

Cadmium in Nederlandse cultuurgronden

Dr. W. van Driel, dr. B. J. van Goor en D. Wiersma - Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren (Gr.)

Cadmium is, evenals de andere 'zware metalen', een natuurlijk bestanddeel van de aardkorst. De gemiddelde concentratie in de aardkorst wordt geschat op 0,13 mg per kg. De cadmiumconcentratie in een cultuurgrond hangt van vele factoren af, zoals de geologische herkomst van de bodembestanddelen, en het specifieke gebruik dat van de grond is gemaakt. De hoge giftigheid, het gemak waarmee het in gewassen wordt opgenomen en de - bij de mens - ten opzichte van de tolerantie relatief hoge belasting van het voedsel, zijn er de oorzaak van dat cadmium de laatste jaren in het brandpunt van de belangstelling staat.

Het is in dit verband van belang beter geïnformeerd te zijn over de cadmiumtoestand van de Nederlandse cultuurgronden. Deze kunnen we ontleen aan twee inventarisaties van zware metalen, die gedurende de laatste jaren door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid zijn uitgevoerd:

1 Een selectie die is gemaakt uit de grondmonsterverzameling van het Instituut, voornamelijk van akkerbouwgronden, voorzover nodig aangevuld met extra monsters. Van deze monsters zijn de volgende bestanddelen geanalyseerd: organische stof, fractie $> 16 \mu\text{m}$, CaCO_3 , pH, en de elementen As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb en Zn. De zware metalen zijn geanalyseerd bij het IB en bij

het Centraal Laboratorium TNO (Van Driel en Smilde, 1982).

2 Op verzoek van de LAC-stuurgroep 'Bodem en Gewas' is door IB (B. J. van Goor, P. van Lune, D. Wiersma), RIKILT, Consulentschappen voor bemesting in de land- en tuinbouw (Ch. H. Henskens, H. W. Lammers, A. P. Hidding, S. Bommeljée), en het Proefstation voor Tuinbouw onder glas (J. P. N. L. Roorda van Eysinga) een inventarisatie uitgevoerd van de belangrijkste Nederlandse gewassen en gronden van de elementen As, Cd, Hg en Pb, alsmede van de belangrijkste bodemkarakteristieken. De zware metalen zijn geanalyseerd door het RIKILT (N. G. van der Veen). Een belangrijk deel van de resultaten is reeds in de vorm van IB-nota's gepubliceerd.

De resultaten van beide inventarisaties zijn in dit artikel verwerkt.

Bodemtypen

Nagenoeg alle Nederlandse gronden zijn van elders aangevoerd door de zee, rivieren, gletschers of door de

wind. Sommige bodemtypen zijn door ingrepen van de mens ontstaan of sterk veranderd: jonge veengronden, dalgronden, esgronden. Door al deze processen is het moeilijk een directe relatie te leggen tussen de metaalgehalten in de grond en die van de moedergesteenten waaruit de bodembestanddelen uiteindelijk zijn ontstaan. Een indruk kan worden verkregen door de cadmiumgehalten van cultuurgronden te betrekken op die van de aardkorst, van fossiele kleien ('shales') en van zandsteen (zie tabel 1).

In dit artikel worden vijf bodemtypen onderscheiden: zandgronden, kleigronden ($\% < 16 \mu\text{m} < 12\%$), veengronden, dalgronden en lössgronden. Een meer gedetailleerde indeling, gebaseerd op bodemgenetische kenmerken (bijvoorbeeld pleistocene en holocene zandgronden) was op grond van het beschikbare materiaal niet mogelijk.

Bemonstering

De grondmonsters zijn afkomstig van de 0-20 cm laag van akkerbouwgronden (de 'bouwvoor'); de veengrondmonsters zijn echter voor een

Tabel 1 Cadmiumgehalten van de aardkorst, fossiele klei en zandsteen (mg per kg)

	Aardkorst	Fossiele klei (shales)	Zandsteen
Cd	0,13	0,3	0,01-0,09

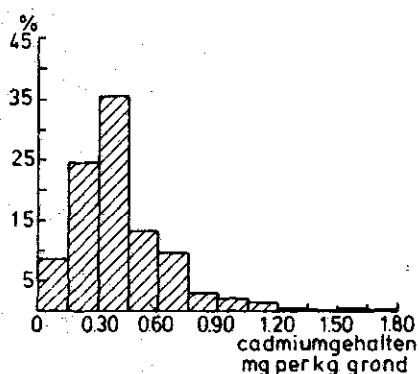


Fig. 1. Procentuele frequentieverdeling van cadmiumgehalten in Nederlandse cultuurgronden

belangrijk deel genomen van de 0–20 cm laag van veengraslanden. Ieder monster is samengesteld uit 40 stekken per perceel/proefplek. Verder zijn grasland en kasgrond in dit overzicht uitgesloten. De monsters zijn gedroogd bij 30–40°C, de 0–2 mm fractie is gebruikt voor de analyse. Grote zorg is besteed aan het voorkomen van contaminatie van de monsters tijdens monsterneming en -verwerking.

Analysemethoden

Het 'totaal'-cadmiumgehalte van de grond wordt bepaald door ontsluiting met sterke zuren. Bij inventarisatie 1 (IB) is het grondmonster ontsloten met geconcentreerd salpeterzuur (5x afroken), het residu opgenomen in 2 n HC1, en het cadmiumgehalte gemeten met vlam-atomaire absorptiespectrometrie na vloeistof-vloeistofextractie met DDC-MIBK volgens Balraadjsing (1979).

Bij inventarisatie 2 (RIKILT-IB....) is een droge verassing toegepast bij 425°C, het residu opgenomen in 3 n HC1, en gemeten met vlam-atomaire absorptiespectrometrie na vloeistof-vloeistofextractie met APDC-MIBK.

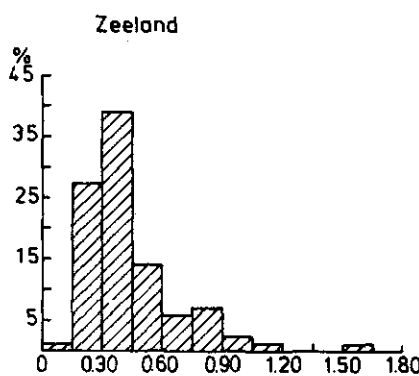
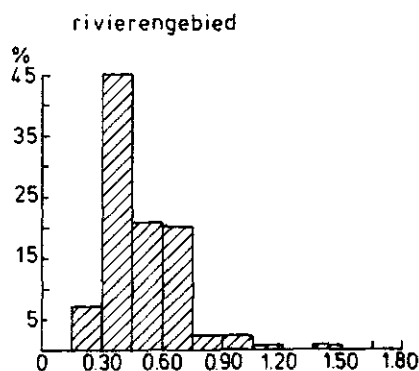
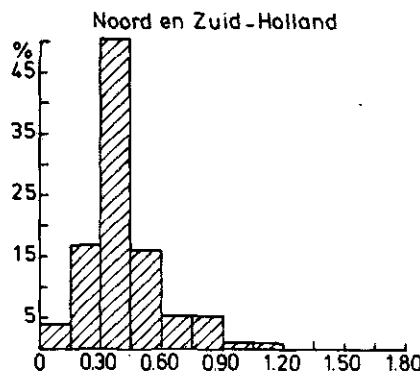
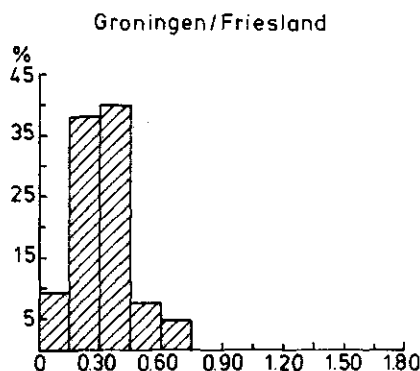


Fig. 2. Procentuele frequentieverdeling van cadmiumgehalten in Nederlandse kleigronden

De resultaten verkregen volgens deze verschillende ontsluitingsmethoden stemmen uitstekend overeen, zoals bleek bij een uitvoerig uitwisselonderzoek door de betrokken laboratoria. Voor de beschrijving van de overige analysemethoden wordt verwezen naar Vierveijzer, Lepelaar en Dijkstra (1979).

Resultaten en discussie

Het voornaamste doel van deze studie is het vaststellen van de cadmiumniveaus in normale, niet verontreinigde cultuurgronden. Bij de selectie van de proefplekken is niet al-

tijd te voorzien of de betreffende grond gecontamineerd is. Het betrekken van veel gecontamineerde gronden in het gemiddelde zou een verkeerd beeld opleveren over de cadmiumniveaus in de 'normale' gronden. Omdat cadmiumgehalten hoger dan 1,5–2,0 mg per kg slechts sporadisch voorkomen zijn, arbitrair, gronden die een hoger gehalte hebben dan 1,8 mg per kg niet in de berekeningen betrokken.

Hierdoor werd circa 2% van de monsters weggelaten. Later in dit artikel worden enkele belangrijke gecontamineerde landbouwgebieden besproken.

Nederlandse cultuurgronden

Het gemiddelde cadmiumgehalte van de onderzochte monsters is vermeld in tabel 2, de frequentieverdeling in figuur 1. De bodemtypen zijn niet naar evenredigheid van het voorkomen in Nederland betrokken in de berekening van dit gemiddelde.

Het vermelde gemiddelde kan dus niet geïnterpreteerd worden als het gewogen gemiddelde.

De resultaten van de afzonderlijke

Tabel 2 Cadmiumgehalten van Nederlandse cultuurgronden (mg per kg)

	Aantal (n)	Gemiddelde (x)	Standaarddeviatie (s)
Alle monsters	925	0,40	0,19
Kleigronden	520	0,41	0,19
Zandgronden	298	0,32	0,18
Veengronden	40	0,87	0,32
Dalgronden	43	0,30	0,19
Lössgronden	24	0,78	0,16

bodemtypen worden hieronder behandeld.

Kleigronden

Het gemiddelde cadmiumgehalte van de onderzochte kleigronden is gegeven in tabel 2, de frequentieverdeling in figuur 2. De gevonden gemiddelden in enkele regio's zijn vermeld in tabel 3. Bij de interpretatie van de metaalgehalten van kleigronden speelt de preferente binding van metalen aan de fijnere fracties een belangrijke rol. Er bestaat een beperkt sedimentatiegebied, een lineaire relatie tussen het totale metaalgehalte van het monster en de grootte van de fractie $< 16 \mu\text{m}$ (De Groot et al., 1982). In zo'n gebied zal een lichte kleigrond een lager cadmiumgehalte hebben dan een zware kleigrond. Indien per bemonsteringsplek voldoende waarnemingen beschikbaar zijn, kan het metaalgehalte geëxtrapoleerd worden naar een constante korrelgroottesamenstelling, bijvoorbeeld $50\% < 16 \mu\text{m}$). Hiertoe ontbraken in dit onderzoek de waarnemingen.

Een complicerende factor is het effect van de sterk verontreinigde rivieren Rijn, Maas en Schelde. Afgezien van de uiterwaarden en de recentelijk ingedijkte polders in het rivierengebied is er de mogelijkheid van overstroming in oudere polders, waardoor de datum van inpoldering geen garantie is voor een niet-verontreinigde grond. Om deze reden zijn de polders in de Biesbosch niet in het gemiddelde van de kleigronden betrokken. De gemiddelde cadmiumgehalten in de vermelde regio's zijn opmerkelijk uniform: de gehalten in de noordelijke provincies en het rivierengebied zijn respectievelijk wat lager en wat hoger dan die in de rest van het land. Gemiddeld is het cadmiumgehalte van dezelfde orde van grootte als in de fossiele kleimineralen ('shales') (zie tabel 1).

Zandgronden

Het gemiddelde cadmiumgehalte van de onderzochte zandgronden is vermeld in tabel 2, de frequentieverdeling in figuur 3. De gemiddelde waarden voor de regio's staan in tabel 4.

De waarden voor de zandgronden lo-

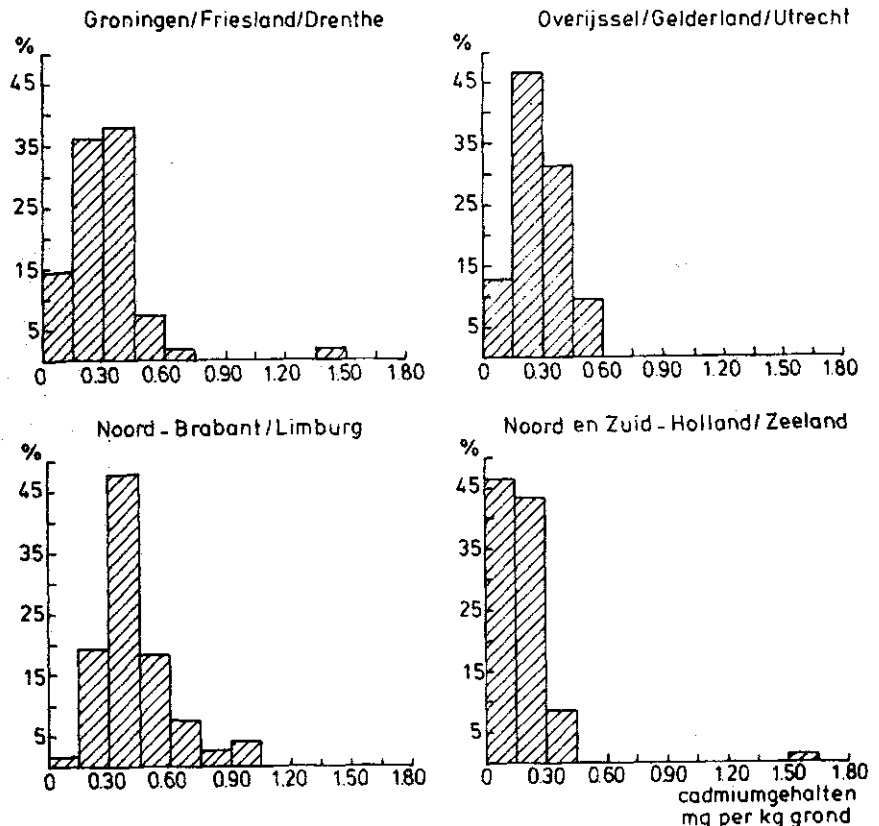


Fig. 3 Procentuele frequentieverdeling van cadmiumgehalten in Nederlandse zandgronden

pen meer uiteen dan die voor de kleigronden. Noord-oost-Nederland en de IJsselmeerpolders liggen op een gemiddeld niveau, Noord-, Zuid-Holland en Zeeland op een lager niveau (ondermeer duinzanden), en in Brabant en Limburg is de invloed van de cadmiumverontreiniging door de emissies van de zinkfabrieken in de Kempen te merken. De problematiek van laatstgenoemde milieuverontreiniging wordt uitvoeriger besproken in de bijdrage van Van Luit en Smilde.

In zandgronden spelen de pH en het organische-stofgehalte van de grond

een belangrijke rol bij de cadmiumvastlegging. De uitspoeling van cadmium neemt toe bij lagere pH en bij een lager organische-stofgehalte van de grond. Gerritse (1982) vond dat in een zandgrond met pH 5,0 en met 3,5% organische stof jaarlijks met het drainwater circa 2% uit de bouwvoor spoelt, tegen 0,2% in een zwaardere zavelgrond.

Laagveengronden

Het grootste deel van de laagvenen in ons land is afgegraven. De resterende delen worden voornamelijk als

Tabel 3 Cadmiumgehalten van Nederlandse kleigronden (mg per kg)

	Aantal (n)	Gemiddelde (x)	Standaarddeviatie (s)
Alle kleimonsters	520	0,41	0,19
Groningen/Friesland	105	0,30	0,11
Rivierengebied*	124	0,49	0,16
N-Z-Holland	111	0,41	0,16
Zeeland	84	0,43	0,24
IJsselmeerpolders	96	0,42	0,26

* Gelderland, Overijssel, Utrecht, N-Brabant, Limburg, excl. Biesboschpolders

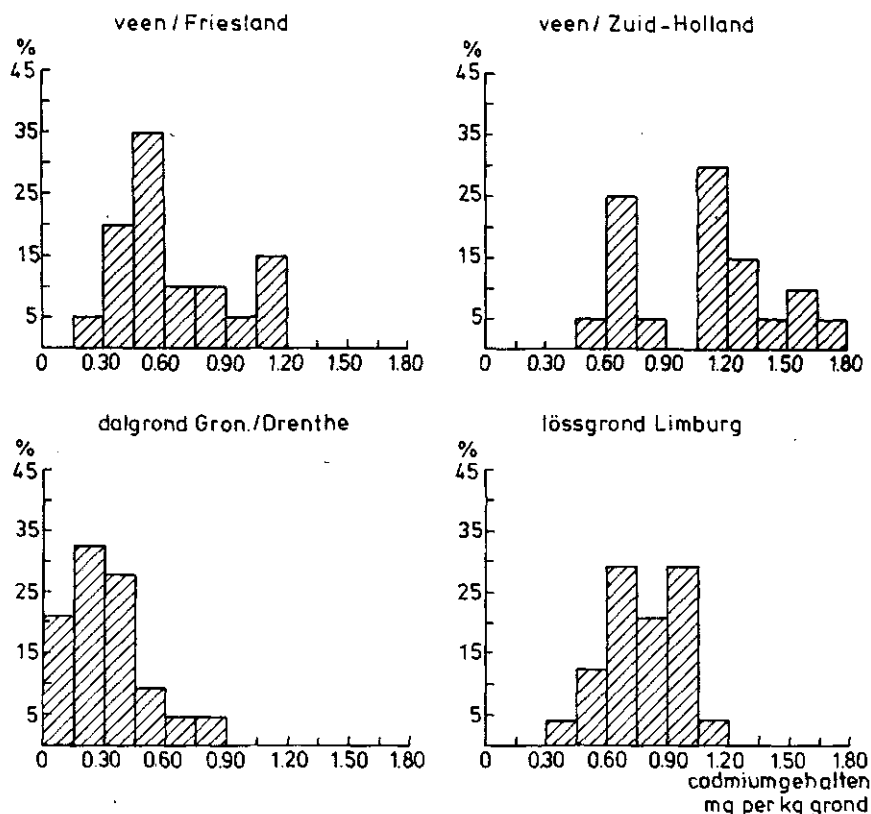


Fig. 4. Procentuele frequentieverdeling van cadmiumgehalten in Nederlandse veen-, dal-, en lössgronden

grasland gebruikt. Voor dit overzicht zijn twee veengebieden bemonsterd: in het hart van Zuid-Holland, en in Friesland. De cadmiumconcentraties in het Westen zijn vrijwel tweemaal zo hoog als in het Noorden. In de frequentieverdeling zijn in beide gebieden twee toppen te zien (zie figuur 4). Er is geen verklaring gevonden voor de hogere cadmiumgehalten in de westelijke veengebieden. De cadmiumgehalten liggen gemiddeld op een hoger niveau dan in de andere grondsoorten. Door het geringe volumegewicht is de concentratie gebaseerd op eenzelfde grondvolume echter vrijwel gelijk.

Dalgronden

De dalgronden in het Noordoosten van het land zijn ontstaan door menging van bolsterveen en zand. De cadmiumgehalten zijn relatief laag (zie tabel 2 en figuur 4).

Lössgronden

Een beperkt deel van het Zuidoosten van het land is bedekt met löss. De waargenomen cadmiumgehalten liggen op een wat hoger niveau dan die van de klei- en zandgronden (zie tabel 2 en figuur 4).

Verontreinigde gronden

Verschillende landbouwgronden in ons land zijn ernstig verontreinigd met zware metalen. Voor een belangrijk deel is dit veroorzaakt door bronnen van buiten de landbouw, en ten dele, van buiten het land, zoals de grote rivieren en de atmosfeer (neerslag, stof).

De uiterwaarden, de recent ingedijkte polders in het zoetwatergetijdengebied van de grote rivieren, en polders die opgehoogd zijn met baggerslib uit de Rotterdamse havens zijn bekende voorbeelden. In de door de grote rivieren aangevoerde sedimenten is niet alleen het cadmiumgehalte sterk verhoogd, maar dit geldt ook voor de gehalten aan antimoon, arseen, chroom, koper, kwik, lood en zink. Elders wordt aan deze elementen veel aandacht besteed (Smilde, Van Driel en Van Luit, 1982). Een overzicht van de in de genoemde verontreinigde gebieden waargenomen cadmiumgehalten, en een schatting van het betrokken oppervlakte agrarische grond, staat in tabel 5.

Ook door het agrarische gebruik wordt het cadmiumniveau van de grond beïnvloed. De teelt van gewassen, het toevoeren van meststoffen en veevoeders, het onttrekken van plantaardige en dierlijke producten veroorzaken een herverdeling van de minerale bestanddelen, die in veel gevallen leidt tot een geleidelijke verrijking van de bouwvoor met cadmium. Zoals eerder werd opgemerkt spelen de eigenschappen van de betreffende grond hierbij een belangrijke rol.

Twee andere bronnen van cadmiumverontreiniging vragen bijzondere aandacht:

- de afvalstoffen die als meststoffen worden gebruikt;
- de neerslag.

Afvalstoffen als zuiveringsslib en stadsvuilcompost hebben relatief hoge gehalten aan zware metalen; het cadmiumgehalte ligt meestal tussen 5 en 15 mg per kg droge stof. Het geregeld toepassen van deze producten leidt tot een versnelde cadmiumophoping in de bouwvoor.

Ook de neerslag (natte en droge depositie) voert cadmium aan; in ons land ongeveer evenveel als er met het gewas wordt afgevoerd. In de nabijheid van bepaalde industrieën

Tabel 4 Cadmiumgehalten van Nederlandse zandgronden (mg per kg)

	Aantal (n)	Gemiddelde (x)	Standaarddeviatie (s)
Alle zandmonsters	298	0,32	0,18
Gron./Friesl./Drenthe	55	0,31	0,21
Overijss./Gelderl./Utr.	32	0,28	0,12
Noord-Brab./Limburg	119	0,41	0,17
N-Z-Holland	62	0,17	0,17
Zeeland	7	0,19	0,06
IJsselmeerpolders	23	0,34	0,21

(Kempen) kan dit soms belangrijk meer zijn.

Meer incidenteel zijn de vele 'gifbelten' en andere lokale verontreinigingen (Stadskanaal), die de laatste jaren in ons land worden aangetroffen. In het algemeen hebben deze gronden geen agrarische bestemming, maar waakzaamheid blijft geboden, vooral voor particuliere tuinders, die veel eigen producten consumeren, en daardoor het risico lopen van een onaanvaardbaar hoge cadmiumbelasting.

Samenvatting en conclusies

Door onderzoek van enkele duizenden grondmonsters is een inzicht verkregen in de cadmiumgehalten van de Nederlandse cultuurgronden. Het gemiddelde cadmiumgehalte van de onderzochte monsters van niet-gecontamineerde gronden ligt op 0,4 mg per kg. In gecontamineerde gronden, in het bereik van de grote rivieren en onder de rook van bepaalde fabrieken worden aanzienlijk hogere waarden gevonden.

Het gevonden gemiddelde gehalte is goed vergelijkbaar met opgaven uit andere landen: In Hessen (BRD), Opper Oostenrijk en Zweden wordt een gemiddelde waarde van 0,2 mg per kg gemeld, in België (Kempen), en Ontario (Canada) een waarde van 0,6, in Baden-Württemberg (BRD), Nordrhein-Westfalen (BRD), Schotland en Manitoba (Canada) 0,8 mg

per kg. Deze gegevens zijn echter niet volledig vergelijkbaar omdat niet dezelfde ontsluitingsmethode is toegepast, en niet steeds de gecontamineerde gronden op dezelfde wijze zijn uitgesloten bij de berekening van het gemiddelde.

De betekenis van een bepaald cadmiumgehalte in de bouwvoor is afhankelijk van de beschikbaarheid voor de plant, die ondermeer bepaald wordt door bodemeigenschappen als pH, organische-stofgehalte en textuur.

Literatuur

Balraadsing, B. D., 1974. The determination of total lead in soil by atomic absorption spectrophotometry. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 5: 25-37.

Driel, W. van, and K. W. Smilde, 1982. Heavy-metal contents of Dutch ara-

ble soils. *Landwirtsch. Forsch., Sonderh.* 38: 305-313.

Gerritse, R. G., R. Vriesema, J. W. Dalenberg and H. P. de Roos, 1982. Effect of sewage sludge on trace element mobility in soils. *J. Environ. Qual.* 11: 359-364.

Groot, A. J. de, K. H. Zschuppe and W. Salomons, 1982. Standardization of methods of analysis for heavy metals in sediments. *Hydrobiologia* 92: 689-695.

Smilde, K. W., W. van Driel and B. van Luit, 1982. Constraints in cropping heavy-metal contaminated fluvial sediments. *Sci. total Environ.* 25: 225-244.

Vierveijzer, H. C., A. Lepelaar en J. Dijkstra, 1979. Analysemethoden voor grond, rioolslib, gewas en vloeistof. *Inst. Bodemvruchtbaarheid*, 261 pp.

Tabel 5 Cadmiumgehalten van enkele verontreinigde gronden

	Oppervlak ¹ (ha)	Gemiddelde (mg Cd per kg)	Aantal (n)
Uiterwaarden ²	40 000	8,8	13
Biesboschpolders ³	150	6,7	210
Havenslib ⁴	160	7,1	149

¹ Geschat totaal oppervlak in Nederland

² Gemiddelde van 0-5 cm laag van enkele bedrijven langs Lek en IJssel

³ Gemiddelde van 0-20 cm laag van enkele recent ingedijkte delen van de Brabantse Biesbosch

⁴ Gemiddelde van 0-20 cm laag van met havenslib opgespoten polders in agrarisch gebruik