

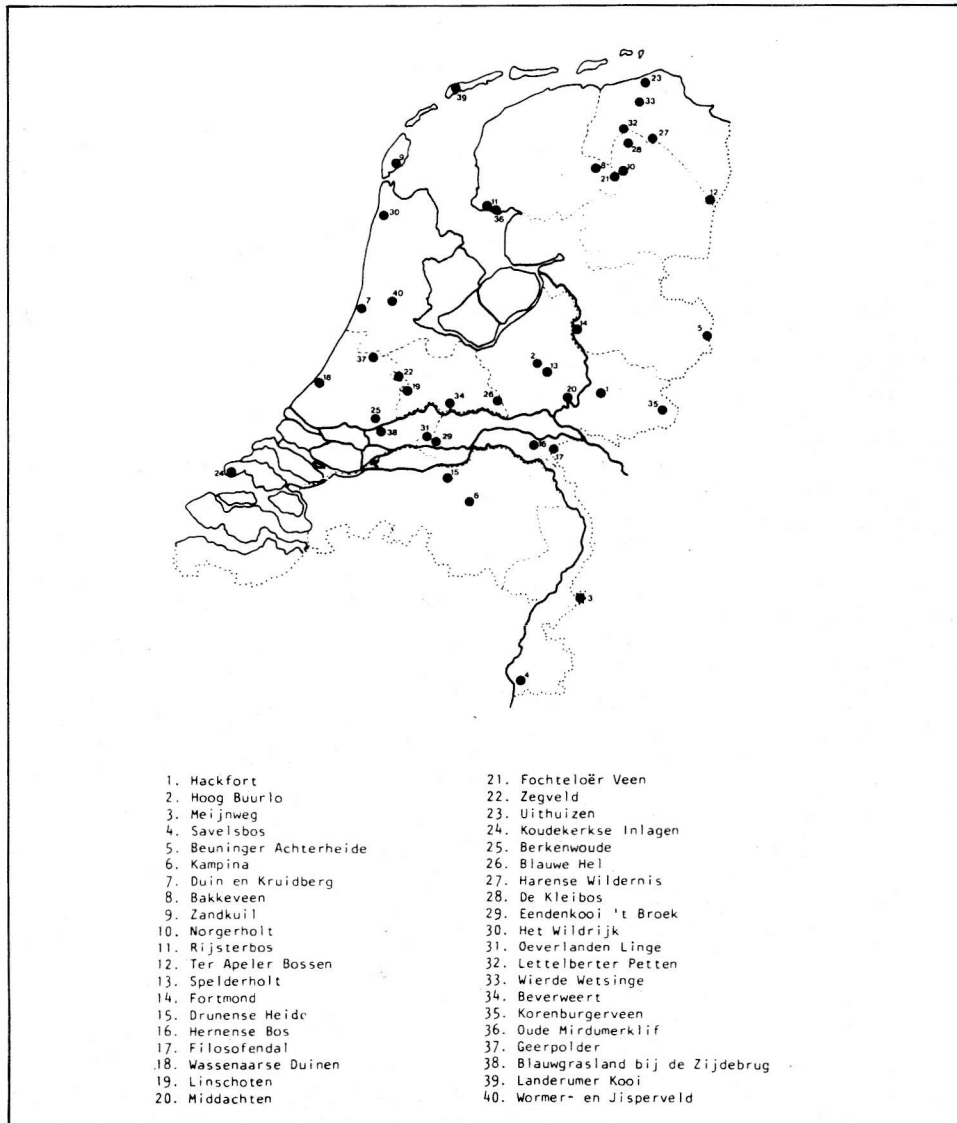
# Achtergrondgehalten van een aantal zwarte en grijze lijst elementen in de bodem van Nederland; een eerste verkenning

door: Ir. Th. Edelman,  
Rijksinstituut voor Natuurbeheer  
(werkgroep Milieuverontreiniging),  
Arnhem, thans werkzaam bij de dienst  
Milieuhygiëne (afdeling Onderzoek  
en Normstelling) van de provincie  
Gelderland, Arnhem.



Ir. Th. Edelman

**Bij de aanwezigheid van stoffen als arsenicum en cadmium in de bodem zal men geen direct aan bodemverontreiniging denken. Dat is niet altijd terecht, daar deze stoffen in bepaalde hoeveelheden van nature in de bodem voorkomen. Afhankelijk van de bodemgesteldheid kunnen de natuurlijke hoeveelheden van plaats tot plaats nogal verschillen. De oorspronkelijke gehalten aan anorganische stoffen zullen veelal enigszins verhoogd zijn door de diffuse aanvoer van relatief geringe hoeveelheden van deze stoffen uit de verontreinigde atmosfeer, maar ook als gevolg van bemesting en allerlei andere activiteiten. Het begrip achtergrondgehalte kan gedefiniëerd worden als de som van het gehalte dat van nature aanwezig is en het gehalte dat aan bovengeschetste diffuse verontreiniging moet worden toegerekend.**



Figuur 1. Ligging van de bemonsterde terreinen.

## Inleiding

Naar aanleiding van de bodemverontreiniging in Lekkerkerk heeft de toenmalige minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne de provincies verzocht een inventarisatie te maken van plaatsen waarvan het bekend was of het vermoeden bestond dat er (chemische) afvalstoffen zouden zijn gestort. Door deze zogenaamde Ginjaar-inventarisatie zijn bij elkaar meer dan 4000 (mogelijke) gevallen van bodemverontreiniging bekend geworden. In het kader van de Interimwet bodemsanering worden thans de meest ernstige gevallen onderzocht en gesaneerd. Om te kunnen beoordelen of sprake is van verontreiniging van de bodem met een bepaalde stof en zo ja in welke mate, dient men het achtergrondgehalte van die stof in de bodem te kennen. Met het oog hierop is in 1979 op het Rijksinstituut voor Natuurbeheer in Arnhem een onderzoek gestart naar de achtergrondgehalten van een groot aantal stoffen in de bodem van Nederland. Daarvoor zijn grondmonsters verzameld in natuurgebieden met uiteenlopende bodemgesteldheid. De monsters zijn geanalyseerd op 40 elementen en 11 organochloorverbindingen. Binnenkort verschijnt de betreffende eindrapportage in de reeks Bodembescherming van het ministerie van VROM. Vooruitlopend daarop worden in dit artikel de achtergrondgehalten van een veertiental zwarte en grijze lijst elementen gepresenteerd. Volgens het voorlopig Indicatief Meerjarenprogramma Bodem 1984-1988 van het ministerie van VROM moet, om schade te voorkomen, het brengen van zwarte lijst stoffen op of in de bodem zoveel mogelijk worden voorkomen, terwijl grijze lijst stoffen alleen onder strikte voorwaarden op de bodem gebracht mogen worden.

## Monstername

Grondmonsters zijn verzameld in 40 terreinen, waarvan de ligging is aangegeven in figuur 1. Op 3 uitzonderingen na zijn de monsters afkomstig uit natuurgebieden. De bovenste 10 cm van de grond werd bemonsterd. Dit geschiedde met een stalen gutsboor met een doorsnede van 2,5 cm.

In een eerste fase is in 4 natuurgebieden de variatie in elementgehalten op korte afstand bestudeerd. In deze gebieden werden in een vak van 10 m x 12 m op systematische wijze over een raster van 6 x 7 punten 42 grondmonsters verzameld, welke apart op een aantal elementen geanalyseerd werden. In een tweede fase zijn in de 40 onderzochte terreinen 3 vakken van 10 m x 12 m op een onderlinge afstand van 50 à 100 m bemonsterd. In deze fase zijn de 42 monsters uit 1 vak gecombineerd tot een mengmonster, waardoor per terrein 3 mengmonsters werden verkregen.

De monsters zijn gedroogd bij 35°C. Eventuele kluiten zijn fijngemaakt met een houten mortier of een stenenbreker, waarna de grond gezeefd werd met een nylon zeef. De fractie kleiner dan 2 mm werd in behandeling genomen.

**Analyses**

Op het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek zijn een aantal algemene karakteristieken van de grondmonsters bepaald, waaronder de textuur en het organisch koolstofgehalte.

Op het Interuniversitair Reactor Instituut te Delft zijn met behulp van neutronenactiveringsanalyse de gehalten aan antimoon (Sb), arsenicum (As), barium (Ba), Chroom (Cr), Kobalt (Co), titaan (Ti), uranium (U), vanadium (V), zink (Zn), alsmede aan ijzer (Fe) vastgesteld. Bij deze analysemethode behoeven de monsters niet te worden ontsloten. Op de Vrije Universiteit te Amsterdam zijn met behulp van atomaire emissie spectrofotometrie met inductief gekoppeld plasma de gehalten aan koper (Cu) bepaald. De monsters werden geëxtraheerd met kokend geconcentreerd salpeterzuur. Aanvullend zijn op het Rijksinstituut voor Natuurbeheer te Arnhem met atoom absorptie spectrofotometrie de gehalten aan cadmium (Cd), kwik (Hg), Lood (Pb) en nikkel (Ni) vastgesteld. De monsters werden geëxtraheerd met kokend geconcentreerd zoutzuur, behalve in het geval van kwik dat in de salpeterzuurextracten kon worden bepaald. Voor uitvoerige informatie over deze analysetechnieken wordt verwezen naar de officiële eindrapportage.

Tenzij anders vermeld betreffen de genoemde gehalten het rekenkundige gemiddelde van de gehalten in 3 mengmonsters en zijn zij berekend op bij 105°C gedroogd materiaal.

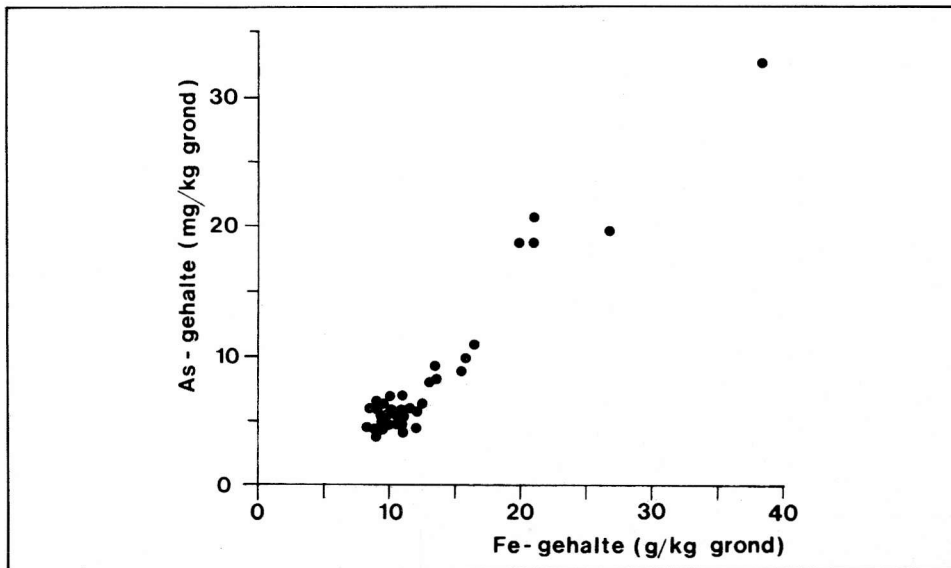
**Resultaten**

Opvallende verschillen op korte afstand komen voor in gebied Hackfort. In het bemonsterde vak zijn 2 gebiedjes van te zamen 8 monsterpunten te onderscheiden waarvan de bovengrond in chemische samenstelling afwijkt van die in de rest van het vak. De gehalten aan arsenicum en zink in dit gebied zijn weergegeven in figuur 2. In de afwijkende gebiedjes is het gehalte aan arsenicum enkele malen hoger dan in de rest van het terrein, terwijl de gehalten aan zink juist aanzienlijk lager zijn. In figuur 3 wordt getoond dat de verschillen in gehalten aan arsenicum gepaard gaan met verschillen in gehalten aan ijzer. Vermoedelijk heeft men hier in een verleden grond afgegraven ten behoeve van de ijzerwinning. De grote verschillen op grote afstand zouden dus mede door toedoen van de mens zijn ontstaan.

De trajecten waarbinnen de gehalten aan de 14 zwarte en grijze lijst elementen zich bevinden, zijn in figuur 4 grafisch weergegeven. Tussen de gebieden kunnen aanzienlijke verschillen in elementgehalten voorkomen. In veel gevallen bestaat er een duidelijke relatie tussen elementgehalten en kleigehalten. Ter illustratie is in figuur 5 het verband tussen gehalten aan klei en gehalten aan vanadium geschetst. Soortgelijke relaties, zij het minder uitgesproken, bestaan voor de elementen antimoon, arsenicum, barium, chroom, kobalt, koper, nikkel, titaan, uranium en zink. Voor antimoon, cadmium en lood bestaat er een verband tussen elementgehalte enerzijds en organisch koolstofgehalte anderzijds.

Arsenicum:						Zink:					
6,0	6,5	6,4	6,8	3,9	5,4	60	62	55	69	55	81
6,6	4,4	5,7	4,4	4,6	5,9	63	35	49	59	58	61
5,6	7,3	4,7	4,3	9,1	21	48	61	49	59	45	19
8,3	5,2	5,1	5,8	5,5	11	55	73	48	50	61	41
5,2	4,9	10	6,3	5,6	7,8	58	57	42	46	45	48
6,2	5,6	20	5,6	5,4	6,4	57	53	31	59	60	56
19	19	33	4,6	9,5	5,5	22	19	22	57	80	68

Figuur 2. Gehalten aan arsenicum en zink (mg/kg grond) in 42 monsters van de bovengrond (0-10 cm) uit een vak van 10 m x 12 m in gebied Hackfort. Gehalten betreffen bij 35°C gedroogde grond.

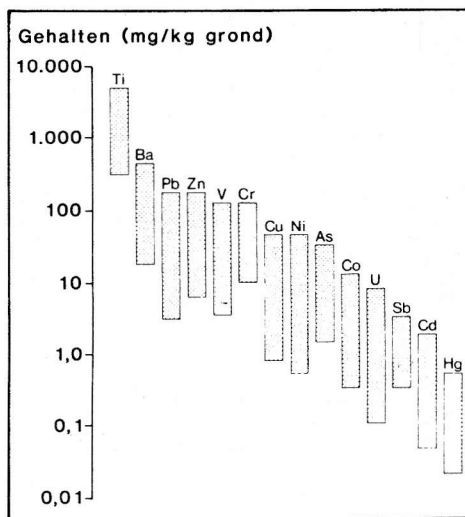


In tabel 1 zijn de trajecten van gehalten gegeven, gegroepeerd naar textuur- en organische stofklassen. Voor de meeste elementen overlappen de trajecten voor de verschillende klassen elkaar. In een aantal gevallen kan desondanks van een toename worden gesproken in de reeks zand, zavel en leem, klei. Voor cadmium worden de hoogste gehalten in de moerige gronden (venige klei, kleilig veen, veen) gevonden. Behalve met textuurklasse en organisch koolstofgehalte kunnen de gehalten nog in verband worden gebracht met de mineralogische samenstelling van de grond en met bodemvormingsprocessen.

Figuur 3. Verband tussen de elementen arsenicum en ijzer in 42 monsters van de bovengrond (0-10 cm) uit een vak van 10 m x 12 m in gebied Hackfort. Gehalten betreffen bij 35°C gedroogde grond.

**Discussie**

De grote verschillen in gehalten die op korte afstand in de bovengrond kunnen voorkomen, maken duidelijk hoe omzichtig men te werk moet gaan bij het nemen van een representatief grondmonster. Dit is onder meer van belang bij het nemen van referentiemonsters in het kader van onderzoek in verontreinigde gebieden. Tevens geven de resultaten een indruk van de statistische problemen die men zal ondervinden indien men eventueel in dezelfde gebieden in de toekomst weer monsters zal verzamelen om een vergelijking met de huidige situatie te kunnen maken. Opvallend is de duidelijke relatie tussen kleigehalten en gehalten aan een reeks elementen. Eerder vond de Zweed Andersson (1977) een soortgelijke relatie tussen kleigehalten en gehalten aan de zware metalen chroom, kobalt en nikkel. Het verband tussen kleigehalten en de gehalten aan verschillende elementen pleit voor een naar textuurklasse gedifferentieerd stelsel van achtergrondgehalten. De maximale gehalten aan 9 elementen die Van Driel & Smilde (1981) in de bovenste 20 cm van Nederlandse landbouwgronden hebben gevonden, zijn systematisch hoger dan de in deze studie gevonden maxima. De auteurs melden dat een deel van de onderzochte landbouwgronden als verontreinigd moeten worden beschouwd, hetgeen wordt

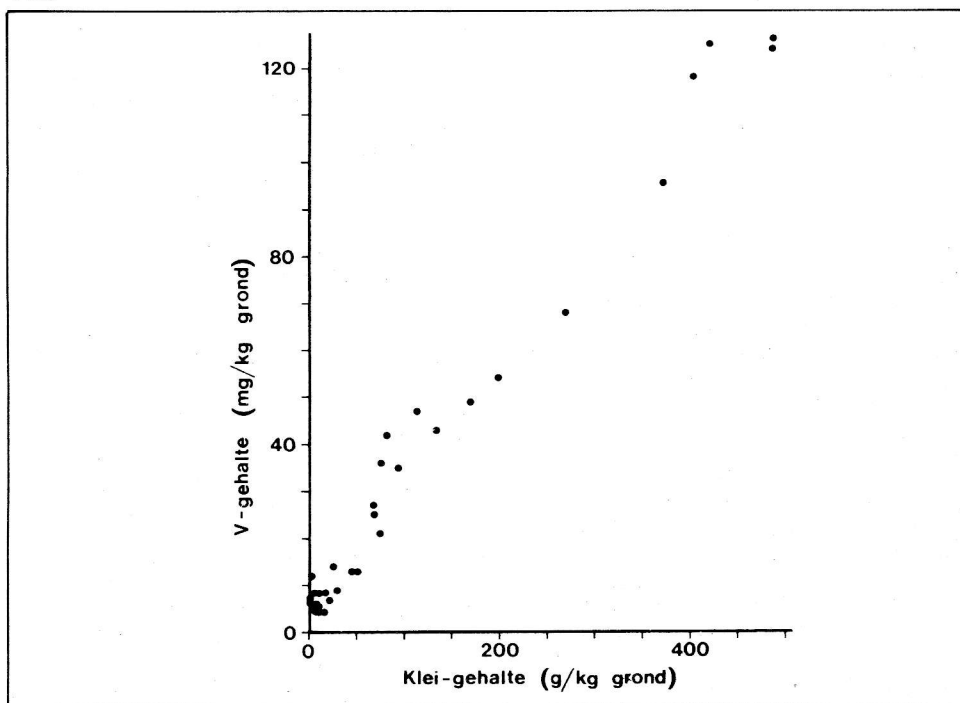


Figuur 4. Trajecten van gehalten aan 14 zwarte en grijze lijst elementen in de bovengrond (0-10 cm) van de onderzochte terreinen.

Element	Zand	Zavel Leem	Klei	Venige klei Kleiig veen	Veen
antimoon	0,30-1,8	0,51*-2,2	1,5-2,2	1,1*-3,0	1,6-3,0
arsenicum	1,4-8,6	5,1-18	12-21	11-33	4,7-24
barium	80*-270	168-397	416-525	190-426	< 20-90
cadmium	< 0,05-0,74	0,10-0,58	0,27-0,55	0,29-1,2	1,0-1,8
chromium	11-43	33-75	75-117	66-95	16-42*
kobalt	0,3-3,6	1,9-7,3	10-16	5,4-11	1,1-6,3
koper	0,83-9,4	4,4-41	18-31	11-50	5,2-29
kwik	0,02-0,10	0,06-0,36	0,08*-0,15	0,14-0,51	0,06*-0,23
lood	3,1-43	17-168	47-58	57-200	67-105
nikkel	< 0,5-6,8	4,4-18	27-47	19-37	2,4-16
titaan	322-1770	1150-4470	2960-4850	2450-3710	505-939
uranium	0,47*-1,4	1,2-2,6	2,3-5,4	2,3-7,7	< 0,10-1,4
vanadium	4,1-25	21-54	68-124*	92-125	9,3-36
zink	6,4-62	28*-189	81-153	62-150*	37*-120

Tabel 1.

Trajecten van gehalten aan 14 zwarte en grijze lijst elementen (mg/kg grond) in de bovengrond (0-10 cm) van de onderzochte gebieden, gegroepeerd naar textuur- en organische stofklassen (indeling volgens De Bakker en Schelling, 1966). De met \* gemerkte gehalten hebben betrekking op minder dan 3 mengmonsters per gebied.



toegeschreven aan afzetting van verontreinigd rivierslib. In het algemeen kan worden gesteld dat natuurgebieden beter geschikt zijn voor het vaststellen van 'scherpe' achtergrondgehalten dan landbouwgebieden; in natuurgebieden vindt in de regel immers geen toevoeging plaats van stoffen als kunstmest, zuiveringsslib en bestrijdingsmiddelen. Voor de zware metalen cadmium, kwik en lood zijn in deze studie hogere maxima gevonden dan door De Temmerman et al. (1982) in Belgische gronden, door Aichberger (1980) in Oostenrijkse gronden en door McKeague & Wolynetz (1980) in Canadese gronden. Mogelijk heeft depositie vanuit de atmosfeer een verhoging van de oorspronkelijke gehalten aan deze metalen in een deel van de Nederlandse bovengronden teweeg gebracht.

Om de invloed van anorganische verontreini-

Figuur 5. Verband tussen gehalten aan klei en gehalten aan vanadium in de bovengrond (0-10 cm) van de onderzochte terreinen.

ging op bodembioologische processen te leren kennen, is op het Rijksinstituut voor Natuurbeheer in Arnhem onderzoek verricht naar de effecten van zware metalen op micro-organismen (Doelman & Haanstra, 1983) en op regenwormen (Ma, 1983). Hierbij bleken bodemkundig bepaalde factoren als textuurklasse van belang, hetgeen eenvoudig in verband kan worden gebracht met het vastleggend vermogen van de grond voor zware metalen. Dit pleit voor een eveneens naar grondsoort gedifferentieerd stelsel van waarden voor het bepalen van de ernst van een geval van bodemverontreiniging, en aldus van de urgentie van onderzoek en sanering.

### Dankwoord

Deze studie is mogelijk geworden door een financiële bijdrage van de hoofdafdeling Bodem van het toenmalige ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne en door medewerking van het Interuniversitair Reactor Instituut. Voor de gastvrijheid daar bedank ik dr. M. de Bruin en voor hulp bij de analyses A. Dijkstra. Voor analytische ondersteuning gaat mijn dank verder uit naar dr. A. Appelo van de Vrije Universiteit en J. Bierling van het Rijksinstituut voor Natuurbeheer. M. Hoekstra van laatstgenoemd instituut was behulpzaam bij een groot deel van de bemonsteringen, de voorbereiding van de monsters en de analyses.

### Literatuur

- Aichberger, K. 1980. Schwermetallgehalte einiger Bodenprofile Oberösterreichs. *Bodenkultur* 31: 215-227.
- Andersson, A. 1977. The distribution of heavy metals in soils and soil material as influenced by the ionic radius. *Swedish Journal of Agricultural Research* 7: 79-83.
- De Bakker, H. & J. Schelling. 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus. PUDOC, Wageningen.
- De Temmerman, L.O., J.R. Ista, M. Hoening, S. Dupire, G. Ledent, Y. van Elsen, H. Baeten & A. de Meijer. 1982. Onderzoek naar de 'normale' gehalten aan spoorelementen in een aantal Belgische bodems als basis voor de detectie en het onderzoek van bodemvervuiling. *Landbouwtijdschrift* 35: 1883-1912.
- Doelman, P. & L. Haanstra. 1983. De invloed van zware metalen op de bodemmicroflora. Reeks Bodembescherming van het ministerie van VROM, deel 20.
- Ma, W. 1983. Regenwormen als bio-indicatoren van bodemverontreiniging. Reeks Bodembescherming van het ministerie van VROM, deel 15.
- McKeague, J.A. & M.S. Wolynetz. 1980. Background levels of minor elements in some Canadian soils. *Geoderma* 24: 299-307.
- Van Driel, W. & K.W. Smilde. 1981. Heavy-metal contents of Dutch arable soils. *Landwirtschaftliche Forschung* 38: 305-313. ●