

CODEN: IBBRAH (8-85) 1- 34 (1985)

ISSN 0434-6793

I N S T I T U U T V O O R B O D E M V R U C H T B A A R H E I D

RAPPORT 8-85

INVENTARISATIE VAN CADMIUM, LOOD, KWIK EN ARSEEN IN NEDERLANDSE  
GEWASSEN EN BIJBEHORENDE GRONDEN

**With a summary: Survey of cadmium, lead, mercury and arsenic in Dutch  
crops and their corresponding soils**

door

D. WIERSMA<sup>\*</sup> , B.J. VAN GOOR<sup>\*</sup> EN N.G. VAN DER VEEN<sup>\*\*</sup>

\* Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (Gr.)

\*\* Rijks-Kwaliteitsinstituut voor Land- en Tuinbouwprodukten,  
Wageningen

1985

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,  
9750 RA Haren (Gr.)

---

**Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 8-85 (1985) 34 pp.**

## INHOUD

1. Inleiding	3
2. Organisatie van het onderzoek	5
3. Methodiek	6
3.1. Gewas- en perceelkeuze	6
3.2. Enquête	6
3.3. Gewasbemonstering en verwerking	6
3.4. Grondbemonstering en verwerking	7
3.5. Analyse monsters	7
3.5.1. Analyse van het gewas	7
3.5.2. Analyse van de grond	8
4. Resultaten en discussie	9
4.1. De Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in de gewassen voor menselijke voeding	9
4.2. De Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in de gronden van de gewassen voor menselijke voeding	17
4.3. De Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in veevoedergewassen en bijbehorende gronden	19
4.4. Regionale verdeling en hoge Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten	23
4.5. Verband tussen de Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in de grond en in de plant	24
5. Conclusies	26
6. Summary	28
7. Literatuur	30

## 1. INLEIDING

In Nederland en het buitenland bestaat ongerustheid over de belasting van de mens met toxische elementen als cadmium, lood, kwik en arseen. Hoewel acute vergiftigingen met deze elementen zeldzaam zijn, kunnen lage doses tot gevolg hebben dat organen na langere tijd slecht gaan functioneren en fysiologische processen belemmerd of ontregeld worden. Deze elementen worden onder meer opgenomen via het voedsel, dat ten dele bestaat uit produkten afkomstig uit land- en tuinbouw. Het is dan ook van belang geïnformeerd te zijn over de niveaus van deze toxische elementen in de in Nederland geproduceerde plantaardige produkten.

Cadmium, lood, kwik en arseen komen van nature in lage concentraties in het milieu voor. De belasting van gewassen met deze elementen kan hoger worden op grond die verontreinigd is met b.v. rivierslib (uiterwaarden, havenslibgronden) of bij het gebruik van afvalstoffen als compost en zuiveringsslib. Naast de "normale" luchtverontreiniging kan extra cadmium via de lucht verspreid worden in o.a. de omgeving van zinksmelterijen en extra lood in o.a. de directe omgeving van drukke wegen. De belasting van gewassen kan ook verhoogd worden door bespuiting met middelen die cadmium, lood, kwik of arseen bevatten of waarin ze als verontreiniging voorkomen. Zo zijn in het verleden kwikverbindingen veel toegepast en in mindere mate worden ze nog steeds toegepast als ontsmettingsmiddel voor zaden en pootgoed, arseniet wordt gebruikt om aardappelloof dood te spuiten en zinkhoudende middelen als het fungicide zineb zijn veelal wat verontreinigd met cadmium.

Om de mens tegen schadelijke effecten te beschermen heeft de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) voor cadmium, lood en kwik maximaal toelaatbare doses per week opgesteld; voor arseen is alleen een voorlopige dosis gegeven (World Health Organization, 1973, 1978). In het algemeen kan gesteld worden dat de door de WHO vastgestelde doses, bij een normaal voedselpakket, in Nederland niet bereikt worden. Om hiervan ook in de toekomst verzekerd te zijn en voldoende veiligheid voor kwetsbare groepen te garanderen, is het noodzakelijk om hoogst toelaatbare gehalten voor cadmium, lood, kwik en eventueel arseen voor verschillende gewassen en produkten vast te stellen. De departementen van de Ministeries van Landbouw en Visserij en van Welzijn,

Volksgezondheid en Cultuur hebben met adviezen van de Landbouwadvisie-commissie Milieukritische Stoffen (LAC) en de Commissie Residuen in Voedselmiddelen (CRV) ontwerpnormen opgesteld voor cadmium, lood en kwik (Klitsie, 1983; Ned. Staatscourant, 1985). Bij deze ontwerpnormen is rekening gehouden met de "natuurlijke" niveaus in de eetbare delen van de gewassen en de maximaal toelaatbare doses per week van de WHO.

In West-Duitsland zijn ook richtwaarden voor cadmium-, lood- en kwikgehalten in land- en tuinbouwprodukten vastgesteld (Bundesgesundheitsamt, 1979) en voor arseen heel voorlopige richtwaarden in 1976, die in 1979 niet weer zijn opgenomen (Bundesgesundheitsamt, 1976).

In dit onderzoek wordt voor de belangrijkste land- en tuinbouwgewassen en de bijbehorende gronden de gehalten aan Cd, Pb, Hg en As bepaald, en vergeleken met de ontwerpnormen voor deze gewassen. De gemiddelde concentratie van een element voor een gewas kan worden gebruikt als referentiewaarde om verontreiniging vast te stellen, of om veranderingen in de tijd te volgen. Ook de belangrijkste veevoedergewassen - gras, snijmais en suikerbietekoppen - en de bijbehorende gronden zijn geïnventariseerd.

## 2. ORGANISATIE VAN HET ONDERZOEK

Het inventarisatieonderzoek is opgezet en gecoördineerd door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid (IB) te Haren en uitgevoerd in samenwerking met het Rijks-Kwaliteitsinstituut voor Land- en Tuinbouwproducten (RIKILT) te Wageningen, de Consulentschappen voor Bodemaangelegenheden in de Land- en Tuinbouw en het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk. Het IB stelde het aantal monsters per gewas vast en de regio's waar bemonsterd moest worden en stelde een enquêteformulier samen. De regionale Consulentschappen voor Bodemaangelegenheden hebben de gewassen en de bijbehorende gronden bemonsterd en de enquête gehouden; de kasgewassen en de bijbehorende gronden zijn door het Proefstation voor Tuinbouw onder Glas bemonsterd. De monsters zijn naar het IB gestuurd, waar het drogestofgehalte van de gewassen is bepaald. De rest van de gewasmonsters is gedroogd en contaminatievrij gemalen. De grondmonsters zijn aan de lucht gedroogd en daarna gezeefd. Van de grondmonsters is de bepaling van de grootheden die van belang zijn voor de karakterisering en de bemestingstoestand uitgevoerd door het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek te Oosterbeek. De gehalten aan Cd, Pb, Hg en As in de gewas- en de grondmonsters zijn grotendeels bepaald door het RIKILT of haar vroegere vestigingen: het Rijkszuivelinstituut te Leiden en het Rijkslandbouwproefstation te Maastricht. Een klein gedeelte van de gewasmonsters is geanalyseerd door het Waterloopkundig Laboratorium te Haren en TNO te Delft. De analyseresultaten en enquête-gegevens zijn door het IB verwerkt en vastgelegd per gewas of groep gewassen in IB-nota's (Anoniem, 1982-1984).

### 3. METHODIEK

#### 3.1. Gewas- en perceelkeuze

De belangrijkste gewassen, uitgedrukt in teeltoppervlak, economische waarde en exportwaarde, zijn onderzocht. Ook zijn typen voedingsgewassen genomen met verschillende consumeerbare gewasdelen: granen, aardappels, bladgroenten en vruchten. De proefplekken zijn gezocht in de voornaamste teeltgebieden van het gewas.

#### 3.2. Enquête

Bij het bemonsteren van een gewas en de bijbehorende grond zijn aan de boer of tuinder, onder anonimiteit, vragen gesteld aan de hand van een standaard-enquêteformulier. De vragen hebben betrekking op de factoren die de metaalgehalten kunnen beïnvloeden: mogelijke verontreiniging van de grond door het opbrengen van havenslib, compost en zuiverings-slib, ligging van de proefplek t.o.v. wegen en industrie en het gebruik van pesticiden en herbiciden.

#### 3.3. Gewasbemonstering en verwerking

De gewassen werden bemonsterd in de jaren 1977 en 1978; de groenten andijvie, bloemkool, kool, uien en boerenkool in de jaren 1980 en 1981. De proefplek was voor de meeste vollegrondgewassen 20 x 20 m groot en voor de kasgewassen ca. 1 are. Een uitgebreide beschrijving van de monsternamen staat in de IB-nota's over de verschillende gewassen (zie de literatuurlijst onder Anoniem).

Van de gewassen werden de volgende hoeveelheden monsters genomen: sla, ca. 7 kroppen - tomaat, ca. 30 vruchten van 15 planten - komkommer, 20 vruchten van 10 planten - spinazie, ca. 1 kg van 20 plekken - andijvie, 15 kroppen - bloemkool, 12 kolen - kool, 8 kolen - ui, 10 kg - boerenkool, 10 kg blad van ca. 20 planten - waspeen, 200 wortelpennen van 20 plekken - aardappel, knollen, van 10 planten - tarwe, gerst en haver, 400 aren van 20 plekken - appel, 100 appels van 20 bomen - gras, ca. 3 kg van 10 plekken en van 3 sneden - snijmais, 20 planten -

suikerbiet, tenminste 10 koppen. Het consumeerbare deel van de gewassen werd met gedemineraliseerd water gewassen en gemalen in apparatuur waarvan de slijtende delen zijn gemaakt van aluminium of titanium (Anoniem, 1981). De veevoedergewassen werden niet gewassen.

### 3.4. Grondbemonstering en verwerking

De grond van de proefplekken van de gewassen werd bemonsterd door in 5 gangen 40 steken te nemen van de laag 0-20 cm, van grasland de laag 0-5 cm. In boomgaarden werd de zwartstrook bij 20 bomen bemonsterd. De grondmonsters werden gedroogd bij 40 °C en door een 2-mm aluminium zeef gewreven.

### 3.5. Analyse monsters

#### 3.5.1. Analyse van het gewas

De meeste gewassen werden door het RIKILT in Wageningen en het voormalige Rijkszuivelinstituut in Leiden geanalyseerd op Cd, Pb, Hg en As.

Voor de bepaling van cadmium en lood werden de gewassen verast in kwartsschalen, door de temperatuur stapsgewijs te verhogen tot 450 °C. Na de verassing werd HNO<sub>3</sub> toegevoegd en opnieuw verhit tot een witte as ontstond. Hierna werd opgelost in 3 M HCl en werden de elementen Cd en Pb met differentiële-puls heroplossingsvoltammetrie bepaald. Een deel van de groenten - andijvie, boerenkool, kool, bloemkool en ui - werd door de vestiging Haren van het Waterloopkundig Laboratorium en de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie van TNO in Delft op Cd en Pb geanalyseerd (Anoniem, 1984, IB-nota 135). Bij de methode van het IB en het Waterloopkundig Laboratorium werd het gewas ontsloten door destructie met geconcentreerd salpeterzuur. In het destruaat werd ijzer verwijderd door uitschudden met acetylaceton en chloroform. De metalen werden bij pH 7 met natriumdithiocarbamaat (DDC) gecomplexeerd en daarna geëxtraheerd met methyl-isobutylketon (MIBK). In het extract werden de metalen met vlam-atoomabsorptiespectrometrie bepaald. TNO in Delft gebruikte de volgende methode: het monster werd verast bij 490 °C, de asrest werd met koningswater en fluorwaterstof verwarmd bij 145 °C, het destruaat overgespoeld met een verzadigde boorzuoeroplossing en Cd en Pb bepaald met atoomabsorptiespectrometrie. Het is niet duidelijk of de niveauverschillen, bij andijvie, kool en bloemkool,

worden veroorzaakt door verschillen in groeiomstandigheden of door verschillen in de toegepaste analysemethoden (Anoniem, 1984, IB-nota 135).

Na destructie met geconcentreerd  $\text{HNO}_3$  onder verhoogde druk (bom-destructie), werd het kwik bepaald met koudedampabsorptiespectrometrie.

Voor de As-bepaling werd het gewas verast bij  $450^\circ\text{C}$  in aanwezigheid van  $\text{MgNO}_3$ . De as werd opgenomen in een  $\text{HCl}$ -oplossing en overgebracht in het reactievat van het AAS-hydride systeem. Het vijfwaardige arseen werd met  $\text{KJ}$  en  $\text{HCl}$  gereduceerd tot de driewaardige vorm. Met behulp van  $\text{NaBH}_4$  had een omzetting tot  $\text{AsH}_3$  plaats, dat onder een stikstofstroom naar een meetcel met een temperatuur van  $1000^\circ\text{C}$  van een atoomabsorptiespectrometer werd geleid.

### 3.5.2. Analyse van de grond

Het slibgehalte ( $\% < 16 \mu\text{m}$ ), het zandgehalte, het humusgehalte, de pH, het gehalte aan  $\text{CaCO}_3$  en het Pw-getal werden bepaald door het Bedrijfslaboratorium in Oosterbeek. Het RIKILT in Wageningen of het vroegere Rijkslandbouwproefstation in Maastricht analyseerden op Cd, Pb, Hg en As.

Voor de bepaling van Cd en Pb werd de grond droog verast bij  $450^\circ\text{C}$  en het residu opgelost in 3 M  $\text{HCl}$ . Daarna volgde een complexering met ammoniumpyrrolidinedithiocarbamaat (APDC), een extractie met methylisobutylketon (MIBK) en werd het gehalte bepaald met vlamatoomabsorptiespectrometrie. Bij het voormalige Rijkslandbouwproefstation in Maastricht werd een natte destructie met  $\text{HNO}_3$  gebruikt, waarbij gedurende 5 uur gekookt werd onder terugvloeiëkoeling. Daarna werd drooggedampt en opgelost in 3 M  $\text{HCl}$ .

Na extractie van het kwik uit de grond met geconc.- $\text{HNO}_3$  bij  $120^\circ\text{C}$ , volgde de kwikbepaling met koudedampabsorptiespectrometrie (kwikmonitor Laboratory Data Control, LCD).

Arseen werd bepaald na destructie met een mengsel van  $\text{HNO}_3$  en  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Een deel van het destruaat werd aangezuurd met  $\text{HCl}$  en overgebracht in het reactievat van het AAS-hybride systeem. Daarna werd dezelfde methode gebruikt als die voor het gewas.



#### 4. RESULTATEN EN DISCUSSIE

De resultaten van het inventarisatieonderzoek van de Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in Nederlandse gewassen en de bijbehorende gronden zijn uitgebreid beschreven in interne verslagen van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, de IB-nota's: kassla (IB-nota 128, 1984), kastomaat (124, 1984), glaskomkommer (111, 1982), spinazie (104, 1982), waspeen (114, 1982), tuinbouwgewassen: andijvie, rode en witte sluitkool, uien en boerenkool (alleen Cd en Pb, 135, 1984), aardappel (101, 1982 en 134, 1984), tarwe (107, 1982), gerst (118, 1983), haver (137, 1984), appel (100 en 112, 1982) en gras, snijmais en suikerbietekoppen (138, 1984). De titels van de nota's zijn in de literatuuropgave te vinden onder "anoniem".

##### 4.1. De Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in de gewassen voor menselijke voeding

###### **Cadmium**

De Cd-gehalten van de gewassen zijn gegeven in tabel 1, met daarnaast de Nederlandse ontwerpnormen en de Westduitse richtwaarden van 1979. Er zijn alleen overschrijdingen van de Nederlandse ontwerpnormen bij de granen. De Cd-gehalten van gerst en haver overschrijden de Nederlandse ontwerpnorm nogal eens, maar deze gewassen worden overwegend als veevoer gebruikt, waarvoor hogere richtwaarden gelden dan voor menselijke voeding (tabel 1).

De Cd-gehalten van spinazie en sla zijn relatief hoog en de Cd-gehalten van komkommer, bloemkool, kool, ui en appel relatief laag. De Cd-gehalten van andijvie en kool vertonen duidelijke niveauverschillen tussen de beide jaren waarin bemonsterd is. Het is niet duidelijk of dit veroorzaakt wordt door verschillen in analysemethoden van de verschillende laboratoria of door verschillen in teeltomstandigheden van de gewassen in beide jaren (tabel 2). De Cd-gehalten van de gewassen uit het inventarisatieonderzoek worden in tabel 2 vergeleken met waarden uit de literatuur. Hierbij moet rekening worden gehouden met mogelijke verschillen in monsterkeuze, uitgebreidheid van het onderzoek, nauwkeurigheid en gevoeligheid van de analysemethoden. De gemiddelde

TABEL 1. Inventarisatie van Cd-gehalten (mg/kg vers gewicht) in Nederlandse gewassen.  
 TABLE 1. Survey of Cd contents in Dutch crops.

Gewas	Gemiddeld drogestofgehalte (%)	Aantal monsters	Traject min.-max.	Gemiddelde	Mediaan	Weglating van 5% van de monsters met de hoogste waarden max.	gemiddelde	Nederlandse ontwerpnorm	% boven ontwerp-norm	Westduitse richt-waarde (1979)	% boven richt-waarde	
<b>Kasgewassen (1)</b>												
Sla	4,4	75	0,01 -0,19	0,05	0,04	0,11	0,04	0,2	0	0,1	7	
Tomaat	5,6	40	0,002 -0,08	0,02	0,01	0,04	0,01	0,1	0	0,1	0	
Komkommer	3,2	45	0,0003-0,011	0,003	0,003	0,006	0,003	0,03	0	0,1	0	
<b>Vollegrondsgroenten 2)</b>												
Spinazie	6,3	82	0,01 -0,15	0,06	0,06	0,12	0,06	0,2	0	0,1	17	
Andijvie	5,8	82	0,003 -0,10	0,03	0,02	0,08	0,03	0,2	0	0,1	0	
Boerenkool	15,1	19	0,014 -0,07	0,03	0,02	0,04	0,02	0,1	0	0,1	0	
Bloemkool	6,9	84	0,002 -0,014	0,006	0,006	0,012	0,006	0,1	0	0,1	0	
Kool	8,4	86	0,001 -0,017	0,005	0,004	0,009	0,004	0,1	0	0,1	0	
Waspeen	8,1	100	0,005 -0,16	0,04	0,03	0,09	0,03	0,2	0	0,05	29	
Ui	10,9	83	0,004 -0,032	0,013	0,011	0,025	0,012	0,1	0	0,05	0	
<b>Akkerbouwgewassen (aardappel 2), graan 3)</b>												
Aardappel	21,8	94	0,002 -0,09*	0,03	0,03	0,06	0,03	0,1	0	0,1	0	
Tarwe		84	0,02 -0,35	0,07	0,06	0,16	0,07	0,15	6	0,1	17	
Gerst		45	0,01 -0,54	0,13	0,11	0,32	0,12	0,15	24	0,1	62	
Haver		39	0,03 -0,22	0,09	0,08	0,18	0,08	0,15	10	0,1	33	
<b>Appel 2)</b>												
Golden												
Delicious	14,3	50	0,001 -0,006	0,001	0,001	0,003	0,001	0,03	0	0,05	0	
Cox's Orange												
Pippin	14,2	50	0,001 -0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,03	0	0,05	0	

De analyses zijn uitgevoerd in gedroogde monsters en omgerekend naar vers gewicht met:

- 1) individueel drogestofgehalte per monster
- 2) gemiddeld drogestofgehalte van alle monsters per gewas
- 3) een drogestofgehalte van 85%

\* 2 hoge gehalten in tarwe van uiterwaarden

Cd-gehalten van de geïnventariseerde gewassen liggen in het traject zoals dat in de literatuur gevonden wordt. De gemiddelde Cd-gehalten van tarwe, gerst, haver en sla zijn relatief wat hoog en de gemiddelde Cd-gehalten van appel laag; voor gerst, haver en appel zijn slechts weinig literatuurwaarden.

TABEL 2. In diverse onderzoeken gevonden Cd-gehalten in gewassen.  
 TABLE 2. Cd contents of crops as reported by various investigators.

Gewas	Aantal monsters	Gehalten in mg/kg vers gewicht				Land	Literatuur	
		minimum	maximum	gemiddelde	mediaan			
SLA (kassia)	75	0,01	0,19	0,05	0,04	Nederland	dit onderzoek	
	31	<0,013	0,051	0,024	0,021	Denemarken	Hansen et al., 1982	
	15			0,033		W-Duitsland	Barudi et al., 1980	
	(kassia)	10	0,022	0,159	0,051	Nederland	Roorda van E., 1976	
	31	0	0,060	0,029		Zweden	Fuchs et al., 1976	
	25	0,003	0,075	0,042		Nederland	Anoniem, 1974	
	150	0,001	0,160	0,026	0,017	USA	Wolnik et al., 1983	
TOMAAT	40	0,002	0,08	0,02	0,01	Nederland	dit onderzoek	
	205	<0,01	0,36	0,02		Canada	Sandi ?	
	10	0,01	0,08	0,02		Groot-Brit.	Min.Agr.Fish.Food, 1973	
	25	<0,001	<0,001	<0,001		Nederland	Anoniem, 1974	
	35	<0,006	0,15	0,05		Nederland	Keuringsdienst, 1977	
	53	<0,005	0,09	0,009	0,007	Denemarken	Hansen et al., 1982	
	13			0,015		W-Duitsland	Barudi et al., 1980	
	30	0	0,03	0,01		Zweden	Fuchs et al., 1976	
	5	0,005	0,01	0,01		Finland	Varo et al., 1980b	
	231	0,002	0,048	0,017	0,014	USA	Wolnik et al., 1985	
	KONKOMMER	45	0,0003	0,011	0,003	0,003	Nederland	dit onderzoek
		17	0	0,014	0,003		Zweden	Fuchs et al., 1976
5		0,001	0,010	0,005		Finland	Varo et al., 1980b	
SPINAZIE	82	0,01	0,15	0,06	0,06	Nederland	dit onderzoek	
	9	0,019	0,070	0,045		Zweden	Fuchs et al., 1976	
	20			0,026		Nederland	Ellen, 1977	
	13			0,069		W-Duitsland	Barudi et al., 1980	
	104	0,012	0,195	0,065	0,061	USA	Wolnik et al., 1985	
ANDLJVIE	33	0,004	0,09	0,020	0,008	Nederland	dit onderzoek, 1980	
	49	0,009	0,10	0,035	0,027	Nederland	dit onderzoek, 1981	
	20			0,02		Nederland	Ellen, 1977	
BOERENKOOL	20	0,006	0,04	0,01		Nederland	Min. Volksgez.Milieuh., 1980	
	19	0,014	0,07	0,03	0,02	Nederland	dit onderzoek	
	33	0,010	0,084	0,028	0,024	Nederland	Ellen et al., 1979	
BLOEMKOOL	28	0,011	0,054	0,030	0,032	Denemarken	Hansen et al., 1982	
	84	0,002	0,014	0,006	0,006	Nederland	dit onderzoek	
	8	<0,008	0,08	0,04	0,05	Denemarken	Hansen et al., 1982	
	15			0,009		W-Duitsland	Barudi et al., 1980	
	3	0,003	0,02	0,01		Finland	Varo et al., 1980b	
KOOL	12	0,003	0,02	0,01		Zweden	Fuchs et al., 1976	
	50	0,001	0,008	0,003	0,003	Nederland	dit onderzoek, 1980	
	36	0,003	0,016	0,007	0,007	Nederland	dit onderzoek, 1981	
	10			0,004		Nederland	Ellen, 1977	
	10	0,002	0,007	0,004		Nederland	Min. Volksgez.Milieuh., 1980	
	23	0,01	0,15	0,05		Engeland	Min. Agr. Fish. Food, 1973	
	128	<0,01	0,12	0,02		Canada	Sandi, ?	
	(witte)	42	<0,005	0,03	0,008	0,005	Denemarken	Hansen et al., 1982
	(rode)	18	<0,005	0,04	0,009	0,006	Denemarken	Hansen et al., 1982
	17			0,007		W-Duitsland	Barudi et al., 1980	
41	0	0,017	0,004		Zweden	Fuchs et al., 1976		

TABEL 2. In diverse onderzoeken gevonden Cd-gehalten in gewassen (vervolg ).  
 TABLE 2. Cd contents of crops as reported by various investigators (continued ).

Gewas	Aantal monsters	Gehalten in mg/kg vers gewicht				Land	Literatuur
		minimum	maximum	gemiddelde	mediaan		
PEEN (waspeen)	100	0,005	0,16	0,04	0,03	Nederland	dit onderzoek
	14	0,03	0,22	0,09		Engeland	Min. Agr. Fish. Food, 1973
	47	0,003	0,160	0,041		Zweden	Fuchs et al., 1976
	130	< 0,01	0,16	0,03		Canada	Anoniem, ?
	12			0,018		Nederland	Ellen, 1977
	207	0,002	0,13	0,028	0,017	USA	Wolnik et al., 1985
UI	83	0,004	0,032	0,013	0,011	Nederland	dit onderzoek
	11	< 0,01	0,09	0,04		Engeland	Min. Agr. Fish. Food, 1973
	39	0,01	0,38	0,04	0,03	Denemarken	Hansen et al., 1982
	5	0,005	0,05	0,03		Finland	Varo et al., 1980b
	21	0	0,036	0,01		Zweden	Fuchs et al., 1976
	230	0,001	0,054	0,011	0,009	USA	Wolnik et al., 1985
AARDAPPEL	94	0,002	0,09	0,03	0,03	Nederland	dit onderzoek
	20	0,004	0,020	0,010		Finland	Varo et al., 1980b
	63	0,005	0,055	0,016		Zweden	Fuchs et al., 1976
	60	0,010	0,12	0,033		Nederland	Min. Volksgez. Milieuh., 1980
	19	0,01	0,17	0,08		Engeland	Min. Agr. Fish. Food., 1973
	297	0,002	0,182	0,031	0,028	USA	Wolnik et al., 1983
	100			0,020		Niedersachsen	Ocker et al., 1984
TARWE	84	0,02	0,35	0,07	0,06	Nederland	dit onderzoek
	23	0,025	0,055	0,035		Nederland	Ellen, 1977
	100	0	0,25	0,04		W-Duitsland	Bundesgesundheitsamt, 1975
	85	0,017	0,085	0,05		Finland	Varo et al., 1980a
	107	0,024	0,145	0,06		Zweden	Andersson et al., 1981
	29	0,02	0,05	0,03		USA	Manske et al., 1977
	288	< 0,0017	0,207	0,043	0,030	USA	Wolnik et al., 1983
	113	0,006	0,126	0,057		Oostenrijk	Schindler, 1983
GERST	45	0,01	0,54	0,13	0,11	Nederland	dit onderzoek
	47	0,004	0,037	0,021		Finland	Varo et al., 1980a
BAVER	39	0,03	0,22	0,09	0,08	Nederland	dit onderzoek
	67			0,016		W-Duitsland	Bundesgesundheitsamt, 1975
	36	0,004	0,068	0,041		Finland	Varo et al., 1980a
APPEL (G. Del.) (Cox. 0)	50	0,001	0,006	0,001	0,001	Nederland	dit onderzoek
	50	0,001	0,002	0,001	0,001	Nederland	dit onderzoek
	31			0,010		W-Duitsland	Barudi et al., 1980
	25	0,001	0,017	0,010		Nederland	Anoniem, 1974

### Lood

De Pb-gehalten van de gewassen zijn gegeven in tabel 3, met daarnaast de Nederlandse ontwerpnormen en de Westduitse richtwaarden van 1979. Er zijn nauwelijks overschrijdingen van de Nederlandse ontwerpnormen, dit is slechts in beperkte mate het geval bij granen en kassla. In tabel 4 zijn de Pb-gehalten in de gewassen vergeleken met waarden uit

TABEL 3. Inventarisatie van Pb-gehalten (mg/kg vers gewicht) in Nederlandse gewassen.  
 TABLE 3. Survey of Pb contents in Dutch crops.

Gewas	Aantal monsters	Traject min.-max.	Gemiddelde	Mediaan	Weglating van 5% van de monsters met de hoogste waarden		Nederlandse ontwerpnorm	% boven ontwerp-norm	Westduitse richt-waarde	% boven de richt-waarde
					max.	gemiddelde				
1)										
<b>Kasgewassen</b>										
Sla	75	0,03 -2,25	0,14	0,09	0,32	0,09	0,5	4	1,2	1
Tomaat	40	0,002-0,08	0,010	0,008	0,020	0,008	0,3	0	0,2	0
Komkommer	45	0,001-0,014	0,005	0,004	0,010	0,004	0,3	0	0,2	0
2)										
<b>Vollegrondsgroenten</b>										
Spinazie	82	0,01 -0,29	0,09	0,08	0,17	0,09	0,5	0	1,2	0
Andijvie	82	0,03 -0,43	0,08	0,07	0,16	0,07	0,5	0	1,2	0
Boerenkool	19	0,15 -0,91	0,56	0,54	0,80	0,54	2,5	0	1,2	0
Bloemkool	84	0,002-0,38	0,012	0,007	0,021	0,007	0,3	0	1,2	0
Kool	86	0,002-0,23	0,015	0,006	0,033	0,011	0,3	0	1,2	0
Waspeen	100	0,011-0,21	0,05	0,04	0,11	0,04	0,3	0	0,5	0
Ui	83	0,009-0,05	0,02	0,02	0,04	0,02	0,3	0	0,5	0
2) 3)										
<b>Akkerbouwgewassen (aardappel, granen)</b>										
Aardappel	94	0,01 -0,08	0,03	0,03	0,06	0,03	0,2	0	0,2	0
Tarwe	84	0,03 -0,65	0,16	0,14	0,40	0,14	0,5	2	0,5	2
Gerst	45	0,08 -0,71	0,27	0,24	0,54	0,25	0,5	7	0,5	7
Haver	39	0,09 -0,52	0,30	0,28	0,48	0,29	0,5	3	0,5	3
2)										
<b>Appel</b>										
Golden										
Delicious	50	0,04 -0,12	0,06	0,06	0,09	0,06	0,3	0	0,5	0
Cox's Orange										
Pippin	50	0,02 -0,13	0,05	0,04	0,10	0,05	0,3	0	0,5	0

De analyses zijn uitgevoerd in gedroogde monsters en omgerekend naar vers gewicht met:

- 1) individueel drogestofgehalte per monster
- 2) gemiddeld drogestofgehalte van alle monsters per gewas
- 3) een drogestofgehalte van 85%

de literatuur. De gemiddelde Pb-gehalten van de geïnventariseerde gewassen liggen in het traject zoals dat in de literatuur gevonden wordt; alleen de gemiddelde Pb-gehalten in de granen - tarwe, gerst en haver - zijn relatief nogal hoog, maar bij gerst en haver kan echter alleen worden vergeleken met Fins onderzoek. De Pb-gehalten van boerenkool zijn hoog, maar dat is ook in Deens en Nederlands onderzoek gevonden.

De Pb-gehalten van andijvie, bloemkool en kool vertonen duidelijke niveaoverschillen tussen de beide jaren waarin bemonsterd is. Het is

TABEL 4. In diverse onderzoeken gevonden Pb-gehalten in gewassen.  
 TABLE 4. Pb contents of crops as reported by various investigators.

Gewas	Aantal monsters	Gehalten in mg/kg vers gewicht				Land	Literatuur
		minimum	maximum	gewiddelde	mediaan		
SLA (kassla)	75	0,03	2,25	0,14	0,09	Nederland	dit onderzoek
	31	< 0,027	0,280	0,045	0,033	Denemarken	Hansen et al., 1982
	15			0,116		W-Duitsland	Barudi et al., 1980
(kassla)	10	0,044	0,175	0,080		Nederland	Roorda van E., 1976
	31	0,003	0,161	0,043		Zweden	Fuchs et al., 1976
	25	0,06	0,26	0,23		Nederland	Anoniem, 1974
	150	0,001	0,078	0,013	0,008	USA	Wolnik et al., 1983
TOMAAAT	40	0,002	0,08	0,010	0,008	Nederland	dit onderzoek
	25	0,01	0,04	0,01		Nederland	Anoniem, 1974
	53	< 0,018	0,10	0,02	0,01	Denemarken	Hansen et al., 1982
	13			0,05		W-Duitsland	Barudi et al., 1980
	30	0,006	0,04	0,01		Zweden	Fuchs et al., 1976
	231	0,0001	0,025	0,002	0,002	USA	Wolnik et al.
KOMKOMMER	45	0,001	0,014	0,005	0,004	Nederland	dit onderzoek
	17	0,006	0,044	0,013		Zweden	Fuchs et al., 1976
	5	0,002	0,010	0,010		Finland	Varo et al., 1980b
SPINAZIE	82	0,01	0,29	0,09	0,08	Nederland	dit onderzoek
	20			0,096		Nederland	Ellen, 1977
	9	0,009	0,104	0,041		Zweden	Fuchs et al., 1976
	13			0,492		W-Duitsland	Barudi et al., 1980
	104	0,016	0,17	0,045	0,039	USA	Wolnik et al., 1985
ANDJUVIE	33	0,03	0,16	0,06	0,05	Nederland	dit onderzoek, 1980
	49	0,03	0,41	0,10	0,08	Nederland	dit onderzoek, 1981
	20			0,08		Nederland	Ellen, 1977
	20	0,03	0,2	0,06		Nederland	Min. Volksgez. Milieuh., 1980
BOERENKOOL	19	0,15	0,91	0,56	0,54	Nederland	dit onderzoek
	33	0,53	5,9	1,7	1,4	Nederland	Ellen et al., 1979
	28	0,05	5,2	0,44	0,26	Denemarken	Hansen et al., 1982
BLOEMKOOL	35	0,002	0,038	0,006	0,005	Nederland	dit onderzoek, 1980
	49	0,004	0,385	0,017	0,008	Nederland	dit onderzoek, 1981
	8	< 0,021	0,08	0,04	0,05	Denemarken	Hansen et al., 1982
	15			0,04		W-Duitsland	Barudi et al., 1980
	12	0,009	0,020	0,015		Zweden	Fuchs et al., 1976
KOOL	50	0,002	0,008	0,004	0,004	Nederland	dit onderzoek, 1980
	36	0,016	0,234	0,030	0,025	Nederland	dit onderzoek, 1981
	10			0,13		Nederland	Ellen, 1977
	10	0,02	0,5	0,04		Nederland	Min. Volksgez. Milieuh., 1980
	31	< 0,01	0,54	0,09		Engeland	Min. Agr. Fish. Food, 1975
witte	42	< 0,02	0,09	< 0,01	0,01	Denemarken	Hansen et al., 1982
rode	18	< 0,02	0,08	< 0,01	0,01	Denemarken	Hansen et al., 1982
	17			0,06		W-Duitsland	Barudi et al., 1980
	41	0	0,04	0,01		Zweden	Fuchs et al., 1976
	100	0,011	0,21	0,05	0,04	Nederland	dit onderzoek
PEEN (wasp.)	15	< 0,01	0,12	0,04		Engeland	Min. Agr. Fish. Food, 1975
	47	0,004	0,141	0,021		Zweden	Fuchs et al., 1976
	12			0,06		Nederland	Ellen, 1977
	207	0,001	0,125	0,009	0,0065	USA	Wolnik et al., 1985
UI	83	0,009	0,05	0,02	0,02	Nederland	dit onderzoek
	12	< 0,01	0,38	0,06		Engeland	Min. Agr. Fish. Food, 1975
	39	< 0,03	0,21	0,03	< 0,01	Denemarken	Hansen et al., 1982
	21	0,005	0,05	0,01		Zweden	Fuchs et al., 1976
	230	0,0002	0,054	0,005	0,004	USA	Wolnik et al., 1985

TABEL 4. In diverse onderzoeken gevonden Pb-gehalten in gewassen (vervolg).  
 TABLE 4. Pb contents of crops as reported by various investigators (continued).

Gewas	Aantal monsters	Gehalten in mg/kg vers gewicht				Land	Literatuur	
		minimum	maximum	gemiddelde	mediaan			
<b>AARDAPPEL</b>	94	0,01	0,08	0,03	0,03	Nederland	dit onderzoek	
	63	0,01	0,06	0,02		Zweden	Fuchs et al., 1976	
	20	0,01	0,03	0,02		Finland	Varo et al., 1980b	
	13	0,02	0,10	0,03		USA	Manske et al., 1977	
	19	<0,01	0,14	0,04		Engeland	Min. Agr. Fish. Food, 1972	
	60	0,01	0,09	0,05		Nederland	Ellen, 1977	
	66	0,02	1,90	0,36	0,15	W-Duitsland	Bundesgesundheitsamt, 1975	
	297	0,0002	0,370	0,009	0,005	USA	Wolnik et al., 1983	
	100			0,016		Niedersachsen	Ocker et al., 1984	
	<b>TARWE</b>	84	0,03	0,65	0,16	0,14	Nederland	dit onderzoek
43		0,015	0,13	0,050		Nederland	Min. Volksgez. Milieuh., 1980	
110				0,047		W-Duitsland	Siebel et al., 1979	
85		0,010	0,14	0,050		Finland	Varo et al., 1980a	
20		0,013	0,60	0,094		Argentinië	Ocker et al., 1975	
44		0,05	0,40	0,126		W-Duitsland	Ocker, 1974	
288		<0,0008	0,716	0,037	0,0017	USA	Wolnik et al., 1983	
115		0,001	0,670	0,057		Oostenrijk	Schindler, 1983	
<b>GERST</b>	45	0,08	0,71	0,27	0,24	Nederland	dit onderzoek	
	47	0,01	0,14	0,06		Finland	Varo et al., 1980a	
<b>NAVER</b>	39	0,09	0,52	0,30	0,28	Nederland	dit onderzoek	
	31	0,030	0,110	0,061		Finland	Varo et al., 1980a	
<b>APPEL</b>	(G. Del.)	50	0,04	0,12	0,06	0,06	Nederland	dit onderzoek
	(Cox O.)	50	0,02	0,13	0,05	0,04	Nederland	dit onderzoek
		31			0,094		W-Duitsland	Barudi et al., 1980
		25	0,01	0,23	0,03		Nederland	Anoniem, 1974
		17	0,009	0,288	0,033		Zweden	Fuchs et al., 1976

niet duidelijk of dit veroorzaakt wordt door verschillen in analysemethoden van de verschillende laboratoria of door verschillen in teeltomstandigheden van de gewassen in beide jaren (tabel 4).

### Kwik

De Hg-gehalten van de gewassen zijn gegeven in tabel 5, met daarnaast de Nederlandse ontwerpnormen en de Westduitse richtwaarden. Er zijn geen overschrijdingen van de Nederlandse ontwerpnormen. In tabel 6 zijn de Hg-gehalten van dit onderzoek vergeleken met literatuurwaarden. De gemiddelde Hg-gehalten in de gewassen komen goed overeen met die in de literatuur. Voor een aantal gewassen zijn slechts weinig literatuurwaarden beschikbaar.

TABEL 5. Inventarisatie van Hg-gehalten in Nederlandse gewassen.  
TABLE 5. Survey of Hg contents in Dutch crops.

Gewas	Aantal monsters	Traject min.-max.	Gemiddelde	Mediaan	Weglating van 5% van de monsters met de hoogste waarden max. gemiddelde		Nederlandse ontwerpnorm	% boven ontwerp-norm	Westduitse richtwaarde (1979)	% boven richtwaarde
1)										
<b>Kasgewassen</b>										
Sla	75	0,0005-0,011	0,002	0,002	0,004	0,001	0,03	0	(0,05) *	0
Tomaat	40	0,0001-0,008	0,0013	0,0004	0,005	0,0010	0,03	0	(0,05)	0
Komkommer	45	0,0001-0,0015	0,0003	0,0002	0,0004	0,0002	0,03	0	(0,05)	0
2)										
<b>Vollegrondsgroenten</b>										
Spinazie	82	<0,001-0,029	0,005	0,002	0,022	0,004	0,03	0	(0,05)	0
Waspeen	100	0,0006-0,005	0,002	0,002	0,003	0,002	0,03	0	(0,05)	0
2) 3)										
<b>Akkerbouwgewassen (aardappel<sup>2)</sup>, granen<sup>3)</sup></b>										
Aardappel	94	<0,0001-0,017	0,003	0,002	0,009	0,003	0,02	0	0,02	0
Tarwe	84	<0,0001-0,029	0,005	0,003	0,017	0,004	0,03	0	0,03	0
Gerst	45	0,001-0,030	0,006	0,003	0,014	0,005	0,03	0	0,03	0
Haver	39	<0,0001-0,020	0,008	0,006	0,018	0,007	0,03	0	0,03	0
2)										
<b>Appel</b>										
Golden										
Delicious	50	0,0006-0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,01	0	(0,05)	0
Cox's Orange										
Pippin	50	0,0004-0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	0,01	0	(0,05)	0

De analyses zijn uitgevoerd in gedroogde monsters en omgerekend naar vers gewicht met:

- 1) individueel drogestofgehalte per monster
- 2) gemiddeld drogestofgehalte van alle monsters per gewas
- 3) een drogestofgehalte van 85%

\* De Westduitse richtwaarden staan voor sommige gewassen tussen haakjes omdat voor deze gewassen nog maar weinig analyseresultaten bekend waren; daarom werden deze richtwaarden in 1976 voorlopig vastgesteld (Bundesgesundheitsamt, 1977). In 1979 zijn alleen de richtwaarden van aardappel en granen weer opgenomen (Bundesgesundheitsamt, 1979).

## Arseen

De As-gehalten van de gewassen zijn gegeven in tabel 7, met daarnaast de voorlopige Westduitse richtwaarden van 1976, want er zijn geen Nederlandse ontwerpnormen. Deze Westduitse richtwaarden zijn echter in 1979 niet weer opgenomen vanwege toxicologische overwegingen en gebrek aan een voldoende aantal analyses. Alleen een extreem hoog As-gehalte van haver en appel overschrijdt de richtwaarde. De As-gehalten van dit onderzoek zijn in tabel 8 vergeleken met de weinige literatuurwaarden. Door het ontbreken van voldoende referentiewaarden kunnen nauwelijks conclusies worden getrokken.



TABEL 6. In diverse onderzoeken gevonden Hg-gehalten in gewassen.  
 TABLE 6. Hg contents of crops as reported by various investigators.

Gewas	Aantal monsters	Gehalten in mg/kg vers gewicht				Land	Literatuur	
		minimum	maximum	gemiddelde	mediaan			
SLA (kassla)	75	0,0005	0,011	0,002	0,002	Nederland	dit onderzoek	
	15			0,0014		W-Duitsland	Barudi et al., 1980	
	6	0,001	0,002	0,001		Finland	Varo et al., 1980b	
	7	0,0005	0,0028	0,0014		Oostenrijk	Aichberger, 1976	
	10	0,0004	0,0019	0,0009		Nederland	Roorde van E., 1976	
TOMAAT	40	0,0001	0,008	0,0013	0,0004	Nederland	dit onderzoek	
	13			0,01		Engeland	Cross et al., 1978	
	14	0,002	0,05	0,01		Engeland	Min. Agr. Fish. Food, 1971	
	6	0,0003	0,001	0,0006		Oostenrijk	Aichberger, 1976	
KOMKOMMER	13			0,002		W-Duitsland	Barudi et al., 1980	
	45	0,0001	0,0015	0,0003	0,0002	Nederland	dit onderzoek	
	5	0,0002	0,002	<0,001		Finland	Varo et al., 1980b	
SPINAZIE	82	<0,001	0,029	0,005	0,002	Nederland	dit onderzoek	
	8	0,002	0,023	0,008		Oostenrijk	Aichberger, 1976	
	23	0,005	0,035	0,020		Zwitserland	Quinche et al., 1975	
13	0,005				W-Duitsland	Barudi et al., 1980		
PEEN (waspeen)	100	0,0006	0,005	0,002	0,002	Nederland	dit onderzoek	
	8	0,0008	0,0028	0,0014		Oostenrijk	Aichberger, 1976	
	8	0,0008	0,0028	0,0014		Italië	Fabio Cotta, 1975	
AARDAPPEL	94	<0,0001	0,017	0,003	0,002	Nederland	dit onderzoek	
	23	0,001	0,004	0,001		Engeland	Min. Agr. Fish. Food, 1971	
	20	0,0004	0,010	0,002		Finland	Varo et al., 1980b	
	44	0,0008	0,015	0,004		W-Duitsland	Bundesgesundheitsamt, 1975	
TARWE	84	<0,0001	0,029	0,005	0,003	Nederland	dit onderzoek	
	403	0,0005	0,016	0,002		W-Duitsland	Ocker et al., 1975	
	75	0,002	0,009	0,004		Finland	Varo et al., 1980a	
	23	0,003	0,009	0,007		Nederland	Min. Volksgez. Milieuh, 1980	
	12	0,01	0,03	0,02		USA	Gomez et al., 1974	
	223	0,002	0,012	0,008		Canada	Tkachuk et al., 1983	
GERST	45	0,001	0,030	0,006	0,003	Nederland	dit onderzoek	
	10	0,01	0,07	0,04		Engeland	Min. Agr. Fish. Food, 1971	
	?	0,02	0,04	0,025		USA-Michigan	Gomez et al., 1974	
	46	0,002	0,004	<0,004		Finland	Varo et al., 1980a	
HAVER	39	<0,0001	0,020	0,008	0,006	Nederland	dit onderzoek	
	36	0,002	0,004	<0,004		Finland	Varo et al., 1980a	
APPEL	(Gold.Del.)	50	0,0006	0,002	0,001	0,001	Nederland	dit onderzoek
	(Cox's O.)	50	0,0004	0,003	0,001	0,001	Nederland	dit onderzoek
		31			0,002		W-Duitsland	Barudi et al., 1980

#### 4.2. De Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in de gronden van de gewassen voor menselijke voeding

Van de proefplekken zijn zowel gewas- als grondmonsters onderzocht. De resultaten van de grondanalyses op Cd, Pb, Hg en As per gewas zijn gegeven in tabel 9.

TABEL 7. Inventarisatie van As-gehalten (mg/kg vers gewicht) in Nederlandse gewassen.  
 TABLE 7. Survey of As contents in Dutch crops.

Gewas	Aantal monsters	Traject min.-max.	Gemiddelde	Mediaan	Weglating van 5% van de monsters met de hoogste waarden		Westduitse richtwaarde (1976)	% bovenrichtwaarde
					maximum	gemiddelde		
<b>Kasgewassen</b> <sup>1)</sup>								
Sla	75	0,002 -0,139	0,011	0,008	0,020	0,008	(0,2) *	0
Tomaat	40	0,0002-0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	(0,2)	0
Konkommer	45	0,0001-0,084	0,023	0,019	0,061	0,021	(0,2)	0
<b>Vollegrondsgroenten</b> <sup>2)</sup>								
Spinazie	82	0,005 -0,020	0,011	0,011	0,018	0,010	(0,2)	0
Waspeen	100	0,005 -0,089	0,022	0,017	0,050	0,019	0,2	0
<b>Akkerbouwgewassen</b> (aardappels <sup>2)</sup> , granen <sup>3)</sup> )								
Aardappel	94	0,002 -0,041	0,013	0,010	0,031	0,012	0,2	0
Tarwe	84	0,005 -0,285	0,045	0,027	0,114	0,037	0,5	0
Gerst	45	0,005 -0,377	0,067	0,035	0,226	0,052	0,5	0
Haver	39	0,009 -0,544	0,189	0,179	0,408	0,171	0,5	3
<b>Appel</b> <sup>2)</sup>								
Golden Delicious	50	0,0014-0,215	0,014	0,006	0,047	0,008	0,2	2
Cox's Orange Pippin	50	0,0014-0,011	0,004	0,004	0,010	0,004	0,2	0

De analyses zijn uitgevoerd in gedroogde monsters en omgerekend naar vers gewicht met:

- 1) individueel drogestofgehalte per monster
- 2) gemiddeld drogestofgehalte van alle monsters per gewas
- 3) een drogestofgehalte van 85%

\* De Westduitse richtwaarden staan voor sommige gewassen tussen haakjes omdat voor deze gewassen nog maar weinig analyse-resultaten bekend waren, daarom werden deze richtwaarden in 1976 voorlopig vastgesteld (Bundesgesundheitsamt, 1977). In 1979 zijn niet weer richtwaarden voor As opgenomen (Bundesgesundheitsamt, 1979).

In tabel 10 zijn de Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten van de grondmonsters samengevat, in een groep land- en tuinbouwgronden en een groep kasgronden. De kasgronden hebben duidelijk hogere gemiddelde Pb- en Hg-gehalten dan de land- en tuinbouwgronden, en een iets hoger gemiddeld Cd-gehalte. De hogere metaalniveaus in kasgronden kunnen daarbij veroorzaakt zijn door de mate en de vorm van de toegepaste organische bemesting en in mindere mate door de grondsoort. Een bepaald land- of tuinbouwgewas wordt vaak op bepaalde grondsoorten verbouwd en daardoor kan het metaalniveau in de bemonsterde gronden per gewas wat verschillen van het metaalniveau van alle bemonsterde Nederlandse land- en tuinbouwgronden. Mogelijk is het gemiddelde Pb-gehalte in de gronden van waspeen daardoor wat lager dan het gemiddelde Pb-gehalte van alle Nederlandse land- en tuinbouwgronden, en het Pb-niveau in de gronden van spinazie en appel wat hoger. Het gemiddeld Hg-gehalte van de appelboompercelen is hoger dan dat van de andere land- en

tuinbouwgronden, wat misschien veroorzaakt wordt door het vroegere gebruik van kwikhoudende bestrijdingsmiddelen.

TABEL 8. In diverse onderzoeken gevonden As-gehalten in gewassen.  
TABLE 8. As contents of crops as reported by various investigators.

Gewas	Aantal monsters	Gehalten in mg/kg vers gewicht				Land	Literatuur
		minimum	maximum	gemiddelde	mediaan		
SLA (kassia)	75	0,002	0,139	0,011	0,008	Nederland	dit onderzoek
	15			0,147		W-Duitsland	Barudi et al., 1980
	10	0,006	0,030	0,012		Nederland	Roorda van E., 1976
	28	0	0,04	0,015		USA	Jelinek et al., 1977
TOMAAAT	40	0,0002	0,002	0,001	0,001	Nederland	dit onderzoek
	13			0,08		W-Duitsland	Barudi et al., 1980
KOMKOMMER	45	0,0001	0,084	0,023	0,019	Nederland	dit onderzoek
SPINAZIE	82	0,005	0,020	0,011	0,011	Nederland	dit onderzoek
	13			0,23		W-Duitsland	Barudi et al., 1980
PEEN (waspeen)	100	0,005	0,089	0,022	0,017	Nederland	dit onderzoek
	28			0,02		USA	Jelinek et al., 1977
AARDAPPEL	94	0,002	0,041	0,013	0,010	Nederland	dit onderzoek
	268	0	0,23	0,008		USA	Jelinek et al., 1977
	5	0,01	0,12	0,05		Finland	Varo et al., 1980b
TARWE	84	0,005	0,285	0,045	0,027	Nederland	dit onderzoek
	55			<0,05		Finland	Varo et al., 1980a
GERST	45	0,005	0,377	0,067	0,035	Nederland	dit onderzoek
HAVER	39	0,009	0,544	0,189	0,179	Nederland	dit onderzoek
	16	0,03	0,08	<0,05		Finland	Varo et al., 1980a
APPEL							
(Gold.Del)	50	0,0014	0,215	0,014	0,006	Nederland	dit onderzoek
(Cox's O.)	50	0,0014	0,011	0,004	0,004	Nederland	dit onderzoek
	68	<0,01	0,38	0,026		W-Duitsland	Reinhard, 1974

Waspeen en haver zijn hoofdzakelijk op lichte gronden verbouwd en hebben daardoor een lager gemiddeld As-gehalte in de bijbehorende grondmonsters dan andere land- en tuinbouwgronden; ook de gronden van spinazie hebben een wat lager gemiddeld As-gehalte. In tabel 11 zijn de Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten van de land- en tuinbouwgronden vergeleken met literatuurwaarden. De gemiddelde gehalten van de onderzochte land- en tuinbouwgronden liggen in de trajecten zoals die in de literatuur gevonden worden.

#### 4.3. De Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in veevoedergewassen en bijbehorende gronden

In tabel 12 (blz. 25) zijn de Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten gegeven

TABEL 9. Inventarisatie van Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten (mg/kg droog gewicht) in Nederlandse gronden, per gewas.  
 TABLE 9. Survey of Cd, Pb, Hg and As contents in Dutch soils, for each crop.

Gewas	Aantal	Cd-gehalte in de grond		Pb-gehalte in de grond		Hg-gehalte in de grond		As-gehalte in de grond	
		gemiddelde	mediaan	gemiddelde	mediaan	gemiddelde	mediaan	gemiddelde	mediaan
<b>Kasgewassen</b>									
Sla	75	0,6	0,5	74	44	0,30	0,18	12	12
Tomaat	40	1,1	0,6	77	63	0,35	0,17	12	12
Komkommer	45	0,7	0,7	57	48	0,47	0,14	11	12
<b>Vollegrondsgroenten</b>									
Spinazie	82	0,5	0,4	39	32	0,10	0,08	8	5
Waspeen	100	0,3	0,3	17	15	0,08	0,05	4	3
Andijvie	83	0,4	0,4	53	34				
<b>Akkerbouwgewassen</b>									
Aardappel	91	0,4	0,4	27	24	0,11	0,07	18	17
Tarwe	82	0,6	0,4	28	22	0,11	0,07	16	16
Gerst	44	0,5	0,4	25	19	0,08	0,07	11	10
Haver	39	0,4	0,4	25	19	0,09	0,07	8	3
<b>Appel</b>									
Golden Delicious	50	0,5	0,5	34	29	0,17	0,14	13	12
Cox's Orange Pippin	50	0,5	0,4	31	30	0,18	0,15	13	13

voor ongewassen gras, snijmais en suikerbietekoppen en ook de gehalten in de bijbehorende gronden. Als grenswaarde voor Cd in groenvoer van eigen bedrijf wordt 1,0 mg/kg drogestof voorgesteld (LAC-jaarverslag 1983). Voor groenvoer buiten het eigen bedrijf ligt de grenswaarde bij 1,0 mg Cd/kg met een drogestofgehalte van 88%, wat op termijn verlaagd moet worden naar 0,5 mg/kg. Een deel van de hoogste Cd-gehalten in de veevoedergewassen komt van sterk verontreinigde uiterwaarden. Maar het extreem hoge Cd-gehalte van 6,8 mg/kg in een snijmaismonster is niet te verklaren uit een hoog Cd-gehalte in de grond of uit de enquêtegegevens. Voor Pb, Hg, As zijn heel voorlopige grenswaarden voorgesteld, herleid tot een drogestofgehalte van 88%; voor Pb 40 mg/kg,

TABEL 10. Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten (mg/kg droog gewicht) in Nederlandse gronden.  
 TABLE 10. Survey of Cd, Pb, Hg and As contents in Dutch soils.

Element	Aantal monsters	Traject min.-max.	Gemiddeld	Mediaan	90% van de waarden beneden	95% van de waarden beneden	99% van de waarden beneden
<b>LAND- EN TUINBOUWGRONDEN</b>							
<b>Cadmium</b>	708	0,04- 14	0,5	0,4	0,8	1,0	2,4
weglating van 5%, hoogste gehalten	673	0,04- 1,0	0,4	0,4			
<b>Lood</b>	708	0 -460	31	23	52	72	170
weglating van 5%, hoogste gehalten	673	0 - 72	25	22			
<b>Kwik</b>	707	0,00- 31	0,16	0,07	0,20	0,32	1,2
weglating van 5%, hoogste gehalten	671	0,00- 0,32	0,08	0,07			
<b>Arseen</b>	704	0,1 -110	12	11	22	27	38
weglating van 5%, hoogste gehalten	668	0,1 - 27	10	10			
<b>KASGRONDEN</b>							
<b>Cadmium</b>	155	0,08 - 11	0,8	0,6	1,1	1,3	5,2
weglating van 5%, hoogste gehalten	147	0,08 - 1,3	0,6	0,6			
<b>Lood</b>	155	4 -420	71	45	160	230	320
weglating van 5%, hoogste gehalten	147	4 -230	58	44			
<b>Kwik</b>	155	0,02 - 7,2	0,36	0,16	0,76	1,1	1,9
weglating van 5%, hoogste gehalten	147	0,02 - 1,1	0,24	0,16			
<b>Arseen</b>	155	1 - 35	12	12	20	24	29
weglating van 5%, hoogste gehalten	147	1 - 24	11	11			

eventueel te verlagen naar 20 mg/kg, voor Hg 0,2 mg/kg en voc. As 4 mg/kg (LAC-jaarverslag 1980). De Pb-, Hg- en As-gehalten in de veevoedergewassen blijven allemaal beneden deze richtwaarden; alleen van 2 monsters suikerbietekoppen komen de Hg-gehalten boven de richtwaarde uit. Het niveau van de Hg-gehalten in suikerbietekoppen is nogal wat hoger dan de niveaus van de Hg-gehalten in gras en snijmais, in geringere mate geldt dit ook voor de As-gehalten in suikerbietekoppen.

#### **4.4. Regionale verdeling en hoge Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten**

De monsters van het inventarisatieonderzoek zijn niet genomen om regionale verschillen aan te tonen; daarvoor is het aantal monsters van een gewas in veel gebieden te beperkt. Bij een aantal gewassen is evenwel een redelijk aantal monsters van verschillende gebieden genomen, zodat enige regionale vergelijking mogelijk is. Een enkele keer is regionaal een verhoogd niveau gevonden, voor Cd b.v. in spinazie van Westelijk Noord-Brabant, waspeen van Oostelijk Noord-Brabant en Limburg, en tarwe van de zuidelijke helft van Nederland. Voor meer informatie over de regionale verdeling wordt verwezen naar de nota's van de afzonderlijke gewassen.

In havenslibgronden en in gronden van uiterwaarden - afhankelijk van de frequentie van overstromen - komen vaak hoge Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten voor en deze veroorzaken vaak ook hoge Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in het gewas. Havenslibgronden zijn in dit onderzoek niet opgenomen.

Hoge gehalten in de grond geven niet altijd hoge gehalten in het gewas of hoge gehalten in het gewas zijn niet altijd het gevolg van hoge gehalten in de grond. Maar als de proefplek met een hoog gehalte van één of meerdere van de genoemde elementen niet op een uiterwaard ligt, is meestal uit de gegevens van de enquête geen andere verontreinigingsbron af te leiden. De gehalten van kasgronden zijn sterk afhankelijk van het materiaal waarmee de grond is verbeterd en het soort organische bemesting dat in het verleden gebruikt is. Meer informatie over de hoge gehalten is te vinden in de nota's van de afzonderlijke gewassen.

TABEL 11. In diverse onderzoeken gevonden cadmium-, lood-, kwik- en arseengehalten in gronden.  
 TABLE 11. Cd, Pb, Hg and As contents of soils as reported by various investigators.

Element	Aantal monsters	Gehalten in mg/kg droge grond				Land	Literatuur
		minimum	maximum	gemiddelde	mediaan		
<b>Cadmium</b>	708	0,04	14	0,5	0,4	Nederland	land- en tuinbouwgronden van dit onderzoek
	673	0,04	1,0	0,4	0,4	idem	bij weglating van hoogste 5%
	248 klei			0,5		Nederland	Van Driel et al., 1982
	zonder verdachte gronden			0,34			
	63 zand			0,3		Nederland	Van Driel et al., 1982
	361	0,03	2,3	0,22		Zweden	Andersson, 1977
	51			0,26		Denemarken	Tjell et al., 1978
	2223			0,21		Hessen	Brüne et al., 1982
	2742			0,78		Baden-Württemberg	Hoffman et al., 1982
	472			0,8		Nordrhein-Westfalen	Kick et al., 1980
	296	0,10	8,1	0,56		Ontario, Canada	Frank et al., 1976
	<b>Lood</b>	708	0	460	31	23	Nederland
673		0	72	25	22	idem	bij weglating van hoogste 5%
248 klei				43		Nederland	Van Driel et al., 1982
zonder verdachte gronden				30			
63 zand				31		Nederland	Van Driel et al., 1982
361		2	364	16		Zweden	Andersson, 1977
51				24		Denemarken	Tjell et al., 1978
2223				20		Hessen	Brüne et al., 1982
2742				40		Baden-Württemberg	Hoffman et al., 1982
472				50		Nordrhein-Westfalen	Kick et al., 1980
35 weinig verontreinigde gronden				23		Zwitserland	Häni et al., 1982
296		2	888	46		Ontario, Canada	Frank et al., 1976
<b>Kwik</b>	707	0,00	31	0,16	0,07	Nederland	land- en tuinbouwgronden van dit onderzoek
	671	0,00	0,32	0,08	0,07	idem	bij weglating van hoogste 5%
	248 klei			0,2		Nederland	Van Driel et al., 1982
	63 zand			0,2		Nederland	Van Driel et al., 1982
	8	0,07	0,35	0,13		Nederland	Poelstra et al., 1973
	273	0,004	0,922	0,06		Zweden	Andersson, 1967
	221			0,11		Hessen	Brüne et al., 1982
	1041			0,12		Baden-Württemberg	Hoffman et al., 1982
	472			0,06		Nordrhein-Westfalen	Kick et al., 1980
	40	0,005	0,340	0,095		Oostenrijk	Wimmer et al., 1973
	296	0,01	1,14	0,11		Ontario, Canada	Frank et al., 1976
	<b>Arsenen</b>	704	0,1	110	12	11	Nederland
668		0,1	27	10	10	idem	bij weglating van hoogste 5%
248 klei				14		Nederland	Van Driel et al., 1982
63 zand				5		Nederland	Van Driel et al., 1982
221				9		Hessen	Brüne et al., 1982
296		1,1	92	12		Ontario, Canada	Frank et al., 1976

#### 4.5. Verband tussen de Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in de grond en in de plant

Tussen de gehalten in de grond en de gehalten in de consumeerbare delen van de plant zijn regressievergelijkingen berekend. Slechts in een beperkt aantal gevallen zijn significante verbanden gevonden, deze zijn gegeven in tabel 13. Het totale gehalte aan Cd, Pb, Hg en As in de grond is in het algemeen geen goede maat voor de beschikbaarheid van deze elementen voor het gewas. Bodemfactoren als pH, slib- en organische-stofgehalte beïnvloeden de opname door het gewas. De inventarisatie is er echter niet op gericht om de betekenis van deze bodemfactoren op te helderen. De in tabel 13 vermelde verbanden hebben daarom slechts een beperkte waarde.

TABEL 13. Verband tussen de Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in de grond en in het gehalte in het consumeerbare deel van het gewas.  
TABLE 13. Relation between the Cd, Pb, Hg and As contents in the soil and the consumable part of the crop.

Gewas	Element	Aantal monsters	Verband gehalte in de grond (x) - gehalte in de plant (y)	Correlatiecoëfficiënt	P (<)
<b>Gehalte van het gewas op vers gewicht</b>					
Kastomaat	Cd	40	$y = 0,0046x + 0,0117$	0,62	0,001
Kaskomkommer	Hg	45	$y = 0,000158x + 0,00020$	0,76	0,001
Spinazie	Pb	82	$y = 0,00069x + 0,065$	0,32	0,01
Waspeen	Cd	98	$y = 0,039x + 0,026$	0,30	0,05
	Hg	98	$y = 0,0016x + 0,0016$	0,49	0,001
	As	98	$y = 0,0022x + 0,012$	0,57	0,001
Tarwe	Cd	85	$y = 0,031x + 0,059$	0,52	0,001
<b>Gehalte van het gewas op drogestof</b>					
Gras	Cd	78	$y = 0,018x + 0,120$	0,60	0,001
	Pb	78	$y = 0,0063x + 2,162$	0,36	0,001
	Hg	78	$y = 0,0098x + 0,0182$	0,66	0,001
Snijmais	Hg	44	$y = 0,031x + 0,014$	0,50	0,001
	As	44	$y = 0,0017x + 0,159$	0,32	0,05
Suikerbietekoppen	Cd	46	$y = 0,137x + 0,262$	0,74	0,001
	Pb	46	$y = 0,028x + 2,95$	0,56	0,001
	As	46	$y = 0,0165x + 0,274$	0,72	0,001



TABEL 12. Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten in veevoedergewassen en de bijbehorende gronden, in mg/kg drogestof en mg/kg droge grond.

TABLE 12. Cd, Pb, Hg and As contents of fodder crops and their corresponding soils.

Element	Aantal monsters	Traject	Gemiddeld	Mediaan	95% van de waarden < of gelijk aan
		min.-max.			
<b>GRAS (ongewassen)</b>					
Cadmium	86	0,03 - 0,84	0,15	0,11	0,39
Lood	86	0,7 - 9,1	2,5	2,2	5,1
Kwik	86	0,008-0,095	0,021	0,019	0,037
Arseen	86	0,07 - 1,11	0,28	0,22	0,77
<b>SNIJMAIS (ongewassen)</b>					
Cadmium	46	0,14 - 6,8	0,43	0,24	0,80
Lood	46	1,0 - 4,1	2,2	2,2	3,5
Kwik	46	0,009-0,028	0,016	0,016	0,026
Arseen	46	0,06 - 0,47	0,17	0,15	0,39
<b>SUIKERBIETEKOPPEN (ongewassen)</b>					
Cadmium	46	0,11 - 1,1	0,31	0,25	0,66
Lood	46	1,9 - 7,2	3,6	3,5	6,2
Kwik	46	0,05 - 0,20	0,11	0,11	0,19
Arseen	46	0,09 - 1,6	0,51	0,46	1,2
<b>GROND VAN GRASLANDPERCELEN</b>					
Cadmium	78	0,2 - 14	1,0	0,52	2,3
Lood	78	11 - 460	62	36	290
Kwik	78	0,01 - 3,2	0,24	0,10	0,83
Arseen	78	1 - 38	12	11	32
<b>GROND VAN SNIJMAISPERCELEN</b>					
Cadmium	46	0,09 - 2,9	0,4	0,3	1,0
Lood	46	6 - 110	20	16	43
Kwik	46	0,01 - 0,49	0,06	0,04	0,10
Arseen	46	1 - 110	10	4	31
<b>GROND VAN SUIKERBIETEPERCELEN</b>					
Cadmium	46	0,1 - 2,2	0,4	0,4	2,2
Lood	46	3 - 124	26	20	77
Kwik	46	0,01 - 0,28	0,07	0,06	0,13
Arseen	46	1 - 36	14	15	25

Opmerking: een gedeelte van de hoge waarden bij de gewassen en gronden komt van uiterwaarden.

## 5. CONCLUSIES

Uit de inventarisatie van een groot aantal Nederlandse land- en tuinbouwgewassen blijkt dat alleen de Cd-gehalten van granen regelmatig boven de Nederlandse ontwerpnorm liggen, vooral bij gerst en haver. Worden de Cd-gehalten van de gewassen vergeleken op basis van het droge produkt, in plaats van op vers gewicht, dan zijn de Cd-gehalten van de granen niet hoog t.o.v. die van de andere gewassen. Een groot deel van de granen wordt evenwel als veevoeder gebruikt en daarvoor geldt een hogere norm. In bladgroenten zijn de Cd-gehalten in het algemeen relatief hoger dan in andere groenten, en vruchten hebben relatief lage Cd-gehalten.

De Pb-gehalten van granen zijn nogal hoog t.o.v. de Nederlandse ontwerpnorm. Het niveau t.o.v. de andere bemonsterde gewassen wordt evenwel beïnvloed door het hoge drogestofgehalte van de granen. Het gemiddelde Pb-gehalte van boerenkool is veel hoger dan dat van andere bladgroenten, maar de Pb-gehalten van alle boerenkoolmonsters blijven wel onder de ontwerpnorm voor Pb. In andere onderzoeken zijn overeenkomstige hoge Pb-gehalten in boerenkool gevonden.

De Hg-gehalten van de Nederlandse land- en tuinbouwgewassen zijn laag t.o.v. de Nederlandse ontwerpnormen. Alleen de allerhoogste Hg-gehalten van de gewassen liggen soms dicht in de buurt van de ontwerpnormen.

De As-gehalten van granen zijn hoog t.o.v. die van de andere gewassen, maar als men de As-gehalten vergelijkt op basis van het droge produkt, dan zijn de gehalten in granen niet hoog. Slechts in één havermonster en in één appelmonster is het As-gehalte hoger dan de in 1976 opgestelde Westduitse richtwaarden, deze richtwaarden zijn in 1979 niet weer opgenomen vanwege toxicologische overwegingen en gebrek aan een voldoende aantal analyses.

Van de proefplekken waar de gewassen bemonsterd zijn, zijn ook grondmonsters genomen. De gemiddelde Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten van de grondmonsters die behoren bij de land- en tuinbouwgewassen liggen op het niveau van de gehalten die in de literatuur gevonden zijn. De kasgronden hebben een duidelijk hoger gemiddeld Pb- en Hg-gehalte en een iets hoger gemiddeld Cd-gehalte dan de land- en tuinbouwgronden.

De Cd-, Pb-, Hg- en As-gehalten van de veevoedergewassen liggen, op een enkel Cd- en Hg-gehalte na, onder de voorlopige richtwaarden voor veevoerders.

De gewassen met hoge metaalgehalten komen voor een deel van verontreinigde uiterwaarden, de overige hoge gehalten in de gewassen zijn meestal niet te verklaren uit de gehalten van de bijbehorende grondmonsters en de gegevens uit de enquête. Regionale verschillen in metaalgehalte van een gewas zijn meestal niet aan te tonen door een onvoldoende aantal monsters uit de verschillende regio's.

In een beperkt aantal gevallen is een lineair verband gevonden tussen het metaalgehalte in de grond en het metaalgehalte van het eetbare deel van het gewas. Bodemfactoren als pH, slibgehalte en organischestofgehalte beïnvloeden echter de opname door het gewas. Deze factoren zijn echter niet systematisch in de inventarisatie opgenomen, zodat de gevonden verbanden slechts een beperkte waarde hebben.

## 6. SUMMARY

Dutch agricultural and horticultural crops and the corresponding soils were sampled in the main production areas, and analysed for Cd, Pb, Hg and As. Polluting sources were registered, viz., dumped harbour dredge spoils, sewage sludge and compost, the location of roads and industry, and the use of metal-containing pesticides and herbicides.

The mean Cd contents of wheat, barley and oats were 0.08, 0.14 and 0.09 mg.kg<sup>-1</sup> fresh weight (85% dry matter), respectively. Some samples exceeded the proposed maximum acceptable cadmium content for human consumption of 0.15 mg.kg<sup>-1</sup> (table 1). A large part of the cereals is used as forage for which higher metal levels are permitted. The Cd levels of the cereals on a fresh weight basis are higher than those of the other crops, but the Cd levels on a dry weight basis are not higher than those of the other crops. The mean Cd contents of lettuce and spinach of 0.05 and 0.06 mg.kg<sup>-1</sup> fresh weight, respectively, were relatively high, the Cd contents of fruits as apples, tomatoes and cucumbers were low. The Cd levels of the crops sampled were comparable to those found in the literature, but the Cd levels of wheat, barley, oats and lettuce were relatively high; however, for barley and oats few reference contents are available (table 2).

The Pb contents of the crops sampled, except a few samples of lettuce, wheat, barley and oats (table 3) did not, or barely, exceed the proposed maximum acceptable Pb contents for the different Dutch crops. The average Pb level of curly kale was relatively high compared with the other leafy vegetables, but the Cd contents of all curly kale samples were below the proposed maximum acceptable Pb content. The Pb levels of the crops sampled were comparable to those found in the literature, only the Pb levels of wheat, barley and oats were higher, but for barley and oats only Finnish reference contents are available (table 4). The Hg contents of the crops sampled were below the proposed maximum acceptable contents for different Dutch crops (table 5). No maximum acceptable As contents have been set for Dutch crops, but two samples had As contents higher than the maximum acceptable contents proposed for West-Germany in 1976 (table 7), but these contents have not been included in the list of 1979. The Hg and As contents of

the crops sampled were compared with the contents reported by other investigators, but for many crops there are insufficient reference contents to permit reliable conclusions (table 6 en 8).

The soils of greenhouses had higher Pb and Hg levels, and slightly higher Cd levels, than other arable soils (table 10). The Cd, Pb, Hg and As levels of the sampled arable soils were comparable to those found in the literature (table 11).

The proposed maximum acceptable cadmium content for forage from a farmer's own land is  $1.0 \text{ mg.kg}^{-1}$  dry matter, for forage from other farms it is  $1.0 \text{ mg.kg}^{-1}$  but will possibly be lowered to  $0.5 \text{ mg.kg}^{-1}$ , at a dry matter content of 88%. Tentative acceptable maximum contents in forage are, at a dry matter content of 88%, for lead  $40 \text{ mg.kg}^{-1}$ , possibly to be reduced to  $20 \text{ mg.kg}^{-1}$ , mercury  $0.2 \text{ mg.kg}^{-1}$ , and arsenic  $4 \text{ mg.kg}^{-1}$ . The cadmium, lead, mercury and arsenic contents of forage - grass, silage maize and leaves and crowns of sugar beets - were almost all below the proposed maximum acceptable contents (tabel 12).

A part of the crops with high metal contents came from polluted river flood plains. The high metal contents in crops from other locations are difficult to explain, for not all high metal contents in the crops coincide with high contents in the soils or can be explained by well-known polluting sources.

In a limited number of cases a linear relation was found between the metal content in the soil and the metal content in the consumable part of the crop (tabel 13). However, because too few different soil types were involved, the relations cannot be considered as generally valid.

## 7. LITERATUUR

- Aichberger, K., 1976. Quecksilbergehalte von Getreide und Marktgemüse. *Bodenkultur* 27: 367-375.
- Andersson, A., 1967. *Grundforbattring* 20: 95-....
- Andersson, A., 1977. Heavy metals in Swedish soils: on their retention, distribution and amounts. *Swed. J. Agric. Res.* 7: 7-20.
- Andersson, A. and O. Pettersson, 1981. Cadmium in Swedish winter wheat. *Swed. J. Agric. Res.* 11: 49-55.
- Anoniem,?. Cadmium content of Canadian foods. FMOI Project, August 1971-March 1976.
- Anoniem, 1974. Kwik, lood, cadmium en DDT in ons voedsel. *Consumentengids* 22: 462-465.
- Anoniem, 1981. Monsterneming en -voorbehandeling voor grond- en gewasonderzoek. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp.* 5-81, 31 pp.
- Anoniem, 1982. Inventarisatie van cadmium, lood, kwik en arseen in gewassen en gronden in Nederland. I. Tarwe. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 107, 39 pp.
- Anoniem, 1982. Idem. Voorlopige samenvatting van de resultaten voor appel. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 100, 45 pp.
- Anoniem, 1982. Idem. Appel: aanvulling van de resultaten in nota 100. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 112, 34 pp.
- Anoniem, 1982. Idem. III. Aardappel. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 101, 29 pp.
- Anoniem, 1982. Idem. IV. Spinazie. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 104, 49 pp.
- Anoniem, 1982. Idem. V. Glaskomkommer. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 111, 37 pp.
- Anoniem, 1982. Idem. VI. Waspeen. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 114, 41 pp.
- Anoniem, 1983. Idem. VII. Gerst. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 118, 30 pp.
- Anoniem, 1984. Idem. VIII. Kastomaat. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 124, 14 pp.
- Anoniem, 1984. Idem. IX. Kassla. *Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota* 128, 14 pp.

- Anoniem, 1984. Idem. IIIa, Aardappel: aanvulling van de resultaten in nota 101. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota 134, 18 pp.
- Anoniem, 1984. Idem. X - XIV. Tuinbouwgewassen: andijvie, bloemkool, rode en witte sluitkool, uien en boerenkool (alleen cadmium en lood). Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota 135, 129 pp.
- Anoniem, 1984. Idem. XV. Haver. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota 137, 35 pp.
- Anoniem, 1984. Idem. XVI - XVIII. Gras, snijmais en bietekoppen. Inst. Bodemvruchtbaarheid, Nota 138, 67 pp.
- Barudi, W. und H.J. Bielig, 1980. Gehalt an Schwermetallen (Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber) in oberirdischen Gemüse- und Obstarten. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 170: 254-257.
- Bundesgesundheitsamt, 1975. Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalte von Lebensmitteln in der Bundesrepublik Deutschland. Bericht der Zentralen Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien im Bundesgesundheitsamt. Berlin, 155 pp.
- Bundesgesundheitsamt. 1977. Richtwerte '76 über Arsen-, Blei-, Cadmium- und Quecksilbergehalte in Lebensmitteln. Bundesgesundheitsblatt 20: 76.
- Bundesgesundheitsamt, 1979. Richtwerte '79 für Blei, Cadmium und Quecksilber in und auf Lebensmitteln. Bundesgesundheitsblatt 22: 282.
- Brüne, H. und R. Ellinghaus, 1982. Schwermetallgehalte in landwirtschaftlich genutzten Ackerböden Hessens. Landwirtsch. Forsch., Sonderh. 38: 338-349.
- Cross, J.D., I.M. Dale, E.H. Smith and L.B. Smith, 1978. Dietary mercury in Glasgow area. J. Radioanal. Chem. 48: 159-167.
- Driel, W. van and K.W. Smilde, 1982. Heavy metal contents of Dutch arable soils. Landwirtsch. Forsch., Sonderh. 38: 305-313.
- Ellen, G., 1977. Het voorkomen van zware metalen in het voedsel. Voeding 38: 443-460.
- Ellen, G., G. v.d. Bosch-Tibbesma en F.T. Douma, 1979. Gehalten aan zware metalen, arseen en seleen van brood, aardappelen, boerenkool en winterwortelen. Zware metalen rapport no. 9. Keuringsdienst van Waren Friesland, 11 pp + bijlage.
- Fabio Cotta, 1975. Inquinamento alimentare de elementi tossici. Estratto dal nr. 1 Gennaio 1975. Bollettino dei chimici dei laboratori provinciali.

- Fuchs, G., J. Haegglund och L. Jorhem, 1976. Forekomst av bly, cadmium och zink i vegetabilier. Var Föda 28: 160-167.
- Frank, R., K. Ishida and P. Suda, 1976. Metals in agricultural soils of Ontario. Can. J. Soil Sci. 56: 181-196.
- Gomez, M.J. and P. Markakis, 1974. Mercury content of some foods. J. Food Sci. 39: 673-675.
- Haeni, H., S. Gupta and A. Siegenthaler, 1982. Schwermetallgehalte einiger wenig belasteter typischer Böden der Schweiz. Landwirtschaft. Forsch., Sonderh. 38: 315-323.
- Hansen, H.H. og A. Andersen, 1982. Bly, cadmium, kobber og zink i frugt og grøntsager, 1977-1980. Intern rapport van Statens Levnedsmiddelinstitut, Soborg, Denemarken, 55 pp.
- Hoffmann, G., P. Schweiger, W. Scholl und R. Smid, 1982. Grundbelastung der Böden von Baden-Württemberg mit Schwermetallen. Landwirtschaft. Forsch., Sonderh. 38: 324-327.
- Jelinek, C.F. and P.E. Corneliussen, 1977. Levels of arsenic in the United States food supply. Environ. Health Perspectives 19: 83-87.
- Keuringsdienst van Waren, Den Haag, 1977. Persoonlijke mededeling.
- Kick, H., H. Bürger und K. Sommer, 1980. Gesamtgehalte an Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Cu, Ni, Cr und Co in landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden Nordrhein-Westfalens. Landwirtschaft. Forsch., Sonderh. 33: 12-21.
- Klitsie, C.G.M., 1983. Ontwerpnormen voor cadmium, lood en kwik. Bedrijfsontwikkeling 14: 502-504.
- LAC-jaarverslag, 1980. Verslag van de werkzaamheden van de landbouwadviescommissie Milieukritische Stoffen (LAC) in 1980. Ministerie van Landbouw en Visserij, 's-Gravenhage. Bijlage 5. Normstelling en beleid t.a.v. zware metalen in diervoeders.
- LAC-jaarverslag, 1983. Jaarverslag van Landbouwadviescommissie Milieukritische Stoffen (LAC) in 1983. Ministerie van Landbouw en Visserij. 's-Gravenhage.
- Manske, D.D. and R.D. Johnson, 1977. Residues in food and feed. Pesticide and other chemical residues in total diet samples (X). Pestic. Monit. J. 10: 134-148.
- Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiene, 1980. Bewakingsprogramma "Mens en Voeding". Verslagen, Adviezen, Rapporten no. 8, Leidschendam, 71 pp + figuren.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1971. Working party on



- monitoring of foodstuffs for mercury and other heavy metals. First report: survey of mercury in food. Her Majesty's Stationery Office, London.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1973. Working party on the monitoring of foodstuffs for heavy metals. Fourth report: Survey of cadmium in food. Her Majesty's Stationery Office, London, 31 pp.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1972. Working party on the monitoring of foodstuffs for heavy metals. Survey of lead in food. Her Majesty's Stationery Office, London, 31 pp.
- Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, 1975. Working party on the monitoring of foodstuffs for heavy metals. First supplementary report. Her Majesty's Stationery Office, London, 34 pp.
- Ned. Staatscourant, 1985, no. 58, 9.
- Ocker, H.-D., 1974. Schwermetalle in Durumweizen und Durumezeugnissen. Getreide, Mehl, Brot 28: 204-208.
- Ocker, H.-D. und A.G. Hack, 1975. Toxische Schwermetalle in Getreide. Getreide, Mehl, Brot 29: 305-308.
- Ocker, H.-D., 1978. Gehalt und Verteilung von Schwermetallen in Getreide und Getreideprodukten. Ber. Landwirtsch. 55: 796-808.
- Ocker, H.-D., J. Brüggemann, W. Bergthaller und B. Putz, 1984. Schwermetallgehalte in Kartoffeln und Kartoffelerzeugnissen. Z. Lebensm. Unters. Forsch. 179: 322-329.
- Poelstra, P., M.J. Frissel, N. van der Klugt and D.W. Bannik, 1973. Accumulation and distribution of mercury in Dutch soils. Neth. J. Agric. Sci. 21: 77-84.
- Quinche, J.P. et V. Dvorak, 1975. Le mercure dans des végétaux et des sols de Suisse. Romand. Rech. Agron. Suisse 14: 323-327.
- Reinhard, C., 1974. Über das natürliche Vorkommen von Arsen in Lebensmitteln pflanzlicher Herkunft. Fachgruppe Lebensmittelchemie und gerichtliche Chemie der Deutscher Chemiker LCGCA 28: 215-230.
- Roorda van Eysinga, J.P.N.L., 1976. Het gehalte aan zware metalen in sla geteeld onder glas. Een voorlopige orientatie, Proefstation, Naaldwijk.
- Sandi, E., ?. Cadmium in food. Monitoring of cadmium in Canadian foods. ....: 90-93.
- Schindler, E., 1983. Schwermetallgehalte von Getreide und Getreideprodukten, sowie von Muskelfleisch, Leber und Niere. Dtsch. Lebensm. Rundsch. 79: 338-340.

- Siebel, W. und H.-D. Ocker, 1979. Gehalt an Pflanzenschutzmittelrückständen und Schwermetallen in den deutschen Weizen- und Roggenernten 1974 und 1975. *Landwirtsch. Forsch.* 32: 186-196.
- Tjell, J.C. and M.F. Hovmand, 1978. Metal concentration in Danish arable soils. *Acta Agric. Scand.* 28: 81-89.
- Tkachuk, R. and F.D. Kuzina, 1983. Natural mercury levels in wheat. *Can. J. Plant Sci.* 63: 1075-1081.
- Varo, P., M. Nuurtano, E. Saari and P. Koivistoinen, 1980a. III Annual variations in the mineral element composition of cereal grains. *Acta Agric. Scand. Supplement* 22: 27-36.
- Varo, P. O. Laehelmae, M. Nuurtano, E. Saari and P. Koivistoinen, 1980b. VII Potato, vegetables, fruits, berries, nuts and mushrooms. *Acta Agric. Scand. Supplement* 22: 89-114.
- Wimmer, J. und E. Haumold, 1973. Untersuchungen über den Quecksilbergehalt österreichischer Böden mit Hilfe der Neutronenaktivierungsanalyse. *Bodenkultur* 24: 25-30.
- Wolnik, K.A., F.L. Fricke, S.G. Capar, G.L. Braude, M.W. Meyer, R.D. Satzger and E. Bonnin, 1983. Elements in major raw agricultural crops in the United States, 1. Cadmium and lead in lettuce, peanuts, potatoes, soybeans, sweet corn and wheat. *J. Agric. Food.* 31: 1240-1244.
- Wolnik, K.A., F.L. Fricke, S.G. Capar, M.W. Meyer, R.D. Satzger, E. Bonnin and C.M. Gaston, 1985. Elements in major raw agricultural crops in the United States. 3. Cadmium, lead and eleven other elements in carrots, field corn, onions, rice, spinach, and tomatoes. *J. Agric. Food.* 33: 807-811.
- World Health Organization, 1973. Trace elements in human nutrition. Technical Report Series no. 532, Geneva, 65 pp.
- World Health Organization, 1978. Evaluation of certain food additives and contaminants. Technical Report Series no. 631, Geneva, 39 pp.