	4,70 (5,60)	4,16 (5,15)	0,26 (0,09)	0,78 (0,22)
aldrin/SW	0,71 (0,02)	0,77 (0,29)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,71 (0,05)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)
dieldrin/SW	38,26 (21,76)	7,54 (6,90)	1,56 (0,91)	0,56 (0,76)	10,14 (13,97)	8,89 (14,38)	0,72 (0,24)	0,70 (0,00)
endrin/SW	1,18 (0,78)	0,70 (0,00)	0,72 (0,09)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,02)	0,70 (0,00)
SOM-HCH/SW	0,55 (0,50)	0,32 (0,18)	0,17 (0,30)	0,11 (0,19)	0,96 (1,29)	0,70 (0,22)	0,96 (1,91)	0,56 (0,17)
$\alpha$ -HCH/SW	0,19 (0,22)	0,26 (0,17)	0,05 (0,02)	0,05 (0,02)	0,50 (0,09)	0,53 (0,09)	0,14 (0,04)	0,43 (0,12)
$\beta$ -HCH/SW	0,14 (0,19)	0,09 (0,06)	0,04 (0,07)	0,02 (0,01)	0,17 (0,03)	0,18 (0,03)	0,05 (0,01)	0,14 (0,04)
$\gamma$ -HCH/SW	7,94 (12,28)	1,12 (0,71)	5,71 (17,96)	3,74 (11,84)	2,31 (5,73)	0,95 (0,72)	13,57 (31,95)	0,96 (0,95)
$\alpha$ -endo/SW	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)
hepta/SW	0,47 (0,17)	0,58 (0,18)	0,22 (0,07)	0,22 (0,08)	0,71 (0,06)	0,72 (0,07)	0,56 (0,13)	0,70 (0,00)
$\beta$ -Hepo/SW	0,90 (0,51)	0,70 (0,00)	1,22 (0,91)	0,70 (0,00)	1,21 (1,89)	0,75 (0,24)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)
HCB/SW	2,58 (1,12)	1,06 (0,72)	0,22 (0,18)	0,21 (0,51)	3,77 (2,89)	3,62 (3,61)	0,42 (0,40)	0,77 (0,80)

	melkveehouderij op zeeklei		volle gronds groenteteelt		bloembollenteelt	
	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm	0-10 cm	30-50 cm
zwارة metalen (-)						
Zn/SW	0,55 (0,07)	0,43 (0,09)	0,58 (0,190)	0,33 (0,16)	0,46 (0,19)	0,45 (0,20)
Cu/SW	0,42 (0,17)	0,31 (0,11)	0,78 (0,30)	0,37 (0,10)	0,43 (0,19)	0,37 (0,11)
Cr/SW	0,65 (0,06)	0,66 (0,19)	0,55 (0,12)	0,43 (0,14)	0,33 (0,13)	0,26 (0,07)
Cd/SW	0,39 (0,07)	0,21 (0,06)	0,53 (0,08)	0,21 (0,11)	0,30 (0,12)	0,23 (0,08)
Pb/SW	0,32 (0,10)	0,20 (0,05)	0,30 (0,08)	0,15 (0,07)	0,22 (0,06)	0,17 (0,05)
Hg/SW	0,18 (0,07)	0,07 (0,04)	0,12 (0,06)	0,06 (0,04)	0,19 (0,22)	0,03 (0,03)
PAK (-)						
SOM-PAK/SW	0,23 (0,10)	0,05 (0,03)	0,18 (0,09)	0,04 (0,03)	0,16 (0,06)	0,12 (0,06)
organochloorbestrijdingsmiddelen (-)						
SOM-DDT/SW	3,02 (5,40)	0,91 (0,56)	8,11 (9,60)	2,73 (3,11)	1,37 (1,63)	0,87 (0,45)
SOM-drins/SW	0,71 (0,93)	0,96 (0,20)	3,43 (5,01)	1,38 (0,83)	14,33 (10,38)	21,56 (20,41)
aldrin/SW	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,74 (0,14)	0,70 (0,00)	3,96 (4,76)	12,40 (24,12)
dieldrin/SW	1,87 (2,72)	0,70 (0,00)	8,66 (15,78)	1,51 (1,55)	25,19 (19,48)	30,03 (31,27)
endrin/SW	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)
SOM-HCH/SW	0,52 (1,07)	0,64 (0,13)	0,51 (0,19)	0,67 (0,11)	1,05 (0,50)	0,70 (0,00)
$\alpha$ -HCH/SW	0,22 (0,09)	0,53 (0,11)	0,37 (0,11)	0,54 (0,08)	0,53 (0,14)	0,58 (0,00)
$\beta$ -HCH/SW	0,07 (0,03)	0,18 (0,04)	0,13 (0,04)	0,20 (0,06)	0,23 (0,12)	0,19 (0,00)
$\gamma$ -HCH/SW	4,60 (16,30)	0,70 (0,00)	1,03 (0,75)	0,70 (0,00)	2,13 (1,67)	0,70 (0,00)
$\alpha$ -endo/SW	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,93 (0,38)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)
hepta/SW	0,67 (0,05)	0,70 (0,02)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)	0,70 (0,00)
$\beta$ -Hepo/SW	1,65 (3,47)	0,70 (0,00)	0,72 (0,08)	0,70 (0,00)	1,75 (1,57)	1,61 (1,78)
HCB/SW	1,16 (1,58)	0,85 (0,72)	1,66 (1,67)	4,83 (10,08)	7,94 (9,68)	9,40 (11,08)

**BIJLAGE VII CATEGORIEGEMIDDELDEN ZWARE METALEN IN GRONDWATER**

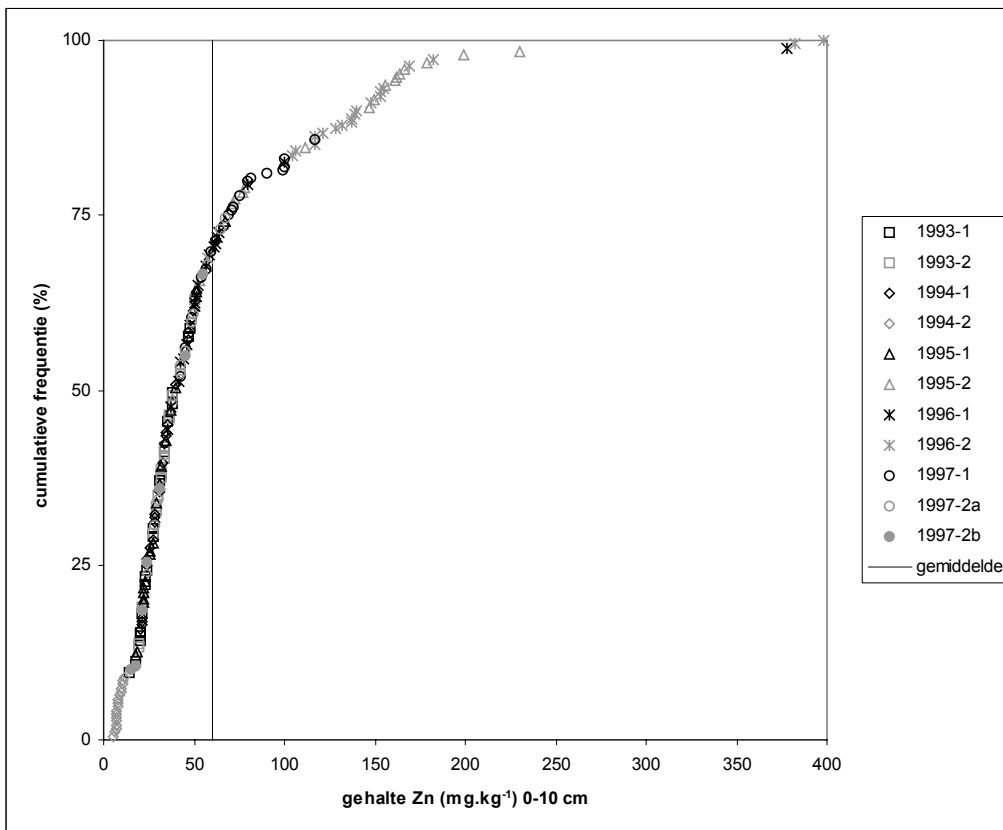
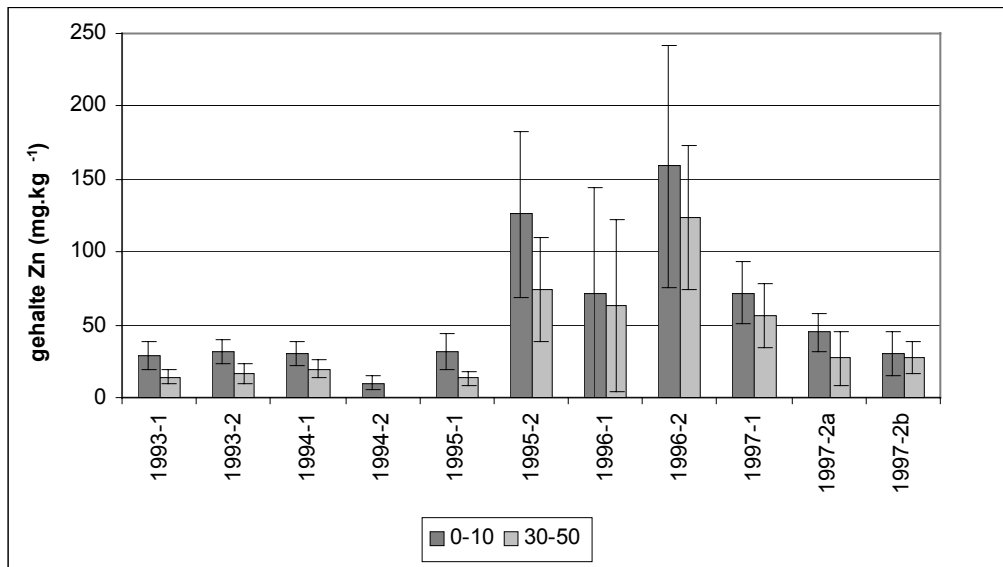
	“extensieve” melkveehouderij	“intensieve” melkveehouderij	veehouderij met intensieve tak	bos op zand	akkerbouw op zand	melkveehouderij op veen
zware metalen – grondwater ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )						
Zn	109,63 (70,73)	128,00 (151,13)	81,75 (61,41)	419,30 (558,12)	40,62 (27,80)	33,79 (17,12)
Cd	0,59 (0,53)	0,85 (0,85)	0,49 (0,35)	2,78 (5,41)	0,25 (0,09)	0,05 (0,01)
Pb	1,63 (1,04)	2,85 (2,75)	1,98 (1,42)	1,65 (1,25)	2,33 (0,58)	7,39 (5,85)
Cr	1,93 (0,76)	2,45 (1,10)	2,75 (2,08)	1,30 (0,91)	2,91 (0,93)	1,48 (2,06)
Cu	9,74 (5,67)	11,95 (7,16)	13,80 (7,45)	7,99 (8,41)	13,64 (5,07)	14,58 (22,82)
Ni	-	-	16,35 (22,18)	26,64 (56,52)	11,99 (9,59)	5,54 (2,87)
As	1,07 (1,45)	1,47 (1,84)	4,00 (5,84)	0,32 (0,64)	1,62 (1,57)	2,03 (1,10)
zware metalen – grondwater t.o.v. streefwaarde (-)						
Zn/SW	1,69 (1,09)	1,97 (2,33)	1,26 (0,94)	6,45 (8,59)	0,62 (0,43)	0,52 (0,26)
Cd/SW	1,48 (1,34)	2,14 (2,13)	1,21 (0,86)	6,94 (13,51)	0,63 (0,22)	0,12 (0,04)
Pb/SW	0,11 (0,07)	0,19 (0,18)	0,13 (0,09)	0,11 (0,08)	0,16 (0,04)	0,49 (0,39)
Cr/SW	1,93 (0,76)	2,45 (1,10)	2,75 (2,08)	1,30 (0,91)	2,91 (0,93)	1,48 (2,06)
Cu/SW	0,65 (0,38)	0,80 (0,48)	0,92 (0,50)	0,53 (0,56)	0,91 (0,34)	0,97 (1,52)
Ni/SW	-	-	1,09 (1,48)	1,78 (3,77)	0,80 (0,64)	0,37 (0,19)
As/SW	0,11 (0,14)	0,15 (0,18)	0,40 (0,58)	0,03 (0,06)	0,16 (0,16)	0,20 (0,11)

	akkerbouw op zeeklei	melkveehouderij op rivierklei	melkveehouderij op zeeklei	volle gronds groenteteelt	bloembollenteelt
zware metalen – grondwater ( $\mu\text{g.l}^{-1}$ )					
Zn	15,63 (12,79)	14,16 (6,84)	10,06 (9,19)	104,08 (96,64)	6,73 (1,97)
Cd	0,11 (0,11)	0,08 (0,06)	0,05 (0,03)	1,06 (1,44)	0,03 (0,00)
Pb	2,15 (1,09)	0,86 (0,37)	1,11 (3,56)	1,25 (1,39)	0,16 (0,03)
Cr	0,90 (0,79)	0,51 (0,04)	0,67 (0,40)	1,00 (0,60)	1,31 (0,70)
Cu	3,98 (2,66)	7,07 (4,82)	1,61 (0,86)	7,09 (6,58)	1,04 (0,68)
Ni	7,24 (9,39)	3,91 (2,92)	4,43 (1,98)	27,92 (28,39)	3,82 (1,48)
As	2,97 (2,52)	4,60 (5,28)	5,96 (4,99)	2,99 (6,33)	15,98 (19,90)
zware metalen – grondwater t.o.v. streefwaarde (-)					
Zn/SW	0,24 (0,20)	0,22 (0,11)	0,15 (0,14)	1,60 (1,49)	0,10 (0,03)
Cd/SW	0,28 (0,28)	0,21 (0,14)	0,13 (0,07)	2,65 (3,61)	0,08 (0,01)
Pb/SW	0,14 (0,07)	0,06 (0,02)	0,07 (0,24)	0,08 (0,09)	0,01 (0,00)
Cr/SW	0,90 (0,79)	0,51 (0,04)	0,67 (0,40)	1,00 (0,60)	1,31 (0,75)
Cu/SW	0,27 (0,18)	0,47 (0,32)	0,11 (0,06)	0,47 (0,44)	0,07 (0,05)
Ni/SW	0,48 (0,63)	0,26 (0,19)	0,30 (0,13)	1,86 (1,89)	0,25 (0,10)
As/SW	0,30 (0,25)	0,46 (0,53)	0,60 (0,50)	0,30 (0,63)	1,60 (1,99)

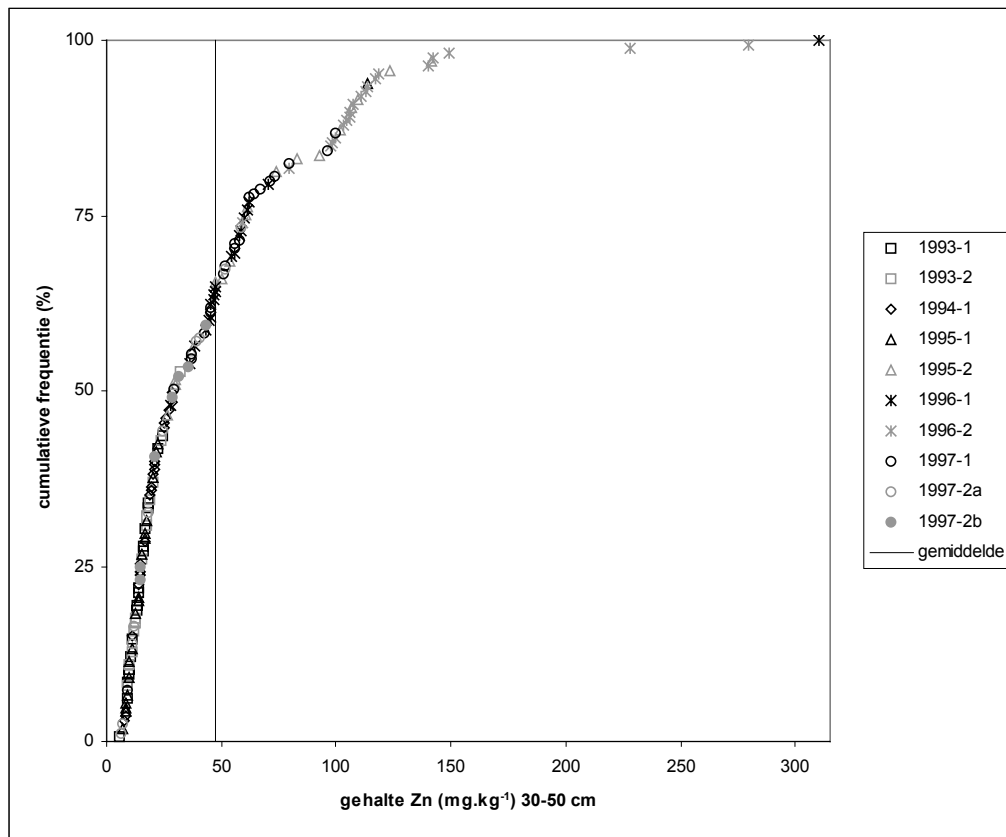


**BIJLAGE VIII CATEGORIEGEMIDDELDEN EN CUMULATIEVE FREQUENTIEDIAGRAMMEN  
ABSOLUUT VAN ZWARE METALEN IN BODEM**

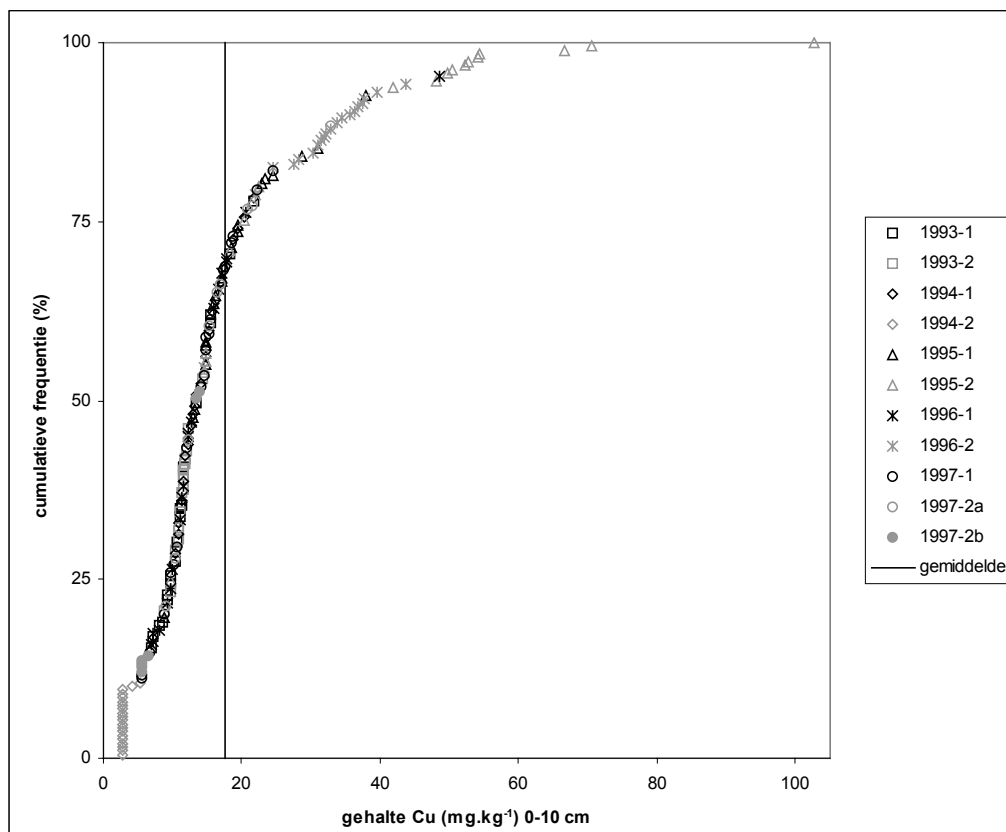
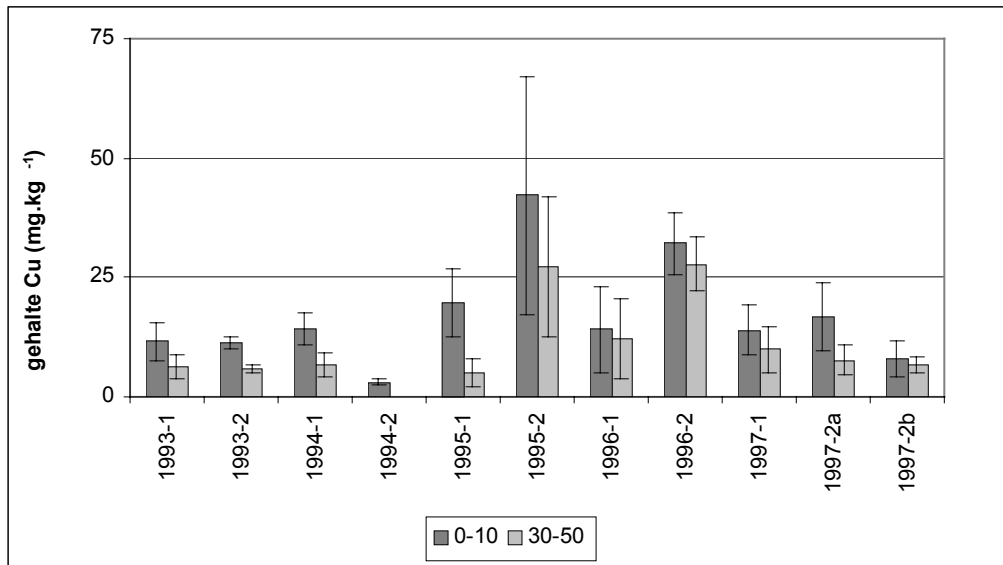
a) zink

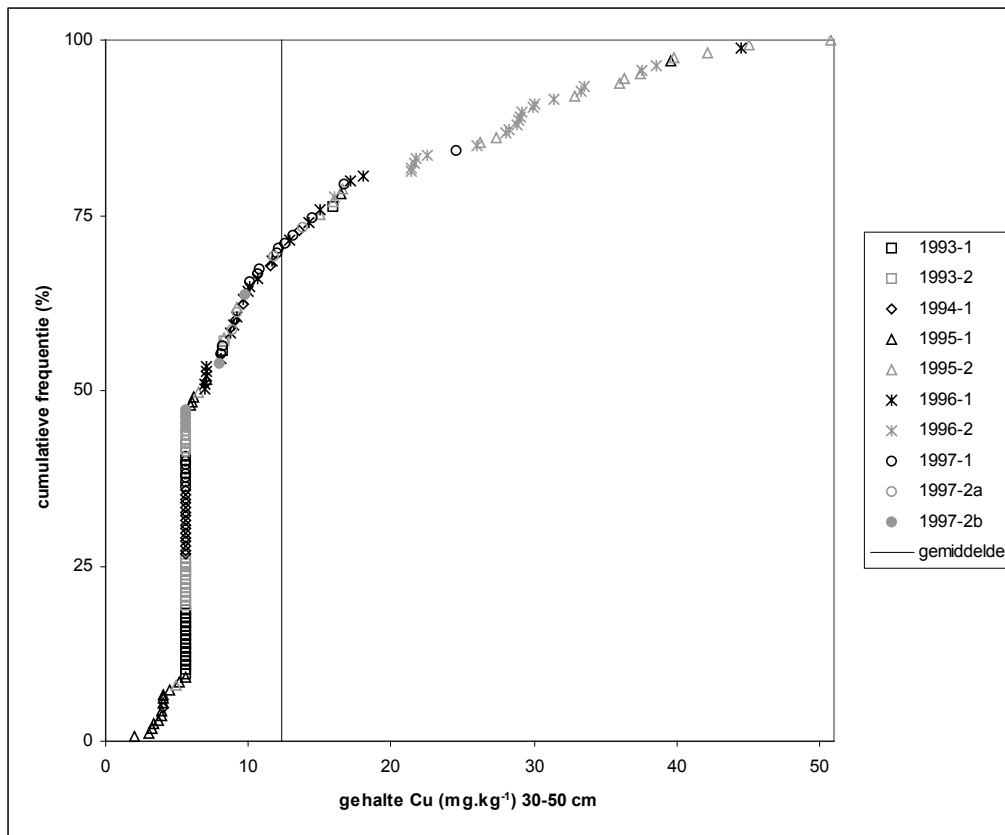




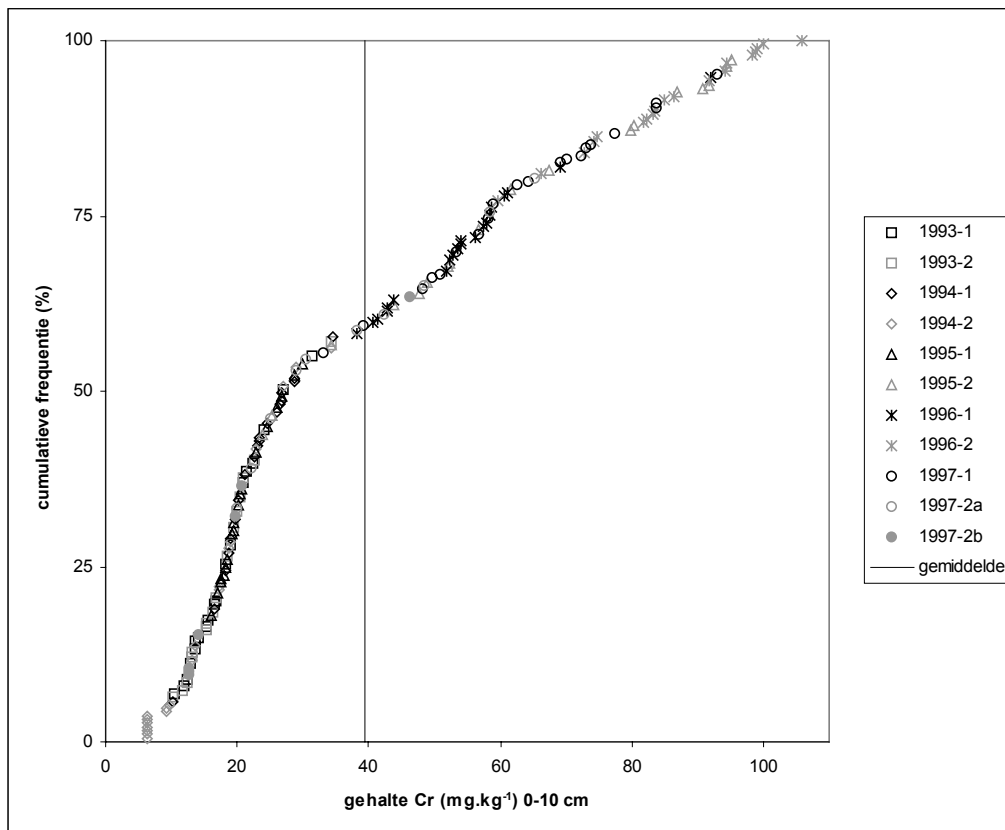
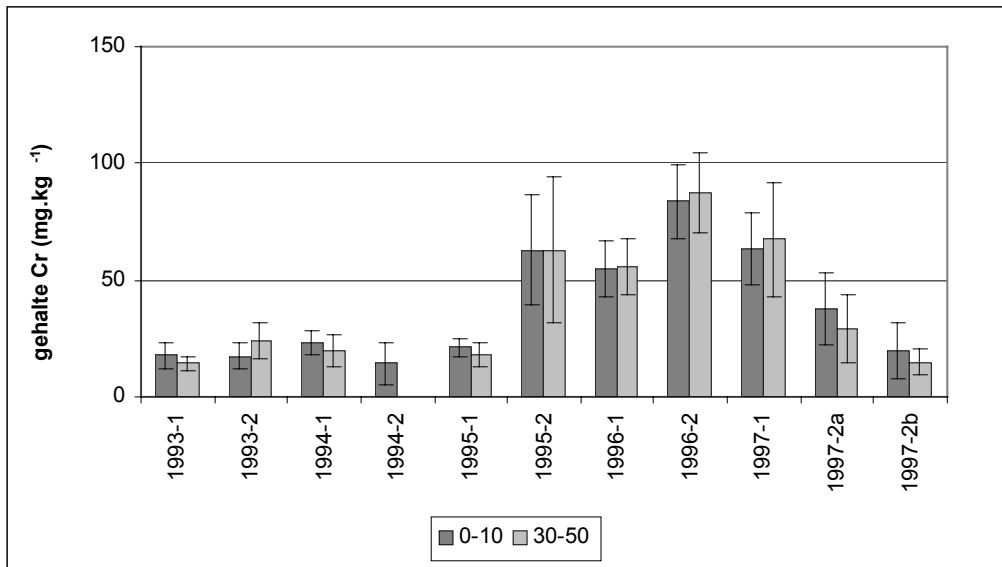


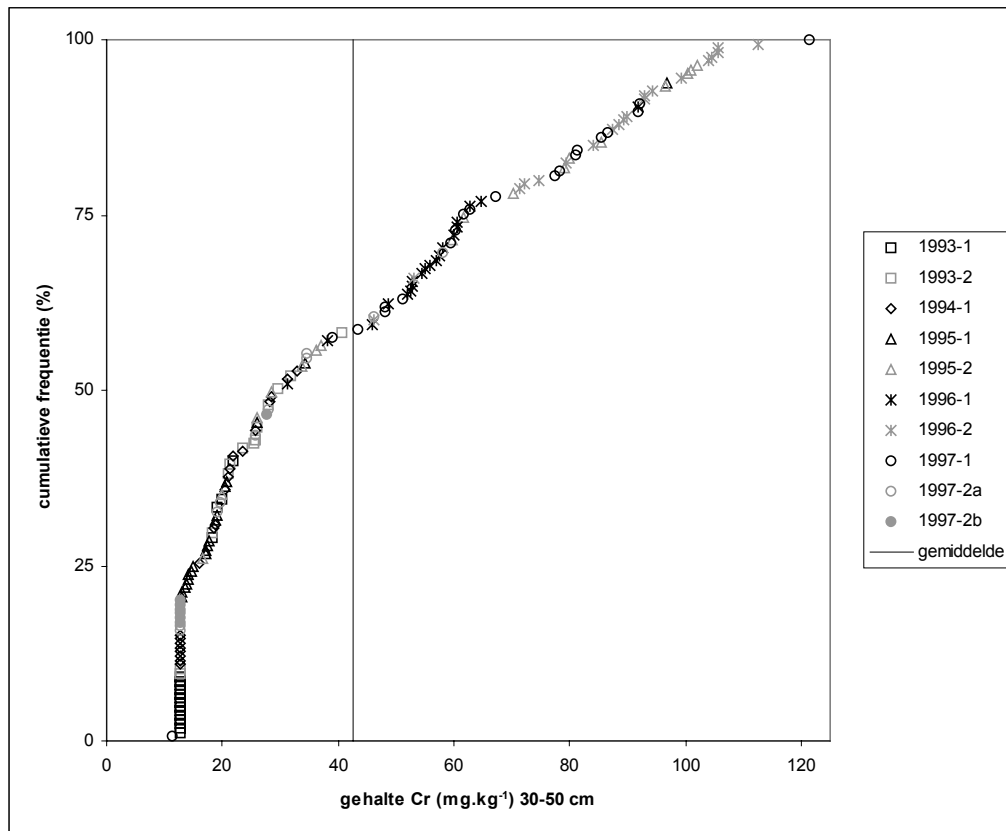
b) koper



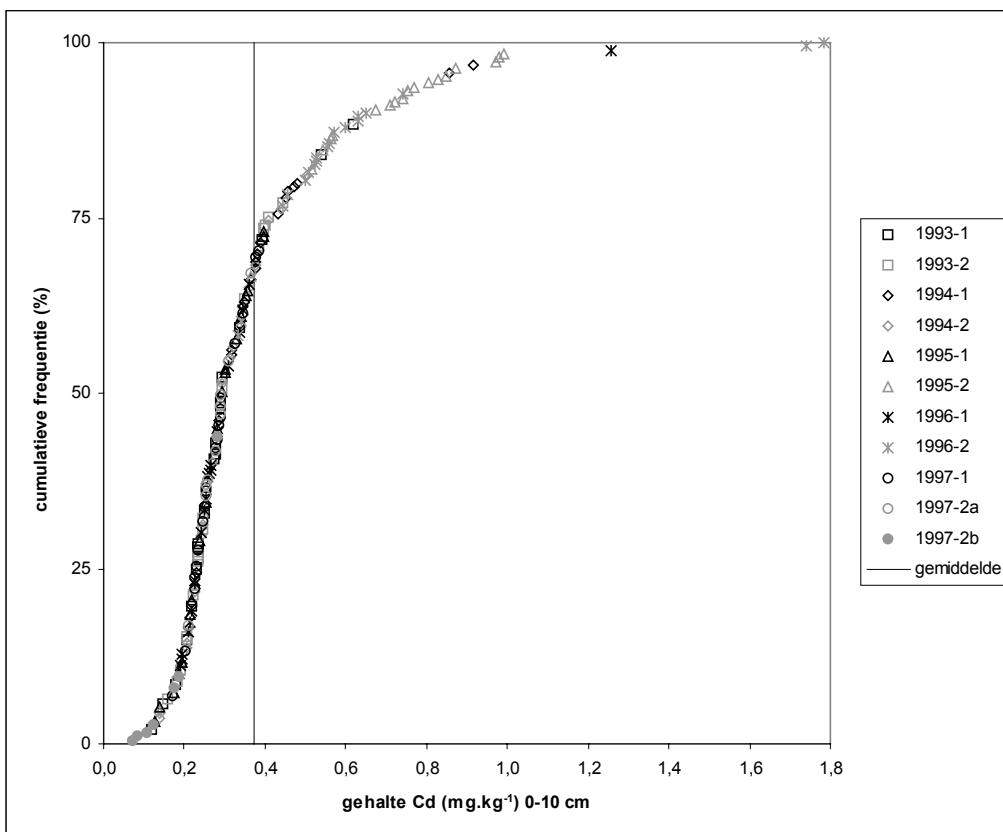
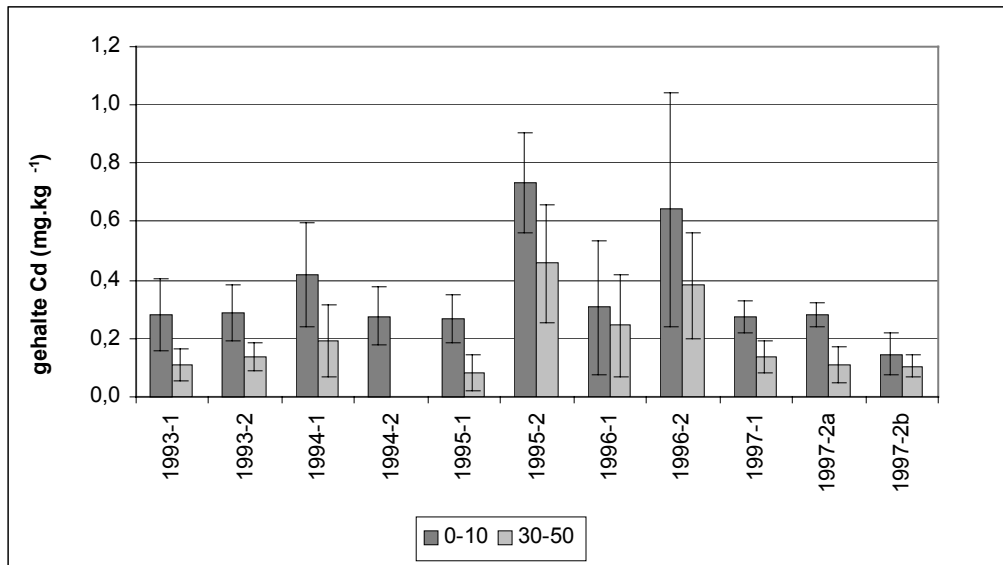


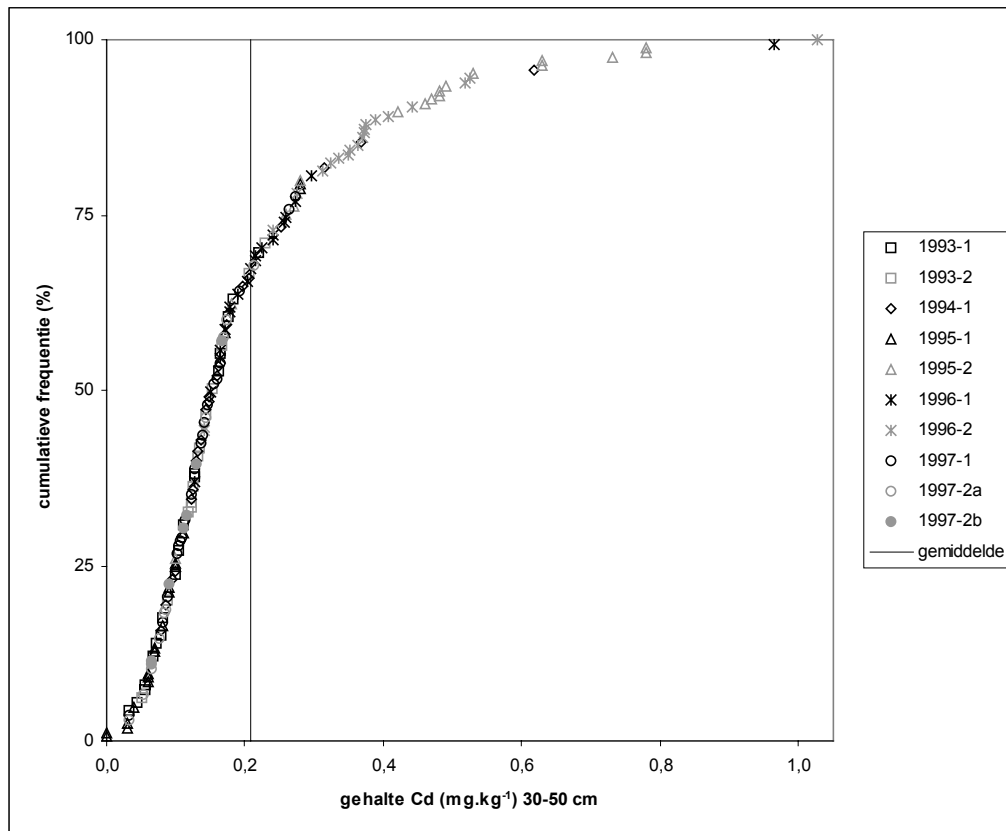
c) chroom



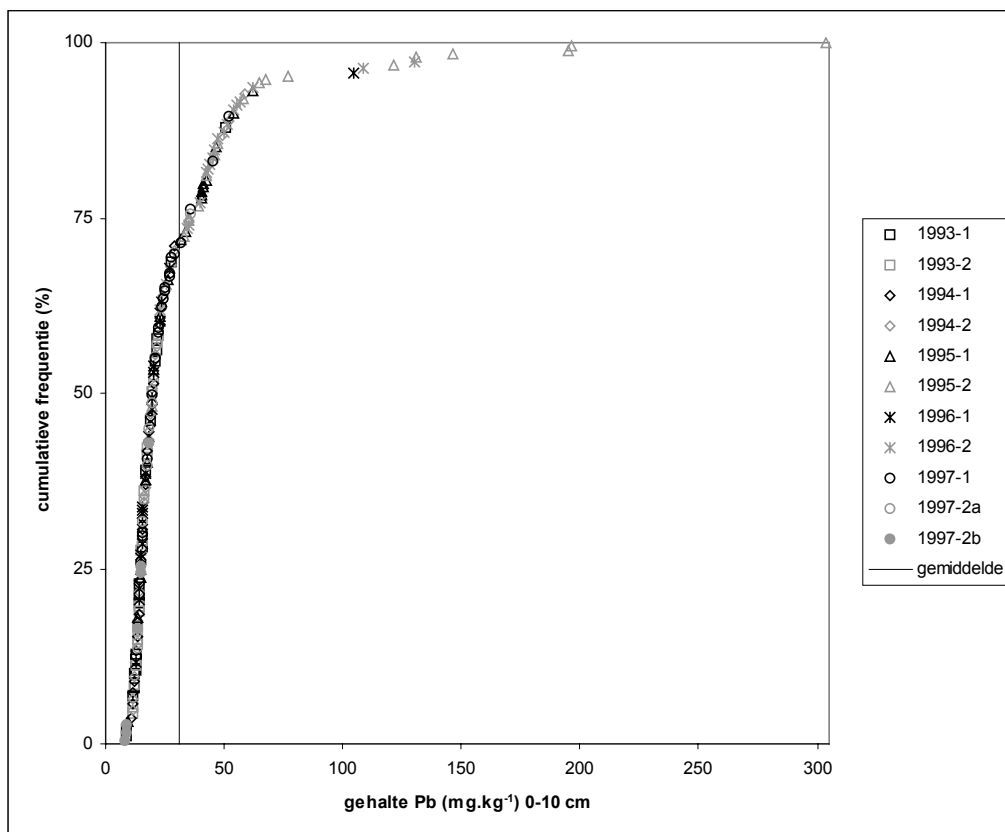
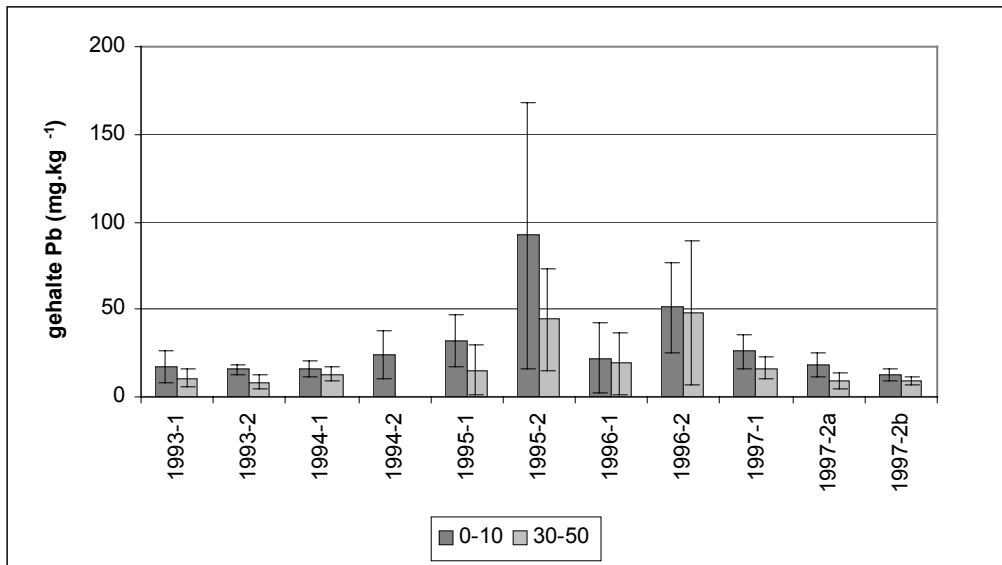


d) cadmium

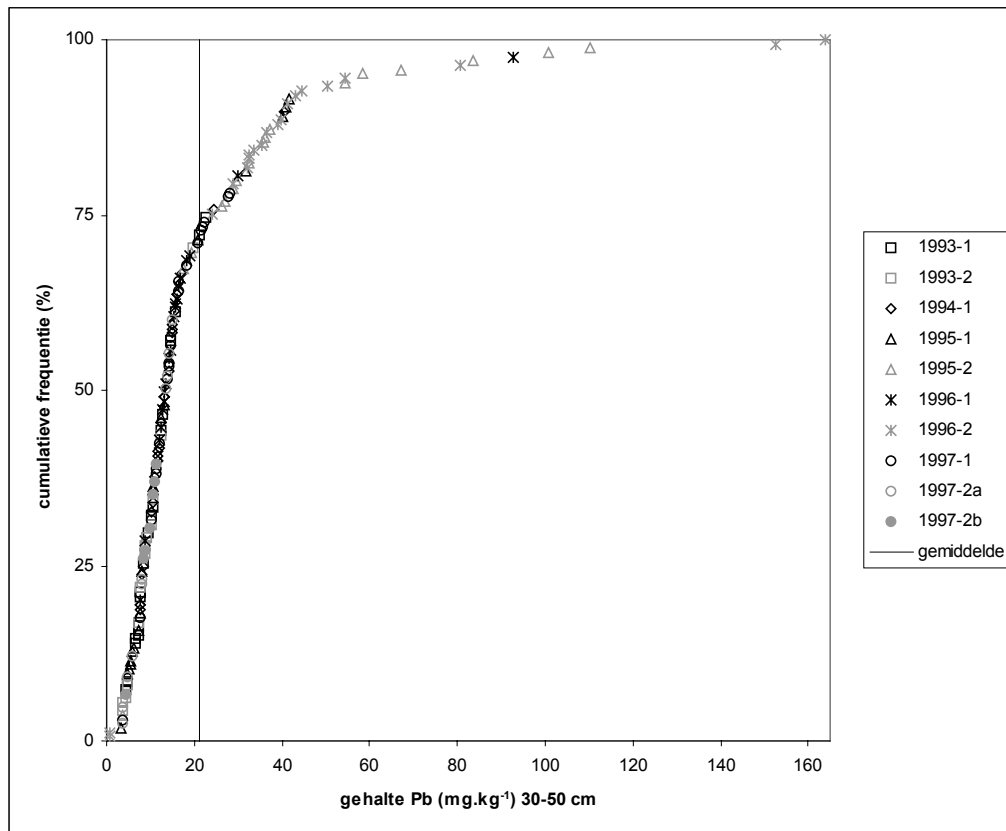




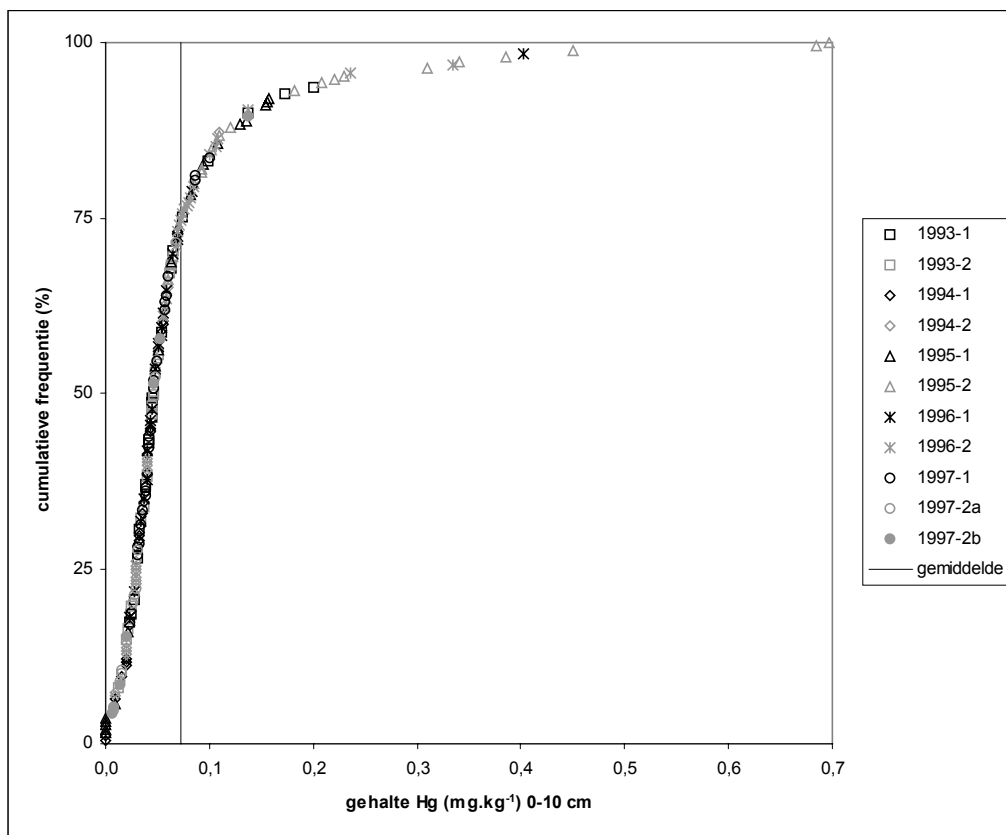
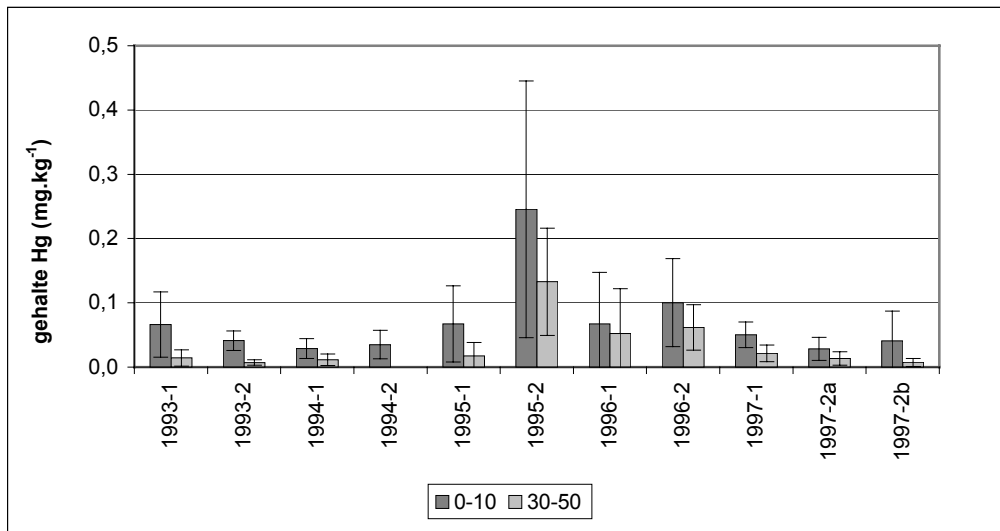
e) lood

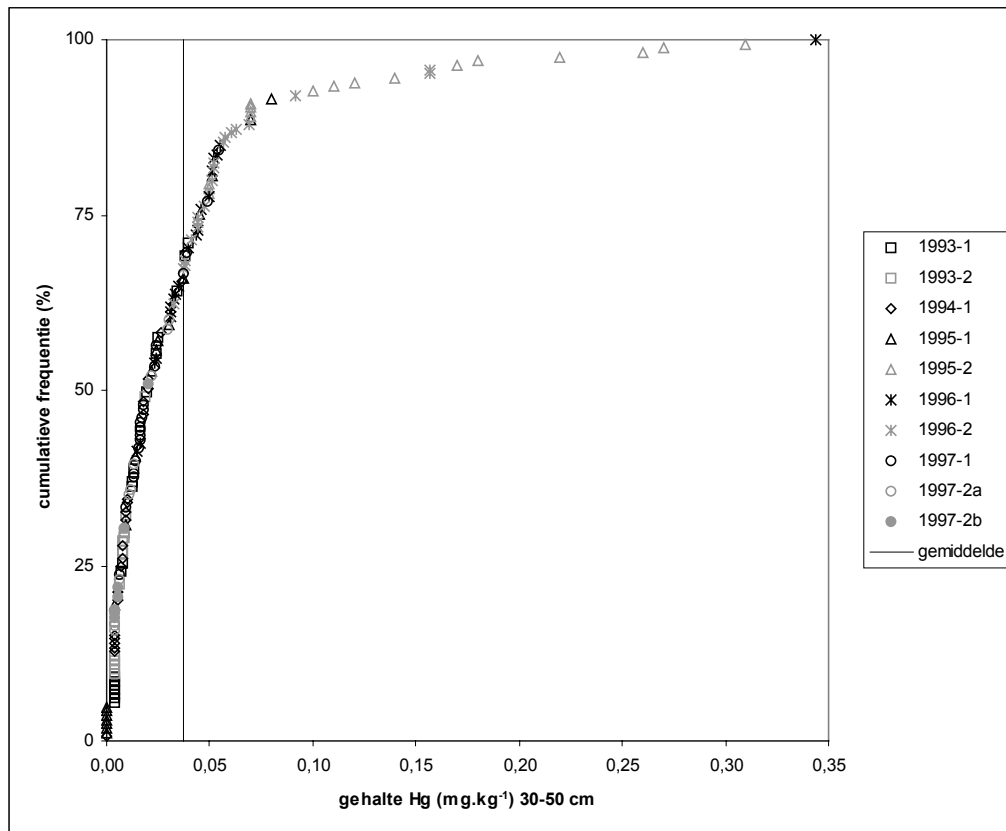






f) kwik

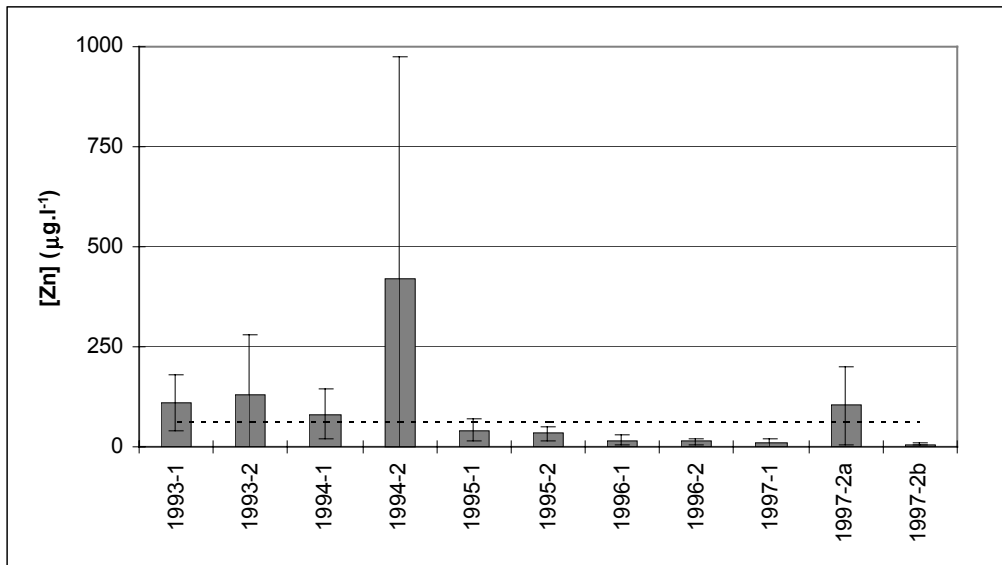




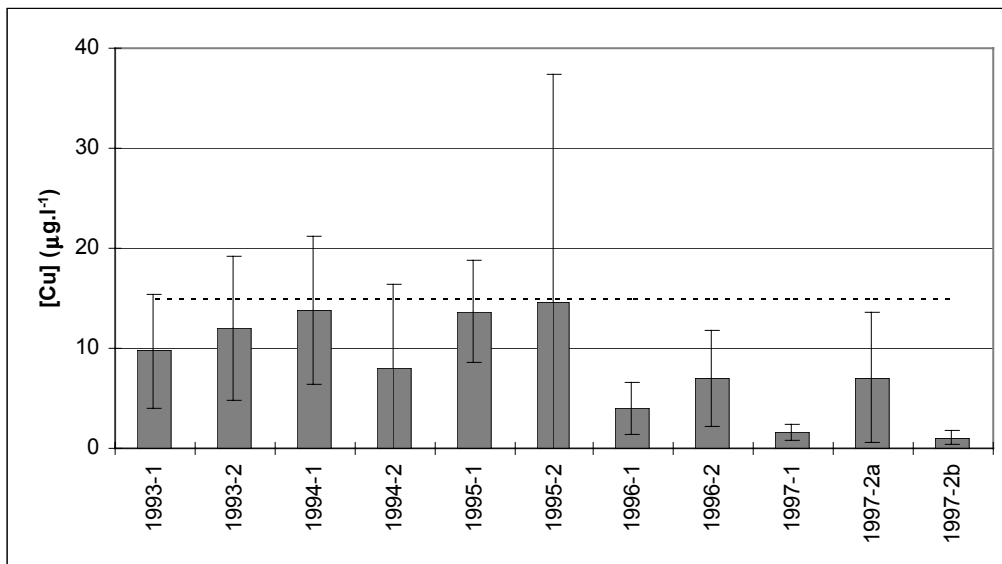


**BIJLAGE IX CATEGORIEGEMIDDELDEN ABSOLUUT VAN ZWARE METALEN IN GRONDWATER**

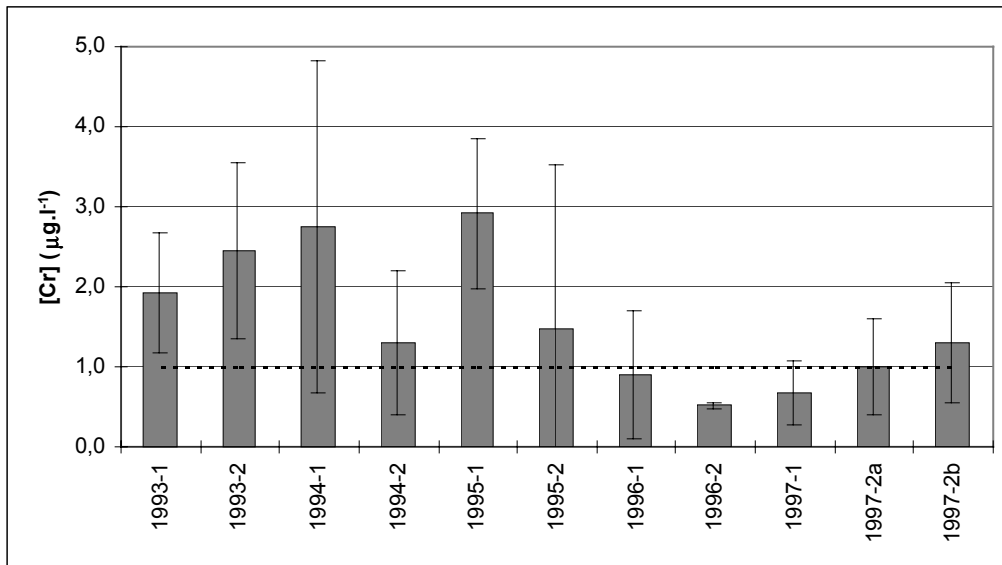
a) zink



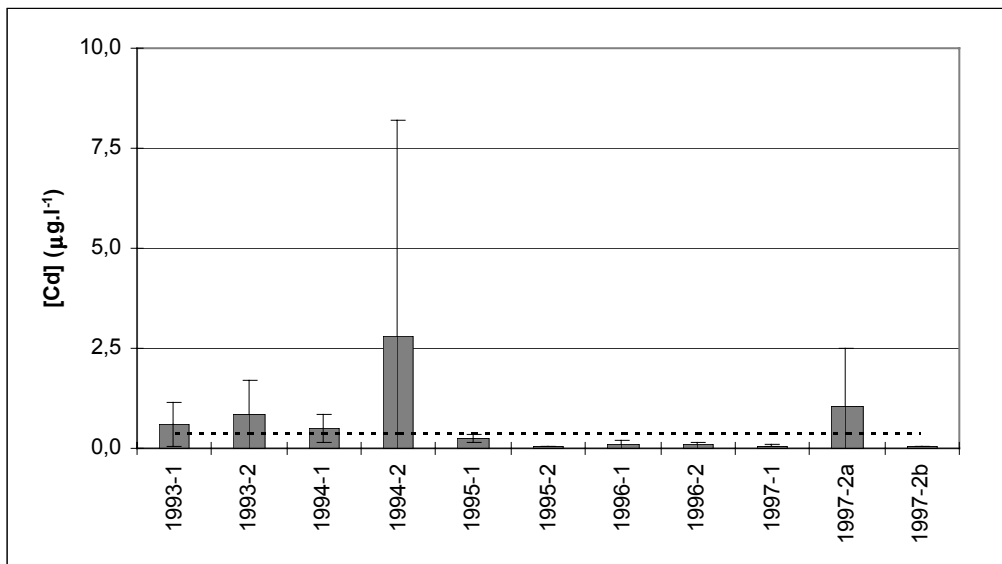
b) koper



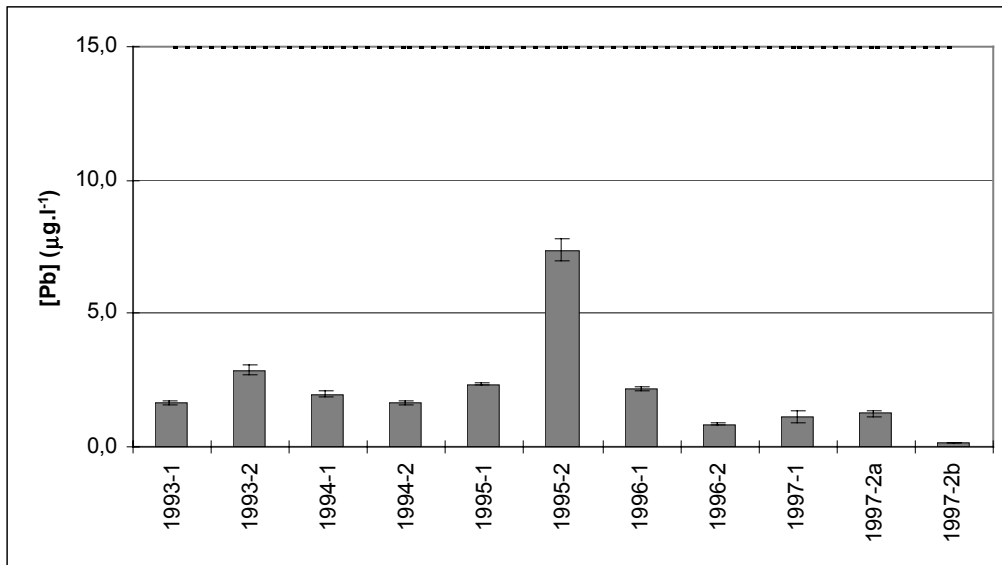
## c) chrom



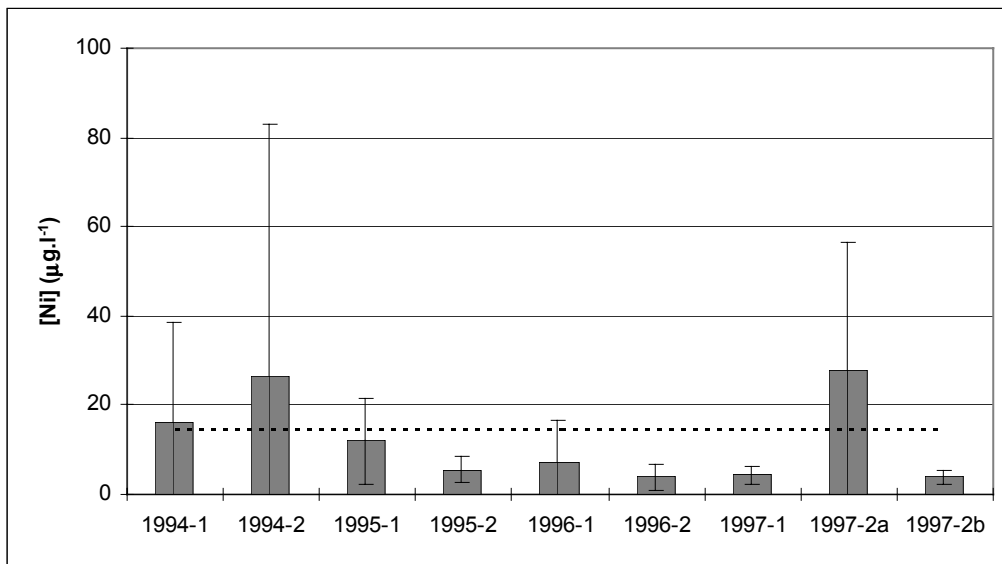
## d) cadmium



e) lood

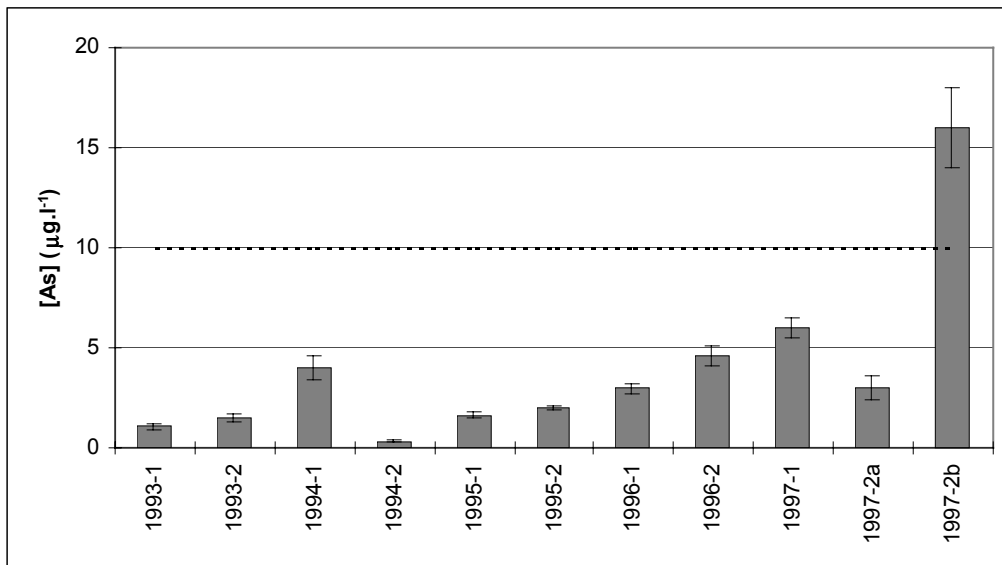


f) nikkel





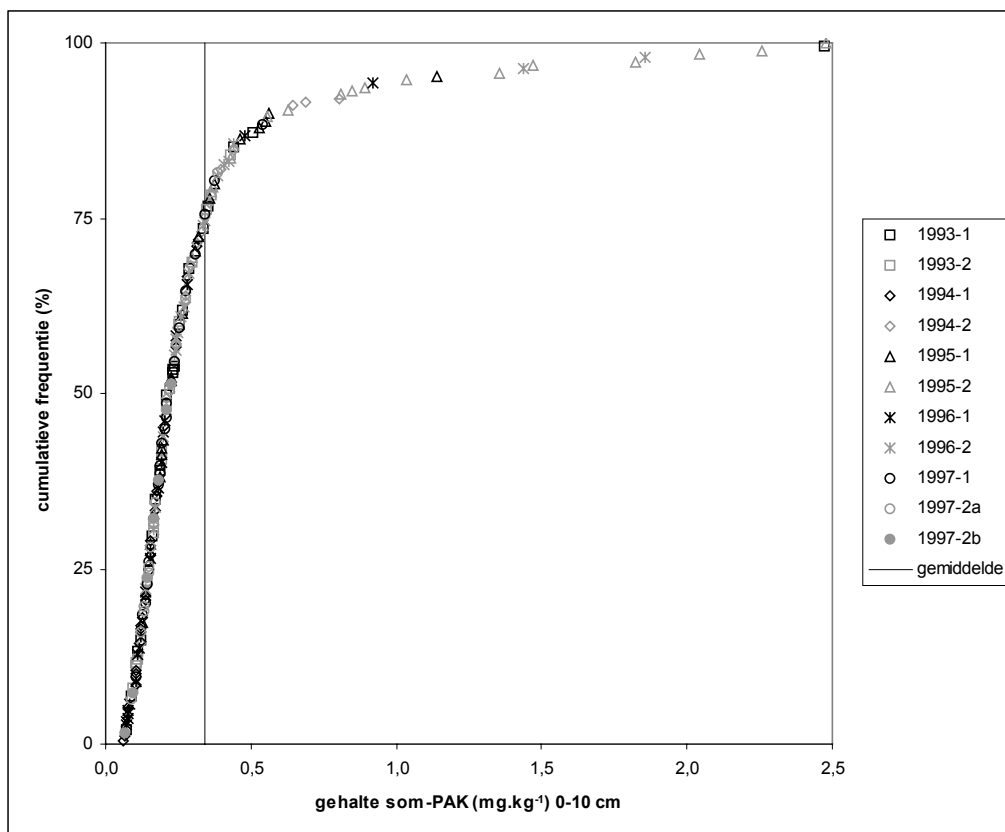
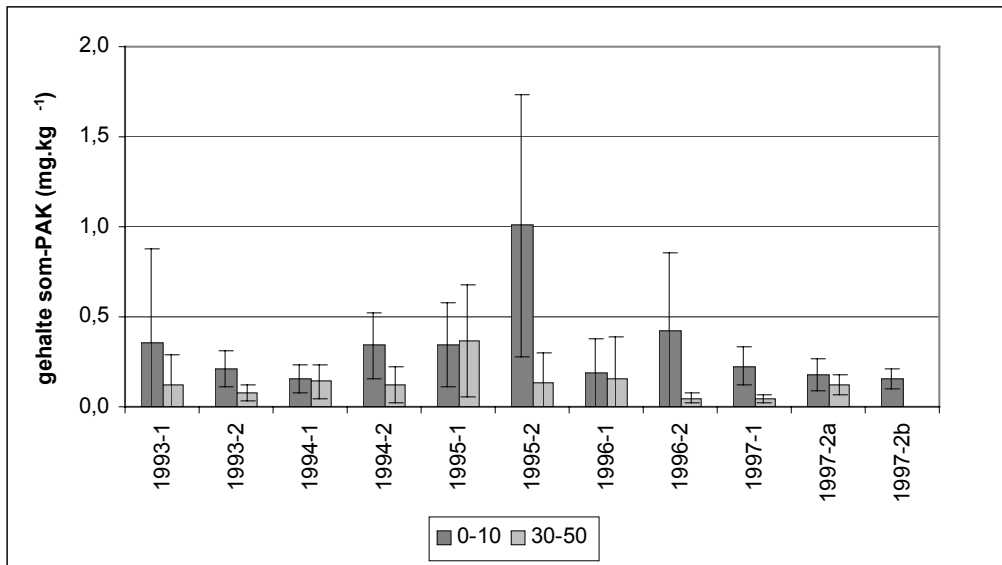
g) arseen

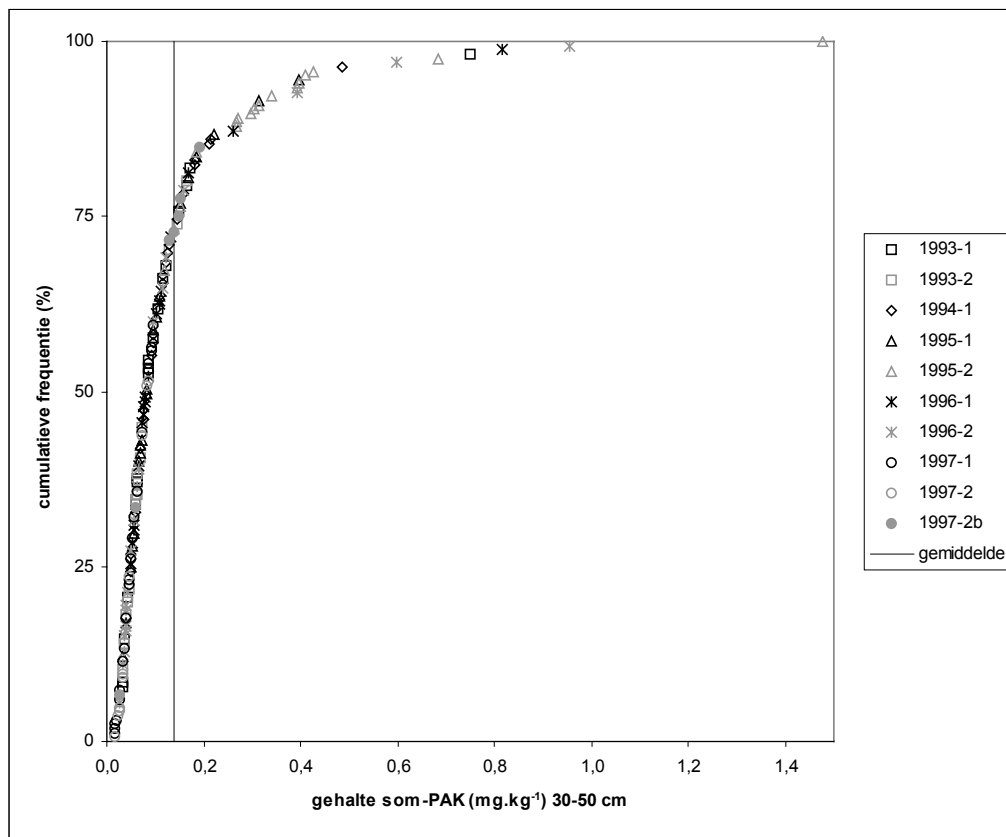




**BIJLAGE X CATEGORIEGEMIDDELDEN EN CUMULATIEVE FREQUENTIEDIAGRAMMEN  
ABSOLUUT VAN PAK IN BODEM**

a) som-PAK

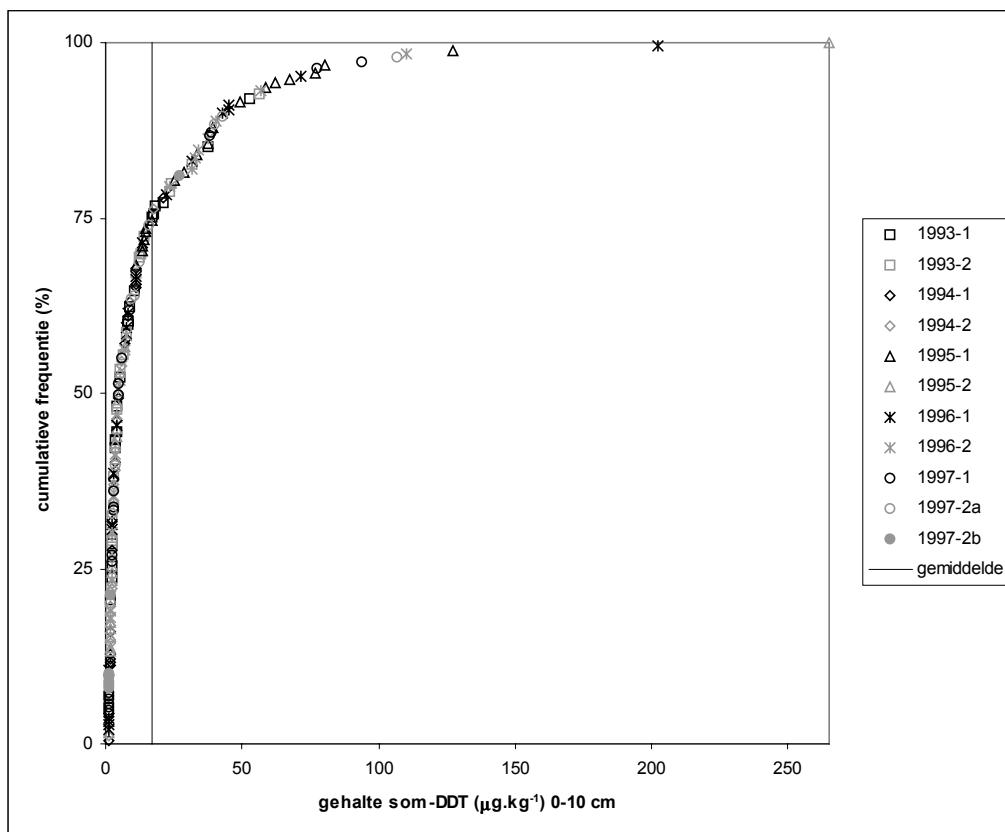
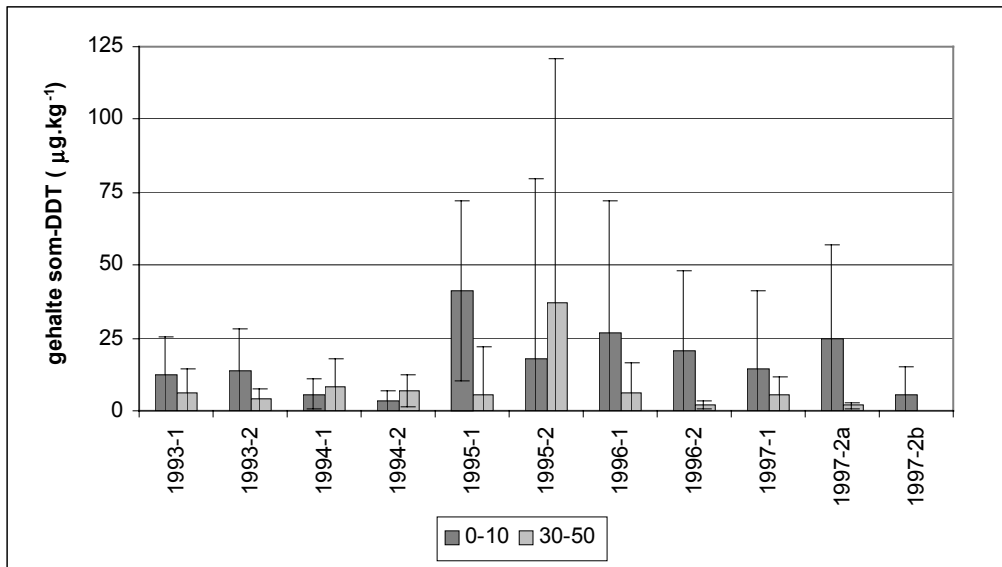




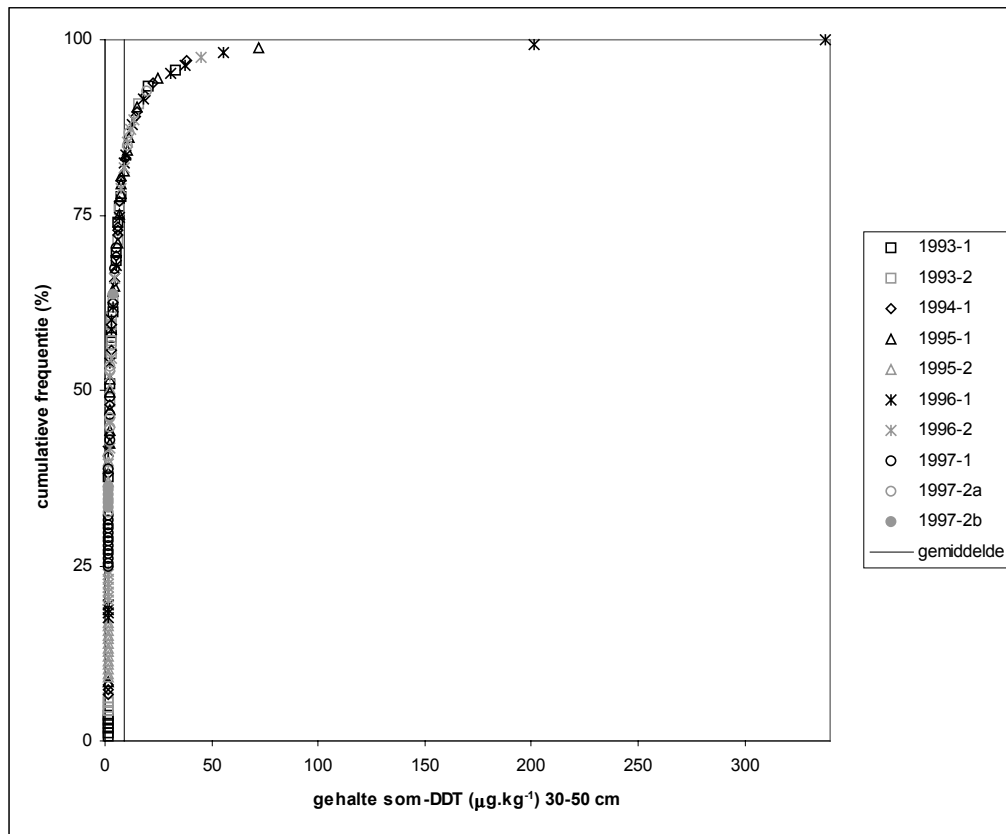


**BIJLAGE XI CATEGORIEGEMIDDELDEN EN CUMULATIEVE FREQUENTIEDIAGRAMMEN  
ORGANOCHLOORBESTRIJDINGSMIDDELEN**

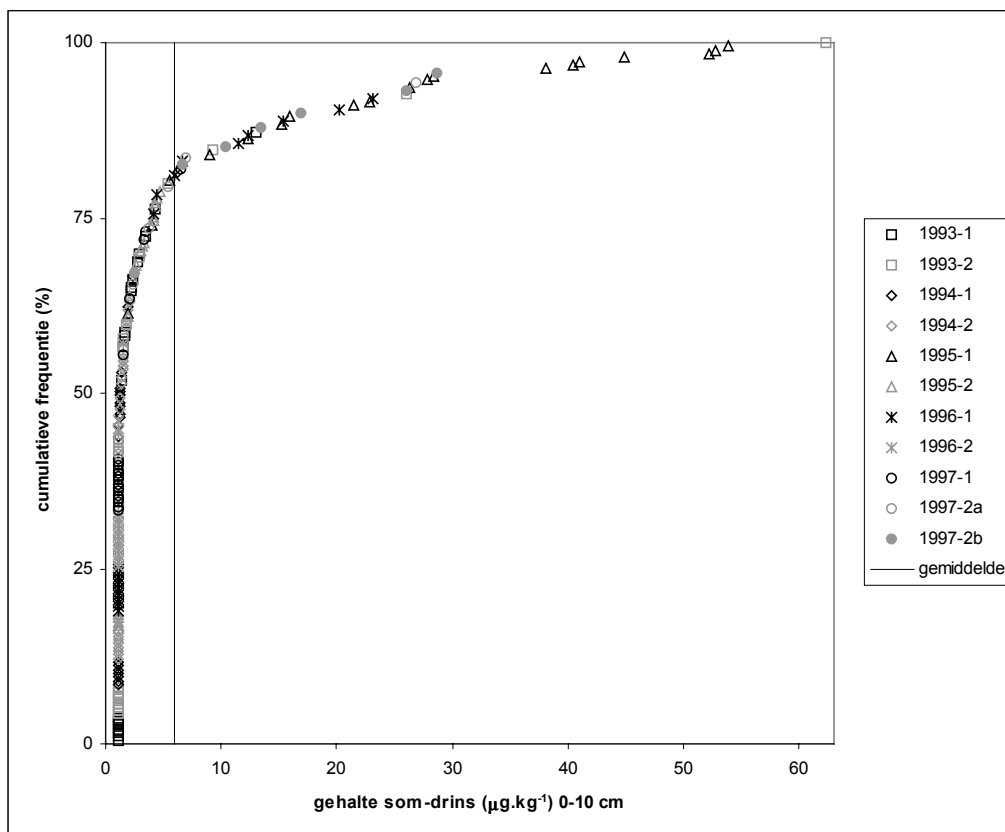
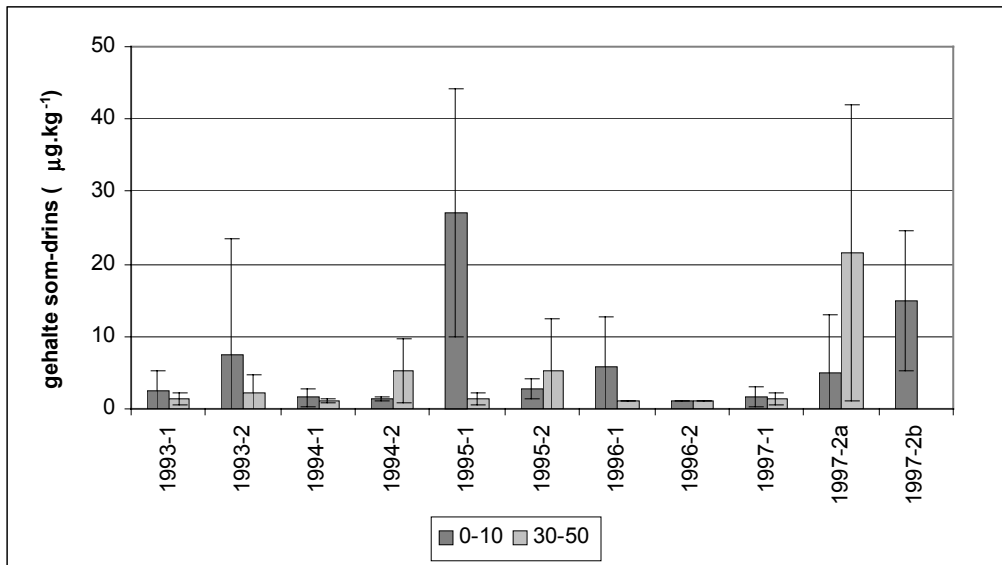
a) som-DDT

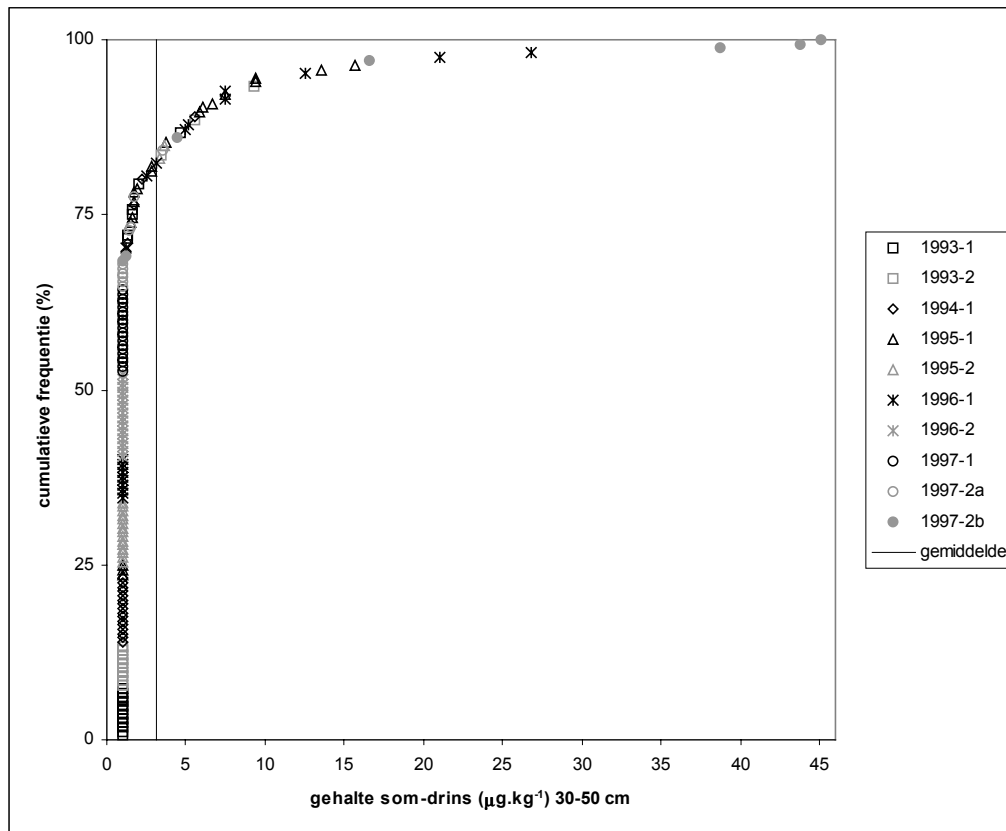




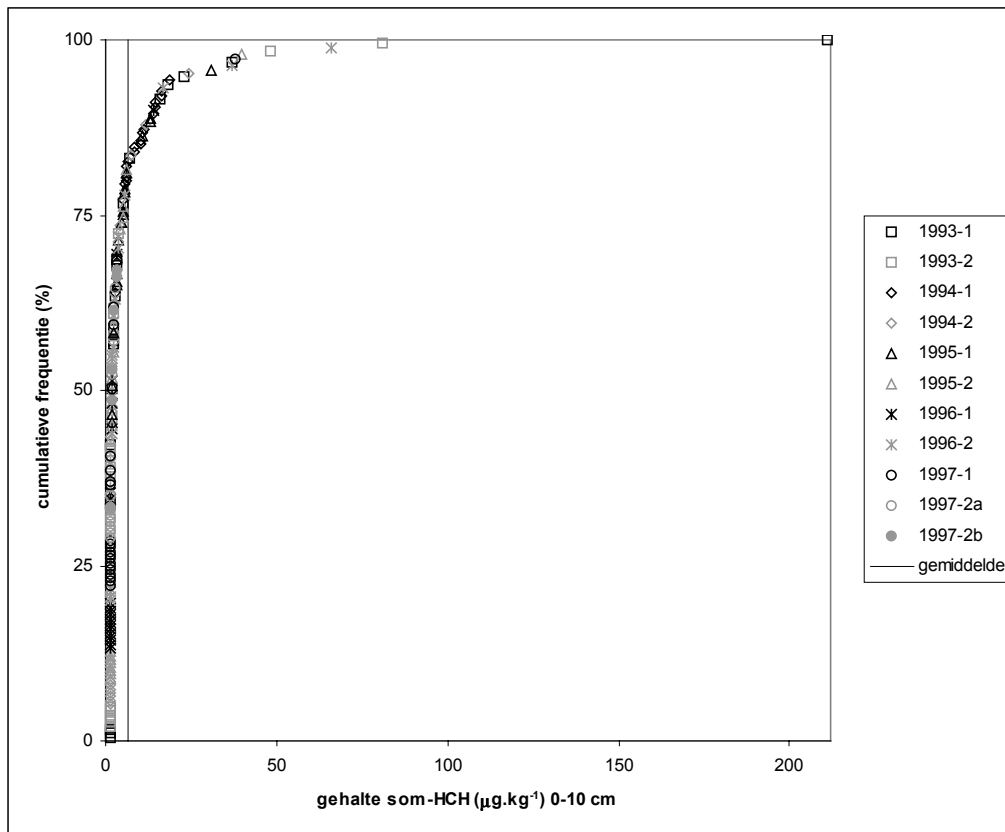
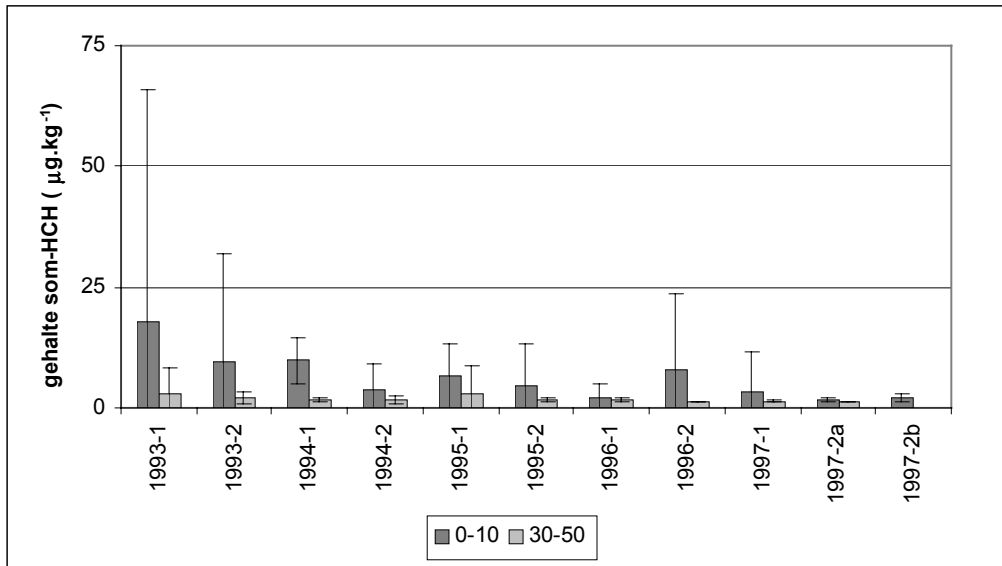


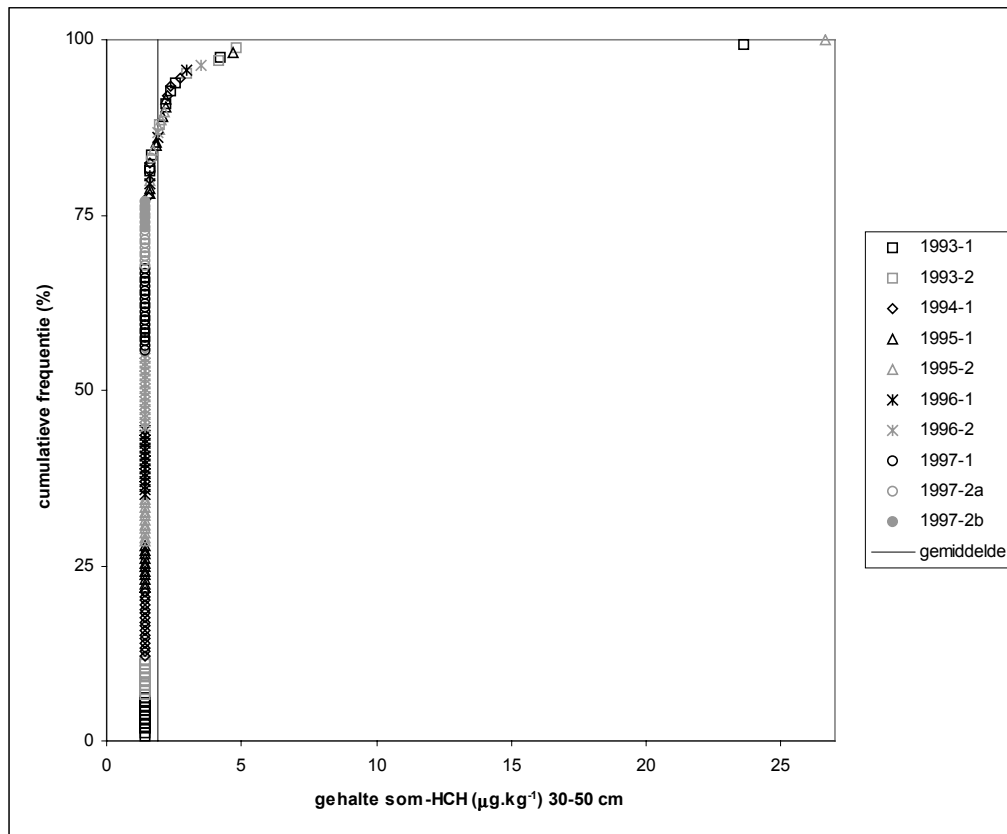
b) som-drins





c) som-HCH

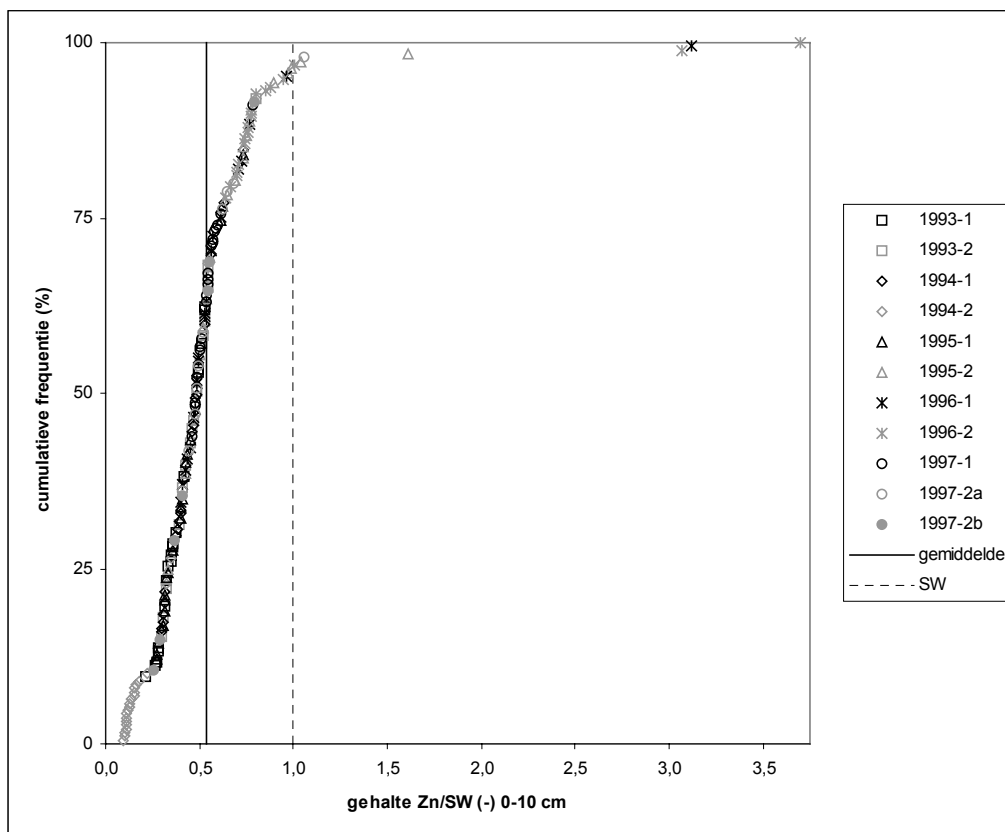
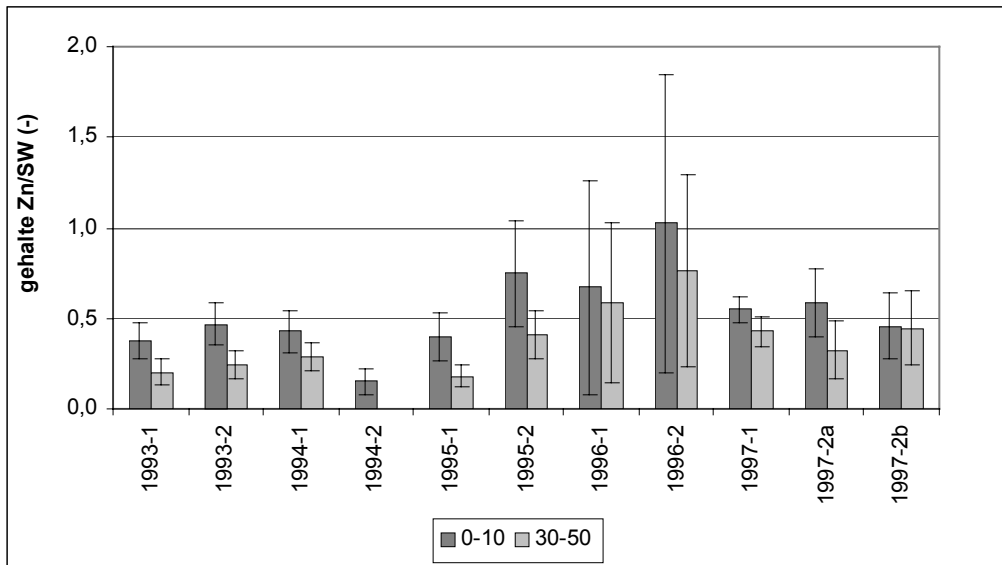




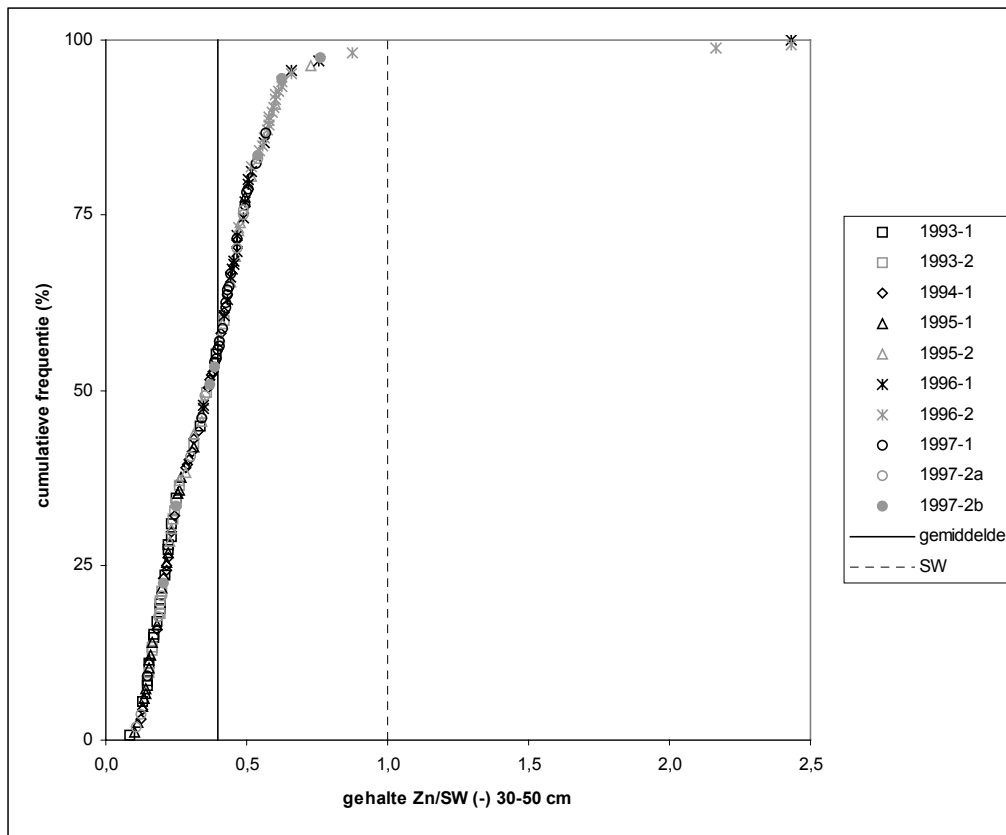


**BIJLAGE XII CATEGORIEGEMIDDELDEN EN CUMULATIEVE FREQUENTIEDIAGRAMMEN  
RELATIEF T.O.V. DE STREEFWAARDE VAN ZWARE METALEN IN DE BODEM**

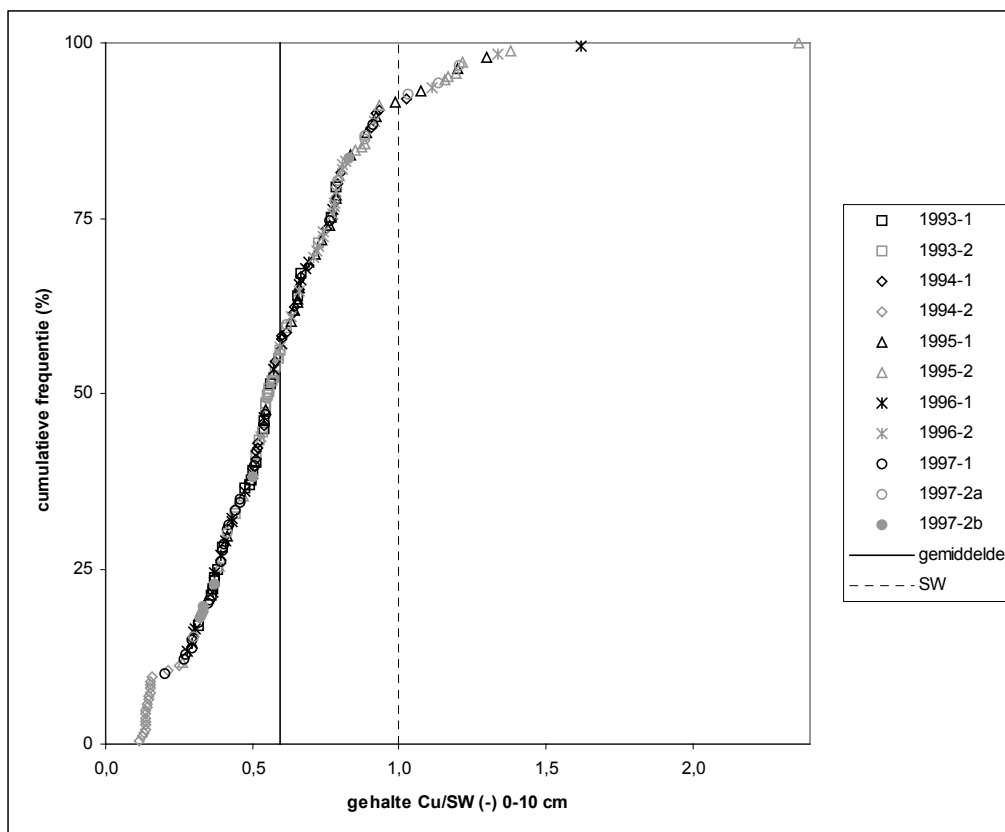
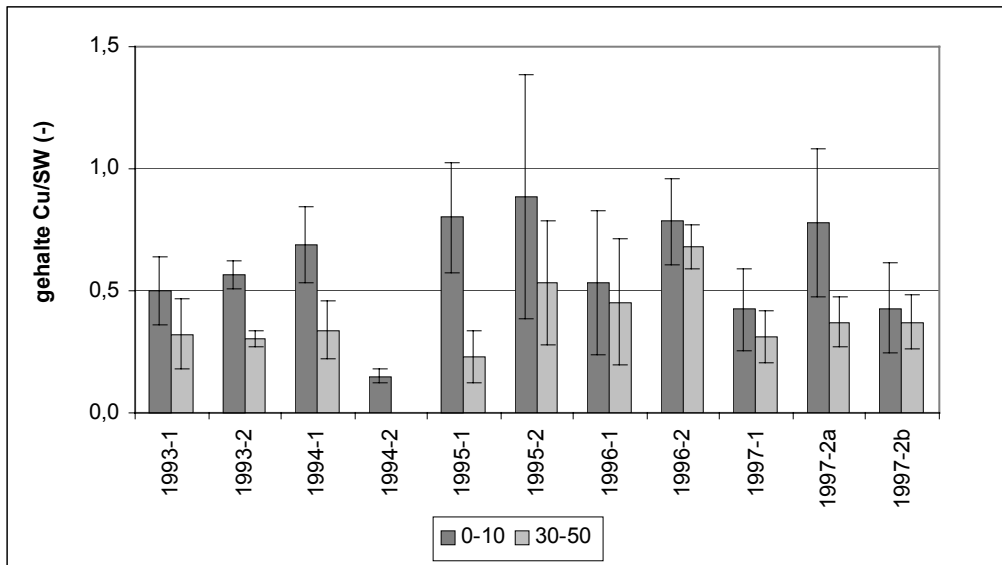
a) zink

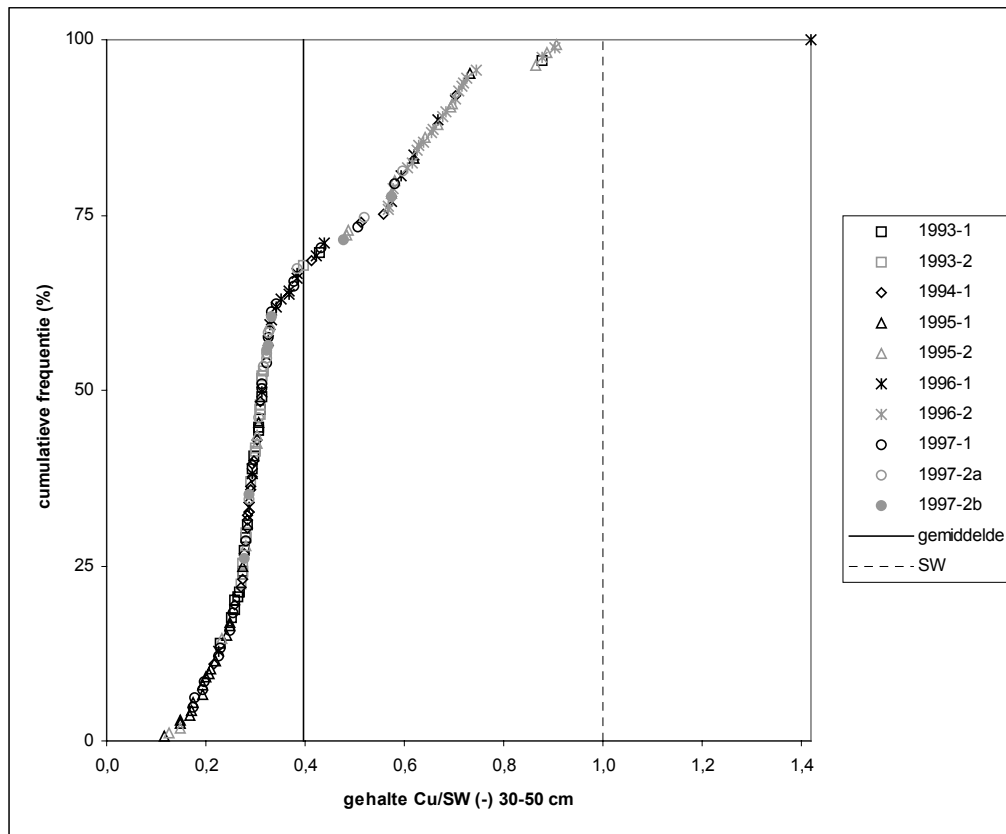




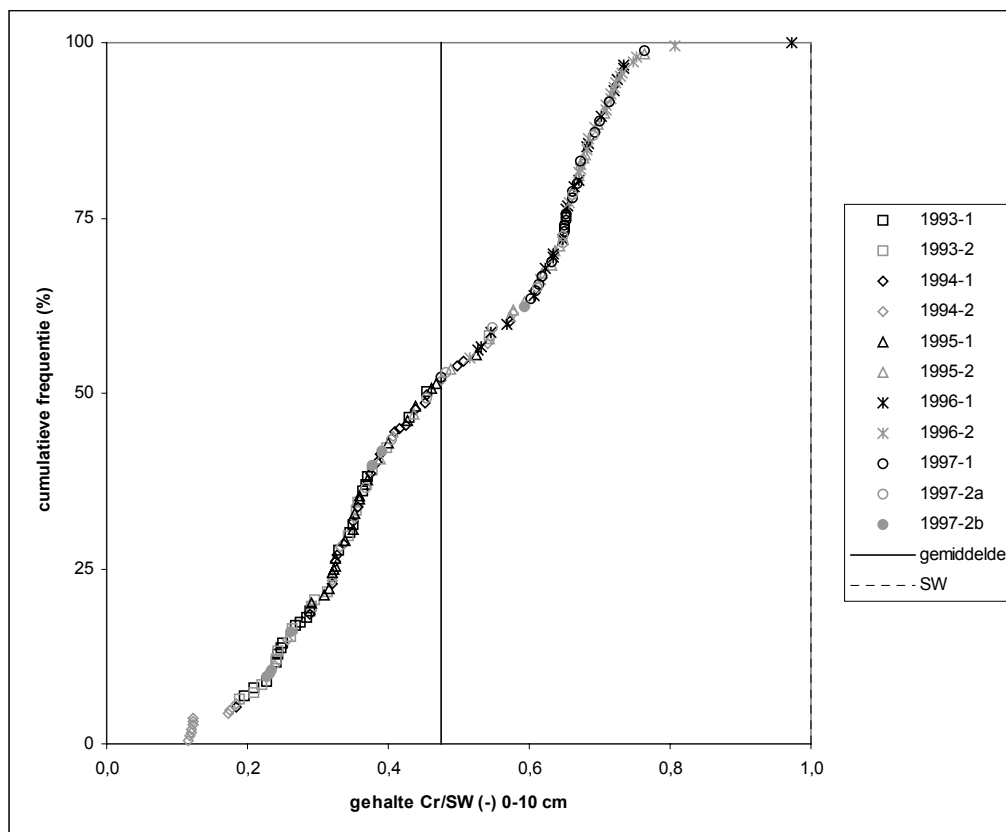
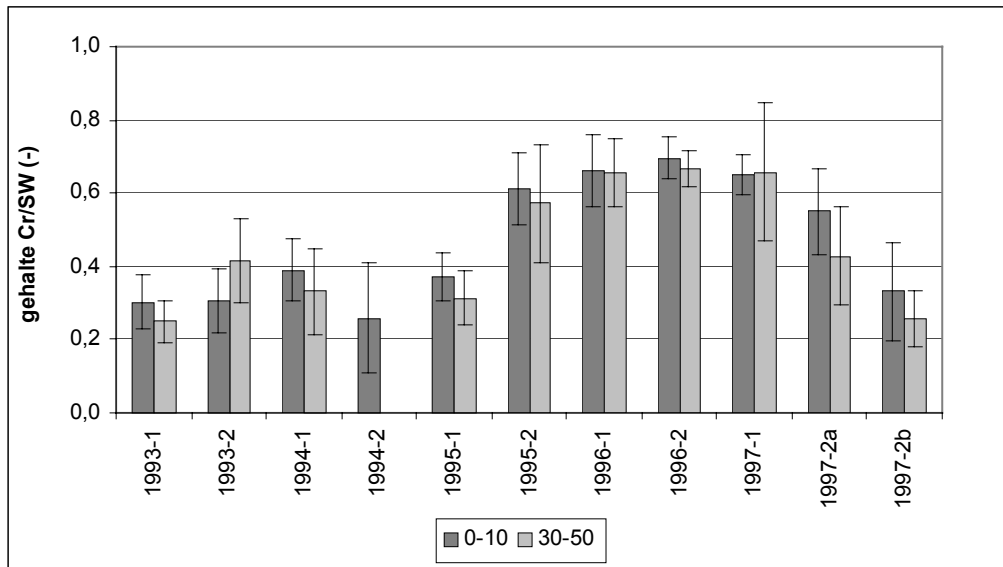


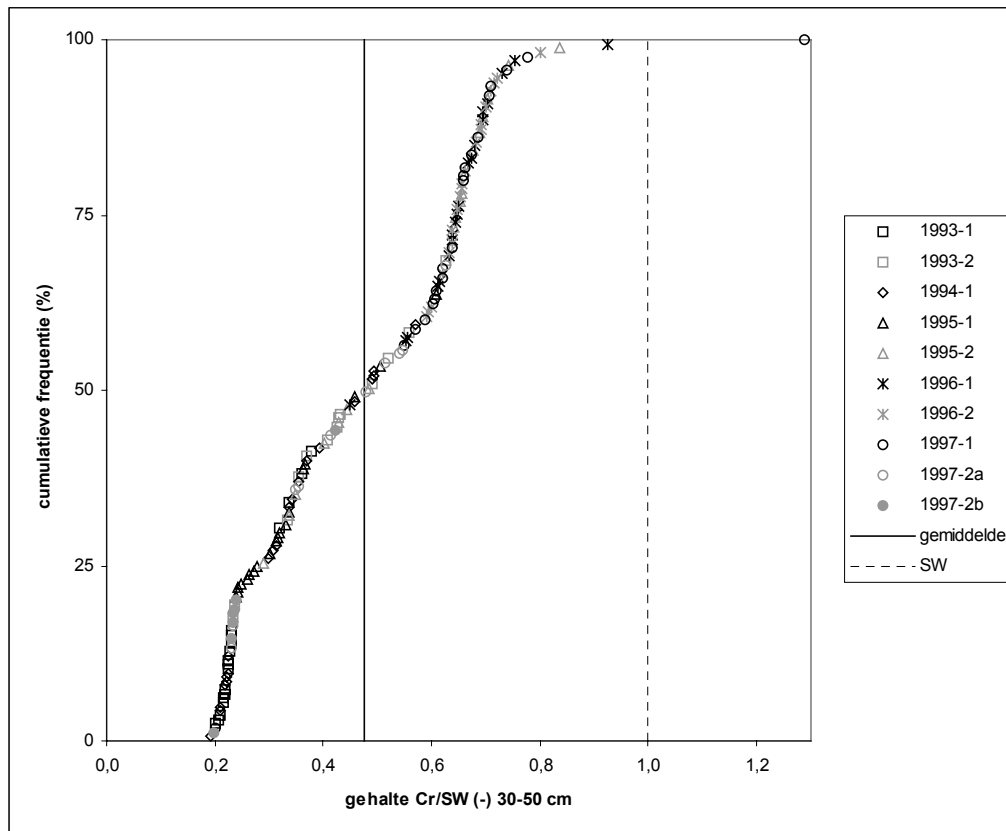
b) koper



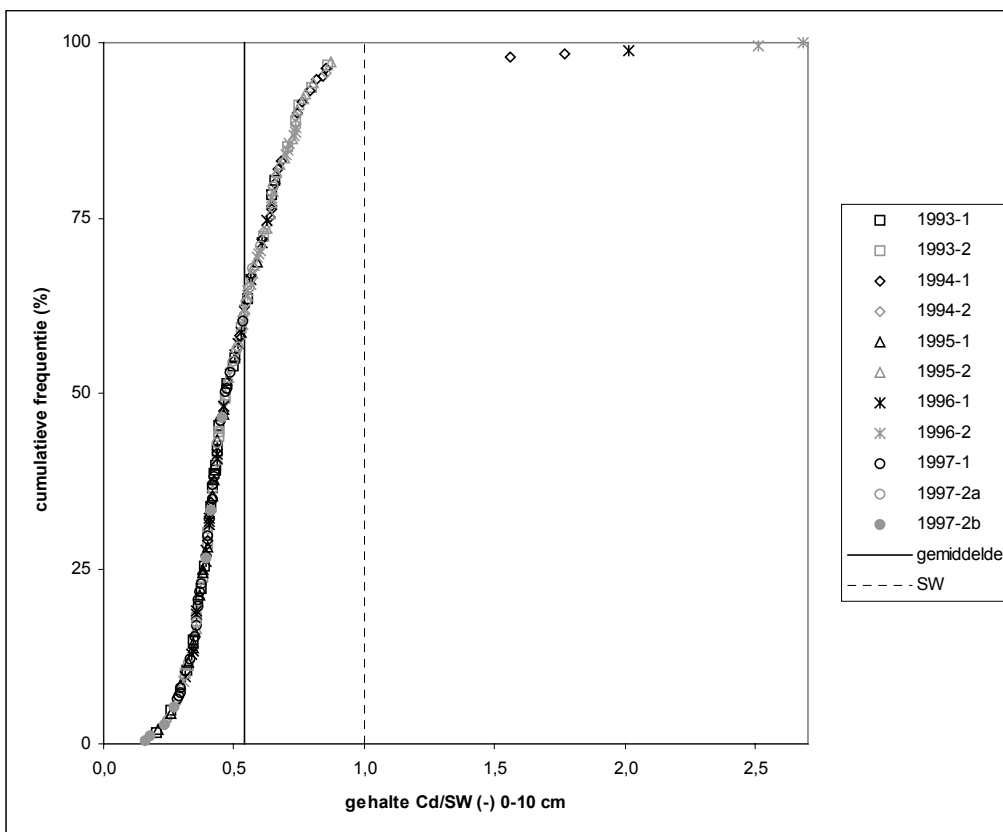
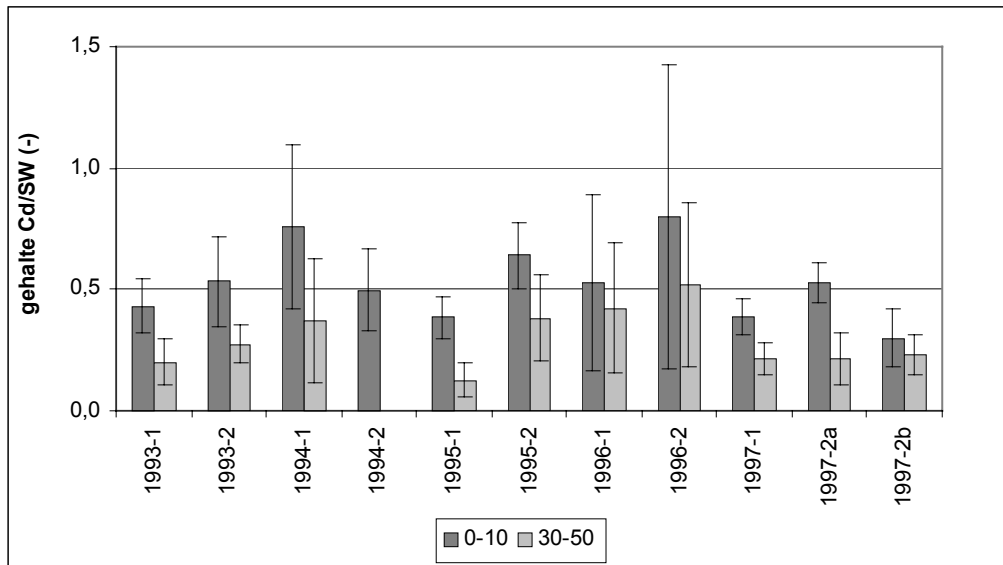


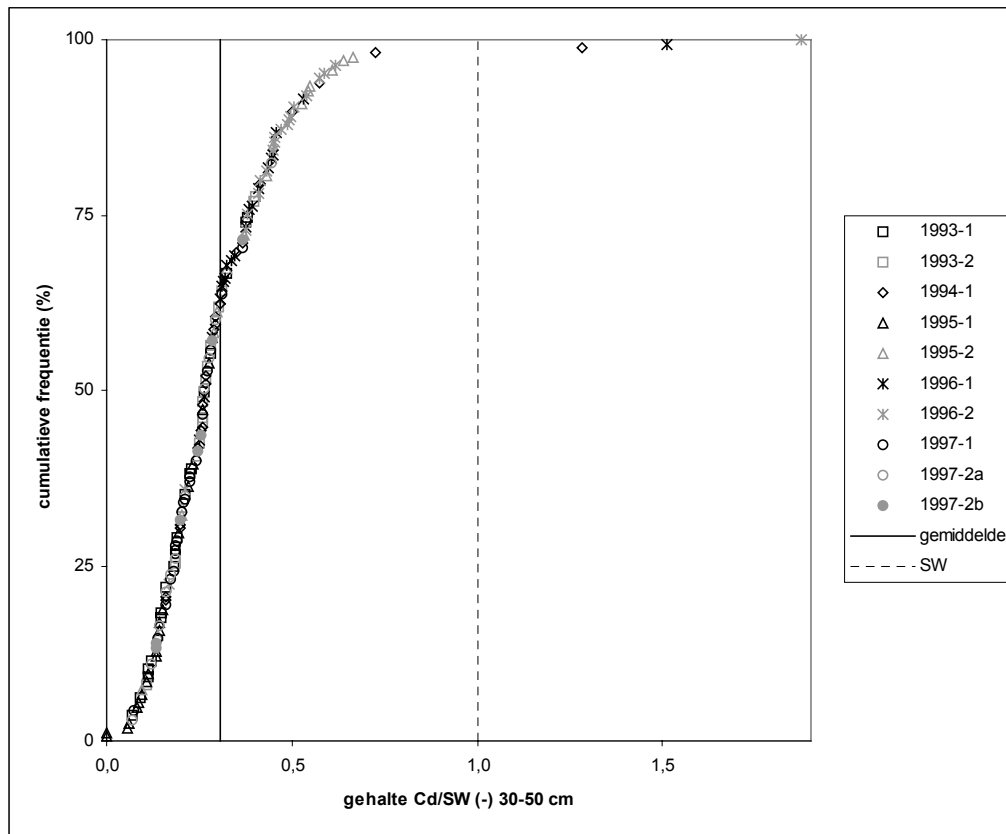
c) chrom



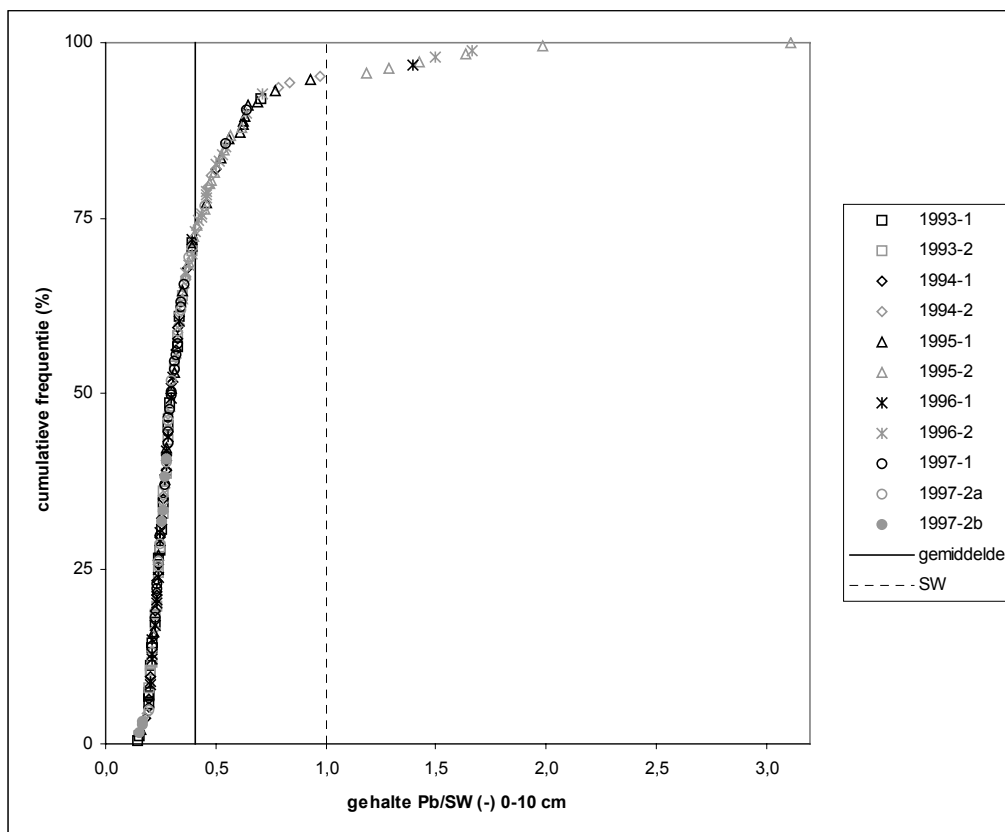
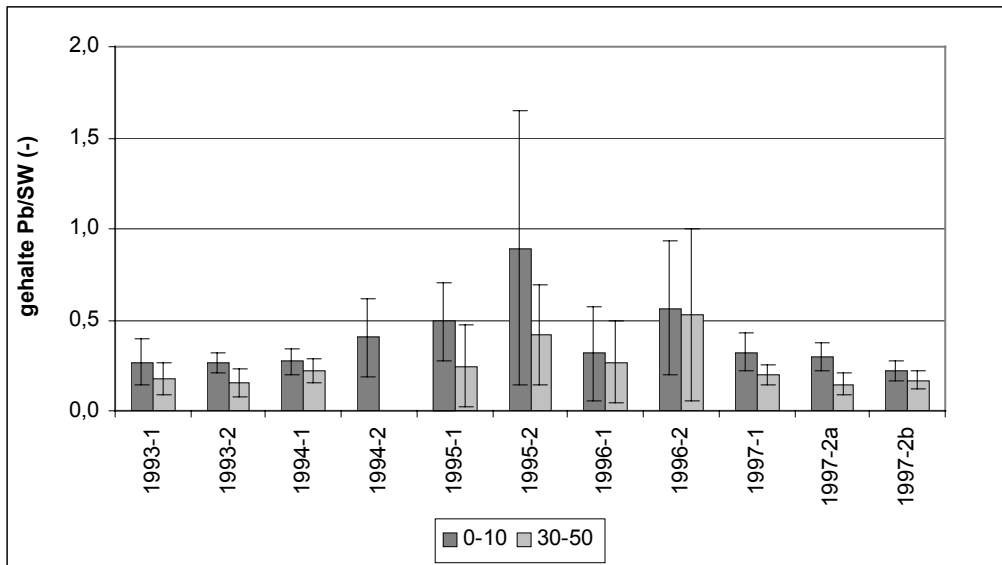


d) cadmium

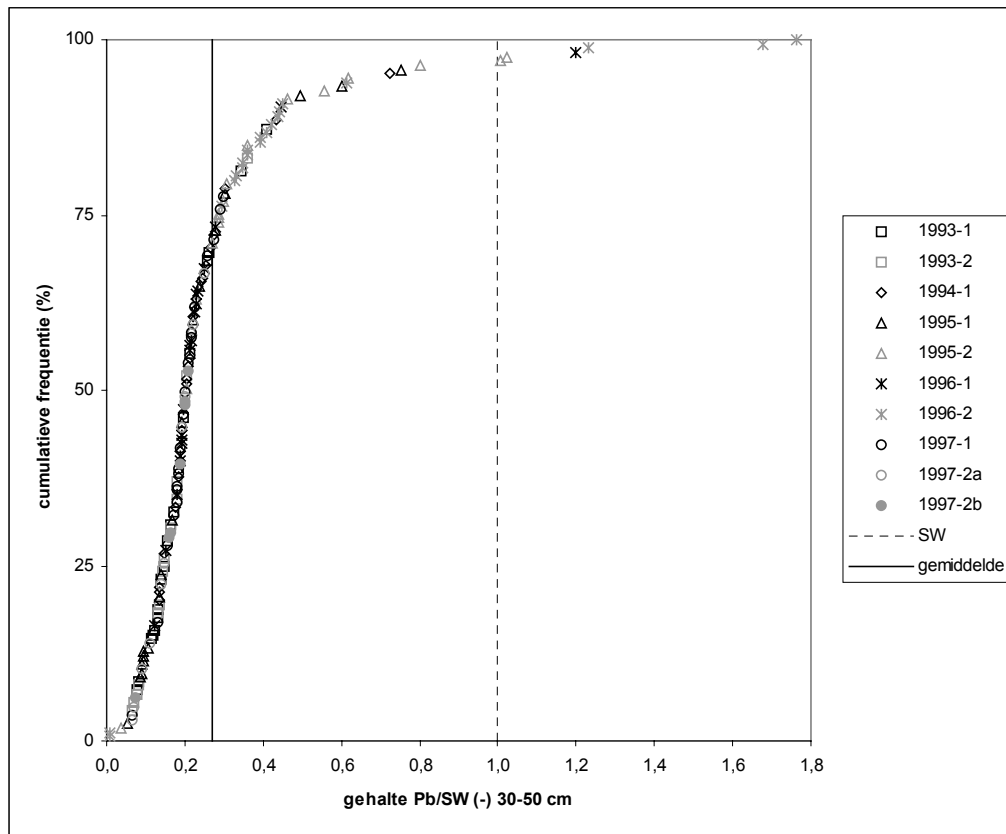




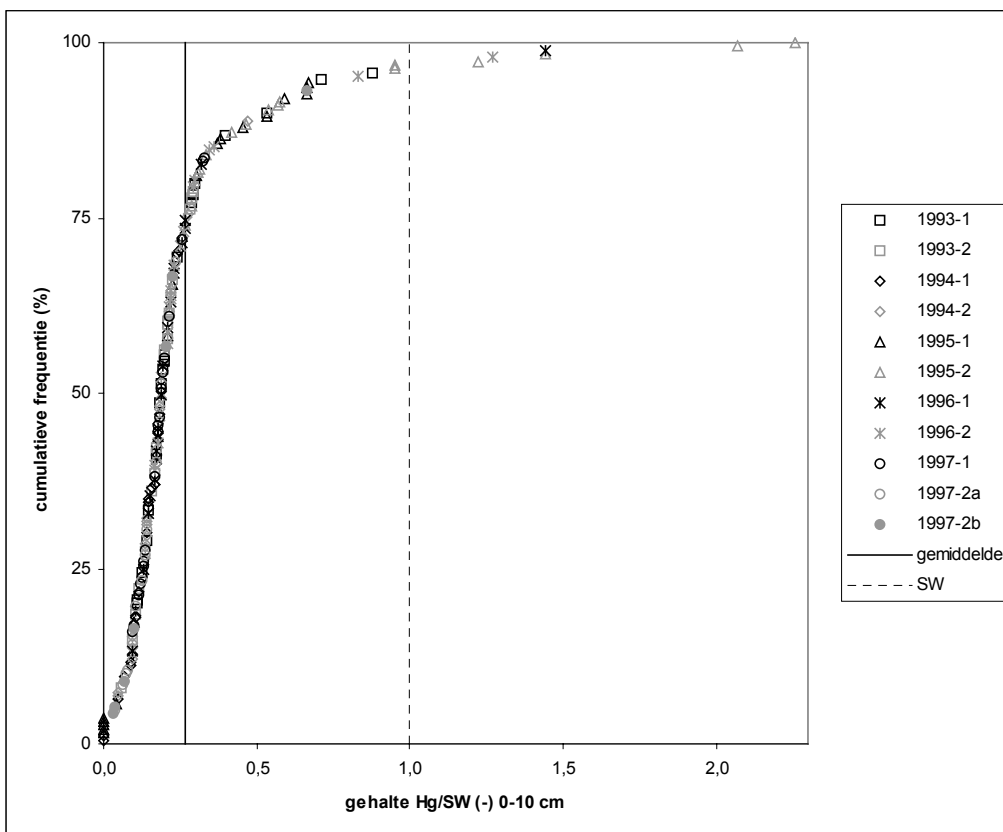
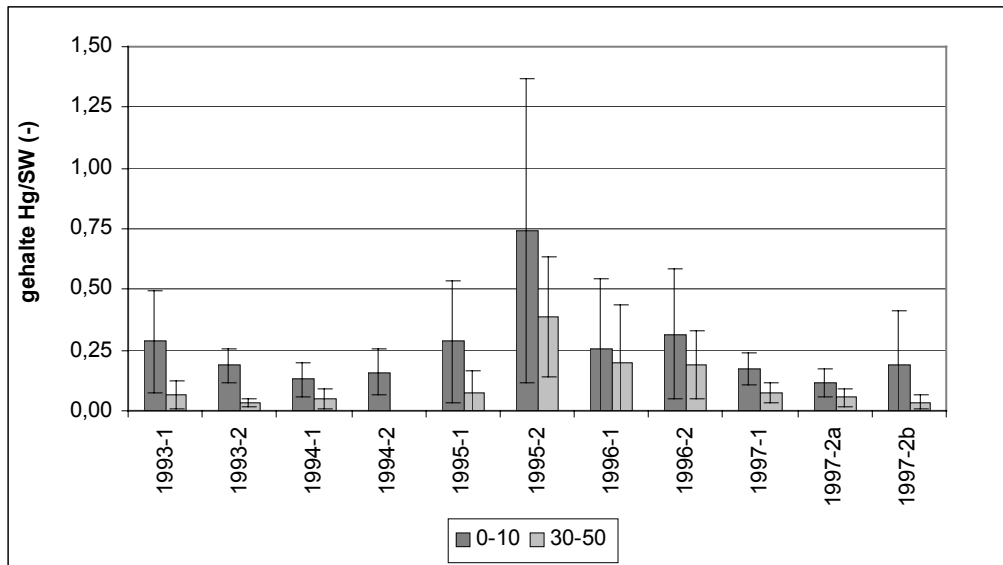
e) lood

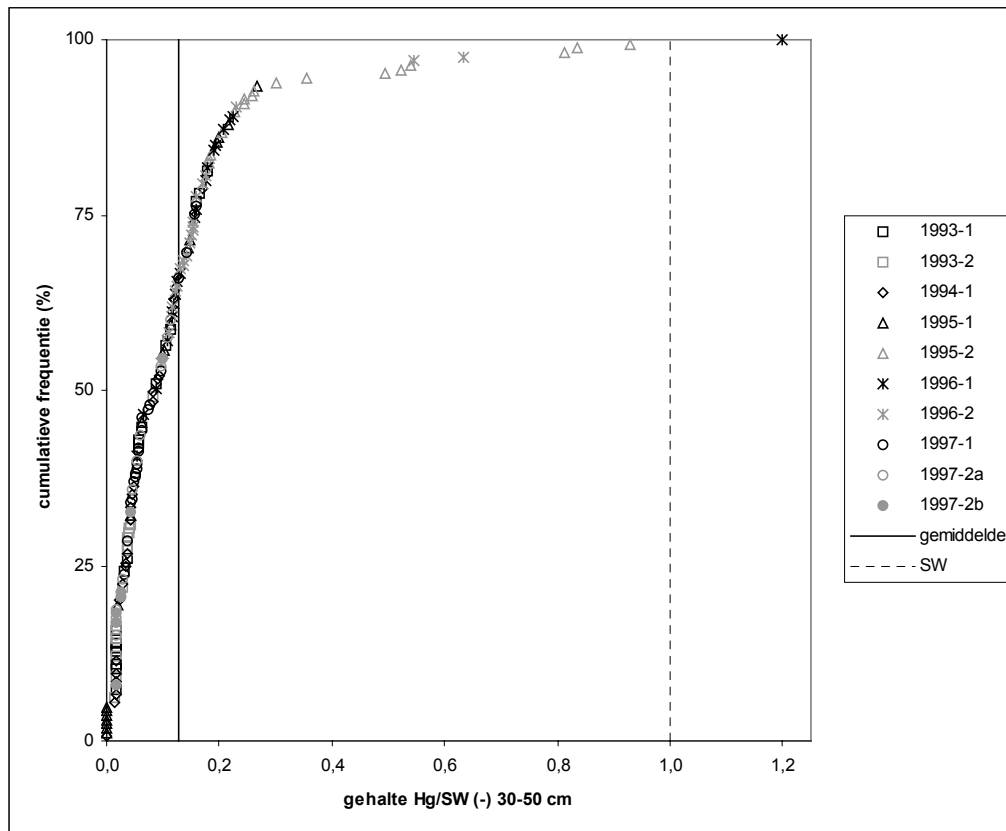






f) kwik

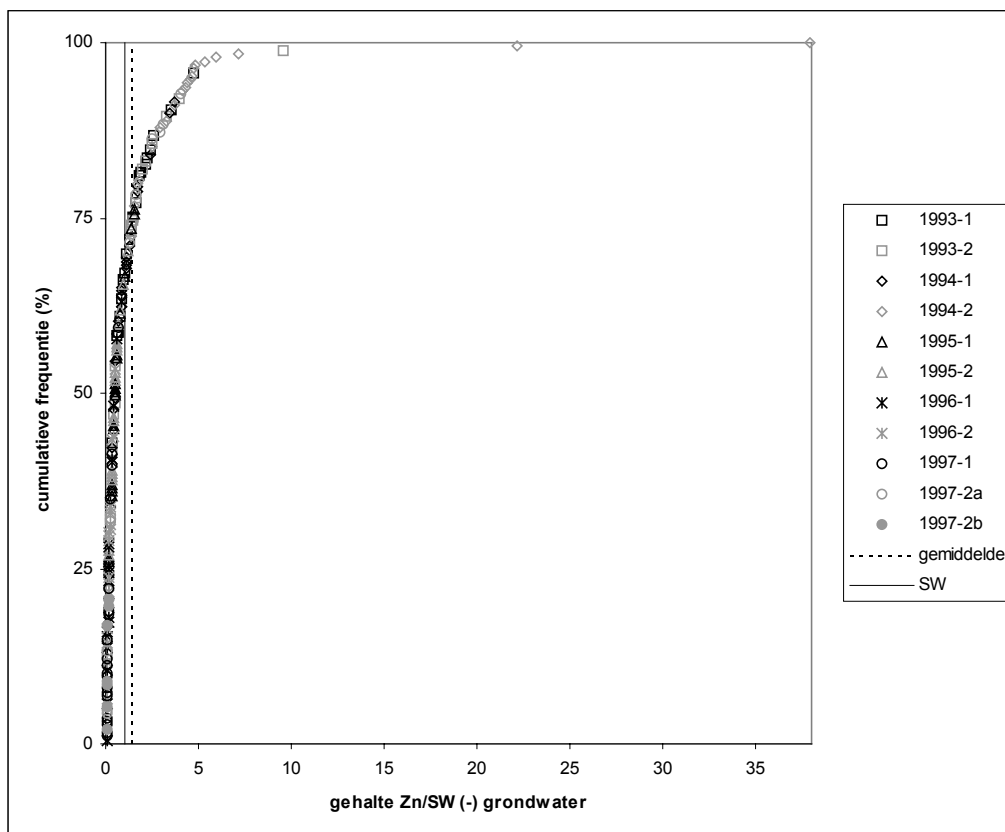
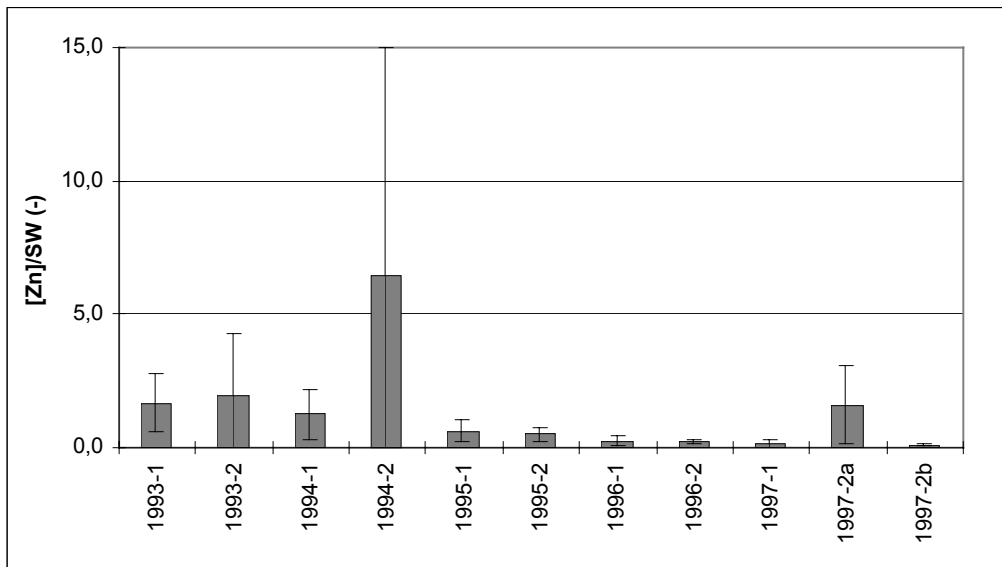




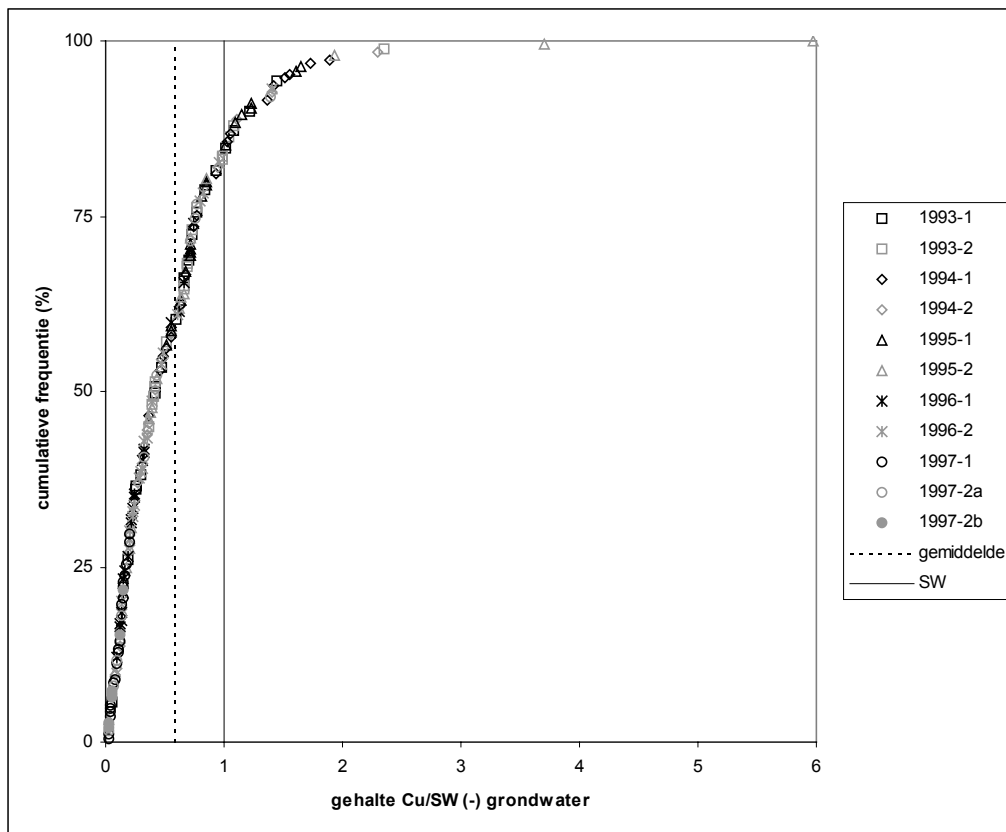
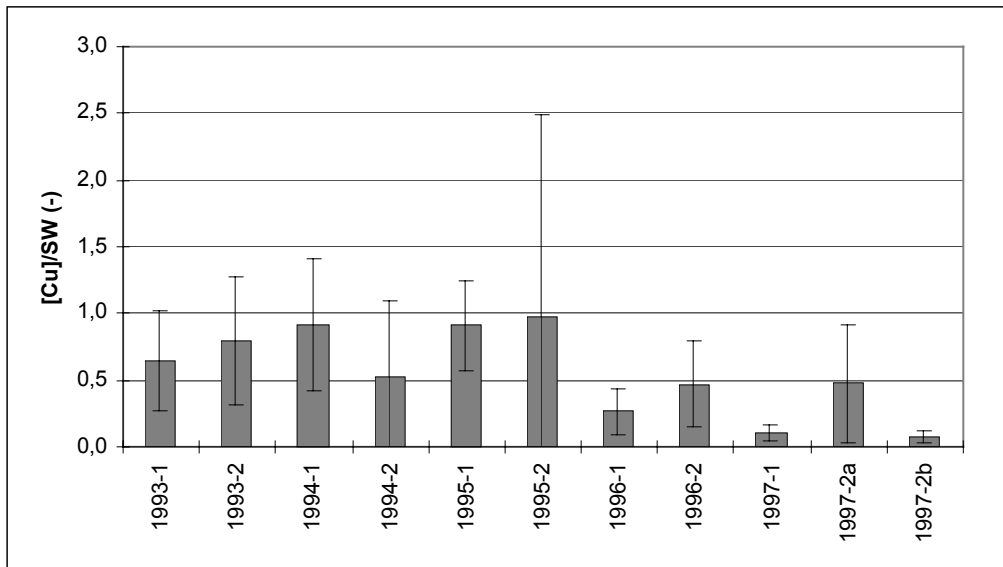


**BIJLAGE XIII CATEGORIEGEMIDDELDEN EN FREQUENTIEDIAGRAMMEN RELATIEF T.O.V.  
DE STREEFWAARDE VAN ZWARE METALEN IN HET GRONDWATER**

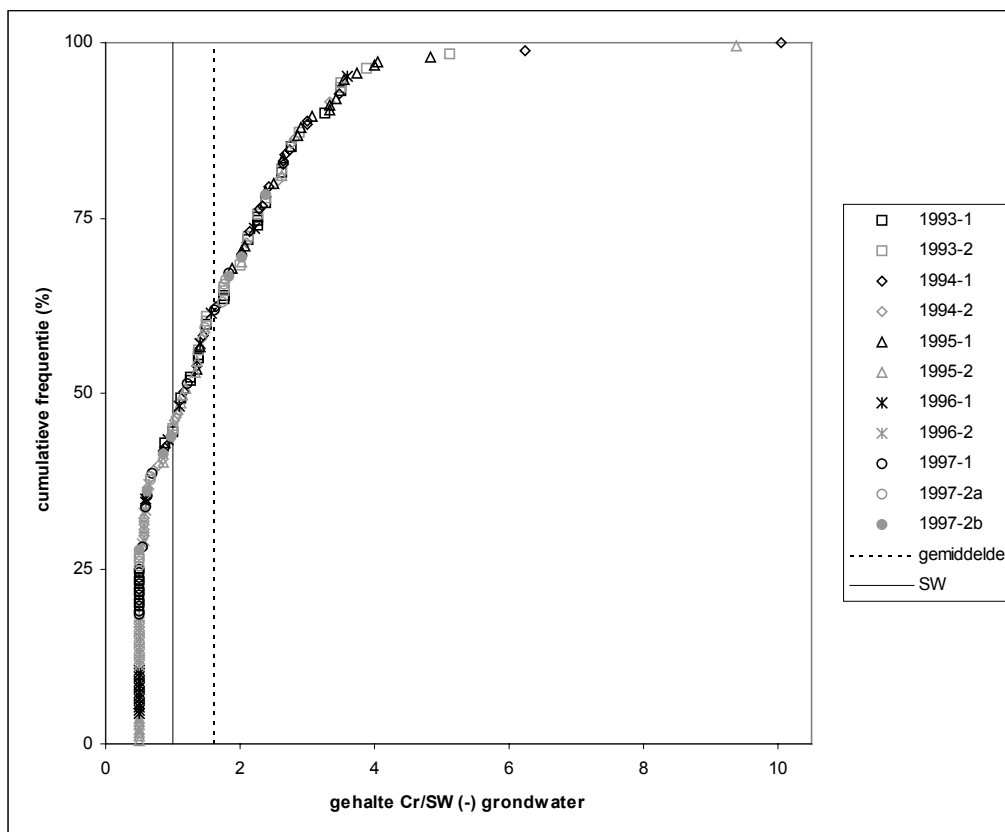
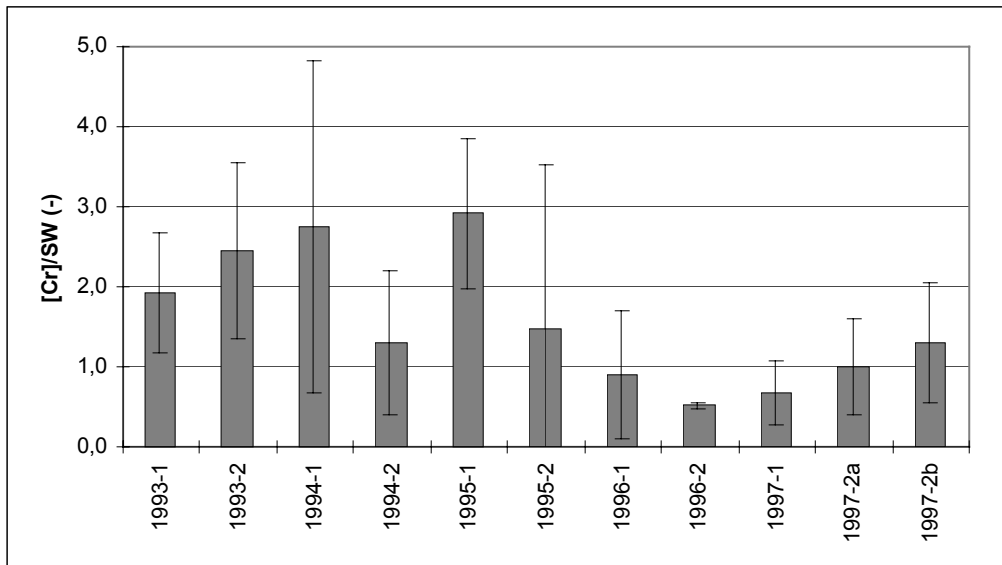
a) zink



b) koper

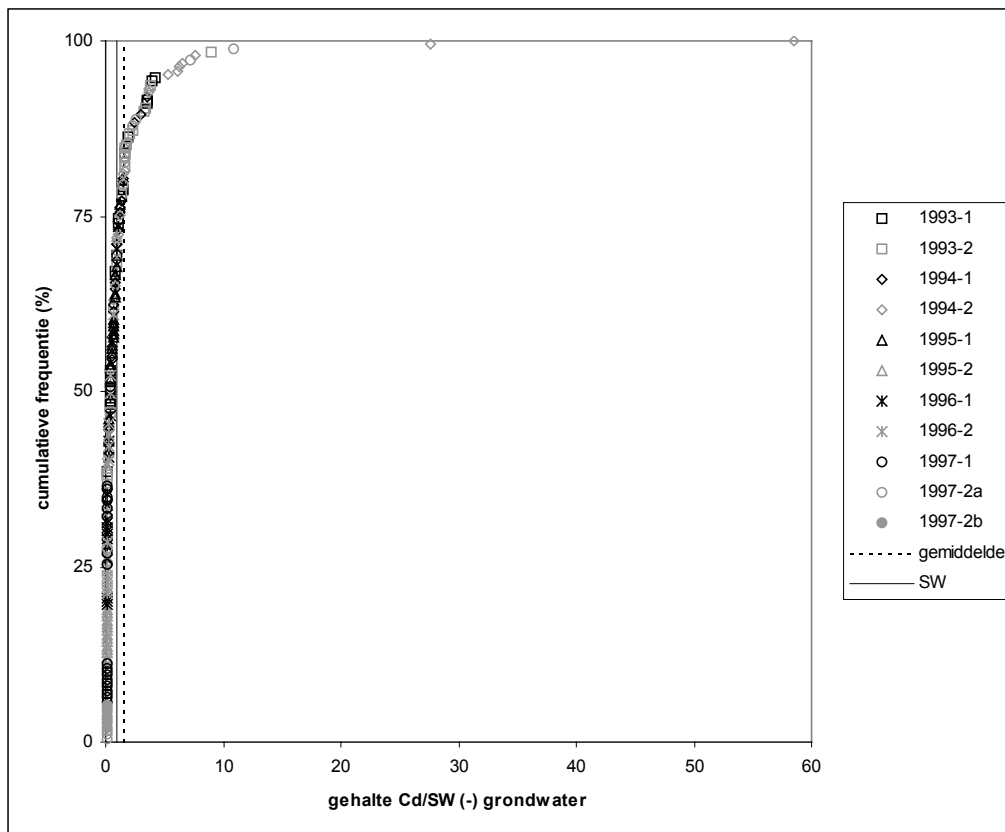
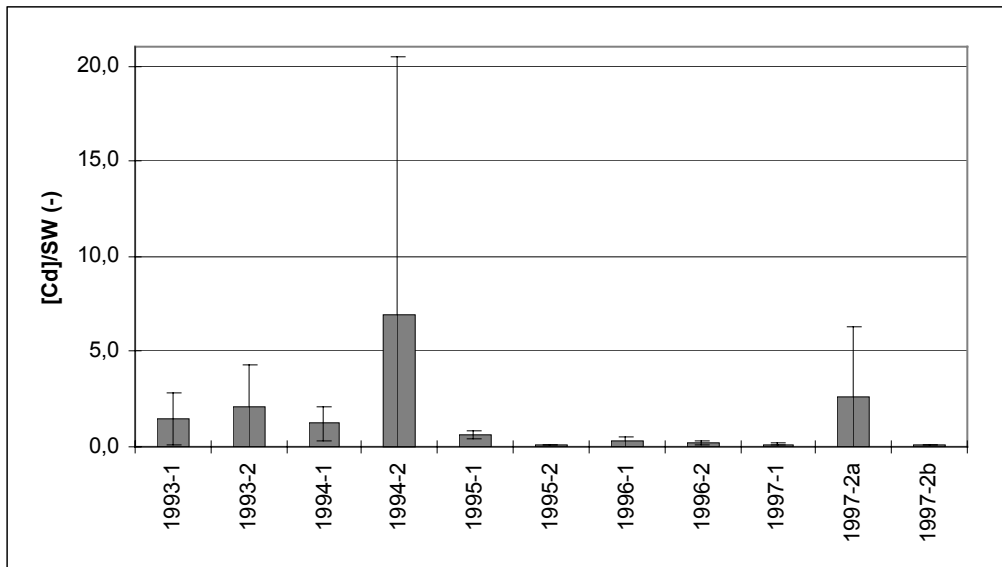


c) chrom

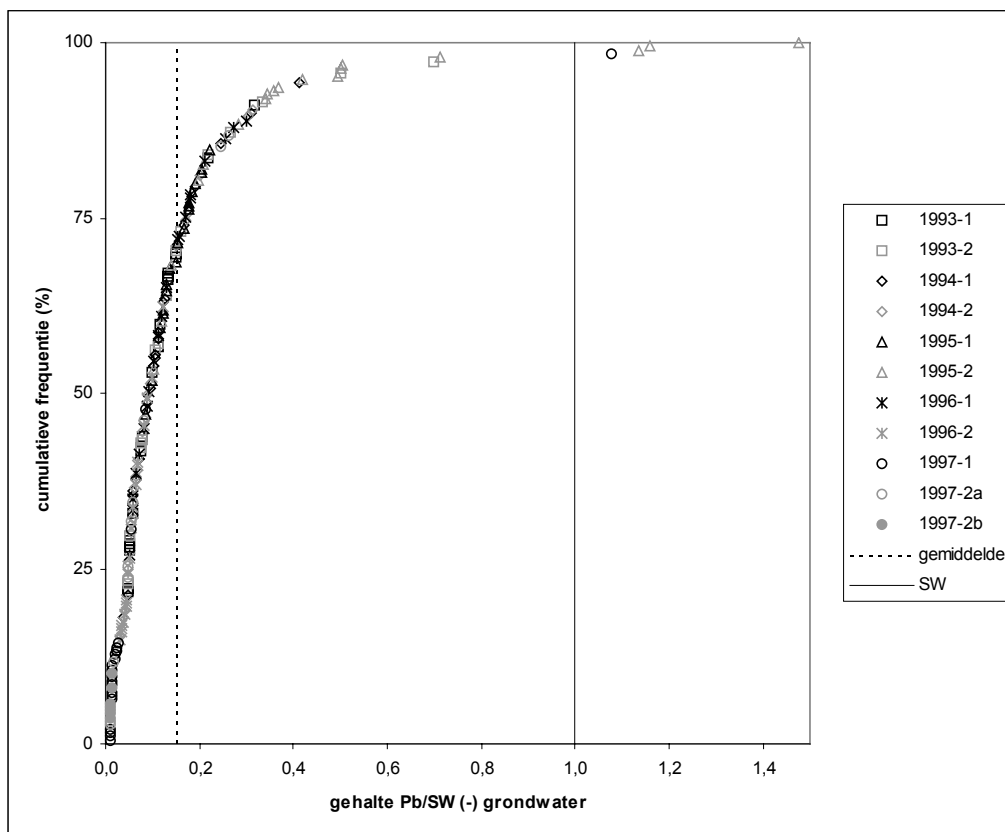
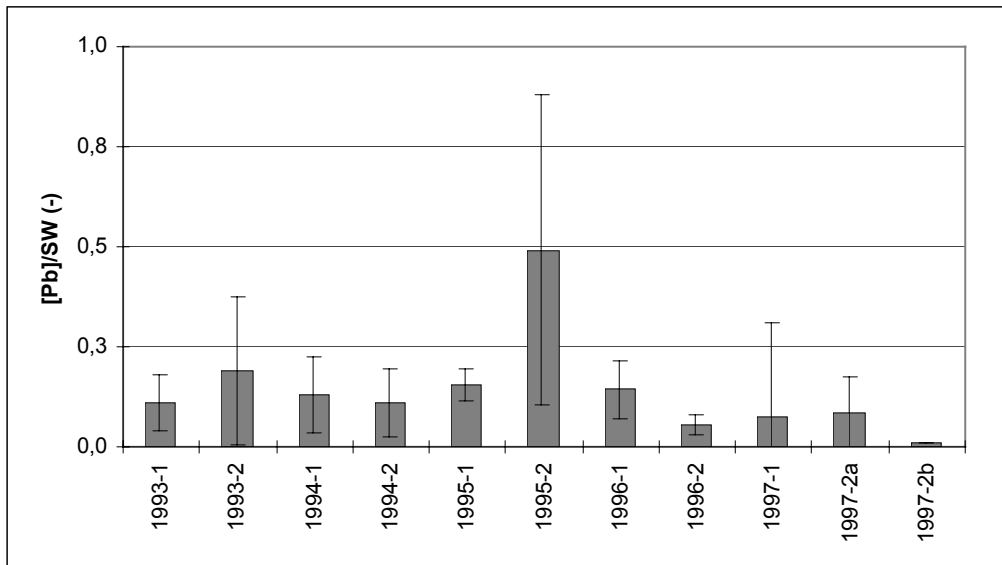




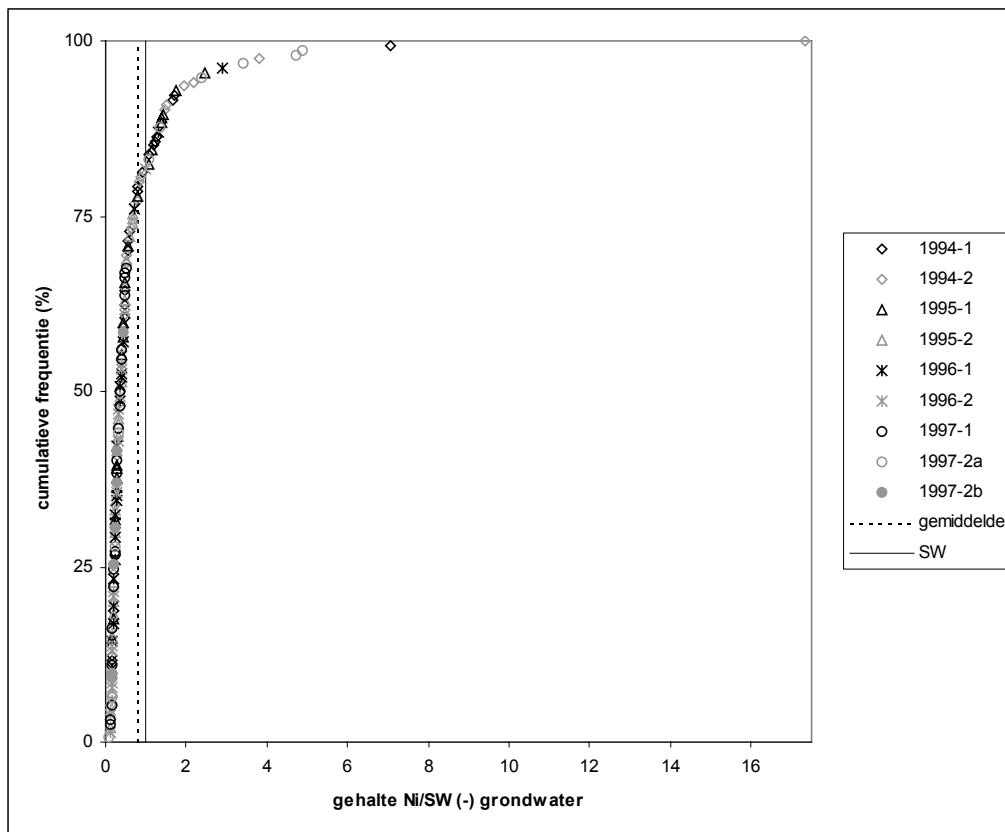
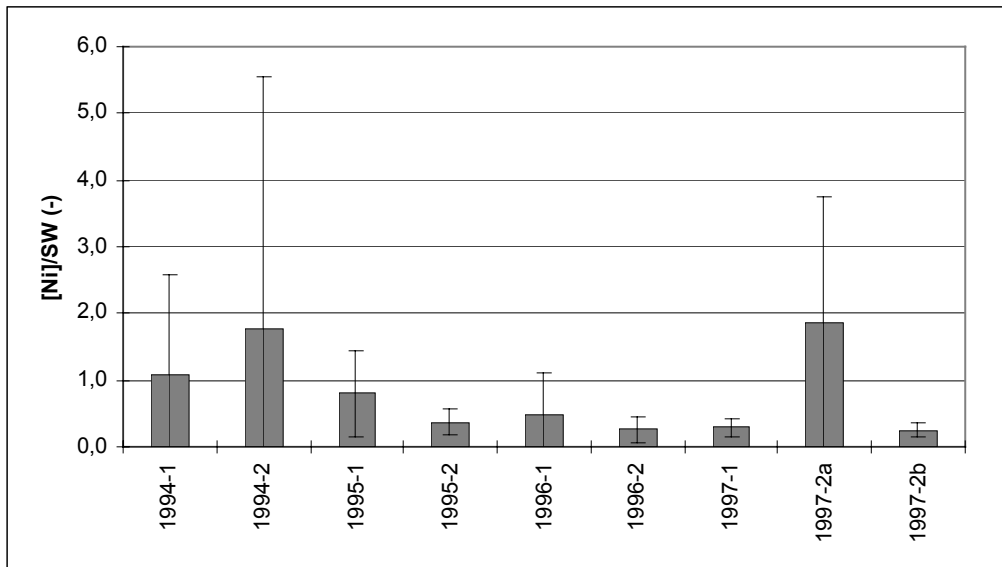
d) cadmium



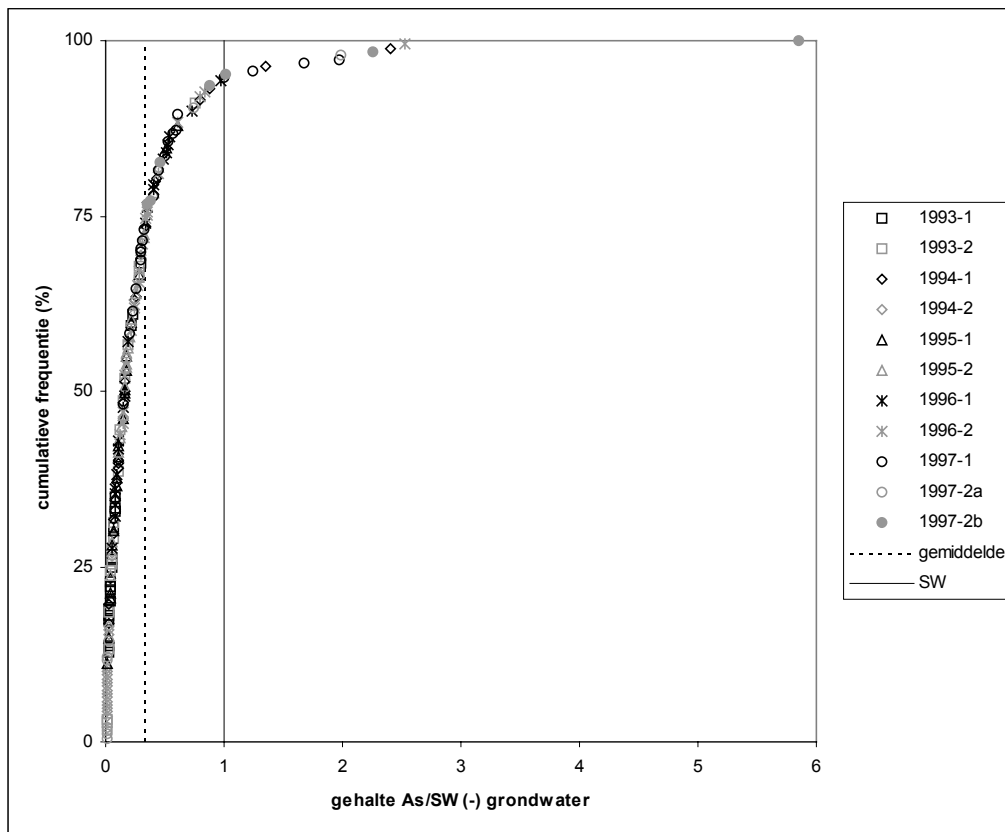
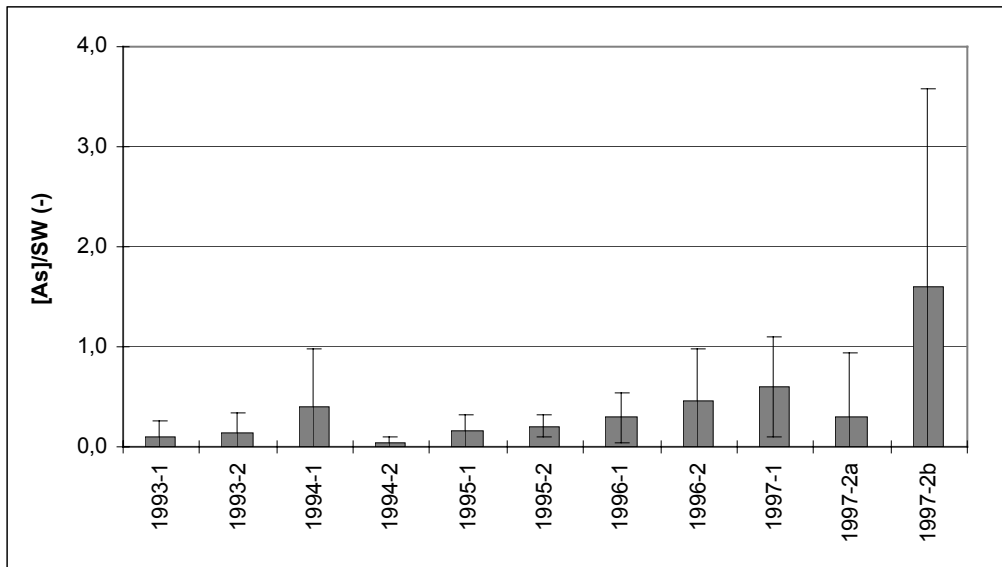
e) lood



f) nikkel

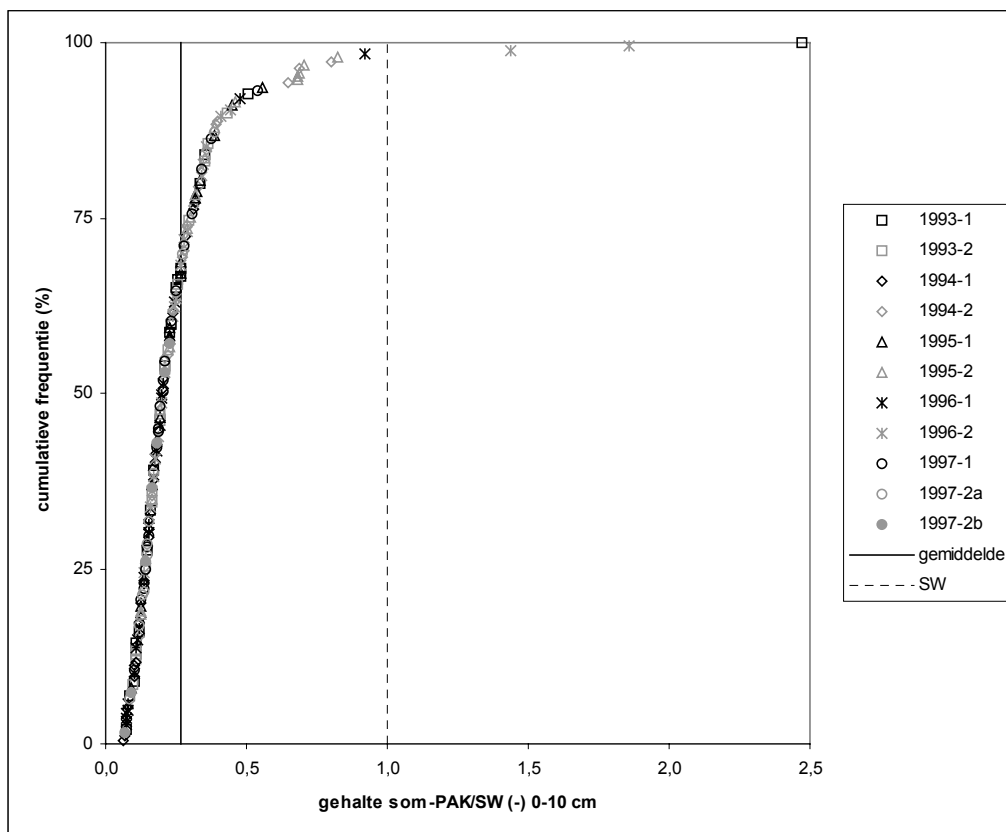
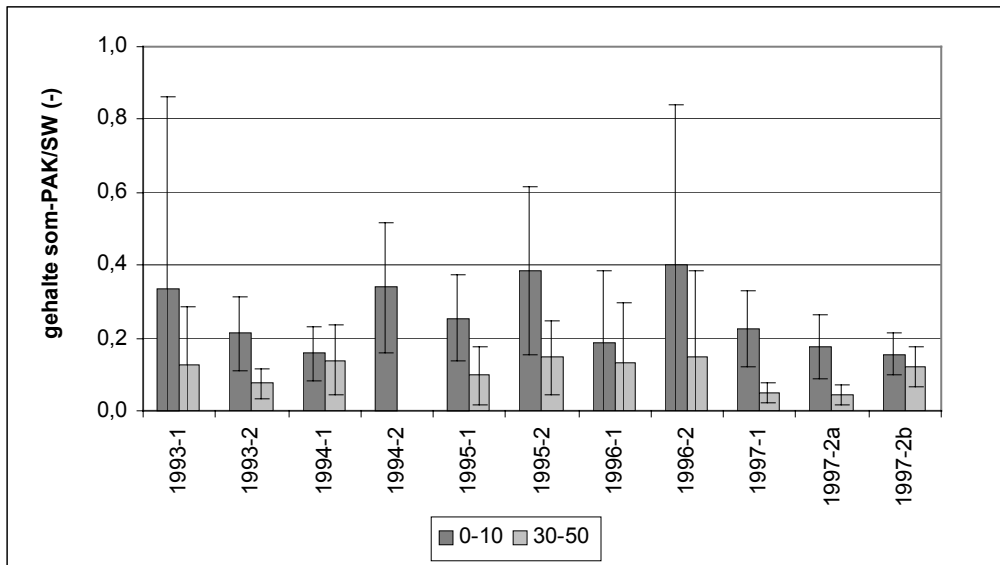


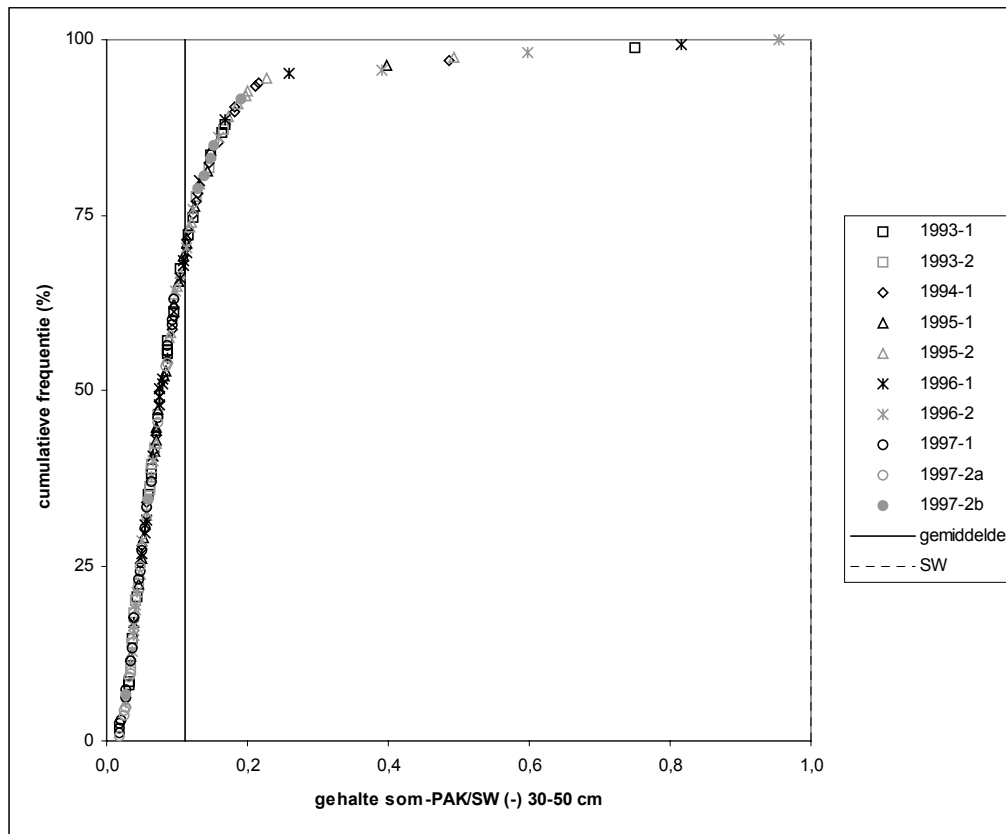
g) arseen



**BIJLAGE XIV CATEGORIEGEMIDDELDEN EN CUMULATIEVE FREQUENTIEDIAGRAMMEN  
RELATIEF T.O.V. DE STREEFWAARDEN VAN PAK IN DE BODEM**

a) som-PAK



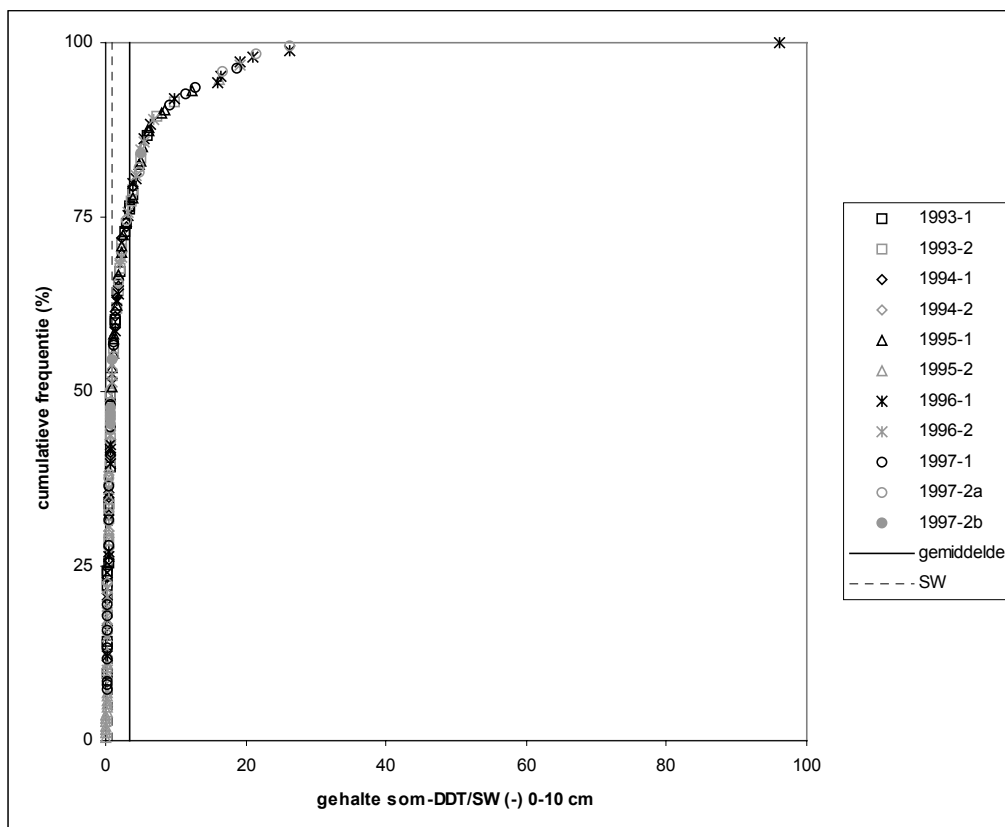
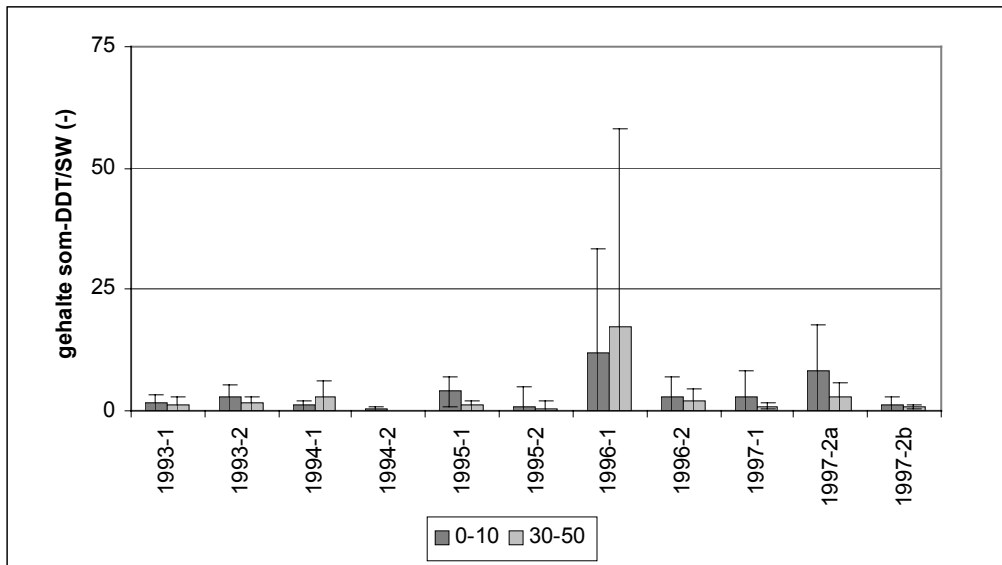


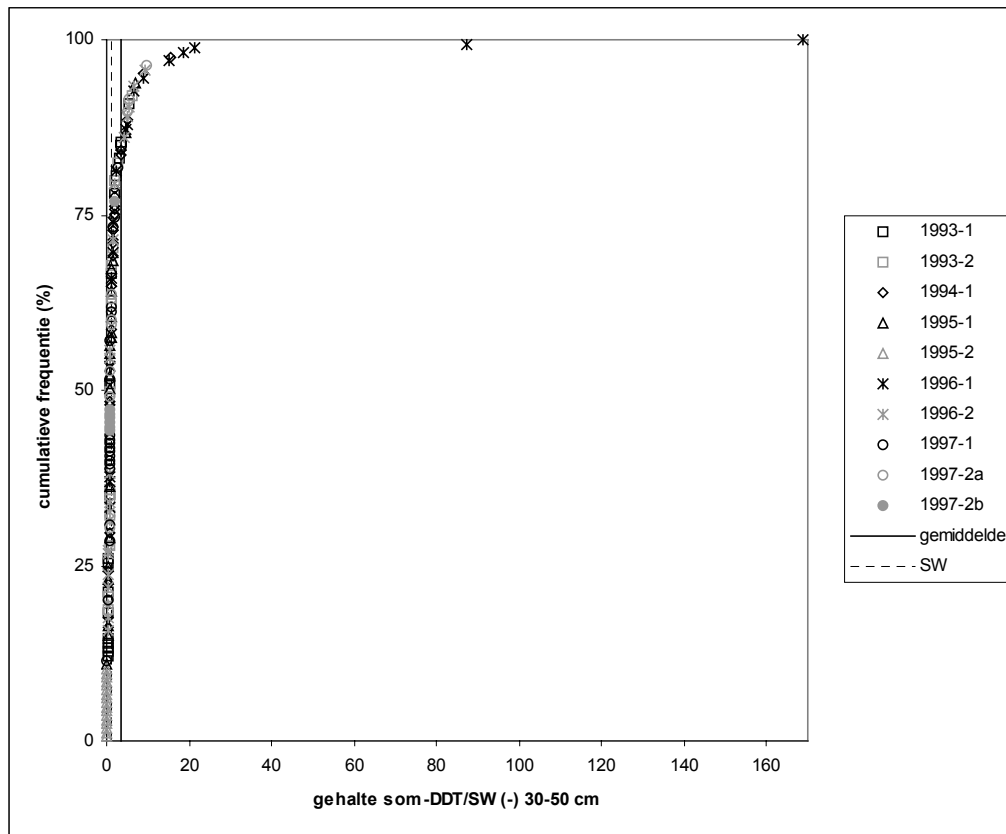




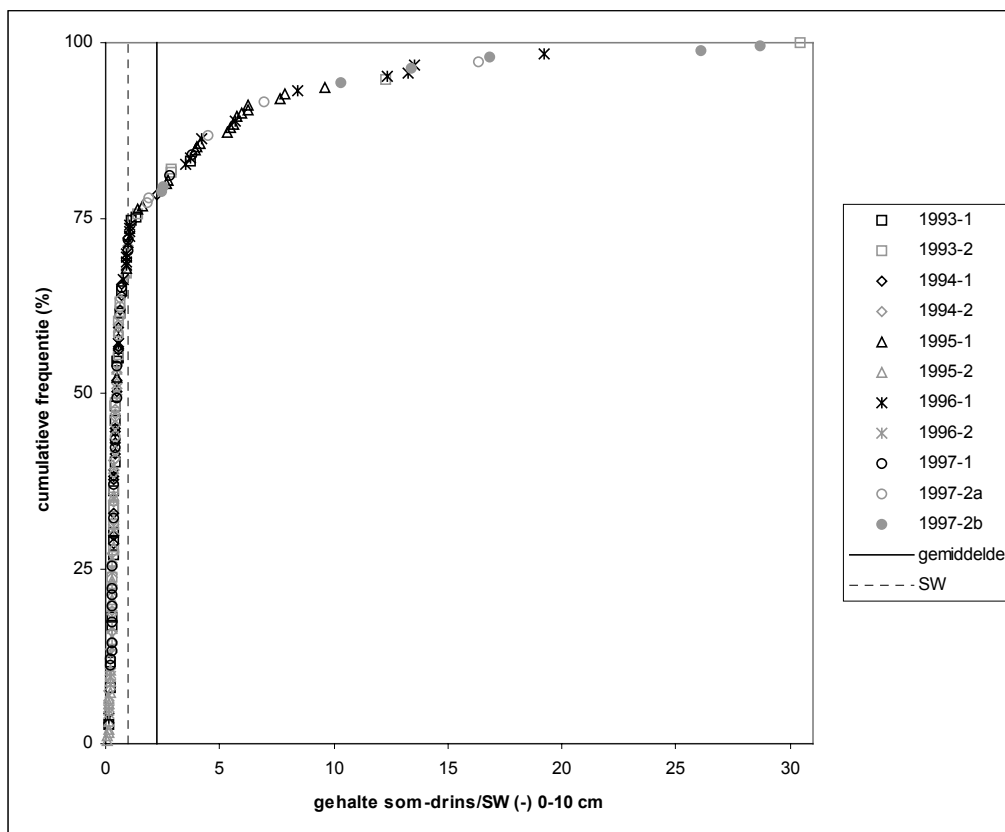
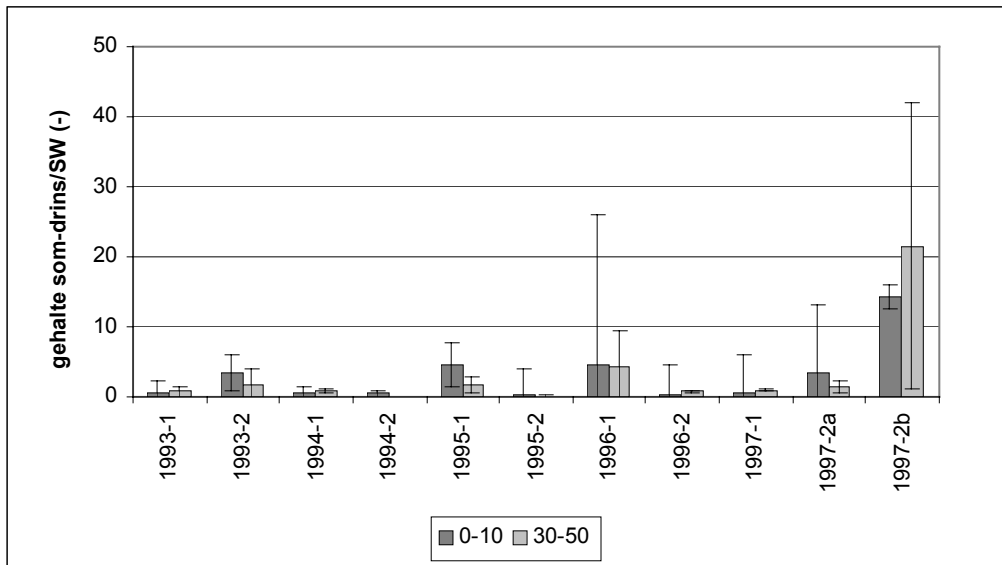
**BIJLAGE XV CATEGORIEGEMIDDELDEN EN CUMULATIEVE FREQUENTIEDIAGRAMMEN  
RELATIEF T.O.V. DE STREEFWAARDEN VAN ORGANOCHLOOR-BESTRIJDINGSMIDDELEN IN DE  
BODEM**

a) som-DDT



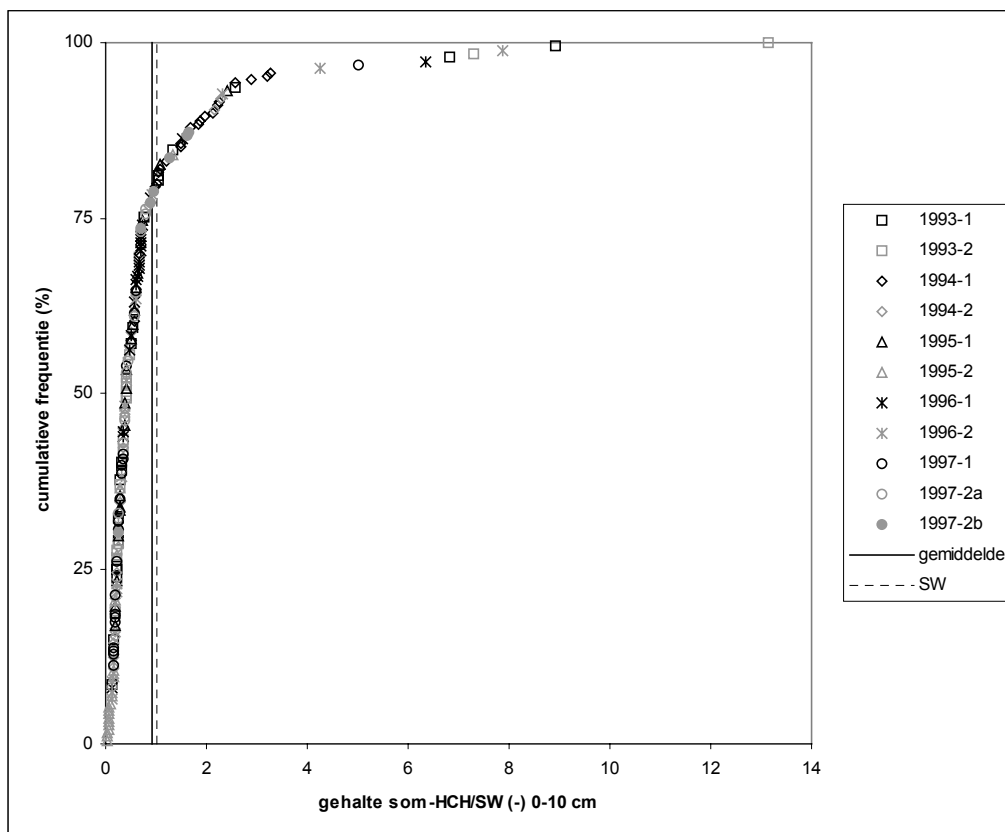
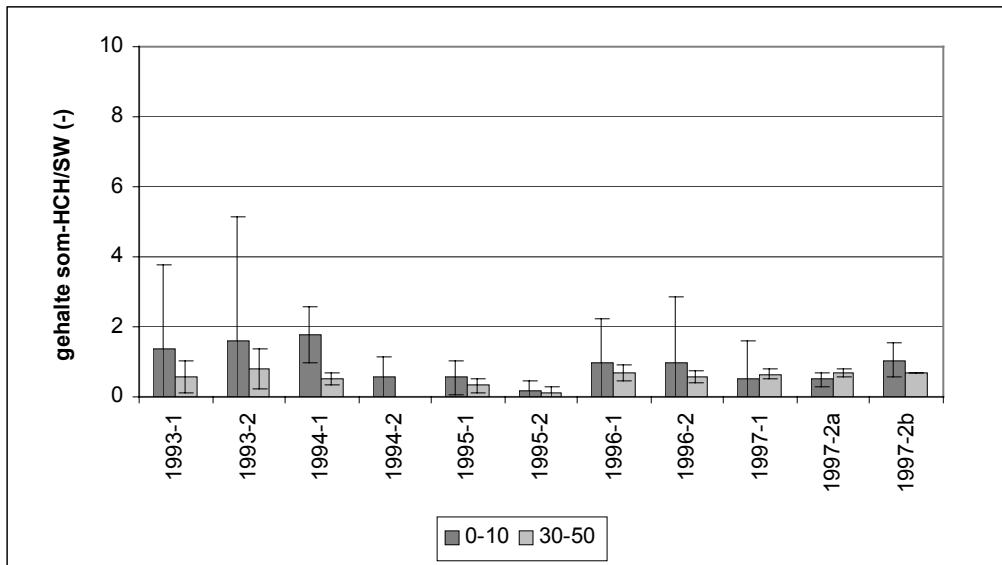


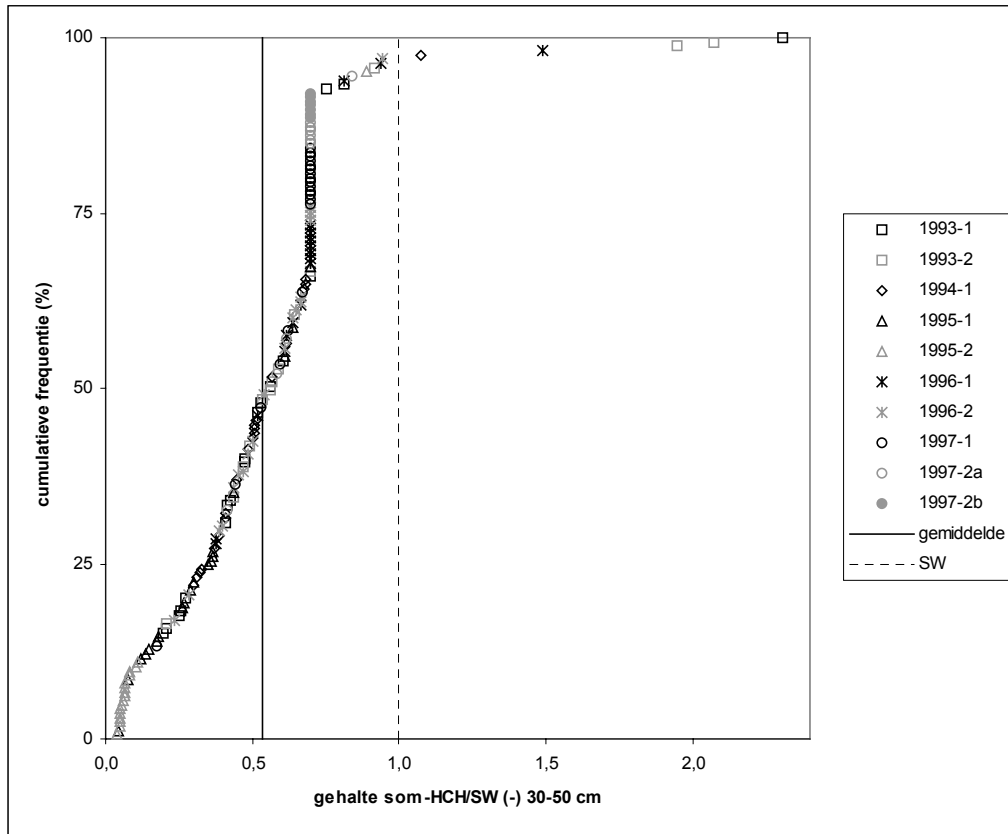
b) som-drins





c) som-HCH









**BIJLAGE XVI BELASTING MET ZWARE METALEN PER CATEGORIE**

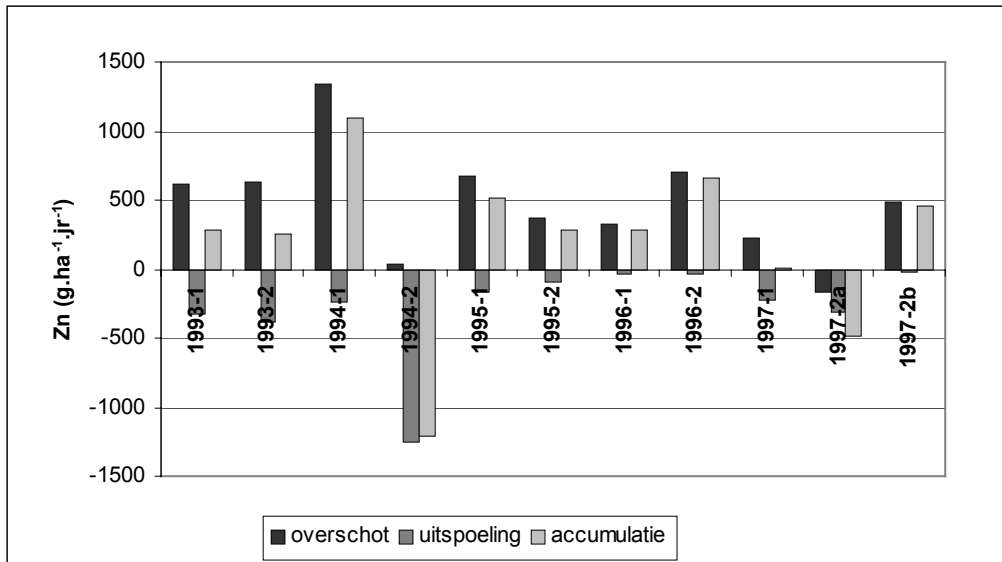
categorie	kunstmest	org. mest	depositie	voer	divers	tot. aanvoer	tot. afvoer	overschot	uitspoeling	accumulatie	
1993-1	Cd	3,6	0,1	0,8	0,5	0	3,9	0,2	3,7	2	1,7
	Pb	2,1	1	42,4	6	0	68,4	2	66,4	5	61,4
	Cu	3,9	40	8,8	88	,2	311,8	25	268,8	28	258,8
	Zn	173	73	25,9	291	0,1	740,9	127	613,9	332	281,9
1993-2	Cd	1,6	0,6	1,8	1,1	0	4,9	0,2	4,7	3	1,7
	Pb	5	6	53	13	0	79	2	77	9	68
	Cu	6	90	10,7	147	0,3	313,7	25	288,7	36	252,7
	Zn	59	171	43	512	0	758	127	631	384	247
1994-1	Cd	1,5	0	1,2	1	0,6	3,5	1,3	2,2	1,4	0,8
	Pb	8	1	45	14	10	76	20	56	6	50
	Cu	8	28	9	157	410	811	313	498	41	457
	Zn	71	40	38	548	834	1941	598	1343	245	1098
1994-2	Cd	-	-	1,2	-	-	1,2	-	1,2	8,3	-7,1
	Pb	-	-	46	-	-	46	-	46	5	41
	Cu	-	-	9	-	-	9	-	9	24	-15
	Zn	-	-	41	-	-	41	-	41	1258	-1217
1995-1	Cd	2,1	0,7	0,7	0	0,1	2,8	1,1	1,7	1	0,7
	Pb	9	8	32	0	1	66	1	65	9	56
	Cu	22	323	6	0	23	414	35	379	56	32,3
	Zn	76	566	23	0	88	886	210	676	163	513
195-2	Cd	1,5	0,1	0,8	0,6	0	2,3	0,1	2,2	0,3	1,9
	Pb	3	1	41	7	0	53	1	52	22	30
	Cu	7	44	9	95	4	190	9	181	44	137
	Zn	30	66	40	321	10	438	62	376	97	279
1996-1	Cd	2,5	0,3	0,8	0	0	3,8	1,0	2,8	0,3	2,5
	Pb	3	21	39	0	0	57	1	56	6	50
	Cu	10	234	7	5	0	205	45	160	12	148
	Zn	49	535	29	12	3	535	209	326	41	285
1996-2	Cd	1,1	0,3	1,1	0,5	0	2,9	0,1	2,8	0,2	2,6
	Pb	1	11	46	7	1	69	2	67	3	64
	Cu	5	186	10	104	66	348	15	333	21	312
	Zn	25	332	45	258	144	778	80	698	43	655
1997-1	Cd	1,1	0	0,6	0,4	0	2,2	0,3	1,9	0,1	1,8
	Pb	1,6	0,5	33,8	5,8	0,1	41,8	3	38,8	3	35,8
	Cu	5,9	0,9	6,1	92,1	9,6	127,1	19	108,1	5	103,1
	Zn	24,7	2,2	23	225,1	18,9	318	96	222	29	193
1997-2a	Cd	6,2	0	1,4	-	-	7,6	2	5,6	3,2	2,4
	Pb	5	0	52	-	-	57	2	56	4	52
	Cu	15	0	9	-	-	24	60	-36	21	-57
	Zn	82	0	46	-	-	127	300	-173	311	-484
1997-2b	Cd	3,1	1,3	0,7	-	-	5,1	2	3,1	0,1	3
	Pb	3	116	44	-	-	163	2	161	0,4	161
	Cu	8	244	8	-	-	261	60	201	3	198
	Zn	42	707	31	-	-	779	300	479	18	461

Belasting in  $\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{jr}^{-1}$ . Totaal overschot afkomstig van LEI-DLO en betreft het langjarige gemiddelde per categorie m.u.v. 1997-a en 1997-2b waarvan geen langjarige gemiddelden bekend zijn. Met behulp van uitspoeling is accumulatie berekend. De uitgesplitste aanvoer en afvoer zijn afkomstig uit de jaarrapporten, bij gebrek aan langjarige gemiddelden.

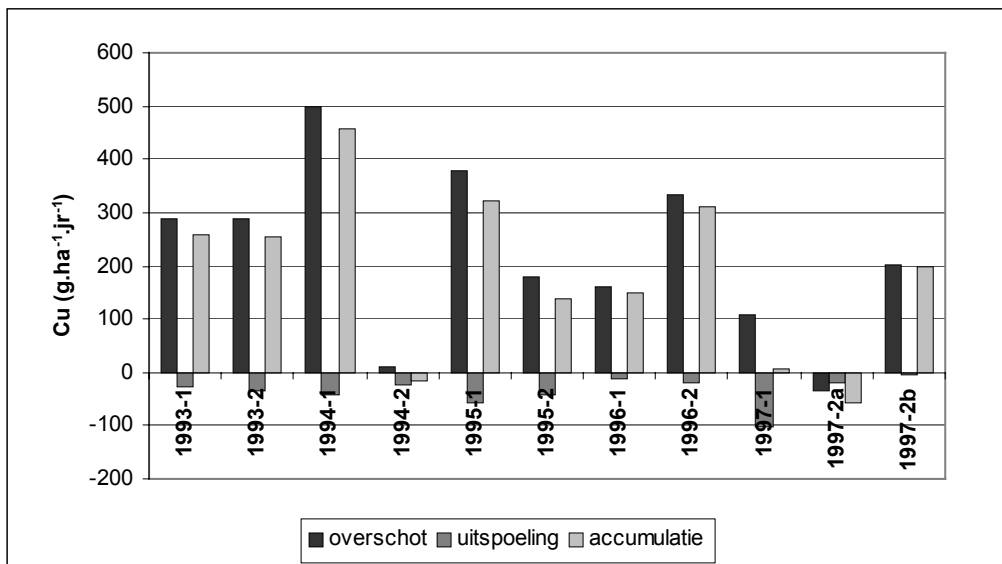


**BIJLAGE XVII BELASTING MET ZWARE METALEN UITGESPLITST NAAR HERKOMST**

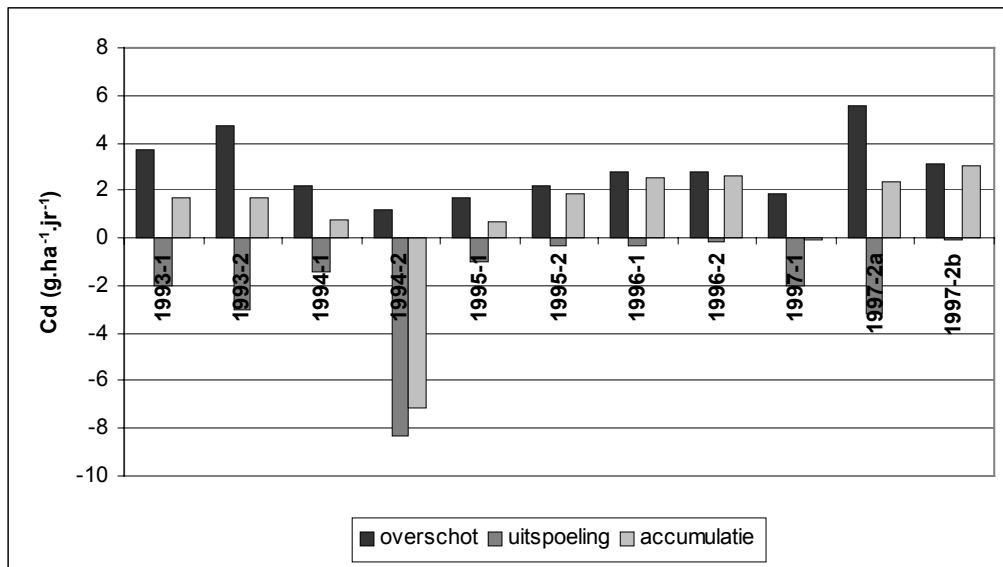
a) zink



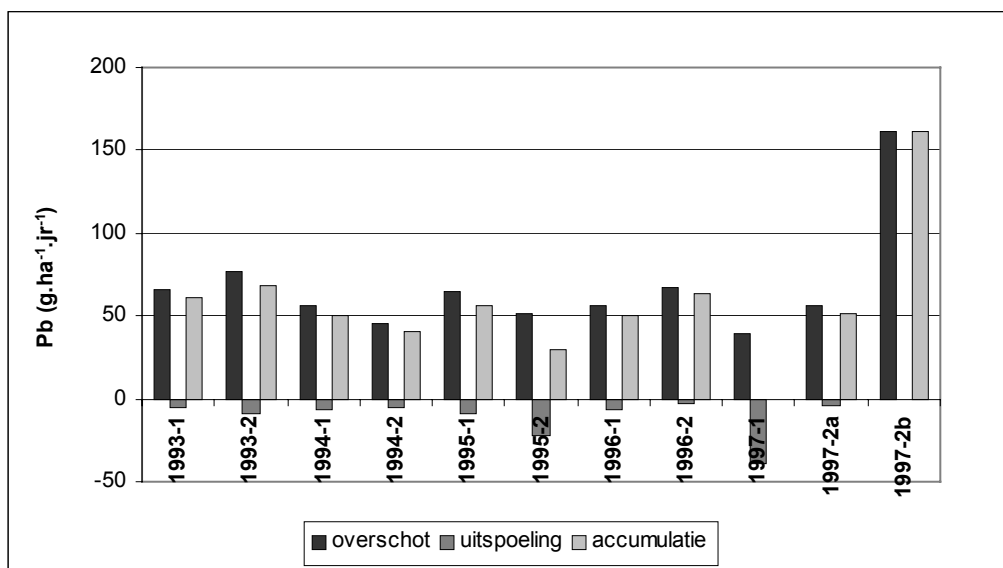
b) koper



c) cadmium



d) lood



**BIJLAGE XVIII CORRELATIEMATRIX TOTAAL**

	org.stof 0-10	lutum 0-10	pH-H2O 0-10	CEC 0-10	org.stof 30-50	lutum 30-50	pH-H2O 30-50	CEC 30-50	Zn 0-10	Cu 0-10	Cr 0-10	Cd 0-10	Pb 0-10	Hg 0-10	Zn 30-50	Cu 30-50	Cr 30-50	Cd 30-50	
org.stof 0-10	1,000																		
lutum 0-10	0,290	1,000																	
pH-H2O 0-10	-0,246	0,348	1,000																
CEC 0-10	0,669	0,834	0,263	1,000															
org.stof 30-50	0,850	0,124	-0,322	0,504	1,000														
lutum 30-50	0,277	0,977	0,166	0,801	0,100	1,000													
pH-H2O 30-50	-0,506	0,378	0,856	0,058	-0,499	0,353	1,000												
CEC 30-50	0,667	0,803	0,019	0,912	0,626	0,807	0,059	1,000											
Zn 0-10	0,356	0,686	0,287	0,656	0,226	0,663	0,201	0,634	1,000										
Cu 0-10	0,635	0,596	0,149	0,759	0,483	0,584	-0,167	0,712	0,757	1,000									
Cr 0-10	0,249	0,966	0,452	0,809	0,108	0,940	0,456	0,773	0,737	0,602	1,000								
Cd 0-10	0,506	0,394	-0,001	0,488	0,420	0,368	-0,136	0,505	0,798	0,601	0,447	1,000							
Pb 0-10	0,664	0,341	-0,033	0,567	0,518	0,376	-0,158	0,595	0,673	0,800	0,376	0,638	1,000						
Hg 0-10	0,701	0,286	0,019	0,532	0,546	0,286	-0,156	0,547	0,647	0,770	0,323	0,600	0,912	1,000					
Zn 30-50	0,185	0,726	0,253	0,586	0,099	0,738	0,346	0,617	0,949	0,613	0,786	0,697	0,543	0,490	1,000				
Cu 30-50	0,469	0,789	0,006	0,747	0,335	0,819	0,097	0,803	0,810	0,857	0,781	0,588	0,658	0,615	0,807	1,000			
Cr 30-50	0,219	0,932	0,295	0,747	0,090	0,943	0,440	0,762	0,688	0,544	0,948	0,389	0,390	0,309	0,781	0,782	1,000		
Cd 30-50	0,406	0,431	0,038	0,475	0,472	0,415	0,010	0,579	0,621	0,422	0,480	0,734	0,432	0,406	0,609	0,546	0,446	1,000	
Pb 30-50	0,370	0,452	-0,005	0,518	0,272	0,500	0,031	0,553	0,578	0,605	0,470	0,472	0,622	0,541	0,565	0,639	0,488	0,553	
Hg 30-50	0,559	0,413	0,017	0,568	0,514	0,437	-0,046	0,643	0,768	0,805	0,478	0,667	0,842	0,844	0,678	0,758	0,468	0,582	
Zn gr.w.	-0,078	-0,259	-0,445	-0,291	-0,067	-0,337	-0,363	-0,319	-0,202	-0,214	-0,270	-0,029	-0,031	-0,104	-0,286	-0,221	-0,340	-0,146	
Cd gr.w.	-0,089	-0,202	-0,324	-0,242	-0,143	-0,314	-0,259	-0,354	-0,156	-0,172	-0,200	-0,026	-0,023	-0,095	-0,262	-0,244	-0,297	-0,164	
Pb gr.w.	0,486	0,069	-0,102	0,252	0,608	0,046	-0,378	0,334	0,139	0,327	0,081	0,265	0,384	0,343	0,051	0,211	0,079	0,290	
Cr gr.w.	0,088	-0,461	-0,246	-0,247	0,111	-0,488	-0,531	-0,334	-0,328	-0,161	-0,484	-0,104	-0,149	-0,125	-0,429	-0,396	-0,539	-0,163	
Cu gr.w.	0,262	-0,080	-0,249	0,026	0,215	-0,078	-0,486	-0,030	-0,018	0,124	-0,092	0,231	0,079	0,025	-0,078	0,020	-0,089	0,105	
Ni gr.w.	-0,049	-0,228	-0,244	-0,214	-0,067	-0,263	-0,238	-0,277	-0,155	-0,116	-0,213	-0,022	-0,009	-0,075	-0,235	-0,177	-0,273	-0,152	
As gr.w.	-0,095	0,144	0,291	0,089	-0,100	0,092	0,271	0,030	0,097	0,033	0,133	-0,034	-0,007	-0,030	0,106	0,015	0,066	-0,019	
som-PAK 0-10	0,196	0,109	-0,114	0,146	0,102	0,137	-0,059	0,166	0,482	0,306	0,142	0,475	0,437	0,452	0,432	0,309	0,133	0,248	
som-DDT 0-10	0,002	0,127	0,169	0,140	-0,023	0,092	-0,004	0,033	0,091	0,128	0,131	0,021	0,003	0,010	0,086	0,107	0,104	-0,024	
som-drins 0-10	0,091	-0,235	0,054	-0,003	0,059	-0,280	-0,269	-0,183	-0,105	0,061	-0,202	-0,097	0,009	0,037	-0,206	-0,192	-0,268	-0,215	
som-HCH 0-10	0,161	-0,045	-0,078	0,064	0,037	-0,057	-0,157	-0,031	-0,051	-0,001	-0,046	0,087	-0,040	0,021	-0,080	-0,065	-0,085	-0,013	
som-PAK 30-50	0,086	-0,014	-0,012	0,019	0,103	0,009	-0,049	0,063	0,534	0,293	0,069	0,540	0,404	0,381	0,504	0,275	0,070	0,308	
som-DDT 30-50	-0,111	0,069	0,205	-0,007	-0,071	0,059	0,138	0,004	0,034	-0,008	0,096	-0,003	-0,037	-0,019	0,084	0,061	0,089	0,061	
som-drins 30-50	-0,146	-0,189	0,250	-0,182	-0,063	-0,180	0,111	-0,152	-0,099	-0,093	-0,179	-0,177	-0,084	-0,034	-0,067	-0,080	-0,174	-0,087	
som-HCH 30-50	0,281	-0,004	-0,136	0,111	0,232	-0,033	-0,195	0,049	-0,038	-0,007	0,007	0,176	-0,020	0,028	-0,039	-0,026	-0,010	0,178	
x-coord..	-0,008	-0,363	-0,371	-0,248	-0,021	-0,392	-0,537	-0,345	-0,301	-0,210	-0,415	-0,150	-0,216	-0,207	-0,353	-0,380	-0,415	-0,254	
y-coord.	0,104	-0,073	0,094	0,070	0,087	-0,184	-0,047	-0,083	-0,208	-0,149	-0,114	-0,295	-0,113	-0,046	-0,261	-0,315	-0,182	-0,238	

De correlaties tussen twee parameters zijn significant indien groter dan 0,138 (betrouwbaarheid 5%). In het geval van parameters op 30-50 cm en Ni-grondwater zijn de correlaties met andere parameters significant indien groter dan 0,160 (betrouwbaarheid 5%), als gevolg van een kleiner aantal waarnemingen.

	Pb 30-50	Hg 30-50	Zn gr.w.	Cd gr.w.	Pb gr.w.	Cr gr.w.	Cu gr.w.	Ni gr.w.	As gr.w.	som-PAK 0-10	som-DDT 0-10	som-drins 0-10	som-HCH 0-10	som-PAK 30-50	som-DDT 30-50	som-drins 30-50	som-HCH 30-50	x-coord.	y-coord.
org.stof 0-10																			
lutum 0-10																			
pH-H2O 0-10																			
CEC 0-10																			
org.stof 30-50																			
lutum 30-50																			
pH-H2O 30-50																			
CEC 30-50																			
Zn 0-10																			
Cu 0-10																			
Cr 0-10																			
Cd 0-10																			
Pb 0-10																			
Hg 0-10																			
Zn 30-50																			
Cu 30-50																			
Cr 30-50																			
Cd 30-50																			
Pb 30-50	1,000																		
Hg 30-50	0,639	1,000																	
Zn gr.w.	-0,175	-0,161	1,000																
Cd gr.w.	-0,199	-0,204	0,961	1,000															
Pb gr.w.	0,207	0,365	0,077	0,044	1,000														
Cr gr.w.	-0,234	-0,235	0,105	0,100	0,129	1,000													
Cu gr.w.	-0,015	0,000	0,274	0,260	0,504	0,331	1,000												
Ni gr.w.	-0,153	-0,135	0,786	0,849	0,038	0,230	0,313	1,000											
As gr.w.	-0,015	-0,024	-0,125	-0,091	-0,098	0,043	-0,111	-0,059	1,000										
som-PAK 0-10	0,290	0,454	0,001	-0,041	0,026	-0,106	-0,029	-0,057	-0,007	1,000									
som-DDT 0-10	0,047	0,045	-0,097	-0,067	-0,042	0,000	0,198	-0,041	-0,034	0,031	1,000								
som-drins 0-10	-0,118	-0,071	-0,010	0,001	0,070	0,255	0,160	0,044	0,048	-0,026	0,222	1,000							
som-HCH 0-10	-0,035	-0,055	-0,041	-0,030	0,007	0,054	0,123	0,034	-0,078	-0,059	-0,008	-0,041	1,000						
som-PAK 30-50	0,219	0,483	0,019	-0,003	0,103	0,026	0,063	-0,092	0,061	0,430	0,001	-0,045	0,034	1,000					
som-DDT 30-50	0,014	0,063	-0,051	-0,041	-0,037	-0,086	0,011	-0,030	-0,061	-0,028	0,433	0,021	-0,042	0,046	1,000				
som-drins 30-50	-0,077	-0,045	-0,055	-0,041	-0,065	0,030	-0,091	-0,050	0,301	-0,081	0,059	0,493	-0,066	0,019	0,080	1,000			
som-HCH 30-50	-0,009	0,019	-0,034	-0,033	0,335	-0,021	0,483	0,050	-0,073	-0,070	-0,048	-0,026	0,667	0,003	0,008	-0,035	1,000		
x-coord.	-0,209	-0,305	0,053	0,035	-0,019	0,387	0,203	0,091	-0,159	-0,075	0,024	0,221	0,148	-0,049	-0,151	-0,105	0,089	1,000	
y-coord.	-0,179	-0,167	-0,259	-0,266	0,020	0,110	-0,128	-0,250	0,108	-0,136	-0,025	0,175	0,034	-0,185	-0,150	0,107	0,100	0,512	1,000

De correlaties tussen twee parameters zijn significant indien groter dan 0,138 (betrouwbaarheid 5%). In het geval van parameters op 30-50 cm en Ni-grondwater zijn de correlaties met andere parameters significant indien groter dan 0,160 (betrouwbaarheid 5%), als gevolg van een kleiner aantal waarnemingen.





## **BIJLAGE XIX CORRELATIEMATRIX BELASTING**

	Cd/SW 0-10	Pb/SW 0-10	Cu/SW 0-10	Zn/SW 0-10	Cd/SW 30-50	Pb/SW 30-50	Cu/SW 30-50	Zn/SW 30-50	Cd gr.w.	Pb gr.w.	Cu gr.w.	Zn gr.w.
Cd/SW 0-10	1,000											
Pb/SW 0-10	0,397	1,000										
Cu/SW 0-10	0,476	0,523	1,000									
Zn/SW 0-10	0,548	0,475	0,635	1,000								
Cd/SW 30-50	0,817	0,370	0,272	0,799	1,000							
Pb/SW 30-50	0,648	0,782	0,567	0,869	0,749	1,000						
Cu/SW 30-50	0,659	0,559	0,382	0,944	0,867	0,867	1,000					
Zn/SW 30-50	0,407	0,257	0,027	0,877	0,783	0,699	0,858	1,000				
Cd gr.water	-0,032	-0,166	-0,575	-0,633	-0,332	-0,554	-0,383	-0,556	1,000			
Pb gr.water	0,288	0,779	0,457	0,188	0,196	0,350	0,198	-0,156	-0,124	1,000		
Cu gr.water	0,452	0,452	0,522	-0,101	0,023	0,175	-0,098	-0,509	0,109	0,644	1,000	
Zn gr.water	-0,019	-0,105	-0,607	-0,657	-0,300	-0,501	-0,409	-0,674	0,986	-0,052	0,165	1,000
Cd dep.95	0,411	-0,217	0,034	-0,074	0,158	-0,178	0,005	-0,162	0,488	-0,006	0,334	0,429
Pb dep.95	0,429	-0,193	0,015	0,114	0,318	-0,031	0,314	0,114	0,390	-0,118	0,084	0,328
Cu dep.95	0,579	0,070	0,098	0,163	0,439	0,193	0,418	0,086	0,324	0,151	0,340	0,326
Zn dep.95	0,656	0,217	0,219	0,287	0,519	0,307	0,542	0,270	0,390	0,170	0,253	0,337
Cd oversch.	-0,009	-0,372	0,257	0,175	-0,154	-0,422	-0,059	-0,173	-0,054	-0,147	-0,060	-0,162
Pb oversch.	-0,405	-0,310	-0,122	-0,054	-0,164	-0,220	-0,053	0,051	-0,264	-0,332	-0,352	-0,268
Cu oversch.	0,390	-0,023	0,471	0,134	0,171	0,172	-0,096	-0,217	-0,455	0,019	0,531	-0,400
Zn oversch.	0,414	-0,063	0,280	0,049	0,263	0,150	-0,059	-0,143	-0,379	0,023	0,465	-0,298
Cd acc.	0,095	-0,012	0,657	0,635	0,393	0,220	0,559	0,471	-0,844	0,051	-0,060	-0,884
Pb acc.	-0,295	-0,342	-0,101	-0,077	-0,090	-0,191	-0,006	0,050	-0,143	-0,373	-0,264	-0,155
Cu acc.	0,380	-0,018	0,375	0,119	0,255	0,218	-0,007	-0,120	-0,418	0,017	0,488	-0,345
Zn acc.	0,317	0,029	0,556	0,418	0,404	0,336	0,130	0,097	-0,801	0,063	0,244	-0,756

De correlaties tussen twee parameters zijn significant indien groter dan 0,602 (betrouwbaarheid 5%).

	Cd dep. 95	Pb dep. 95	Cu dep. 95	Zn dep. 95	Cd oversch.	Pb oversch.	Cu oversch.	Zn oversch.	Cd acc.	Pb acc.	Cu acc.	Zn acc.
Cd/SW 0-10												
Pb/SW 0-10												
Cu/SW 0-10												
Zn/SW 0-10												
Cd/SW 30-50												
Pb/SW 30-50												
Cu/SW 30-50												
Zn/SW 30-50												
Cd gr.water												
Pb gr.water												
Cu gr.water												
Zn gr.water												
Cd dep.95	1,000											
Pb dep.95	0,854	1,000										
Cu dep.95	0,782	0,909	1,000									
Zn dep.95	0,779	0,875	0,846	1,000								
Cd oversch.	0,561	0,661	0,467	0,396	1,000							
Pb oversch.	-0,115	0,165	0,072	-0,075	0,212	1,000						
Cu oversch.	0,042	-0,069	0,114	-0,115	-0,084	0,127	1,000					
Zn oversch.	0,025	-0,062	0,148	-0,111	-0,218	0,141	0,956	1,000				
Cd acc.	-0,103	0,063	0,029	-0,057	0,547	0,382	0,393	0,259	1,000			
Pb acc.	0,008	0,291	0,185	0,042	0,271	0,966	0,172	0,170	0,346	1,000		
Cu acc.	0,023	-0,041	0,162	-0,105	-0,133	0,223	0,977	0,963	0,359	0,283	1,000	
Zn acc.	-0,194	-0,177	-0,035	-0,217	-0,019	0,276	0,876	0,844	0,698	0,249	0,860	1,000

De correlaties tussen twee parameters zijn significant indien groter dan 0,602 (betrouwbaarheid 5%).



**BIJLAGE XX GEBRUIKTE AFKORTINGEN**

PAK (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen):

ACE	acenafteen
ANT	anthraceen
BaA	benzo(a)anthraceen
BaP	benzo(a)pyreen
BbF	benzo(b)fluorantheen
BkF	benzo(k)fluorantheen
BPE	benzo(ghi)peryleen
CHR	chryseen
DBA	dibenzo(ah)anthraceen
FLT	fluorantheen
FLU	fluoreen
IPY	indeno(1,2,3-cd)pyreen
NPH	naftaleen
PHE	fenathreen
PYR	pyreen
som-PAK	som van 10 PAKs zoals is vastgesteld in VROM (2000); NPH, PHE, ANT, FLT, BaA, CHR, BkF, BaP, BPE, IPY.

Organochloorbestrijdingsmiddelen:

$\alpha$ -HCH	$\alpha$ -hexachloorcyclohexaan
$\beta$ -HCH	$\beta$ -hexachloorcyclohexaan
$\gamma$ -HCH	$\gamma$ -hexachloorcyclohexaan
$\delta$ -HCH	$\delta$ -hexachloorcyclohexaan
HCB	hexachloorcyclobenzeen
hepta	heptachloor
$\beta$ -hepo	$\beta$ -heptachloorepoxide
$\beta$ -endo	$\beta$ -endosulfan
som-DDT	som van DDT, DDD en DDE, is gelijk aan de som van de geanalyseerde stoffen: ppDDe, ppTDE, opDDT en ppDDT
som-drins	som van aldrin, dieldrin en endrin
som-HCH	som van de HCH-verbindingen ( $\alpha$ -HCH, $\beta$ -HCH, $\gamma$ -HCH en $\delta$ -HCH)