



Afdeling Geo-Milieu  
Budapestlaan 4  
Postbus 80015  
3508 TA Utrecht

[www.tno.nl](http://www.tno.nl)

T 030 2564675  
F 030 2564680  
[info@nitg.tno.nl](mailto:info@nitg.tno.nl)

**TNO-rapport**

**NITG 04-242-A**

**Achtergrondwaarden 2000**

**Hoofdrapport AW2000 fase 1**

Datum	10 december 2004	
Auteur(s)	F.P.J. Lamé	TNO-NITG
	D.J. Brus	Alterra
	R.H. Nieuwenhuis	TNO-NITG
	Met medewerking van:	
	G.B. Derksen	TNO-TPD
	M.E. van Vliet	TNO-NITG
Exemplaarnummer		
Oplage		
Aantal pagina's	143	
Aantal bijlagen		
Opdrachtgever	SenterNovem T.a.v. de heer drs. M.A. Verzandvoort Postbus 8242 3503 RE Utrecht	
Projectnaam	AW2000 Fase 1	
Projectnummer	63031	

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, foto-kopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoekopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2004 TNO



## Voorwoord – gebruik van de term ‘achtergrondgehalten’

AW2000 is een onderzoek naar de ‘achtergrondgehalten’ in Nederland. Dit brengt onmiddellijk de vraag met zich mee wat in het kader van AW2000 met de term ‘achtergrondgehalten’ wordt bedoeld. De term ‘achtergrondgehalte’ wordt in het kader van dit onderzoek als volgt gedefinieerd:

**Achtergrondgehalten: De gehalten zoals die op dit moment voorkomen in de bodem van natuur- en landbouwgronden waarvoor geldt dat er geen sprake is van belasting door lokale verontreinigingsbronnen.**

In de achtergrondgehalten zoals gepresenteerd in dit rapport zijn dus bijvoorbeeld de effecten op de bodemkwaliteit van landbouwkundig handelen (bijvoorbeeld zware metalen in mest, gebruik van bestrijdingsmiddelen) meegenomen. Tevens zijn de effecten van diffuse belasting meegenomen, ook als dit met name om regionale effecten gaat (bijvoorbeeld zware metalen in de Kempen en in het Hollands veenwijdgebied). De invloed van lokale verontreinigingsbronnen is expliciet uitgesloten door het stellen van een serie voorwaarden, zoals de afstand tot sloten, hoogspanningsleidingen, afrasteringen en wegen.

Voorgaande betekent dus dat AW2000 er *niet* op is gericht om de ‘van nature’ voorkomende gehalten aan stoffen vast te stellen. Praktisch gezien zou het erg lastig zijn om een onderzoeksopzet te definiëren die aan deze eis zou voldoen. Bovendien komen veel stoffen van nature – in lage gehalten – voor, ook stoffen waarvan je dat op het eerste gezicht niet zou verwachten (zoals bijvoorbeeld bepaalde chloorkoolwaterstoffen en PAK's). Niet alles wat op een verontreinigende stof lijkt is ook door de mens geproduceerd. In het kader van het project AW2000 is de term ‘achtergrondgehalten’ dus nadrukkelijk niet gekoppeld aan de van nature voorkomende gehalten.

De hoogte van de gehalten zoals die in dit onderzoek zijn bepaald hangt direct samen met de toegepaste analytisch chemische technieken. Voor de metalen gaat het bijvoorbeeld om de gehalten die worden gevonden na een destructie met koningswater, terwijl voor de verschillende groepen van organische stoffen verschillende extractiemethoden zijn toegepast. De toegepaste ontsluitingstechniek is bepalend voor de vraag hoeveel van een totaal aanwezige stof daadwerkelijk wordt gemeten. Een één op één vergelijking van het gehalte van een stof zoals gevonden in een willekeurig onderzoek met de achtergrondgehalten van Nederland zoals vastgesteld in AW2000 is dus alleen mogelijk indien dezelfde analysemethode wordt toegepast, dan wel de onderlinge relatie tussen de analysemethoden bekend is.

Tenslotte een opmerking over ‘het achtergrondgehalte’. Dit onderzoek is er op gericht om de verdeling van achtergrondgehalten – volgens de hierboven gegeven omschrijvende definitie – in de Nederlandse bodem vast te stellen. Er is in dit rapport dus géén sprake van één achtergrondgehalte voor een stof, maar van een verdeling van gehalten. Het kan wenselijk zijn om in een beleidsveld te werken met één achtergrondgehalte. Daarvoor is dan wel een beleidsmatige definitie noodzakelijk, bijvoorbeeld door vast te stellen dat ‘het achtergrondgehalte’ gelijk is aan de 90- of 95-percentielwaarde van de verdeling van achtergrondgehalten. Met een dergelijke definitie kan in dit rapport dan ‘het achtergrondgehalte’ voor heel Nederland worden teruggevonden. Een dergelijke

definitie voor één waarde wordt in dit rapport echter nadrukkelijk niet gegeven of gebruikt.

## Samenvatting

### Aard van de rapportage

Voor u ligt het hoofdrapport van het project ‘Achtergrondwaarden 2000’; ook wel bekend als AW2000. Het betreft de rapportage van een deel van de werkzaamheden zoals die door Alterra en TNO-NITG in Fase 1 van het project zijn uitgevoerd. Niet alle werkzaamheden van beide instituten in het kader van AW2000 komen in dit rapport aan bod; het rapport spitst zich toe op de voorbereiding van het veldwerk en de statistische analyse van het resulterende gegevensbestand.

Naast dit hoofdrapport maken ook nog twee bijlage rapporten onderdeel uit van de rapportage over fase 1.

In dit rapport wordt ingegaan op de voorbereiding van de veldwerkzaamheden en het maken van de pedogenetische boorbeschrijving. Het grootste deel van het rapport is echter gewijd aan de weergave en statistische analyse van de metingen die in fase 1 zijn uitgevoerd.

Het betreft een beschrijvend rapport, veel meer dan een concluderend rapport. Dus de achtergrondgehalten die worden gevonden worden in dit rapport beschreven, maar er wordt slecht in beperkte mate ingegaan op bijvoorbeeld de relatie tussen de gemeten gehalten en de samenstellingswaarde bijlage 1 Bouwstoffenbesluit (SW1) en de streefwaarde.

### Gemeten stoffen

In het kader van fase 1 van AW2000 zijn vrijwel alle genormeerde stoffen gemeten. De lijst van genormeerde stoffen is daarbij breed gedefinieerd, dus alle stoffen die zijn genormeerd in de Circulaire streef- en interventiewaarden, het Bouwstoffenbesluit en de Vrijstellingsregeling samenstellings- en immissiewaarden zijn in het onderzoek meegenomen. Dus ook indien er bijvoorbeeld alleen maar een indicatieve streefwaarde is gedefinieerd. Vier stoffen zijn hierop uitgezonderd omdat deze analytisch chemisch niet zijn te bepalen; te weten: o-dihydroxybenzeen (catechol), m-dihydroxybenzeen (resorcinol), p-dihydroxybenzeen (hydrochinon) en maneb. Deze stoffen zijn al ten tijde van de definitiestudie in 2001 uitgezonderd. Resteren daarmee **113 genormeerde stoffen** die in AW2000 zijn gemeten. Een overzicht van de genormeerde stoffen kan worden gevonden in Tabel 28.

Een belangrijk aspect van AW2000 is dat in de aanloopfase in overleg met de milieulaboratoria is vastgesteld welke stoffen onderdeel uitmaken van de binnen de groep van genormeerde stoffen aanwezige somparameters. Voor een deel van de somparameters was dit altijd al duidelijk (b.v. som-PAK, som-PCB), maar voor een ander deel van de somparameters is dit nooit gedefinieerd (b.v. som organochloorhoudende bestrijdingsmiddelen, organotin verbindingen). Vanuit analytisch perspectief blijken bovendien een aantal genormeerde stoffen feitelijk somparameters te zijn (b.v. chloordaan, bestaande uit de som van cis- en trans-chloordaan). Bij de definitie van de somparameters heeft de analytische meetbaarheid de hoofdrol gespeeld. Een belangrijke aanbeveling in het kader van fase 1 van AW2000 is dan ook om de somparameters nu formeel te definiëren in lijn met de definities zoals opgenomen in dit rapport. De definitie van de somparameters is weergegeven in Tabel 29.

De gedefinieerde somparameters bestaan slechts ten dele uit stoffen die individueel ook zijn genormeerd. Dat betekent dus dat een groot aantal individueel niet genormeerde stoffen moet worden gemeten ten behoeve van het bepalen van de somparameters. Het gaat daarbij **120 niet-genormeerde stoffen** die onderdeel uitmaken van somparameters.

Bovendien zijn **6 stoffen** op twee manieren gemeten en zijn tenslotte nog eens **19 additionele stoffen** gemeten die geen onderdeel uitmaken van de genormeerde stoffen of vallen onder de somparameters. Totaal zijn in dit onderzoek dus **252 stoffen** gemeten. Aanvullend daarop zijn ook nog een aantal bodemkenmerken bepaald, zoals het lutum en organisch stof gehalte.

### **Kwaliteit van de meetresultaten**

De in het kader van AW2000 uitgevoerde analyses zijn uitgevoerd onder de randvoorwaarden zoals gesteld in het accreditatieprogramma Bouwstoffenbesluit (AP04). Dit betekent dat de in AP04 voorgeschreven meetmethoden zijn toegepast en dat is voldaan aan de in AP04 gestelde randvoorwaarden met betrekking tot bijvoorbeeld de herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid. Voor veel van de stoffen geldt dat AP04 hiervoor geen specifieke methode voorschrijft. In die gevallen is het onderzoeksprotocol van AP04 van toepassing waarin kwaliteitseisen zijn gedefinieerd. In de rapportage van ALcontrol wordt, naast de resultaten van de monsters die in het kader van AW2000 zijn verzameld, uitgebreid ingegaan op de kwaliteitsborging die in het kader van dit project heeft plaatsgevonden.

Met uitzondering van een deel van de stoffen die vallen in de groep ‘wateroplosbare oplosmiddelen’, is geconstateerd dat ALcontrol heeft voldaan aan de gestelde kwaliteitseisen. Dit impliceert niet dat de gehalten voor de volledige 100% juist zijn. Per definitie is er sprake van meetonnauwkeurigheid ten gevolge van in ieder geval toevallige fouten en mogelijk ook eventuele systematische fouten. In de uitgevoerde statistische analyse van de gegevens in dit rapport is hier in beperkte mate naar gekeken, maar dit heeft geen consequenties gehad voor de statistische verwerking en weergave van de meetresultaten van de AW2000 monsters.

### **Monsternemingslocaties**

Alle eerder genoemde stoffen en bodemkenmerken zijn bepaald in de monsters van de bovengrond en ondergrond van de 100 in het kader van fase 1 geselecteerde monsternemingslocaties. Deze locaties zijn gekozen op basis van een gestratificeerd aselecte kanssteekproef. Stratificatie heeft daarbij primair plaatsgevonden op basis van bodemtype en bodemgebruik. Additioneel is bovendien een aantal gedefinieerde klassen die een groot oppervlak van de Nederlandse bodem vertegenwoordigen verder opgesplitst op basis van het geografisch voorkomen. Dit om er voor te zorgen dat de 100 locaties goed zijn verspreid over heel Nederland. De ligging van de meetlocaties is weergegeven in Figuur 2.

Het blijkt dat de uitgevoerde stratificatie een positief effect heeft op de schatting van de statistische kentallen van de verdeling van de gemeten stoffen. Met name voor de metalen levert de stratificatie een wezenlijke verbetering van de betrouwbaarheid op. Het sterkst is ‘de winst’ daarbij voor de bovengrond, hetgeen overeenkomt met het feit dat de stratificatie ook is gebaseerd op het bodemtype van de bovengrond.

### **Weergave van de metingen per stof**

Voor alle gemeten stoffen zijn datasheets gemaakt waarin de gegevens per stof worden gepresenteerd. De gegevens die hierin worden gepresenteerd zijn gewogen op basis van de uitgevoerde kanssteekproef en doen dus een uitspraak over de gehalten zoals deze in het landbouwareaal en de natuurgebieden in heel Nederland kunnen worden gevonden. Het totaal aan datasheets is opgenomen in een separaat bijlage rapport (Bijlage Rapport 1 AW2000).

Alvorens de gegevens statistisch te kunnen bewerken zijn de ‘kleiner dan’ waarden omgerekend tot ‘rekenwaarden’ door de ‘kleiner dan’ waarden te vermenigvuldigen met een factor 0,7. In tegenstelling tot bij normaal bodemonderzoek zijn de ‘kleiner dan’

waarden in het kader van dit onderzoek gedefinieerd op basis van de aantoonbaarheidsgrens en niet op basis van de hoger liggende bepalingsgrens. Voor een groot aantal stoffen worden (zeer) veel 'kleiner dan' waarden gerapporteerd. Bij de correctie voor lutum en organisch stof om de gemeten gehalten om te rekenen in gehalten in de bij de normstelling gehanteerde 'standaard bodem' (25 % lutum en 10 % organisch stof), ontstaat ook voor de 'kleiner dan' waarden een kleine verdeling van rekenwaarden rondom de  $0,7 * \text{de aantoonbaarheidsgrens}$ . Dit heeft consequenties voor de mogelijkheden om percentielwaarden van de verdeling te schatten. Omrekenen van de gemeten gehalten in gehalten in de standaard bodem is wenselijk om een directe vergelijking met de normwaarden mogelijk te maken.

In de datasheets zijn de volgende gegevens opgenomen:

- Een histogram van de voor de steekproef gewogen meetwaarden.
- Een histogram van de voor de steekproef gewogen en voor het lutum en organisch stof gehalte gecorrigeerde meetwaarden – dus de gehalten zoals die voor zouden komen in de 'standaard bodem'. Deze gehalten kunnen 1:1 worden vergeleken met de normwaarden en indien de normwaarde (SW1 of streefwaarde) ook in de range van de gemeten gehalten valt is deze in het histogram weergegeven.
- Op basis van de voor de steekproef gewogen meetwaarden: een tabel met enkele statistische kentallen (het minimum, de mediaanwaarde, de P<sub>80</sub>, P<sub>90</sub>, P<sub>95</sub> en het maximum).
- Op basis van de voor de steekproef gewogen en voor het lutum en organisch stof gehalte gecorrigeerde meetwaarden: een tabel met enkele statistische kentallen (het minimum, de mediaanwaarde, de P<sub>80</sub>, P<sub>90</sub>, P<sub>95</sub> en het maximum).
- Een overzicht van het percentage overschrijdingen van de normwaarden (streefwaarde, tussenwaarde en interventiewaarde of SW1 en SW2; voor zover beschikbaar).
- Een overzicht van het aantal waarnemingen beneden de aantoonbaarheidsgrens en de bepalingsgrens.

### **Constateringen met betrekking tot de aangetroffen gehalten**

Op basis van de datasheets kunnen een aantal zaken worden geconstateerd:

- De gehalten in de bovengrond zijn over het algemeen hoger dan in de ondergrond. Het is opvallend dat stoffen met een relatief hoog percentage overschrijdingen van de streefwaarde in de bovengrond, ook relatief hoge overschrijdingspercentages voor de ondergrond laten zien.
- Binnen de categorie van de metalen valt het op dat voor een aantal metalen meer dan 5% van de waarnemingen de huidige streefwaarde overschrijdt. In de bovengrond geldt dit voor barium, kobalt, koper, vanadium en antimoon. Voor de ondergrond geldt dit voor barium, beryllium, kobalt, vanadium en antimoon. Verder valt vanadium op door het hoge percentage overschrijdingen van de streefwaarde: bijna 70% voor de bovengrond en 40% voor de ondergrond.
- Onder de anorganische parameters vallen thiocyanaten en CN-vrij op door het hoge percentage overschrijdingen van de streefwaarde: in de bovengrond overschrijdt voor beide stoffen meer dan 60% van de waarnemingen de streefwaarde. In de ondergrond bedraagt het overschrijdingspercentage respectievelijk 26 en 15%.
- De grote groep van organische verbindingen wordt gekenmerkt door het grote aantal waarnemingen beneden de aantoonbaarheidsgrens. Voor ca. 50% van alle geanalyseerde organische verbindingen geldt dat minder dan 5% van de waarnemingen boven de aantoonbaarheidsgrens ligt. Dit geldt onafhankelijk van de vraag of een organische stof zelf is genormeerd of onderdeel uitmaakt van een somparameter.

- Binnen de groep van organische verbindingen valt vooral de groep van de bestrijdingsmiddelen op door het aantal stoffen met een relatief hoog percentage overschrijdingen van de streefwaarde. Voor  $\gamma$ -HCH, som heptachloorepoxide, alfa-endosulfan, dieldrin, aldrin, endrin, som drins, som DDT/DDD/DDE en organotinverbindingen overschrijdt meer dan 10% van de waarnemingen in de bovengrond de betreffende streefwaarde. Met uitzondering voor  $\alpha$ -endosulfan en organotinverbindingen ligt voor deze stoffen het overschrijdingspercentage van de streefwaarde in de ondergrond ook boven de 10%. Verder valt voor de som aan organotinverbindingen op dat in de bovengrond zelfs de tussenwaarde in meer dan 10% van de waarnemingen wordt overschreden.
- Van de overige organische verbindingen overschrijdt voor de volgende stoffen meer dan 10% van de waarnemingen de streefwaarde in de boven- én ondergrond: tetrahydrofuran, 1,1,2-trichloorethaan, MCPA, som chloorfenolen, minerale olie en de som ftalaten.
- Voor een beperkt aantal stoffen wordt in een beperkt aantal monsters de interventiewaarde voor de betreffende stof overschreden. Het gaat om:
  - Bovengrond: som organotin verbindingen (4 locaties), antimoon (2 locaties), som HCH (1 locatie), som DDT/DDE/DDD (1 locatie), formaldehyde (1 locatie) en acrylonitril (1 locatie)
  - Ondergrond: formaldehyde (5 locaties), som organotin verbindingen (2 locaties), som ftalaten (1 locatie) en acrylonitril (1 locatie).

Bij de overschrijding van de interventiewaarde voor de ftalaten wordt opgemerkt dat de analyse van deze gehele groep van stoffen onbetrouwbaar is ten gevolge van het optreden van contaminatie van de monsters door contact met materialen die weekmakers bevatten. De overschrijdingen komen niet geclusterd voor. Slechts op één locatie (132-38) wordt voor twee stoffen (som organotin verbindingen en som HCH) worden twee interventiewaarde overschrijdingen aangetroffen. Er bestaat ook geen relatie tussen de overschrijdingen van de interventiewaarde in de bovengrond en de ondergrond.

### **Aanvullende bepalingen**

Aanvullend op de datasheets per stof is ook gekeken naar een aantal andere aspecten uit het gegevensbestand. Deels gaat het daarbij om een aantal aspecten van de veld- en laboratoriumwerkzaamheden (greep- en monstergrootte, duplo-analyses en controle duplo's), maar er is ook gekeken naar de correlatie tussen stoffen en de relatie tussen de gehalten in de ondergrond en de bovengrond. Tenslotte is voor een aantal van de metingen die niet kunnen worden gerekend tot de te onderzoeken stoffen ook nog een statistische analyse van de gegevens uitgevoerd (lutum gehalte, organisch stof gehalte, droge stof gehalte, totaal organisch koolstof, pH en calcië).

### **Betrouwbaarheid van de resultaten**

Bij het vaststellen van de achtergrondgehalten is het uiteindelijk van belang om vast te stellen hoe betrouwbaar de verdeling van achtergrondgehalten zou moeten zijn vastgesteld. Een beleidsmatige definitie van de gewenste betrouwbaarheid was niet beschikbaar. Om die reden is het niet mogelijk om te concluderen voor welke stoffen de verdeling van de achtergrondgehalten voldoende dan wel onvoldoende betrouwbaar is vastgesteld.

Een omgekeerde benadering is in principe echter wel mogelijk, namelijk door voor de stoffen de betrouwbaarheid in de gemeten verdeling van gehalten vast te stellen. Dit is gedaan door het kwantificeren van het betrouwbaarheidsinterval van de 95-percentielwaarde van de verdeling van gemeten gehalten. Dit was echter maar voor een deel van de stoffen daadwerkelijk mogelijk. Indien namelijk minder dan 5% van de waarne-



mingen groter is dan de aantoonbaarheidsgrens, is het niet mogelijk om de 95-percentielwaarde te schatten.

In Bijlage Rapport 2 AW2000 is een aantal tabellen opgenomen waarin de statistische kentallen per stof zijn weergegeven. Voor de genormeerde stoffen in de bovengrond zijn deze gegevens eveneens hierna weergegeven in Tabel 1, terwijl de gegevens voor de genormeerde stoffen in de ondergrond zijn weergegeven in Tabel 2.

Per stof bevatten de tabellen een aantal kentallen die de verdeling van de achtergrondgehalten kenmerken. Het betreft het minimum, de mediaan (P<sub>50</sub>), de 80-, 90- en 95-percentielwaarde en het maximum. Bovendien zijn voor de 95-percentielwaarde de onder- en bovengrens van het 90% betrouwbaarheidsinterval opgenomen alsmede de relatieve breedte van dat betrouwbaarheidsinterval. De breedte van het betrouwbaarheidsinterval rond de 90-percentielwaarde kan worden gezien als een indicatie voor de nauwkeurigheid waarmee de verdeling van de achtergrondgehalten bekend is. Een breed betrouwbaarheidsinterval betekent dat de verdeling van achtergrondgehalten op basis van de resultaten in fase 1 van AW2000 nog niet erg goed bekend is.

Wanneer minder dan 5% waarnemingen boven de aantoonbaarheidsgrens beschikbaar zijn kan de 95-percentielwaarde – en dus ook het betrouwbaarheidsinterval – niet worden berekend.

Tabel 1 Statistische kentallen voor de genormeerde stoffen in de bovengrond

stof	Gehalten in de BOVENGROND (0,0 – 0,1 m-mv)									SW1	S
	min.	P50	P80	P90	P95	max.	P95 90% b.i. onder- grens (mg/kg ds)	P95 90% b.i. boven- grens (mg/kg ds)	b.i. P95 rel		
mg/kg ds *											
<b>1. Metalen</b>											
antimoon (Sb)	< 0,01	< 0,01	0,16	0,39	0,78	1,93	0,43	1,70	163%	3	3
antimoon (Sb) (hydride)	0,06	0,38	1,65	6,47	8,38	18,52	7,45	15,08	91%	3	3
arseen (As)	< 0,01	7,44	13,38	16,55	19,61	32,76	16,55	32,76	83%	29	29
arseen (As) (hydride)	0,20	4,24	11,10	15,21	19,54	41,98	15,21	41,98	137%	29	29
barium (Ba)	16,57	72,80	108,50	145,40	184,40	278,05	148,10	278,05	70%	200	160
beryllium (Be)	< 0,02	< 0,02	0,78	0,96	1,03	1,45	0,96	1,45	48%		1,1
cadmium (Cd)	< 0,00	0,18	0,30	0,46	0,57	1,30	0,46	1,30	146%	0,8	0,8
chromium (Cr)	4,15	25,54	43,38	47,65	52,71	65,34	50,29	65,34	29%	100	100
kobalt (Co)	< 0,01	5,64	8,67	10,01	11,09	15,83	10,21	14,18	36%	20	9
koper (Cu)	< 0,10	13,15	22,05	30,17	36,18	86,22	30,17	86,22	155%	36	36
kwik (Hg)	< 0,00	0,06	0,08	0,11	0,15	0,68	0,11	0,68	372%	0,3	0,3
lood (Pb)	1,32	19,37	29,96	37,40	48,39	238,63	37,40	238,63	416%	85	85
molybdeen (Mo)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	2,72	n.b.	n.b.		10	3
nikkel (Ni)	< 0,05	11,32	20,54	22,98	28,43	37,55	24,67	31,40	24%	35	35
seleen (Se)	< 1,33	< 1,33	< 1,33	< 1,33	< 1,33	< 1,33	n.b.	n.b.		0,7	0,7
seleen (Se) (hydride)	< 0,04	0,17	0,29	0,44	0,56	1,43	0,46	1,43	173%	0,7	0,7
tellurium (Te)	< 0,10	1,85	3,42	4,39	5,51	8,37	4,39	8,37	72%		
thallium (Tl)	< 0,10	0,23	0,44	0,53	0,75	1,23	0,53	1,23	93%		1
tin (Sn)	< 0,20	< 0,20	2,24	3,65	6,05	19,95	4,37	17,19	212%	20	
vanadium (V)	5,73	52,20	65,19	71,94	75,55	200,46	72,23	200,46	170%	42	42
zilver (Ag)	< 0,20	0,22	0,49	1,28	1,72	2,40	1,37	2,40	60%		
zink (Zn)	9,52	62,73	85,00	101,88	133,85	166,85	121,48	166,85	34%	140	140
<b>2. Overige anorganische stoffen</b>											
bromide	< 0,80	< 0,80	< 0,80	1,20	1,70	2,87	1,30	2,23	55%	20	20
chloride	< 8,00	20,00	37,00	67,00	112,00	486,00	67,00	248,00	162%	200	
cyanide (vrij)	< 0,10	1,20	1,90	2,60	3,00	7,68	2,60	6,70	137%	1	1
cyanide-complex (pH < 5)	< 0,08	1,60	2,70	3,70	5,30	12,30	4,15	8,10	75%	5	5

stof	Gehalten in de BOVENGROND (0,0 – 0,1 m-mv)									SW1	S
	min.	P50	P80	P90	P95	max.	P95 90% b.i. onder- grens (mg/kg ds)	P95 90% b.i. boven- grens (mg/kg ds)	b.i. P95 rel		
mg/kg ds *											
fluoride	< 15,00	89,70	190,60	286,70	341,20	392,20	287,50	392,20	31%	500	500
thiocyanaten (som)	< 0,20	1,60	2,70	3,70	5,80	11,80	3,90	11,80	136%		1
sulfaat	< 8,00	46,00	79,00	168,00	233,00	1103,00	168,00	1103,00	401%		
<b>3. Aromatische stoffen</b>											
benzeen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	n.b.	n.b.		0,05	0,01
ethylbenzeen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	n.b.	n.b.		0,05	0,03
tolueen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,43	n.b.	n.b.		0,05	0,01
xylenen (som)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,08	n.b.	n.b.			0,1
styreen (vinylbenzeen)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,11	n.b.	n.b.		0,3	0,3
fenol	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,06	n.b.	n.b.		0,05	0,05
o-dihydroxybenzeen (catechol)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,05
m-dihydroxybenzeen (resorcinol)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,05
p-dihydroxybenzeen (hydrochinon)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,05
cresolen (som o-, m-, p-)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	n.b.	n.b.		0,05	0,05
dodecylbenzeen	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	n.b.	n.b.			
aromatische oplosmiddelen	< 0,09	< 0,09	< 0,09	0,19	0,27	0,78	0,19	0,78	216%		
<b>4. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)</b>											
naftaleen	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,01	0,01	0,88	0,01	0,88	6259%		
fenantreen	< 0,00	0,01	0,02	0,07	0,20	1,16	0,07	1,16	539%		
antraceen	< 0,00	< 0,00	0,01	0,02	0,03	0,54	0,02	0,54	1887%		
fluorantheen	< 0,00	0,03	0,06	0,14	0,24	2,20	0,14	2,20	862%		
chryseen	< 0,00	0,01	0,03	0,06	0,10	0,74	0,06	0,74	684%		
benzo(a)antraceen	< 0,00	0,01	0,03	0,06	0,14	0,84	0,06	0,84	565%		
benzo(a)pyreen	< 0,00	0,01	0,03	0,06	0,12	0,76	0,06	0,76	575%		
benzo(k)fluorantheen	< 0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,31	0,04	0,31	404%		
indeno(1,2,3cd)pyreen	< 0,00	0,02	0,04	0,07	0,11	0,46	0,07	0,46	348%		
benzo(ghi)peryleen	< 0,00	0,01	0,03	0,06	0,08	0,39	0,06	0,39	448%		
PAK's totaal (som 10)	< 0,02	0,12	0,28	0,62	1,12	8,23	0,62	8,23	679%	1	1
<b>5. Gechloreerde koolwaterstoffen</b>											
<b>a. (vluchtige) chloorkoolwaterstoffen</b>											
monochlooretheen (vinylchloride)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.			0,01
dichloormethaan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,07	0,08	0,14	0,07	0,14	78%	0,4	0,4
1,1-dichloorethaan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.		0,02	
1,2-dichloorethaan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,00	n.b.	n.b.		0,02	
1,1-dichlooretheen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	n.b.	n.b.		0,1	0,1
1,2-dichlooretheen (som cis en trans)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.		0,2	
dichloorpropanen	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	n.b.	n.b.			
trichloormethaan (chloroform)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,08	n.b.	n.b.		0,02	0,02
1,1,1-trichloorethaan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.		0,07	0,07
1,1,2-trichloorethaan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,54	n.b.	n.b.		0,4	0,4
trichlooretheen (Tri)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,11	n.b.	n.b.		0,1	0,1
tetrachloormethaan (Tetra)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.		0,4	0,4
tetrachlooretheen (Per)	< 0,01	< 0,01	0,05	0,09	0,13	1,50	0,09	1,50	1093%	0,01	0,002
<b>b. chloorbenzenen</b>											
chloorbenzenen (som)	0,02	0,15	0,24	0,31	0,37	0,39	0,31	0,39	20%	0,03	0,03
<b>c. chloorfenolen</b>											
chloorfenolen (som)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	0,04	0,10	0,03	0,10	156%	0,01	0,01
pentachloorfenol	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	n.b.	n.b.			

stof	Gehalten in de BOVENGROND (0,0 – 0,1 m-mv)									SW1	S
	min.	P50	P80	P90	P95	max.	P95 90% b.i. onder- grens (mg/kg ds)	P95 90% b.i. boven- grens (mg/kg ds)	b.i. P95 rel		
mg/kg ds *											
<b>d. polychloorbifenylen (PCB's)</b>											
PCB's (som 7)	< 0,00	< 0,00	0,01	0,01	0,02	0,56	0,01	0,56	2916%	0,02	0,02
<b>e. overige gechloreerde koolwaterstoffen</b>											
monochlooranilinen (som)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04	n.b.	n.b.			0,005
dichlooranilinen (som)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,06	0,08	0,05	0,08	59%		0,005
trichlooranilinen (som)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,05	n.b.	n.b.			
tetrachlooranilinen (som)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	n.b.	n.b.			
pentachlooranilinen (som)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,38	n.b.	n.b.			
chlooranilinen (som)	< 0,05	< 0,05	0,11	0,17	0,25	0,58	0,17	0,58	167%		
EOX (totaal)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,71	0,91	1,66	0,71	1,66	104%	0,3	0,3
dioxine	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	n.b.	n.b.			
chloornaftaleen (som $\alpha$ , $\beta$ )	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	n.b.	n.b.			
<b>6. Bestrijdingsmiddelen</b>											
<b>a. organochloorbestrijdingsmiddelen</b>											
aldrin	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	435%		0,00006
chlooraan	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	9289%	0,01	0,00003
DDT/DDE/DDD	< 0,00	0,00	0,04	0,16	0,27	6,97	0,16	6,97	2543%	0,0025	0,01
dieldrin	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,06	699%		0,0005
endrin	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	99%		0,00004
drins (som)	< 0,00	< 0,00	0,01	0,01	0,01	0,18	0,01	0,18	1161%	0,005	0,005
a-endosulfan	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	127%	0,0025	0,00001
a-HCH	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	7,18	0,00	7,18	685234%		0,003
$\beta$ -HCH	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	322%		0,009
?-HCH (lindaan)	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,04	1173%		0,00005
HCH-verbindingen (som)	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,01	7,18	0,00	7,18	112558%	0,01	0,01
heptachloor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	1216%	0,0025	0,0007
heptachloorepoxide (som)	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	144%		0,0000002
organochloorhoudende bestrijdings- middelen	< 0,00	0,01	0,05	0,20	0,38	11,63	0,20	11,63	3035%		
<b>b. organofosforpesticiden</b>											
azinfos-methyl	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,01	n.b.	n.b.			0,000005
<b>c. organotin bestrijdingsmiddelen</b>											
organotin verbindingen	< 0,00	< 0,00	0,36	1,48	2,41	4,30	1,48	4,30	117%		0,001
<b>d. chloorfenoxi-azijnzuur herbiciden</b>											
MCPA	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	n.b.	n.b.			0,00005
<b>e. overige bestrijdingsmiddelen</b>											
atrazine	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	n.b.	n.b.		0,0002	0,0002
carbaryl	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04	n.b.	n.b.			0,00003
carbofuran	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,04	n.b.	n.b.			0,00002
maneb	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,002
4-chloormethylfenolen niet-chloorhoudende bestrijdings- middelen (som)	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,05	n.b.	n.b.			
	< 0,02	< 0,02	0,04	0,06	0,07	0,11	0,06	0,11	72%		
<b>7. Overige stoffen</b>											
cyclohexanon	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	n.b.	n.b.			
ftalaten (som)	0,10	1,83	4,27	6,51	7,15	22,90	6,61	22,90	228%	0,1	0,1
minerale olie	< 17,00	< 17,00	< 17,00	101,80	186,70	274,20	106,20	274,20	90%	50	50
pyridine	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	n.b.	n.b.		0,1	0,1
tetrahydrofuran	< 0,05	0,22	0,36	0,40	0,44	0,61	0,40	0,61	47%	0,1	0,1
tetrahydrothiofeen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	n.b.	n.b.		0,1	0,1

stof	Gehalten in de BOVENGROND (0,0 – 0,1 m-mv)									SW1	S
	min.	P50	P80	P90	P95	max.	P95 90% b.i. onder- grens (mg/kg ds)	P95 90% b.i. boven- grens (mg/kg ds)	b.i. P95 rel		
tribroommethaan (bromoform)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.			
ethyleenglycol	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	5,00	9,76	4,00	9,76	115%		
diethyleenglycol	< 1,00	< 1,00	< 1,00	6,03	7,56	10,20	6,14	10,20	54%		
acrylonitril 1)	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	0,62	n.b.	n.b.			0,000007
formaldehyde	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,45	n.b.	n.b.			
isopropanol (2-propanol)	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	0,75	3,86	0,60	3,86	438%		
methanol	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	2,82	7,82	1,00	7,82	241%		
butanol (1-butanol) 1)	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	n.b.	n.b.			
butylacetaat 1)	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	n.b.	n.b.			
ethylacetaat 1)	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	5,48	n.b.	n.b.			
methyl-tert-butyl ether (MTBE)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.			
methylethylketon	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	n.b.	n.b.			

n.b. Niet bepaald (omdat minder dan 5% van de waarnemingen een waarde groter dan de aantoonbaarheidsgrens heeft)

- Niet in AW2000 meegenomen omdat voor deze stof geen geschikte analysemethode beschikbaar is

\* Alle gehalten in mg/kg ds met uitzondering van dioxine dat is uitgedrukt in I-TEQ

1) Van deze stof zijn de kentallen onbetrouwbaar doordat de extracten door ALcontrol te lang zijn bewaard en er meer dan 20% verliezen zullen zijn opgetreden ten opzichte van de oorspronkelijk aanwezige gehalten

De 'kleiner dan' waarden zijn weergegeven op basis van de aantoonbaarheidsgrens, waar van toepassing afgerond op basis van twee cijfers achter de komma.

Alle gehalten zijn uitgedrukt op twee cijfers achter de komma.

Tabel 2 Statistische kentallen voor de genormeerde stoffen in de ondergrond

stof	Gehalten in de ONDERGROND (0,5 – 1,0 m-mv)									SW1	S
	min.	P50	P80	P90	P95	max.	P95 90% b.i. onder- grens (mg/kg ds)	P95 90% b.i. boven- grens (mg/kg ds)	b.i. P95 rel		
<b>1. metalen</b>											
antimoon (Sb)	< 0,01	< 0,01	0,11	0,28	0,50	3,00	0,28	3,00	544%	3	3
antimoon (Sb) (hydride)	< 0,01	0,18	1,37	4,71	9,36	13,23	5,21	13,23	86%	3	3
arsen (As)	0,67	4,55	11,02	12,80	16,28	20,83	12,80	20,83	49%	29	29
arsen (As) (hydride)	< 0,10	2,22	10,60	12,93	15,26	24,73	12,93	24,73	77%	29	29
barium (Ba)	21,28	78,00	112,50	154,90	174,60	257,93	154,90	257,93	59%	200	160
beryllium (Be)	< 0,02	< 0,02	0,79	0,97	1,15	3,08	1,06	3,08	176%		1,1
cadmium (Cd)	< 0,00	< 0,00	0,05	0,14	0,19	1,21	0,14	1,21	562%	0,8	0,8
chromium (Cr)	3,12	18,10	40,58	48,43	51,53	66,44	48,43	66,44	35%	100	100
kobalt (Co)	< 0,01	4,88	8,89	11,07	14,27	26,22	11,07	26,22	106%	20	9
koper (Cu)	< 0,10	4,92	9,64	19,63	26,01	38,83	19,63	38,83	74%	36	36
kwik (Hg)	< 0,00	0,02	0,03	0,06	0,08	0,15	0,06	0,15	109%	0,3	0,3
lood (Pb)	< 0,05	5,28	12,11	14,40	21,80	40,33	15,00	40,33	116%	85	85
molybdeen (Mo)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,10	1,25	0,01	1,13	1120%	10	3
nikkel (Ni)	< 0,05	9,24	21,36	28,38	33,30	51,40	28,38	51,40	69%	35	35
seleen (Se)	< 1,33	< 1,33	< 1,33	< 1,33	< 1,33	< 1,33	n.b.	n.b.		0,7	0,7
seleen (Se) (hydride)	< 0,04	0,08	0,20	0,37	0,60	1,19	0,37	0,80	72%	0,7	0,7
tellurium (Te)	< 0,10	1,47	2,87	3,93	4,55	8,31	3,93	8,31	96%		
thallium (Tl)	< 0,10	0,18	0,30	0,44	0,74	2,57	0,44	2,57	288%		1
tin (Sn)	< 0,20	< 0,20	< 0,20	0,95	1,58	3,17	0,95	3,17	141%	20	
vanadium (V)	7,47	35,14	56,17	67,71	93,54	110,94	67,71	110,94	46%	42	42
zilver (Ag)	< 0,20	0,25	0,48	1,56	2,28	3,15	1,56	3,15	70%		

stof	Gehalten in de ONDERGROND (0,5 – 1,0 m-mv)							P95 90% b.i. onder- grens (mg/kg ds)	P95 90% b.i. boven- grens (mg/kg ds)	b.i. P95 rel	SW1	S
	min.	P50	P80	P90	P95	max.	mg/kg ds *					
zink (Zn)	< 1,00	21,74	57,27	64,34	90,72	184,88	64,34	184,88	133%	140	140	
<b>2. Overige anorganische stoffen</b>												
bromide	< 0,80	< 0,80	< 0,80	0,90	1,10	3,10	0,90	2,60	155%	20	20	
chloride	< 8,00	17,00	34,00	67,00	122,00	435,00	67,00	296,00	188%	200		
cyanide (vrij)	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,50	1,80	4,25	1,50	4,25	153%	1	1	
cyanide-complex (pH < 5)	< 0,08	< 0,08	1,10	1,50	2,50	5,50	1,60	3,90	92%	5	5	
fluoride	< 15,00	79,70	148,90	230,60	301,80	42005,00	239,60	357,00	39%	500	500	
thiocyanaten (som)	< 0,20	0,50	1,20	1,90	3,00	10,80	1,90	10,80	297%		1	
sulfaat	9,00	52,00	134,00	515,00	1405,00	14513,00	620,00	14513,00	989%			
<b>3. Aromatische stoffen</b>												
benzeen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,00	n.b.	n.b.		0,05	0,01	
ethylbenzeen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.		0,05	0,03	
tolueen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	n.b.	n.b.		0,05	0,01	
xylenen (som)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	n.b.	n.b.			0,1	
styreen (vinylbenzeen)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.		0,3	0,3	
fenol	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,28	n.b.	n.b.		0,05	0,05	
o-dihydroxybenzeen (catechol)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,05	
m-dihydroxybenzeen (resorcinol)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,05	
p-dihydroxybenzeen (hydrochinon)	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,05	
cresolen (som o-, m-, p-)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,07	0,09	0,07	0,09	27%	0,05	0,05	
dodecylbenzeen	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,01	n.b.	n.b.				
aromatische oplosmiddelen	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	< 0,09	0,71	n.b.	n.b.				
<b>4. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)</b>												
naftaleen	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,06	n.b.	n.b.				
fenantreen	< 0,00	0,00	0,01	0,02	0,02	0,09	0,02	0,09	360%			
antraceen	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,01	0,06	0,00	0,06	912%			
fluorantheen	< 0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,32	0,03	0,32	786%			
chryseen	< 0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,08	0,01	0,08	274%			
benzo(a)antraceen	< 0,00	< 0,00	0,01	0,01	0,02	0,26	0,01	0,26	1405%			
benzo(a)pyreen	< 0,00	< 0,00	0,01	0,01	0,02	0,08	0,01	0,08	355%			
benzo(k)fluorantheen	< 0,00	< 0,00	0,01	0,01	0,01	0,04	0,01	0,04	316%			
indeno(1,2,3cd)pyreen	< 0,00	< 0,00	0,01	0,02	0,05	1,01	0,02	1,01	2182%			
benzo(ghi)peryleen	< 0,00	< 0,00	0,01	0,02	0,05	0,14	0,02	0,14	230%			
PAK's totaal (som 10)	< 0,02	0,04	0,11	0,14	0,24	1,13	0,15	1,13	401%	1	1	
<b>5. Gechloreerde koolwaterstoffen</b>												
<b>a. (vluchtige) chloorkoolwaterstoffen</b>												
monochlooretheen (vinylchloride)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.			0,01	
dichloormethaan	< 0,01	< 0,01	0,11	0,12	0,14	0,19	0,13	0,19	43%	0,4	0,4	
1,1-dichloorethaan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.		0,02		
1,2-dichloorethaan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.		0,02		
1,1-dichlooretheen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	n.b.	n.b.		0,1	0,1	
1,2-dichlooretheen (som cis en trans)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	n.b.	n.b.		0,2		
dichloorpropanen	< 0,03	< 0,03	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.				
trichloormethaan (chloroform)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,06	0,14	0,05	0,14	151%	0,02	0,02	
1,1,1-trichloorethaan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,13	n.b.	n.b.		0,07	0,07	
1,1,2-trichloorethaan	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	n.b.	n.b.		0,4	0,4	
trichlooretheen (Tri)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	n.b.	n.b.		0,1	0,1	
tetrachloormethaan (Tetra)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,02	n.b.	n.b.		0,4	0,4	
tetrachlooretheen (Per)	< 0,01	< 0,01	0,09	0,12	0,23	1,49	0,12	1,49	606%	0,01	0,002	

stof	Gehalten in de ONDERGROND (0,5 – 1,0 m-mv)									SW1	S
	min.	P50	P80	P90	P95	max.	P95 90% b.i. onder- grens (mg/kg ds)	P95 90% b.i. boven- grens (mg/kg ds)	b.i. P95 rel		
mg/kg ds *											
<b>b. chloorbenzenen</b>											
chloorbenzenen (som)	0,02	0,37	0,37	0,37	0,37	0,82	0,37	0,82	122%	0,03	0,03
<b>c. chloorfenolen</b>											
chloorfenolen (som)	< 0,01	< 0,01	0,03	0,04	0,05	0,07	0,04	0,07	69%	0,01	0,01
pentachloorfenol	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	n.b.	n.b.			
<b>d. polychloorbifenyleen (PCB's)</b>											
PCB's (som 7)	< 0,00	< 0,00	0,01	0,01	0,02	0,12	0,01	0,12	669%	0,02	0,02
<b>e. overige gechloreerde koolwaterstoffen</b>											
monochlooranilinen (som)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	n.b.	n.b.			0,005
dichlooranilinen (som)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	n.b.	n.b.			0,005
trichlooranilinen (som)	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,06	n.b.	n.b.			
tetrachlooranilinen (som)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.			
pentachlooranilinen (som)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,47	n.b.	n.b.			
chlooranilinen (som)	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,18	0,20	0,66	0,17	0,66	234%	0,005	
EOX (totaal)	< 0,10	< 0,10	0,63	0,79	1,20	2,25	0,79	2,25	122%	0,3	0,3
dioxine	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	46%		
chloornaftaleen (som $\alpha$ , $\beta$ )	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	n.b.	n.b.			
<b>6. Bestrijdingsmiddelen</b>											
<b>a. organochloorbestrijdingsmiddelen</b>											
aldrin	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	676%		0,00006
chloordaan	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,02	542%	0,01	0,00003
DDT/DDE/DDD	< 0,00	< 0,00	0,02	0,05	0,14	1,55	0,05	1,55	1095%	0,0025	0,01
dieldrin	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,01	0,13	0,00	0,13	1713%		0,0005
endrin	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,05	2000%		0,00004
drins (som)	< 0,00	< 0,00	0,01	0,01	0,02	0,14	0,01	0,14	576%	0,005	0,005
a-endosulfan	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	699%	0,0025	0,00001
a-HCH	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	n.b.	n.b.			0,003
$\beta$ -HCH	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	2900%		0,009
?-HCH (lindaan)	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	116%		0,00005
HCH-verbindingen (som)	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,03	1106%	0,01	0,01
heptachloor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	624%	0,0025	0,0007
heptachloorepoxide (som)	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	589%		0,000002
organochloorhoudende bestrijdings- middelen	0,02	0,01	0,03	0,08	0,14	1,72	0,08	1,72	1147%		
<b>b. organofosforpesticiden</b>											
azinfos-methyl	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,01	0,03	0,01	0,03	190%		0,000005
<b>c. organotin bestrijdingsmiddelen</b>											
organotin verbindingen	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,15	11,09	0,00	11,09	7422%		0,001
<b>d. chloorfenoxi-azijnzuur herbiciden</b>											
MCPA	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	n.b.	n.b.			0,00005
<b>e. overige bestrijdingsmiddelen</b>											
atrazine	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	< 0,00	0,00	n.b.	n.b.		0,0002	0,0002
carbaryl	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	n.b.	n.b.			0,00003
carbofuran	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,05	n.b.	n.b.			0,00002
maneb	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0,002
4-chloormethylfenolen	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	n.b.	n.b.			
niet-chloorhoudende bestrijdings- delen (som)	< 0,02	< 0,02	0,10	0,11	0,12	0,20	0,11	0,20	77%		
<b>7. Overige stoffen</b>											
cyclohexanon	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	n.b.	n.b.			

stof	Gehalten in de ONDERGROND (0,5 – 1,0 m-mv)						P95 90% b.i. onder- grens (mg/kg ds)	P95 90% b.i. boven- grens (mg/kg ds)	b.i. P95 rel	SW1	S
	min.	P50	P80	P90	P95	max.					
ftalaten (som)	0,13	3,51	6,69	11,44	18,03	61,43	11,44	61,43	277%	0,1	0,1
minerale olie	< 17,00	< 17,00	< 17,00	125,00	330,00	560,00	125,00	560,00	132%	50	50
pyridine	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	n.b.	n.b.		0,1	0,1
tetrahydrofuran	< 0,05	0,50	0,59	0,65	0,75	0,85	0,65	0,85	27%	0,1	0,1
tetrahydrothiofeen	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	n.b.	n.b.		0,1	0,1
tribroommethaan (bromoform)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,00	n.b.	n.b.			
ethyleenglycol	< 0,80	< 0,80	5,50	7,50	9,00	28,00	7,50	28,00	228%		
diethyleenglycol	< 1,00	< 1,00	9,58	15,00	16,00	21,00	15,00	21,00	38%		
acrylonitril 1)	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	3,15	n.b.	n.b.			0,000007
formaldehyde	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,00	n.b.	n.b.			
isopropanol (2-propanol)	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	2,29	8,69	0,60	8,69	354%		
methanol	< 1,00	< 1,00	< 1,00	2,03	6,53	100,56	2,03	32,97	474%		
butanol (1-butanol) 1)	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	< 0,80	14,13	n.b.	n.b.			
butylacetaat 1)	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	n.b.	n.b.			
ethylacetaat 1)	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	< 1,00	n.b.	n.b.			
methyl-tert-butyl ether (MTBE)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	n.b.	n.b.			
methylethylketon	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	< 0,60	n.b.	n.b.			

n.b. Niet bepaald (omdat minder dan 5% van de waarnemingen een waarde groter dan de aantoonbaarheidsgrens heeft)

- Niet in AW2000 meegenomen omdat voor deze stof geen geschikte analysemethode beschikbaar is

\* Alle gehalten in mg/kg ds met uitzondering van dioxine dat is uitgedrukt in I-TEQ

1) Van deze stof zijn de kentallen onbetrouwbaar doordat de extracten door ALcontrol te lang zijn bewaard en er meer dan 20% verliezen zullen zijn opgetreden ten opzichte van de oorspronkelijk aanwezige gehalten

De 'kleiner dan' waarden zijn weergegeven op basis van de aantoonbaarheidsgrens, waar van toepassing afgerond op basis van twee cijfers achter de komma.

Alle gehalten zijn uitgedrukt op twee cijfers achter de komma.

### Overschrijding van de SW1 of streefwaarde

Voor 28 stoffen in de bovengrond en 28 stoffen in de ondergrond overschrijdt de 95-percentielwaarde van de verdeling van achtergrondgehalten de streefwaarde of, als er geen streefwaarde is gedefinieerd, de SW1. Ten opzichte van de 113 genormeerde stoffen gaat het dus voor zowel bovengrond als ondergrond om 25% van de genormeerde stoffen. Het gaat niet in alle gevallen om dezelfde stoffen: totaal zijn er 32 stoffen (28%) waarvoor de 95-percentielwaarde van de achtergrondgehalten in bovengrond en/of ondergrond boven de streefwaarde (of SW1) ligt.

Voor 18 van de 113 genormeerde stoffen is de aantoonbaarheidsgrens groter of gelijk aan de streefwaarde en voor 15 stoffen is de aantoonbaarheidsgrens groter of gelijk aan de SW1.

Voor 15 stoffen waarvoor in de bovengrond of de ondergrond de 95-percentielwaarde de streefwaarde (of SW1) overschrijdt, geldt ook dat de aantoonbaarheidsgrens groter is dan de streefwaarde (of SW1). Voor al deze 15 stoffen zijn echter reële meetwaarden gevonden die de streefwaarde (of SW1) overschrijden. Met andere woorden: het overschrijden van de streefwaarde door de 95-percentielwaarde van de verdeling van achtergrondgehalten wordt in geen enkel geval bepaald doordat de betreffende stoffen niet voldoende gevoelig kunnen worden gemeten.

Gegeven het behoorlijk hoge percentage (25%) stoffen waarvoor de 95-percentielwaarde van de verdeling van achtergrondgehalten de streefwaarde of SW1 overschrijdt, wordt geconcludeerd dat de huidige wijze van toetsing aan de streefwaarde en SW1 dient te worden heroverwogen.

**Omvang van een eventuele tweede fase**

De oorspronkelijke opzet van AW2000 kende twee uitvoeringsfasen waarin monsters worden verzameld en geanalyseerd. De invulling van de tweede fase zou worden bepaald op basis van de resultaten van de eerste fase: voor die stoffen waarvoor de achtergrondgehalten na de eerste fase onvoldoende betrouwbaar zijn vastgesteld, zouden in de tweede fase aanvullende monsters worden genomen en geanalyseerd.

Hoewel de uitvoering van een tweede fase van AW2000 inmiddels onwaarschijnlijk wordt geacht, is er wel een berekening gedaan ten aanzien van het aantal waarnemingen dat noodzakelijk zou zijn om een betrouwbare schatting van de 95-percentielwaarde van de verdeling te kunnen geven.

Het was voor deze schatting noodzakelijk om uit te gaan van de niet voor de steekproef gewogen gehalten. Daarmee wijken de schattingen van de 95-percentielwaarde dus af van de schattingen die zijn gedaan op basis van de voor de steekproef gewogen gehalten. Niettemin kan daarmee wel de orde van grootte van een eventuele aanvulling van het onderzoek worden vastgesteld.

Het blijkt dat voor vrijwel alle stoffen de betrouwbaarheid van 30% in de schatting van de 95-percentiel wordt gerealiseerd, terwijl voor veel stoffen ook de betrouwbaarheid van 20% wordt gerealiseerd. Zou derhalve een betrouwbaarheid van 30% als criterium zijn gesteld, dan zou de monsternemingsinspanning in fase 2 relatief beperkt kunnen blijven. Bij een eis van 30% zou fase 2 betrekking hebben op drie stoffen op maximaal 63 locaties in de bovengrond en twee stoffen op maximaal 27 locaties in de ondergrond. Bij een eis van 20% zou fase 2 betrekking hebben op 12 stoffen op maximaal 395 locaties in de bovengrond en 13 stoffen op maximaal 186 locaties in de ondergrond.

Gegeven het feit dat een tweede fase onwaarschijnlijk is, is alleen het noodzakelijke aantal waarnemingen bij verschillende betrouwbaarheden berekend. Dit is verder niet nader geconcretiseerd in een uitgewerkte onderzoeksopzet voor fase 2.



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	Error! Bookmark not defined.
1.1	Achtergrond en aanleiding	19
1.2	Doelstelling	19
1.3	Activiteiten in het kader van het project	20
1.4	Opdracht	22
1.5	Leeswijzer	22
<b>2</b>	<b>Ontwikkelingen in het kader van AW2000</b>	<b>25</b>
2.1	Algemeen	25
2.2	Toetsen van natuurgronden: Effecten van toetsing op meerdere parameters en rekening houdend met heterogeniteit in het interim-protocol grond	25
2.3	De kwaliteit van de vaste bodem in Nederland	26
2.4	Toetsen aan de streefwaarde	33
2.5	Verkennen van onderzoeksvarianten voor het toetsen aan de streefwaarde	38
2.6	Berekenen van een toetsingsregel voor het toetsen aan de streefwaarde	40
2.7	De kwaliteit van tarragrond	42
2.8	Onderzoeksopzet AW2000, Nadere specificatie van de werkzaamheden, specifiek ingevuld voor fase 1	43
2.9	Literatuuronderzoek naar de achtergrondgehalten van dioxines in de Nederlandse bodem	45
<b>3</b>	<b>Selectie van de monsternemingslocaties</b>	<b>47</b>
3.1	Doel van de inventarisatie	47
3.2	Afbakening van het doelgebied	47
3.3	Bemonsteringseenheid en steekproefopzet op monsternemingslocatie	48
3.4	Selectie monsterlocaties	49
3.5	Veldwerk	52
<b>4</b>	<b>Statistische analyse van veld- en laboratoriumwerkzaamheden, bodemkarakteristieken en onderlinge correlaties</b>	<b>57</b>
4.1	Algemeen	57
4.2	Greep- en monstergrootte	58
4.3	Duplo-analyses	62
4.4	Controle duplo's	68
4.5	Problemen met de wateroplosbare oplosmiddelen	73
4.6	Lutum gehalte	75
4.7	Organisch stof gehalte (humus)	80
4.8	Droge stof gehalte	82
4.9	Totaal organisch koolstof	84
4.10	pH	86
4.11	Calciet	87
4.12	Macroparameters	89
4.13	Correlaties tussen stoffen	89
4.14	Relatie tussen de gehalten in de bovengrond en de ondergrond	98
<b>5</b>	<b>Statistische analyse en interpretatie van de gegevens uit fase 1</b>	<b>101</b>
5.1	Onderzoek van het gegevensbestand op waarnemingen die niet tot de achtergrondgehalten mogen worden gerekend	101
5.2	Statistische verwerking resultaten chemische analyses	107

5.3	Effect van stratificatie op de nauwkeurigheid	109
5.4	Verskil in berekening van overschrijdingspercentages van de normwaarden	111
5.5	Verrekening van de gemeten gehalten naar gehalten in de standaard bodem	112
5.6	Weergave van de verdeling van achtergrondgehalten	113
5.7	Kentallen van de geanalyseerde stoffen	115
5.8	Vergelijking met de metaalgehalten zoals vastgesteld door Edelman	118
<b>6</b>	<b>Onderzoek naar de noodzaak van aanvullende waarnemingen (AW2000 fase 2)</b>	<b>125</b>
6.1	Inleiding	125
6.2	Berekening van het aantal noodzakelijke waarnemingen	126
6.3	Stoffen waarvoor de berekening is uitgevoerd	127
6.4	Resultaten	132
<b>7</b>	<b>Conclusies</b>	<b>135</b>
<b>8</b>	<b>Aanbevelingen</b>	<b>139</b>
<b>9</b>	<b>Referenties</b>	<b>143</b>

### **Bijlagen**

Bij dit hoofdrapport horen twee separate bijlage rapporten:

- Bijlage Rapport 1 AW2000 Datasheets voor de geanalyseerde stoffen
- Bijlage Rapport 2 AW2000 Diverse bijlagen

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond en aanleiding

In de periode 1995 tot 2001 is in een aantal stappen onderzoek gedaan naar de achtergrondgehalten in Nederland en de afleiding van de wijze waarop aan de streefwaarden en de samenstellingswaarden bijlage 1 Bouwstoffenbesluit (SW1) dient te worden getoetst. In hoofdstuk 2 worden deze stappen uit de afgelopen jaren uitgebreid omschreven.

De essentie is echter dat door het bouwbedrijfsleven werd geconstateerd dat bij de toetsing van meerdere stoffen, om in het kader van het Bouwstoffenbesluit vast te stellen of er sprake is van schone grond, de kans op afkeuren sterk toeneemt naarmate er meer stoffen moeten worden getoetst.

Hoewel het gesignaleerde probleem minder groot was dan door het bouwbedrijfsleven werd gesteld, bleek het wel een reëel probleem te zijn. Feitelijk moet worden geconstateerd dat er anno 1995 wel al jaren een streefwaarde was gedefinieerd (met als voorloper de A-waarde), maar dat er nooit was gedefinieerd hoe aan de streefwaarde moest worden getoetst. Voor de interventiewaarde was dit wel gedefinieerd.

Om invulling aan de wijze van toetsing te geven is geïnventariseerd wat er op dat moment bekend was over de achtergrondgehalten in Nederlandse bodem. Op basis van de provinciale en landelijke bodemkwaliteitsmeetnetten is een gegevensbestand opgebouwd dat vervolgens is gebruikt om een toetsing af te leiden waarmee de kans dat een partij uit het niet door puntbronnen belaste areaal zou worden goedgekeurd, c.q. als 'schoon' zou worden geïdentificeerd, 95% bedraagt. Daarmee zou de toetsing aan de streefwaarde en de SW1 zijn geregeld als het gegevensbestand niet een aantal belangrijke tekortkomingen zou hebben gehad. De belangrijkste tekortkomingen waren het beperkte stoffenpakket waarvoor een landelijk beeld valt te genereren en de beperkte geografische spreiding van de waarnemingspunten. In het licht van deze tekortkomingen heeft het bouwbedrijfsleven ingestemd met een tijdelijke regeling voor de toetsing aan de streefwaarde / SW1, onder de voorwaarde dat zou worden gewerkt aan het opbouwen van een consistent en volledig gegevensbestand op basis waarvan opnieuw de wijze van toetsing zou worden vastgesteld.

Dit rapport bespreekt de totstandkoming van het gewenste consistente gegevensbestand voor het vaststellen van de achtergrondgehalten in de bodem in Nederland. Tevens geeft dit rapport op basis van statistische analyses van de verzamelde informatie een beeld van de achtergrondgehalten. Het rapport gaat nadrukkelijk niet in op de wijze waarop vanuit die achtergrondgehalten kan worden gekomen tot een nieuwe wijze van toetsing aan de streefwaarde / SW1 of de daaruit volgende toetsingsmethodiek zelf.

## 1.2 Doelstelling

De doelstelling van fase 1 van het project AW2000 is het genereren van een consistent gegevensbestand voor de landbouwgronden en natuurgebieden in Nederland voor (vrijwel) alle genormeerde stoffen. Dit zijn de stoffen waarvoor één of meer van de volgende normwaarden bestaan:

- Streefwaarde
- Samenstellingswaarde bijlage 1 Bouwstoffenbesluit (SW1)

- Interventiewaarde
- Samenstellingswaarde bijlage 2 Bouwstoffenbesluit (SW2)

Naast het genereren van het gegevensbestand dient het ook te worden gepresenteerd. Dit rapport is met name op dit laatste aspect toegespitst. Dit neemt niet weg dat hier binnen het kader van hetzelfde project een aantal activiteiten aan vooraf is gegaan.

### 1.3 Activiteiten in het kader van het project

Om te komen tot het gewenste consistente gegevensbestand en de presentatie van die gegevens in dit rapport, is in het kader van dit project een aantal activiteiten uitgevoerd die in de navolgende paragrafen worden besproken.

#### 1.3.1 *Definitieve selectie van de monsternemingslocaties*

In het kader van het opstellen van het programma van eisen voor de uitvoering van de veldwerkzaamheden in 2002, zijn door Alterra 100 locaties geselecteerd waar in het onderzoek monsters moeten worden genomen. Aanvullend op deze 100 locaties zijn nog 200 reservelocaties geselecteerd. De selectie heeft in eerste instantie plaatsgevonden op basis van kaartmateriaal in combinatie met de vastgestelde stratificering van Nederland op basis van bodemgebruik, bodemtype en geologische kenmerken. Na deze eerste selectie is op basis van een nadere beschouwing vastgesteld of de geselecteerde punten daadwerkelijk binnen de vastgestelde strata vallen en of deze voldoen aan andere gestelde randvoorwaarden zoals de afstand tot (mogelijke) lijn- of puntbronnen.

In het kader van de technisch-inhoudelijke begeleiding zijn door Alterra de definitieve monsternemingslocaties geselecteerd. Dit betekent dat:

- De eigenaar / gebruiker van de locatie om toestemming is gevraagd;
- Ter plaatse is vastgesteld of de geselecteerde locatie voldoet aan de gestelde randvoorwaarden.

Beide punten kunnen alsnog leiden tot het verwerpen van de betreffende locatie en als consequentie het selecteren van een vergelijkbare locatie vanuit het bestand met reservelocaties.

#### 1.3.2 *Afstemming tussen de uitvoerende partijen*

Doordat de uitvoering van de werkzaamheden over verschillende partijen was verdeeld, was het noodzakelijk om goede afspraken te maken over de uitvoering. In het bijzonder had dit betrekking op:

- Het aanleveren van de monsternemingslocaties (Alterra aan Grontmij);
- Het aanleveren van monsters aan het laboratorium (Grontmij aan ALcontrol).

In de praktijk is gebleken dat deze samenwerking goed is verlopen.

#### 1.3.3 *Boringen voor pedogenetische beschrijving van het bodemprofiel*

Tijdens het door Alterra uitgevoerde veldbezoek op de geselecteerde locaties is, nadat de locatie door Alterra is goedgekeurd (c.q. is vastgesteld dat deze onderdeel zal uitmaken van de steekproef) een centrale boring uitgevoerd ten behoeve van het opstellen van een pedogenetische beschrijving van het bodemprofiel.

#### 1.3.4 *Begeleiding van veld- en laboratoriumwerkzaamheden*

Bij het opstarten van het veldwerk door de Grontmij is de eerste keer meegegaan om, in aanvulling op de schriftelijke instructies voor de uitvoering van het veldwerk, aanwijzingen te kunnen geven en praktische vragen te kunnen beantwoorden.

Bij het opstarten van de laboratoriumwerkzaamheden is aan de betrokken laboratoriummedewerkers van ALcontrol door TNO-NITG een presentatie van het gehele project gegeven. Aanvullend hierop is tijdens de uitvoering van de analyses tweemaal een bezoek aan het laboratorium gebracht waarbij is gekeken of de op dat moment lopende werkzaamheden in overeenstemming waren met het Programma van Eisen c.q. de aanbieding van het laboratorium. Het eerste controlebezoek heeft geleid tot een aantal aanbevelingen richting ALcontrol voor de verbetering van de uitvoering. Deze bleken tijdens de tweede controle te zijn doorgevoerd.

#### 1.3.5 *Beoordelen van de rapportage van de uitgevoerde werkzaamheden*

De veldwerkzaamheden en de laboratoriumwerkzaamheden zijn separaat gerapporteerd [1, 2]. De beide rapportages zijn door TNO-NITG (veldwerk en analyse) en Alterra (veldwerk) bestudeerd en waar nodig van commentaar voorzien. Voor het rapport van de Grontmij volstond een eenmalige bespreking. Het rapport van ALcontrol is meerdere malen in concept besproken.

#### 1.3.6 *Statistische verwerking van de verkregen resultaten*

De oorspronkelijke doelstelling van de statistische verwerking van de resultaten van fase 1 was om te concretiseren hoeveel aanvullende waarnemingen waar moeten worden gedaan in fase 2 van AW2000. Presentatie van de gegevens was slechts een afgeleide doelstelling omdat dit pas zinvol zou zijn nadat in fase 2 de aanvullende gegevens beschikbaar zouden zijn. Tijdens de looptijd van fase 1 zijn er echter een aantal beleidsmatige ontwikkelingen geweest die de uitvoering van een fase 2 zeer onzeker maakten:

- De herijkingsoperatie van de VROM regelgeving, waarbij het normenstelsel ter discussie is komen te staan;
- De herziening van het Bouwstoffenbesluit en de voorgenomen ontwikkeling van een separaat beleidsveld voor bodem en bagger;
- De grote bezuinigingen bij de Rijksoverheid.

Als resultante hiervan is tijdens de looptijd de doelstelling van de rapportage van fase 1 gewijzigd. Het doorrekenen van de noodzakelijke werkzaamheden in fase 2 heeft aan belang ingeboet, terwijl het belang van de definitieve presentatie van de gegevens is toegenomen.

Doelstelling van de statistische analyse is het schatten van een histogram / frequentieverdeling van de achtergrondgehalten per stof voor geheel Nederland waarbij rekening wordt gehouden met de steekproefopzet die aan de gegevens ten grondslag ligt.

Een en ander heeft onder meer geresulteerd in een 'datasheet' per onderzochte stof, waarin de statistische kenmerken en kentallen zijn weergegeven (zie hiervoor Bijlage Rapport 1 AW2000).

#### 1.3.7 *Opslag van de monsters in het 'kernhuis' van TNO-NITG*

Het resterende monstermateriaal van bovengrond en ondergrond en de monsters van de tussenlaag zijn door ALcontrol overgedragen aan TNO-NITG. Vanuit de publieke rol voor het conserveren en opslaan van materiaal van de ondergrond in Nederland wordt

door TNO-NITG zorggedragen voor de onbeperkte opslag van de monsters. De monsters zijn in het kernhuis opgeslagen onder de barcodenummers 1.014.387 tot en met 1.014.695.

#### **1.4 Opdracht**

De werkzaamheden in het kader van fase 1 van AW2000 zijn door TNO-NITG uitgevoerd in opdracht van SenterNovem. De werkzaamheden van Alterra zijn uitgevoerd als onderdeel van het DWK-programma 'Bodemkwaliteit- en beheer' (DWK-programmanummer 396) in opdracht van het ministerie LNV.

#### **1.5 Leeswijzer**

Voor u ligt de rapportage van de werkzaamheden die door Alterra en TNO-NITG zijn uitgevoerd in het kader van fase 1 van het project Achtergrondwaarden 2000 (AW2000).

De rapportage omvat, in aanvulling op dit hoofdrapport, twee separate bijlage rapporten:

- Bijlage Rapport 1 AW2000: Datasheets voor de geanalyseerde stoffen
- Bijlage Rapport 2 AW2000: Diverse bijlagen

Naast dit hoofdrapport en de twee bijlage rapporten is een deel van de totale rapportage alleen in digitale vorm beschikbaar. Zie hiervoor de CD die onderdeel van Bijlage Rapport 2 AW2000 uitmaakt. Het gaat om:

- De gegevensbestanden die resulteren uit fase 1
- De monsternemingslocaties weergegeven op topografische kaarten

De totale rapportage beslaat een aantal onderdelen van het project AW2000. In dit hoofdrapport wordt achtereenvolgens ingegaan op:

- Hoofdstuk 2 geeft een terugblik op de projecten die aan AW2000 fase 1 zijn voorafgegaan.
- Hoofdstuk 3 gaat in op de definitie van de landelijke steekproef en de uiteindelijke selectie van de monsternemingslocaties.
- In hoofdstuk 4 worden een aantal specifieke aspecten van het veld- en laboratoriumwerk nader bekeken.
- Hoofdstuk 5 heeft betrekking op de statistische analyse en interpretatie van de gegevens.
- Hoofdstuk 6 gaat in op de eventuele noodzaak voor het verzamelen van aanvullende gegevens in een fase 2.
- Hoofdstuk 7 presenteert de conclusies die uit het onderzoek naar voren komen.
- Tenslotte geeft hoofdstuk 8 aanbevelingen op basis van de in het kader van dit onderzoek uitgevoerde werkzaamheden en de daarmee verkregen resultaten.

Een deel van de in paragraaf 1.3 genoemde werkzaamheden is niet in dit rapport opgenomen. Het gaat dan specifiek om:

- Afstemming tussen de uitvoerende partijen;
- Begeleiding van veld- en laboratoriumwerkzaamheden;
- Beoordeling van de rapportages van het veldwerk en de laboratoriumwerkzaamheden;
- Opslag van de monsters.

De werkzaamheden in het kader van de eerste drie punten komen (indirect) tot uitdrukking in de rapportages van Grontmij [1] en ALcontrol [2]. Met betrekking tot de opslag van de monsters valt in aanvulling op hetgeen reeds in paragraaf 1.3.7 is gesteld, verder niets te rapporteren.





## 2 Ontwikkelingen in het kader van AW2000

### 2.1 Algemeen

Het project AW2000 stamt oorspronkelijk uit 1994 / 1995. Vanaf dat moment is in het kader van de technische invulling en definitie van (de Uitvoeringsregeling van) het Bouwstoffenbesluit een discussie gevoerd met het bouwbedrijfsleven over de toetsing van schone grond.

Deze discussie heeft plaatsgevonden in de context van een aantal onderzoeksstappen die hebben uitgemond in een serie rapporten:

- 1995 Toetsen van natuurgronden: Effecten van toetsing op meerdere parameters en rekening houdend met heterogeniteit in het interim-protocol grond [3]
- 1996 De kwaliteit van de vaste bodem in Nederland [4]
- 1997 Toetsen aan de streefwaarde [5]
- 1998 Verkennen van onderzoeksvarianten voor het toetsen aan de streefwaarde [6]
- 1998 Berekenen van een toetsingsregel voor het toetsen aan de streefwaarde [7]
- 1998 De kwaliteit van tarragrond [8]
- 2001 Onderzoeksopzet AW2000, Nadere specificatie van de werkzaamheden, specifiek ingevuld voor fase 1 [9]
- 2002 Achtergrondwaarden 2000, Literatuuronderzoek naar de achtergrondgehalten van dioxines in de Nederlandse bodem [10]

Gedurende de periode 1996 – 1998 zijn de werkzaamheden uitgevoerd onder de noemer van het beleidsmatige project van het ministerie VROM bekend onder de naam HANS; HANtering en evaluatie Streefwaarden.

In de navolgende paragrafen worden de betreffende onderzoeksstappen samengevat. Hierbij wordt er op gewezen dat het een chronologische weergave van de onderzoeksstappen in de tijd betreft. Dit impliceert dan conclusies van eerdere stappen deels achterhaald kunnen zijn door informatie die in latere stappen alsnog is gegenereerd.

### 2.2 Toetsen van natuurgronden: Effecten van toetsing op meerdere parameters en rekening houdend met heterogeniteit in het interim-protocol grond

Naar aanleiding van opmerkingen van de zijde van het bouwbedrijfsleven is in dit onderzoek zoals gerapporteerd in 1995, ingegaan op twee aspecten bij het toetsen van grond met behulp van het toenmalige interim-protocol grond (de voorloper van het Handhavingsprotocol schone grond [20]). Eén van deze aspecten, de kans op afkeuren van een partij bij toetsing op meerdere parameters, is relevant in het kader van AW2000. Om inzicht te verkrijgen in de mogelijke effecten van het toetsen van meerdere parameters, is gebruik gemaakt van de door Edelman verzamelde gegevens die deels als basis hebben gediend voor de totstandkoming van de streefwaarden.

Wanneer wordt getoetst op meerdere parameters, in het uitgevoerde onderzoek acht, dan blijkt het overgrote deel, namelijk 82%, van de door Edelman onderzochte natuurterreinen te voldoen aan de streefwaarden. Voor al deze terreinen liggen de gemiddelde gehalten voor alle acht de parameters onder de streefwaarde. De beoor-

deling is uitgevoerd op basis van het gemiddelde per stof per onderzocht terrein als schatter van het werkelijke gehalte van de door Edelman onderzochte terreinen.

Verklaringen voor het relatief hoge percentage van de terreinen dat voldoet aan de streefwaarde zijn de afhankelijkheid tussen de concentraties van de verschillende parameters (allen metalen) en de toetsing op basis van de voor elk terrein bepaalde streefwaarde.

Ten grondslag aan het onderzoek lag een notitie vanuit het bouwbedrijfsleven waarin werd aangegeven dat het afkeurpercentage aanzienlijk hoger zou liggen. Dit blijkt, binnen de beperkingen van het beschikbare gegevensbestand, dus niet het geval te zijn. De oorzaak hiervan ligt in de aannames die door het bouwbedrijfsleven zijn gedaan bij de verder correcte theoretische benadering van de afkeurkans. Specifiek gaat het om de aanname ten aanzien van de percentielwaarden van achtergrondgehalten die overeenkomen met de streefwaarden en de aangenomen onderlinge onafhankelijkheid tussen verschillende parameters.

Niettemin kan worden geconcludeerd dat de door het bouwbedrijfsleven geschetste problematiek van een toenemende afkeurkans bij het toetsen op meerdere stoffen reëel is indien geen rekening wordt gehouden met het feit dat er op meerdere stoffen wordt getoetst.

Derhalve is geconcludeerd dat dit aspect nader diende te worden onderzocht; zie paragraaf 2.3.

## 2.3 De kwaliteit van de vaste bodem in Nederland

### 2.3.1 *Aanleiding*

In dit in 1996 gerapporteerde onderzoek is, naar aanleiding van commentaar op de getalswaarden van de streefwaarden en de wijze van toetsing aan de streefwaarden, onderzoek gedaan naar de achtergrondgehalten in de vaste bodem van Nederland. Inzicht in de verdeling van de achtergrondgehalten is van belang, omdat (een deel van) de streefwaarden binnen de verdeling van de achtergrondgehalten valt. Dit betekent dat er bij het toetsen aan de streefwaarde overschrijdingen kunnen optreden zonder dat er sprake is van, ten opzichte van de achtergrondgehalten, verhoogde gehalten.

### 2.3.2 *Opzet*

Ten behoeve van het vaststellen van de achtergrondgehalten zijn voor de *landbodem* de gegevens van de beschikbare landelijke en provinciale meetnetten bij elkaar gevoegd. Ten gevolge van onderlinge verschillen tussen deze meetnetten bleek het echter niet mogelijk alle meetnetten binnen één gegevensbestand op te slaan. Anderzijds werd juist hierdoor de mogelijkheid geschapen om een aantal relevante toetsingsaspecten te bestuderen. Om in het “basisbestand” te worden opgenomen diende de gegevens afkomstig te zijn van perceels- of bedrijfsschaal (10.000 tot 350.000 m<sup>2</sup>), op welk oppervlak 40 tot 320 grepen zijn genomen uit de laag van 0 - 10 cm.

Voor de *zoetwaterbodem* was een dergelijke wijze van aanpak niet mogelijk aangezien er in de zoetwaterbodem geen eenduidige meetnetopzet is gedefinieerd. Voor de zoetwaterbodem is daarom op basis van een aantal relevant lijkende selectiecriteria een deeldoorsnede van het LAWABO-bestand verkregen.

Voor de *zoutwaterbodem* moest worden volstaan met een relatief beperkt aantal gegevens die eveneens niet voortkomen vanuit een op voorhand gedefinieerde meetnetopzet.

Hoewel AW2000 zich op basis van de later uitgevoerde definitiestudie (zie paragraaf 2.8) heeft gericht op de landbodem, worden in de hier weergegeven samenvatting van

de resultaten van het onderzoek naar de kwaliteit van de vaste bodem in Nederland toch ook de resultaten van de zoet- en zoutwaterbodem meegenomen.

### 2.3.3 *Weergave achtergrondgehalten*

De verzamelde gegevens zijn gerapporteerd op basis van statistische kentallen van de verdelingen. Voor die stoffen waarvoor voldoende gegevens boven de bepalingsgrens zijn gemeten is het gemiddelde en de standaarddeviatie bepaald. Daarbij is als criterium gekozen dat maximaal 30% van de waarnemingen op of onder de bepalingsgrens mag vallen. Om daarbij rekening te houden met de gemeten bepalingsgrenzen, zijn deze gehalten vermenigvuldigd met een factor 0,7. Op deze wijze wordt enerzijds rekening gehouden met het feit dat de waargenomen verdelingen van de achtergrondgehalten scheef - lognormaal - zijn verdeeld en wordt anderzijds recht gedaan aan het feit dat een deel van de gemeten bepalingsgrenswaarden feitelijk nog lager zullen zijn geweest. Voor die stoffen waarvoor meer dan 30% van de waarnemingen onder of op de bepalingsgrens vallen zijn alleen percentielwaarden van de verdelingen gegeven.

### 2.3.4 *Achtergrondgehalten in de landbodem*

Het blijkt dat op basis van de beschikbare gegevens voor de landbodem variabele overschrijdingspercentages van de streefwaarden worden gevonden. Voor de som PAK's wordt een overschrijdingspercentage van 15% gevonden. Voor de zware metalen, zowel als voor de som van de beschikbare 6 indicator PCB's wordt voor vrijwel alle stoffen in minder dan 5% van de gevallen een overschrijding van de streefwaarde waargenomen. Bij de bestrijdingsmiddelen liggen deze overschrijdingspercentages (aanzienlijk) hoger. Hierbij speelt echter in belangrijke mate mee dat een behoorlijk deel van de overschrijdingen wordt veroorzaakt door gehalten gelijk aan de bepalingsgrens. Worden deze overschrijdingen buiten beschouwing gelaten, dan ligt circa 10% van de werkelijk gemeten gehalten boven de streefwaarde.

Van belang voor deze overschrijdingspercentages is het feit dat de achtergrondgehalten voor de landbodem zijn verzameld op een schaal van 10.000, 40.000 of 350.000 m<sup>2</sup>, op welke oppervlakten respectievelijk 40, 160 en 320 steken zijn genomen. De achtergrondgehalten zijn vastgesteld op basis van uit deze grepen verkregen mengmonsters.

### 2.3.5 *Oorsprong waterbodemgegevens*

Voor de gegevens van zowel de zoet- als zoutwaterbodem geldt dat deze niet zijn verkregen op basis van een op het vaststellen van de achtergrondgehalten gericht meetnet. Dit komt enerzijds voort uit het ontbreken van een hierop gericht meetnet in de waterbodem en komt anderzijds voort uit de in het kader van het onderzoek geformuleerde selectiecriteria voor het verkrijgen van de gegevens uit het LAWABO gegevensbestand. Voor de geselecteerde gegevens blijkt bovendien te gelden dat deze, in tegenstelling tot de landbodem, niet afkomstig zijn van mengmonsters over grote oppervlakten, maar gebaseerd zijn op individuele monsters van puntlocaties. De hogere percentages aan overschrijdingen van de streefwaarde zijn in overeenstemming met de verwachting dat een dergelijke wijze van meting (puntlocaties versus gebiedsgemiddelden) leidt tot een (sterke) verbreding van de verdeling van de gemeten gehalten. Het feit dat binnen de verzameling waarnemingen echter ook belaste monsters aanwezig zijn, leidt er toe dat voor de zoet- en zoutwaterbodem niet kan worden gesproken over *achtergrondgehalten*.

### 2.3.6 *Gehalten in de zoetwaterbodem*

Ten gevolge van de wijze waarop de gegevens van de zoetwaterbodem uit LAWABO zijn geselecteerd kunnen deze, in tegenstelling tot de gegevens van de landbodem, niet als achtergrondgehalten worden aangemerkt. Een directe vergelijking van de gegevens van de drie verschillende compartimenten (landbodem, zoetwaterbodem, zoutwaterbodem) is dus niet mogelijk.

Op basis van de verzamelde gegevens wordt in 1996 vastgesteld dat voor de som-PAK's de streefwaarde in 70% van de metingen wordt overschreden, terwijl de som-PCB's in circa 80% van de waarnemingen de streefwaarde overschrijdt. Wel geldt voor deze laatste parameter dat een relatief groot deel van deze overschrijding kan worden toegeschreven aan overschrijdingen van de streefwaarden voor de individuele PCB's op basis van het meten van bepalingsgrenzen. Voor de zware metalen is het beeld wat gunstiger, de overschrijdingspercentages zijn aanzienlijk lager dan voor som-PAK's en som-PCB's. Alleen voor arseen en chroom ligt het overschrijdingspercentage onder de 10%. De overschrijdingspercentages voor kwik, koper, nikkel en lood liggen tussen de 20 en 35%, terwijl voor zink en cadmium de streefwaarde in circa 55% van de metingen wordt overschreden. Voor minerale olie wordt in meer dan circa 85% van de gevallen een gehalte boven de streefwaarde aangetroffen. Voor de bestrijdingsmiddelen liggen de overschrijdingspercentages tenslotte allen boven de circa 75%, waarbij ook in dit geval moet worden opgemerkt dat dit in belangrijke mate wordt veroorzaakt door het meten van gehalten onder of op het niveau van de bepalingsgrens.

### 2.3.7 *Gehalten in de zoutwaterbodem*

Ook voor de gegevens van de zoutwaterbodem geldt dat deze, ten gevolge van de aan de gegevensverzameling ten grondslag liggende wijze van selecteren, niet als achtergrondgehalten kunnen worden beschouwd.

De gehalten in de zoutwaterbodem zijn op hoofdlijnen vergelijkbaar met de gehalten van de zoetwaterbodem. Evenals voor de zoetwaterbodem overschrijdt som-PAK's de streefwaarde in 70% van de waarnemingen. Voor de PCB's overschrijden 5 van de 7 indicator PCB's de streefwaarde in circa 40 tot 50% van de metingen, terwijl de andere twee de streefwaarde in circa 90% van de metingen overschrijden. Voor de som-PCB's resulteert dit in een overschrijdingspercentage van 70%. Een deel van de zware metalen levert ook hier een gunstiger beeld op. Arseen, chroom, lood en nikkel overschrijden de streefwaarde in ten hoogste 5% van de waarnemingen. Koper leidt tot een overschrijdingspercentage van 10%, terwijl het overschrijdingspercentage voor de overige zware metalen rond de 40% ligt. Minerale olie geeft in meer dan 90% van de gevallen een overschrijding van de streefwaarde. Van de bestrijdingsmiddelen liggen de concentraties in tenminste 95% van de metingen onder de streefwaarde. Alleen HCB wijkt hier van af; voor die stof wordt in meer dan 50% van de metingen de streefwaarde overschreden.

### 2.3.8 *Toetsingsaspecten*

Om vast te kunnen stellen op welke wijze bij bodemonderzoek gemeten gehalten in het licht van de voorkomende achtergrondgehalten moeten worden geïnterpreteerd, is het van belang om vast te stellen in welke mate de verdeling van de achtergrondgehalten wordt beïnvloed door de wijze waarop de achtergrondgehalten zijn verkregen. In het onderzoek zijn de meest in het oog lopende factoren hiervan bestudeerd. Hierbij is onderzoek gedaan naar het effect van het wijzigen van de ruimtelijke schaal (het oppervlak) waarover een mengmonster wordt samengesteld, het effect van het aantal stoffen waarop wordt getoetst op de kans om een partij goed te keuren, de correlatie van

de gegevens met het bodemtype, de vorm van landgebruik of de regionale ligging, het aantal steken dat wordt samengevoegd in een mengmonster en de diepte waarover het monster wordt verkregen. De invloed van deze factoren is vastgesteld op basis van een aantal gidsparameters.

Naast deze aspecten moet worden opgemerkt dat de op voorhand gemaakte driedeling in gegevens van de landbodem, de zoet- en de zoutwaterbodem potentieel op twee manieren kan worden beschouwd. Er zou kunnen worden onderzocht of er verschillen in de bodemkwaliteit bestaan tussen deze drie compartimenten. Gezien het feit dat er een essentieel verschil bestaat tussen het gegevensbestand van de landbodem enerzijds en de gegevensbestanden van zoet- en zoutwaterbodem anderzijds, is een dergelijke vergelijking niet correct. Daarom is volstaan met de tweede benadering waarbij wordt geconcludeerd dat er, alleen al op basis van het feit dat de gegevens op een andere wijze zijn geselecteerd, terecht onderscheid is gemaakt tussen de drie compartimenten.

#### 2.3.8.1 *Schaalgrootte*

De invloed van de schaalgrootte is onderzocht op basis van de gegevens van de landbodem. De schaalgrootte blijkt, in overeenstemming met de verwachting, van invloed te zijn op de verdeling van de achtergrondgehalten in de landbodem. Naarmate het oppervlak waarover de grepen worden verzameld toeneemt, neemt de variabiliteit in de achtergrondgehalten af. Alleen voor de bestrijdingsmiddelen is dit effect niet duidelijk waar te nemen.

#### 2.3.8.2 *Toetsing op meerdere stoffen*

De toetsing op meerdere stoffen is onderzocht op basis van de gegevens van de landbodem. Ten gevolge van het feit dat voor een groot aantal stoffen de overschrijdingspercentages voor individuele stoffen reeds hoog zijn, leidt een toetsing op meerdere stoffen snel tot een aanzienlijke overschrijdingskans. Dit betekent dat een partij grond die op meerdere stoffen moet worden getoetst, maar waarvan de gehalten volledig binnen de verdeling van achtergrondgehalten vallen, een vrij grote kans heeft om op basis van het overschrijden van de streefwaarde voor één (of meerdere) stoffen te worden afgekeurd.

De onderlinge correlatie tussen de verschillende stoffen is daarbij van grote invloed op hoe deze gecombineerde overschrijdingskans zich ontwikkelt. Hiervoor is het niet alleen van belang welke stoffen in een partij moeten worden onderzocht, maar tevens hoe de correlatie tussen de stoffen in die partij is. In het rapport zijn richtinggevende berekeningen gedaan op basis van de gegevens van de landbodem over heel Nederland. Voor een specifieke partij grond, afkomstig van een bepaalde plek in Nederland, kunnen de onderlinge correlaties echter sterk afwijken van hetgeen voor de verzameling gegevens voor heel Nederland is gevonden. De resultaten in het rapport zijn derhalve niet meer dan indicatief voor de toetsing van een partij grond. De resultaten geven wel een beeld van wat er bij een toetsing van de landbodem van *geheel* Nederland zou gebeuren.

#### 2.3.8.3 *Gebiedskenmerken*

Binnen het gegevensbestand van de landbodem zijn waarnemingen aanwezig die zijn verkregen vanuit verschillende provincies, die voortkomen uit bodems met verschillende vormen van bodemgebruik en waarvan het bodemtype verschilt. Deze drie eigenschappen zouden van invloed kunnen zijn op de verdeling van de achtergrondgehalten in de landbodem.

De regionale ligging is bestudeerd door het vergelijken van de gegevens van de verschillende provinciale meetnetten. Het blijkt dat dit voor de som-PAK's en voor de

zware metalen koper, lood en zink een belangrijke invloedsfactor is. Met name voor de provincie Utrecht zijn de overschrijdingskansen voor deze stoffen hoger dan voor de andere provincies (Noord-Brabant, Friesland, Groningen).

Het bodemgebruik is voor som-PAK's, arseen, koper, lood en zink geen relevant gebiedskenmerk. Voor een aantal van de bestrijdingsmiddelen worden in natuurgebieden echter relatief hoge gehalten waargenomen, terwijl de gehalten in grasland relatief laag zijn.

Het bodemtype is niet direct relevant voor de verdeling van de achtergrondgehalten in de landbodem voor de som-PAK's en de meeste zware metalen. Dit is wel het geval voor arseen waarbij het gehalte toeneemt in de volgorde zand-, veen en kleigrond.

Voor de zoetwaterbodem is alleen gekeken naar een indeling op basis van Rijkswateren en regionale wateren. Bij die grove wijze van indeling blijken er verschillen op te treden; de gehalten in de bodem van de Rijkswateren blijken hoger te zijn dan de gehalten in de regionale wateren.

Voor de zoutwaterbodem was het alleen mogelijk om een geografische indeling te hanteren. Ook hierbij blijkt dat deze indeling voor het merendeel van de stoffen van invloed is op de verdeling van de gemeten gehalten.

#### 2.3.8.4 *Aantal grepen*

De invloed van het aantal grepen is onderzocht op basis van de gegevens van de landbodem. Het aantal grepen dat wordt genomen is van invloed op het gevonden gebiedsgemiddelde gehalte. De verdeling van potentiële meetresultaten wordt namelijk smaller naarmate er uit het gebied meer grepen worden genomen die worden samengevoegd in een mengmonster. Dat betekent dat de betrouwbaarheid van een gevonden gebiedsgemiddeld gehalte toeneemt naarmate dit is gebaseerd op een groter aantal grepen.

Anderzijds betekent dit ook dat de verdeling van potentiële achtergrondgehalten direct afhankelijk is van het aantal grepen waarop die gehalten worden bepaald. Een vergelijking van een uit een puntmeting afkomstig gehalte met 'het achtergrondgehalte' is dan ook niet (goed) mogelijk zonder inzicht te hebben in de wijze waarop de breedte van de verdeling van de achtergrondgehalten wordt beïnvloed door het aantal grepen.

#### 2.3.8.5 *Bemonsteringsdiepte*

Voor de landbodem blijkt dat de bemonsteringsdiepte een relevante factor is voor de verdeling van de achtergrondgehalten. Voor de toplaag (0 - 10 cm) geldt dat de gehalten van som-PCB's, de zware metalen en een aantal bestrijdingsmiddelen hoger zijn dan in de laag onder de toplaag. Bovendien blijkt ook de variabiliteit in de toplaag voor deze stoffen groter te zijn.

Voor de zoetwaterbodem blijkt de bemonsteringsdiepte geen relevante factor. Dit valt deels te verklaren uit het feit dat, gegeven de beschikbare meetresultaten, slechts een grove opdeling in laagdiktes mogelijk was. Een andere belangrijke verklaring wordt echter gevormd door het feit dat de wijze van belasting afwijkt van die van de landbodem en dat ten gevolge van sedimentatie en erosie en de vorming van nieuw sediment er lokale verschillen zullen optreden. Dergelijke effecten zijn niet uit het gegevensbestand af te leiden en zullen eventueel wel aanwezige effecten sterk verstoren.

#### 2.3.8.6 *Bouwland*

Op verzoek van de begeleidingscommissie is nog specifiek gekeken naar de gegevens die van bouwland afkomstig zijn. Daarbij is alle beschikbare informatie samengevoegd.

Dit betekent dat de hiervoor genoemde gebiedskenmerken niet als onderscheidende criteria zijn gehanteerd, evenmin als de aan het 'basisbestand' ten grondslag liggende selectiecriteria. Een gevolg hiervan is dat de betrouwbaarheid waarmee uitspraken kunnen worden gedaan afneemt ten opzichte van de uitspraken die op basis van het basisbestand worden gedaan.

De gegevens van het bouwland zijn vergeleken met de gegevens van de andere landgebruiksvormen.

Voor de stoffen arseen, koper, lood en zink worden voor bouwland vergelijkbare gehalten aangetroffen als in de andere landgebruiksvormen; in minder dan 10% van de monsters wordt de streefwaarde overschreden. De gehalten som-PAK's zijn voor bouwland gelijk aan de gehalten in natuurgebieden; voor circa 25% van de waarnemingen wordt de streefwaarde overschreden. Voor som-PCB's liggen de gehalten in het bouwland wat hoger dan voor de overige landgebruiksvormen, leidend tot een overschrijding van de streefwaarde in circa 10% van de monsters. Voor de bestrijdingsmiddelen is geen eenduidig beeld te geven. Afhankelijk van welk bestrijdingsmiddel wordt bekeken zijn de gehalten vergelijkbaar met de gehalten in grasland en natuurgebieden (met circa 50 % overschrijdingen van de streefwaarde), of worden (vrijwel) geen overschrijdingen van de streefwaarde geconstateerd.

#### 2.3.9 *Bietengrond*

Eveneens op verzoek van de begeleidingscommissie is specifiek gekeken naar de gehalten zoals die in de bietengrond worden aangetroffen. De verzamelde gegevens zijn op basis van een aantal aspecten slecht vergelijkbaar met de in het kader van het onderzoek verzamelde gegevens van de landbodem. Dit betekent dat de interpretatie van de gegevens met enige voorzichtigheid dient plaats te vinden.

Voor som-PAK's worden in de bietengrond gehalten gevonden die overeenstemmen met de verdeling van de achtergrondgehalten in de landbodem. Voor som-PCB's wordt de streefwaarde niet overschreden, individuele PCB's doen dit echter wel. De gehalten van de zware metalen lijken in merendeel in het hogere deel van de verdeling van de achtergrondgehalten van de landbodem te vallen. Dit betekent dat het er op lijkt dat de gehalten van de zware metalen wat verhoogd zijn ten opzichte van de gehalten in het basisbestand. De kans op overschrijding van de streefwaarde ligt echter wel in dezelfde orde van grootte als die van het basisbestand. Van de bestrijdingsmiddelen overschrijdt met name dieldrin de streefwaarde frequent. Dit geldt eveneens voor andere stoffen waarvoor geen gegevens in het basisbestand aanwezig zijn.

#### 2.3.10 *Representativiteit*

De representativiteit van de gegevens dient te worden beoordeeld op basis van een aantal verschillende factoren. Van belang zijn de mate waarin de gegevens Nederland in geografische zin afdekken, in hoeverre de verschillende vormen van bodemgebruik en de voorkomende bodemtypen in de gegevens zijn vertegenwoordigd, het aantal stoffen waarover gegevens beschikbaar zijn en de schaal waarop uitspraken kunnen worden gedaan. Daarnaast is het van belang om vast te stellen of de gegevens afkomstig zijn uit belaste of onbelaste gebieden.

De representativiteit van de verzamelde gegevens voor de *landbodem* blijkt redelijk tot goed te zijn indien de verschillende factoren gezamenlijk worden beoordeeld. Weliswaar is de geografische dekking beperkt, maar de dekking ten aanzien van het bodemgebruik, zowel als van de bodemtypen is redelijk tot goed. Het aantal stoffen waarover uitspraken kunnen worden gedaan is beperkt indien het wordt vergeleken met de lijst van stoffen waarvoor in MILBOWA streefwaarden zijn gedefinieerd. Ten opzichte van

de gebruikelijke lijst van te onderzoeken stoffen in “onverdachte situaties” blijkt echter een goede dekking aanwezig te zijn. Wel is de schaal waarop uitspraken kunnen worden gedaan beperkt; uitspraken zijn alleen mogelijk op de schaal van heel Nederland of op provinciale schaal. De gegevens zijn verkregen in relatief onbelaste gebieden in Nederland, hetgeen betekent dat de gehalten inderdaad kunnen worden beschouwd als *achtergrondgehalten*.

De betrouwbaarheid waarmee uitspraken over de achtergrondgehalten in de landbodem kunnen worden gedaan blijkt goed te zijn; voor een hoge percentielwaarde van de verdeling van achtergrondgehalten van de landbodem worden smalle 95% betrouwbaarheidsintervallen gevonden.

Voor de *zoetwaterbodem* is de geografische dekking goed maar zijn de gegevens niet alleen uit relatief onbelaste gebieden afkomstig. Dit betekent dat de gegevens weliswaar een goede afspiegeling lijken te geven van de gehalten die, met uitzondering van de sterk verontreinigde gebieden, in de zoetwaterbodem in Nederland kunnen worden aangetroffen, maar dat deze concentraties *niet* als *achtergrondgehalten* kunnen worden beschouwd.

Ook voor de *zoutwaterbodem* geldt dat de gegevens *niet* als *achtergrondgehalten* kunnen worden beschouwd. Daarbij is voor de zoutwaterbodem echter ook de geografische dekking beperkt, zodat moet worden geconcludeerd dat die gegevens ook niet als maatgevend voor de zoutwaterbodem mogen worden beschouwd.

#### 2.3.11 *Belast / onbelast*

Vanuit de meetnetopzet van de *landbodemgegevens* geldt dat de locaties die binnen het meetnet worden geselecteerd zijn geplaatst in relatief onbelaste gebieden. De gehalten in de landbodem, verkregen met behulp van de meetnetten, zijn derhalve representatief voor relatief onbelaste gebieden. De statistische verdeling van de met behulp van de meetnetten verzamelde achtergrondgehalten in de landbodem geven geen aanleiding tot een nadere opsplitsing in relatief belaste en onbelaste gebieden. Op basis van de beschikbare gegevens zou een grens tussen belaste en onbelaste gebieden statistische gezien volledig arbitrair zijn.

Koppeling van de term “achtergrondgehalte” aan de term “(relatief) onbelast” ligt voor de hand aangezien een zekere mate van belasting leidt tot verhoging van de gehalten. Daarmee kunnen de op dat moment aanwezige gehalten niet langer als *achtergrondgehalten* worden beschouwd. Een dergelijke eenduidige koppeling van beide termen lijkt van belang om begripsverwarring te voorkomen. Dit is met name belangrijk indien op kleinere schaal (gemeentelijk) achtergrondgehalten worden vastgesteld. Daarbij ontstaat immers een reële kans op het vaststellen van gehalten die niet meer afkomstig zijn uit relatief onbelaste gebieden. Het vaststellen van dergelijke *lokale concentratieniveaus* kan van groot belang zijn voor het uitvoeren van een lokaal bodembeleid, maar dienen te worden onderscheiden van achtergrondgehalten die wel zijn gekoppeld aan (relatief) onbelaste gebieden. Gebeurt dit niet dan zullen de als achtergrondgehalten te benoemen gehalten hoger zijn dan alleen op basis van grootschalige bodembelasting zou mogen worden verwacht.

#### 2.3.12 *Toetsen aan de streefwaarde*

Bij het toetsen van een in een onderzoek van bodem of grond gemeten gehalte aan de streefwaarde zou rekening kunnen worden gehouden met het feit dat de streefwaarden deel uitmaken van de verdeling van achtergrondgehalten. Hiervoor staan verschillende methoden open.



Indien de kans op het 'afkeuren' van een partij grond of een bodem niet mag toenemen naar mate er op meer stoffen moet worden getoetst, dient een correctie te worden ingebouwd voor het aantal stoffen dat de streefwaarde mag overschrijden. Hierbij kan eventueel ook rekening worden gehouden met de mate waarin een stof de streefwaarde overschrijdt. Een dergelijke wijze van toetsing is reeds gebruikelijk bij de classificatie van waterbodems.

Een belangrijk ander aspect is de variatie in de verdeling van potentiële meetuitkomsten als functie van het aantal grepen dat is samengevoegd in een mengmonster. Dit speelt zowel voor de wijze waarop de achtergrondgehalten zijn vastgesteld als voor de wijze waarop een partij of bodem wordt bemonsterd en beoordeeld. Bij een toetsing dient hiermee rekening te worden gehouden.

Verder ligt een meer lokale vergelijking tussen de in een partij grond of de bodem aangetroffen gehalten en de achtergrondgehalten voor de hand. De in dit onderzoek op provinciale en landelijke schaal verzamelde gegevens zijn hiervoor niet zonder meer geschikt.

Voor alle voorgaande punten geldt dat de beschikbare informatie onvoldoende is om concrete invulling te geven aan 'correctiefactoren' voor een toetsings- of beoordelingsmethodiek. Hiervoor is aanvullend onderzoek, zowel als het genereren van (beleidsmatig) draagvlak noodzakelijk.

Ten behoeve van een voorlopige beleidsmatige oplossing voor het toetsingsprobleem wordt voorgesteld de toetsing aan de streefwaarde uit te voeren op basis van het gemiddelde gehalte voor een bodemvolume van 1.000 tot 4.000 m<sup>3</sup>. Daarbij kan desgewenst rekening worden gehouden met het aantal getoetste stoffen door regels op te stellen hoeveel stoffen de streefwaarde in welke mate mogen overschrijden indien een bepaald aantal stoffen wordt getoetst. Een dergelijke eis aan de wijze waarop aan de streefwaarde moet worden getoetst betekent wel dat onderzoeksnormen en protocollen op dit punt moeten worden aangepast.

## 2.4 Toetsen aan de streefwaarde

In het in 1996 verschenen rapport 'De kwaliteit van de vaste bodem in Nederland' (zie paragraaf 2.3) is op hoofdlijnen aangegeven op welke wijze invulling zou kunnen worden gegeven aan een toetsingsmethodiek die rekening houdt met het fenomeen dat de kans op afkeuren toeneemt naarmate er meer stoffen worden onderzocht. Op basis van die voorstellen is in 1997 een aantal verschillende toetsingsvarianten doorgerekend op basis van de gegevensbestanden die in het voorgaande onderzoek zijn opgebouwd. Daarbij gaat het specifiek om de gegevensbestanden van:

- de landbodems;
- het bouwland;
- de bietengrond.

Voor verschillende toetsingsscenario's moest voor de genoemde gegevensbestanden worden vastgesteld in wat voor kans op goed- of afkeuren die toetsingsscenario's resulteerden. Aandachtspunten voor de te onderzoeken toetsingsscenario's waren:

- de samenstelling van het parameterpakket, zowel ten aanzien van het *aantal* stoffen als *welke* stoffen in het parameterpakket worden opgenomen;
- het al of niet gebruiken van een afkeurfactor om bij de toetsing te compenseren voor de binnen de achtergrondconcentraties voorkomende spreiding;
- het uitgangspunt dat een gehalte onder de bepalingsgrens niet wordt beschouwd als een overschrijding van de streefwaarde, specifiek voor die stoffen waarvoor de

streefwaarde ‘per definitie’ onder de bepalingsgrens ligt, of die situaties waarbij door een verhoogde bepalingsgrens de streefwaarde alsnog onder de bepalingsgrens terecht komt.

Gebruikmakend van het gegevensbestand van de landbodem zijn voor vier analysepakketten twaalf verschillende toetsingsscenario's doorgerekend die op verschillende wijze rekening houden met:

1. de mate waarin de afkeurkans varieert met de samenstelling van het analysepakket;
2. de mate waarin de afkeurkans varieert als rekening wordt gehouden met de analysefout;
3. de mate waarin de afkeurkans varieert als rekening wordt gehouden met verhoogde achtergrondgehalten;
4. de mate waarin de afkeurkans varieert indien een gecombineerde toetsing voor meerdere stoffen wordt uitgevoerd.

Bij alle berekeningen is rekening gehouden met de correlaties tussen de gehalten van de verschillende stoffen.

Bij het beoordelen van de resultaten van deze berekeningen hebben de volgende overwegingen een rol gespeeld:

- het afkeurpercentage moet circa 10% bedragen, het afkeurpercentage dat voor individuele stoffen globaal correspondeert met de relatie tussen de door Edelman gemeten gehalten en de streefwaarden voor zware metalen;
- het afkeurpercentage moet stabiel zijn, dat wil zeggen dat de omvang en samenstelling van het analysepakket geen grote invloed mogen hebben op het afkeurpercentage;
- bij gecombineerde toetsing worden alleen stoffen met in principe vergelijkbare eigenschappen in één stofgroep ondergebracht.

Dit heeft er toe geleid dat twee toetsingsscenario's als beleidsmatig meest interessant zijn geselecteerd. Deze twee toetsingsscenario's zijn vervolgens toegepast op de beschikbare gegevensbestanden van bouwland en bietengrond. De resulterende afkeurpercentages voor de twee geselecteerde scenario's zijn in Tabel 3 en Tabel 4 weergegeven:

Tabel 3 Afkeurpercentages<sup>1)</sup> bij toetsing per stofgroep met een toetsingsfactor die rekening houdt met de analysefout

Analysepakket	toetsingsfactor = 1 + analysefout		
	landbodem	bouwland	bietengrond *)
PAK (10 VROM), As, Cu, Pb, Zn	15	10	0
PAK (10 VROM), As, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	15	5	0
PAK (10 VROM), As, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, PCB52, PCB101	15	10	0
PAK (10 VROM), As, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, PCB52, PCB101, dieldrin, HCB	20	15	100

\*) Voor bietengrond waren slechts zes monsters beschikbaar. De gepresenteerde afkeurpercentages zijn daarom indicatief

1) De afkeurpercentages zijn afgerond op vijftallen.

Tabel 4 Afkeurpercentages<sup>1)</sup> bij toetsing per stofgroep met een toetsingsfactor die rekening houdt met het optreden van verhoogde achtergrondgehalten

Analysepakket	toetsingsfactor = $P_{90}/S$	
	landbodem	bouwland
PAK (10 VROM), As, Cu, Pb, Zn	10	15
PAK (10 VROM), As, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn	10	15
PAK (10 VROM), As, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, PCB52, PCB101	10	15
PAK (10 VROM), As, Hg, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, PCB52, PCB101, dieldrin, HCB	15	30

Voor bietengrond konden deze afkeurpercentages niet worden berekend doordat onvoldoende gegevens beschikbaar waren voor het bepalen van  $P_{90}$ .

1) De afkeurpercentages zijn afgerond op vijftallen.

De verschillende afkeurpercentages voor de gegevens van de landbodem en bouwland zijn toe te schrijven aan de volgende twee factoren:

1. Bij gebruik van de toetsingsfactor die rekening houdt met de analysefout zijn de afkeurpercentages voor landbodem hoger dan voor bouwland omdat de onderlinge correlaties in het landbodembestand sterker zijn. De sterke correlaties zijn waarschijnlijk toe te schrijven aan de grotere consistentie van het landbodembestand.
2. Bij gebruik van de toetsingsfactor die rekening houdt met de verhoogde achtergrondgehalten van PAK en dieldrin zijn de afkeurpercentages voor bouwland hoger dan voor landbodem omdat géén rekening wordt gehouden met de enigszins verhoogde gehalten aan koper en HCB in bouwland.

Alle beschikbare bietengrondmonsters worden afgekeurd vanwege de hoge concentraties dieldrin.

Op basis van de resultaten van het onderzoek is de aanbeveling gedaan om de toetsing aan de streefwaarde uit te voeren op basis van een toetsing per stofgroep waarbij rekening wordt gehouden met het optreden van een analysefout.

De toetsing aan de streefwaarde kent dan de volgende stappen:

1. Bereken de streefwaarden voor de geanalyseerde stoffen;
2. Bereken de toetsingsfactor ( $T$ ) voor de gemeten stoffen volgens:  $T = 1 + \frac{\Delta c}{\sqrt{n}}$

met:

$\Delta c$  = 0,20 (analysefout 20%)

$n$  = aantal analyses voor betreffende stof

3. Toets de som van het quotiënt van de gemeten concentraties ( $c$ ) en het product van de toetsingsfactor ( $T$ ) en de streefwaarde ( $S$ ) aan de som van het aantal te toetsen

stoffen volgens:  $\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{T_i S_i} > n$

met:

$c$  = gehalte (mg/kg ds)

$T$  = toetsingsfactor (-)

$S$  = streefwaarde (mg/kg ds)

4. Indien  $\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{T_i S_i} \leq n$  voldoet de grond voor de getoetste stofgroep aan de streefwaarde (indien  $\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{T_i S_i} > n$  voldoet de grond voor de getoetste stofgroep *niet* aan de streefwaarde).
5. Voer de toetsing uit voor elke geanalyseerde stof of stofgroep en beoordeel de grond op basis van het totaal aan toetsingsresultaten. De grond voldoet aan de streefwaarde indien in voor *alle* toetsingsresultaten geldt dat  $\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{T_i S_i} \leq n$ .

Bij de hiervoor gepresenteerde toetsingsmethode dienen nog een aantal randvoorwaarden te worden gesteld:

- Een individuele stof mag het gemiddelde van streef- en interventiewaarde (de tussenwaarde) niet overschrijden;
- De stofgroepen waarbinnen wordt getoetst zijn de eerste zes stofgroepen van de toetsingstabel van de Leidraad bodembescherming, te weten:
  - metalen
  - anorganische verbindingen
  - aromatische verbindingen
  - polycyclische aromatische koolwaterstoffen <sup>1)</sup>
  - gechloreerde koolwaterstoffen
  - chloorfenolen <sup>2)</sup>
  - bestrijdingsmiddelen
- Stoffen uit de zevende groep van de toetsingstabel van de Leidraad bodembescherming (overige verontreinigingen), worden niet als stofgroep maar individueel getoetst.
- De toetsing dient te worden uitgevoerd op basis van één of meer mengmonsters afkomstig uit een bodemvolume van 1.250 m<sup>3</sup> (circa 2.000 ton) <sup>3)</sup>.

Indien niet aan de laatste voorwaarde wordt voldaan ten gevolge van het feit dat:

- Een individueel monster van één plaats is genomen;
- Meerdere monsters van elk één afzonderlijke plaats zijn genomen;

kan wel aan de streefwaarde worden getoetst, maar kan *niet* worden geconcludeerd dat de grond voldoet aan de streefwaarde.

**Voorbeeld:**

In twee mengmonsters van een partij grond zijn de in Tabel 5 weergegeven gehalten gemeten. Het percentage lutum en organisch stof in beide monsters bedraagt 35% respectievelijke 12%.

<sup>1)</sup> Voor de polycyclische aromatische koolwaterstoffen geldt dat er voor grond alleen een streefwaarde is gedefinieerd voor de som van de 10 individuele PAK's. Voor de toetsing betekent dit effectief dat voor som-PAK's geen compensatie binnen de stofgroep mogelijk is. Dit neemt niet weg dat compensatie tussen de individuele PAK's wel mogelijk is.

<sup>2)</sup> De chloorfenolen worden voor de toetsing als aparte groep gedefinieerd.

<sup>3)</sup> Bij het bepalen van de gemiddelde concentratie van een partij grond of bodem spelen twee fouten een belangrijke rol, namelijk de heterogeniteit in de partij ( $s_{\text{partij}}$ ) en de analysefout ( $s_{\text{analyse}}$ ). Het aantal grepen dat van een partij wordt genomen dient groot te zijn om een goede schatting van het gemiddelde van de partij te kunnen geven. Naarmate de heterogeniteit in de partij groter is zijn meer grepen noodzakelijk om eenzelfde betrouwbaarheid in de schatting van het gemiddelde te realiseren. Wordt een groot aantal grepen genomen dan is de analysefout dominant. Worden bovendien een groot aantal (meng)monsters geanalyseerd, dan zal ook de analysefout (sterk) worden verkleind.

Tabel 5 Voorbeeld voor de wijze waarop in de toetsing aan de streefwaarde rekening kan worden gehouden met het analyseren van meerdere stoffen

stof	gemeten concentratie			Streef- waarde (S)	Tussen- waarde	relatieve concentratie	Toetsings- waarde (T)	berekening c/TS	relatieve streefwaarde
	1 <sup>e</sup> meting	2 <sup>e</sup> meting	gemiddeld						
<b>Cu</b>	42	46	44	43,2	136	1,02	1,14	0,89	1
<b>Pb</b>	54	-	54	97	351	0,56	1,2	0,47	1
<b>Zn</b>	126	152	139	173	533	0,80	1,14	0,70	1
<b>Cd</b>	1,05	1,13	1,09	0,91	7,3	1,20	1,14	1,05	1
som								3,11	4

De som van het quotiënt van de gemeten gehalten gedeeld door het product van de toetsingswaarde en de streefwaarde (3,11) is kleiner dan het aantal te toetsen stoffen binnen de stofgroep

(4). Aan de toetsing  $\sum_{i=1}^n \frac{c_i}{T_i S_i} \leq n$  wordt voldaan, terwijl voor geen enkele stof de tussenwaarde

wordt overschreden. Dit betekent dat de getoetste grond voor deze stofgroep aan de streefwaarde voldoet.

Voor het verkrijgen van een representatief mengmonster uit een bodemvolume van 1.250 m<sup>3</sup> is het noodzakelijk dat een groot aantal individuele steken wordt samengevoegd tot een mengmonster. In het kader van het Bouwstoffenbesluit is voor grond op het concentratieniveau van de streefwaarde vastgesteld dat hiervoor ten minste twee analysemonsters van elk 50 steken noodzakelijk zijn. Daarom is de aanbeveling gedaan om deze mengmonsterstrategie over te nemen en te onderzoeken hoe deze kan worden toegepast bij het onderzoeken van *bodem*.

Door te eisen dat een individuele stof het gemiddelde van streef- en interventiewaarde niet mag overschrijden wordt voorkomen dat daadwerkelijke bodemverontreiniging met één specifieke stof bij de toetsing aan de streefwaarde binnen de stofgroep wordt weg-gemiddeld.

De voorgestelde toetsingsmethode was gebaseerd op het gegevensbestand dat voortkwam uit het onderzoek naar 'De kwaliteit van de vaste bodem in Nederland' en dat op een aantal verschillende punten beperkingen kent. Daarom is de aanbeveling gedaan om te werken aan een verdere uitbreiding van het gegevensbestand van de landbodem. Daarbij dient met name inzicht te worden verworven in andere stoffen / stofgroepen en dient, op basis van een uitbreiding van het gegevensbestand, een beter inzicht in de aanwezige correlaties te worden verkregen.

Ook voor het gegevensbestand van het bouwland is geadviseerd dit verder uit te breiden en met name om er zorg voor te dragen dat dit een consistent gegevensbestand wordt. Daarnaast is geadviseerd om aandacht te schenken aan de gehalten van de bestrijdingsmiddelen in het bouwland omdat dit voor deze gronden wel eens het belangrijkste probleem bij toetsing aan de streefwaarde zou kunnen zijn.

Tenslotte wordt geconstateerd dat het definiëren van de wijze van toetsing aan de streefwaarde van invloed is op het onderzoek dat moet worden uitgevoerd en waarbij toetsing aan de streefwaarde (een van) de doelstelling(en) is. Geadviseerd is daarom om de effecten op het bodemonderzoek te bestuderen. Op basis hiervan zouden dan voorstellen kunnen worden geformuleerd met betrekking tot de wijze waarop op alle gebieden een eenduidige toetsing aan de streefwaarde kan worden verkregen.

## 2.5 Verkennen van onderzoeksvarianten voor het toetsen aan de streefwaarde

Voortbordurend op de eerdere onderzoeksstappen is in 1998 onderzocht welke onderzoeksvarianten leiden tot het oplossen van de aan de HANS<sup>4</sup> projecten ten grondslag liggende problematiek, namelijk dat de kans op afkeuren van grond toeneemt bij het toenemen van het aantal te toetsen stoffen zonder dat er sprake is van bodemverontreiniging. De politieke relevantie voor de HANS projecten komt voort uit het voorkomen van een negatief imago van de landbouwgronden en het oplossen van de afzetproblemen van tarragrond.

Allereerst is onderzocht of het bestaande gegevensbestand kan worden geoptimaliseerd om met meer zekerheid te kunnen uitsluiten dat lokale beïnvloedingen niet in het bestand zijn opgenomen. Hierbij is geconcludeerd dat een dergelijke slag voor de zoetwaterbodem naar alle waarschijnlijkheid zowel uitvoerbaar is, als tot een wezenlijke verbetering van het bestand met achtergrondgehalten zal leiden. Voor de landbodem is een dergelijke slag eveneens uitvoerbaar, maar er kunnen vraagtekens worden geplaatst bij de kwaliteitsverbetering van het bestand dat hiermee zou worden verkregen.

Vervolgens is een analyse uitgevoerd om vast te stellen welke vrijheidsgraden er zijn bij het definiëren van onderzoeksvarianten. Feitelijk gaat het hier om de eigenschappen waarin kan worden gevarieerd, zoals de toetsingsregel, het analysepakket, de dekkingsgraad, de monsternemingsstrategie en de betrouwbaarheid waarmee uitspraken moeten worden gedaan. De inventarisatie van de vrijheidsgraden leverde, in het licht van de voorstellen zoals die in de Werkgroep Toetsing Streefwaarde zijn gedaan, acht verschillende onderzoeksvarianten op. Voor deze onderzoeksvarianten is vastgesteld of, en zo ja, wat voor, aanvullende gegevens noodzakelijk zijn, wat voor werkzaamheden moeten worden uitgevoerd en wat de variant met betrekking tot de toetsing aan de streefwaarde voor resultaat zou opleveren.

Het oplossen van de problematiek is gegeven het aantal verschillende scenario's op meerdere manieren mogelijk. De verschillende oplossingen zijn echter geenszins gelijkwaardig en dienen daarom zo objectief mogelijk te worden vergeleken. Hiervoor zijn drie belangrijke criteria gedefinieerd, namelijk de kosten, de haalbaarheid en de meerwaarde.

De kosten van de verschillende varianten zijn relatief eenvoudig te schatten op basis van aannames met betrekking tot de kosten van veldwerk, analyses, voorbereiding, rekenwerk, etc.. De bedragen waarmee is gerekend zijn slechts schattingen en daarmee zijn de berekende kosten per variant indicatief. De orde van grootte van de kosten is daarmee echter wel vastgesteld waardoor het mogelijk was om de verschillende onderzoeksvarianten qua prijs te vergelijken.

Onder de haalbaarheid is in dit verband verstaan de vraag of een bepaalde einddatum voor een onderzoeksvariant zou kunnen worden gerealiseerd. In relatie tot de inwerkingtreding van het Bouwstoffenbesluit is er bijvoorbeeld een deadline op 1 januari 1999, terwijl de resultaten van het onderzoek reeds ruim voor die datum beschikbaar zouden moeten zijn ten behoeve van de beleidsmatige inbedding. Los van eventuele deadlines, is voor de verschillende onderzoeksvarianten de looptijd vastgesteld. Daarmee is de tijd gedefinieerd voor het daadwerkelijk uitvoeren van het onderzoek. Er is bij de schattingen van de looptijd geen rekening gehouden met de tijd die bijvoorbeeld in het voortraject nodig is voor het verkrijgen van financiering en dergelijke.

---

<sup>4</sup> HANS: HANtering en evaluatie Streefwaarden

De meerwaarde is tenslotte uitgedrukt ten opzichte van een groot aantal verschillende kenmerken en beoordelingsaspecten, zoals de dekkinggraad, het aantal stoffen, de relevantie voor verschillende beleidsvelden en het oplossen van het imago- en afzetprobleem. Hieraan zijn ‘rapportcijfers’ toegekend. Via een gewogen methode is hieruit een totaalcijfer voor de meerwaarde van elke onderzoeksvariant bepaald.

Het geven van cijfers aan de verschillende onderzoeksvarianten is in belangrijke mate arbitrair en is ingevuld vanuit de kennis / expertise van TNO / IWACO. Het is vooral bedoeld om aan de leden van de Werkgroep Toetsing Streefwaarde een handvat te bieden op basis waarvan men zijn of haar eigen meerwaarde voor de verschillende onderzoeksvarianten kan vaststellen.

Tot slot zijn verschillende beslisregels gegeven op basis waarvan men kan beslissen welke onderzoeksvariant voor de eigen achterban relevant is.

Gegeven de evaluatie van mogelijke onderzoeksvarianten is de Werkgroep Toetsing Streefwaarde tot de conclusie gekomen dat er voor de korte termijn (voor 1 januari 1999) een interim-oplossing moet komen en voor de lange termijn (circa 2002 - 2003) een definitieve oplossing. Daarbij ging de voorkeur uit naar een toetsingsscenario dat rekening houdt met het gegeven dat van een beperkt aantal stoffen (N) de individuele streefwaarde in beperkte mate (T) mag worden overschreden. Feitelijk is hiervoor een nieuw gegevensbestand noodzakelijk, maar dit is alleen op de lange termijn te realiseren. Voor de korte termijn werd het daarom door de Werkgroep Toetsing Streefwaarde noodzakelijk geacht dat de ‘N,T-toetsingsystematiek’ wordt ingevuld op basis van het reeds beschikbare gegevensbestand. De Werkgroep Toetsing Streefwaarde heeft daarbij een percentage onterecht afkeuren van 5 % als doelstelling gedefinieerd. Of dit percentage acceptabel is, is een beleidsmatige / politieke keuze.

Voorgaande betekent dat de Werkgroep Toetsing Streefwaarde heeft geadviseerd op korte termijn onderzoeksvariant C-1 uit te voeren en op langere termijn onderzoeksvariant C-2.

In Tabel 6 zijn de eigenschappen van de onderzoeksvarianten C-1 en C-2 *verkort* weergegeven.

Tabel 6 Onderzoeksvarianten C-1 en C-2 waaraan volgens de Werkgroep Toetsing Streefwaarde op korte respectievelijk lange termijn invulling moet worden gegeven.

	<b>Combinatie variant C-1</b>	<b>Combinatie-variant C-2</b>
toetsing	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gecombineerd aan <math>P_{90}/S</math>, beperkt aantal stoffen (N) beperkte overschrijding (T) toegestaan</li> <li>• stoffenpakket NEN 5740</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gecombineerd aan één <math>P_{99}</math> voor heel Nederland, beperkt aantal stoffen (N) beperkte overschrijding (T) toegestaan</li> <li>• toetsing volledig stoffenpakket</li> </ul>
wat is er nodig?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beleidsmatig vaststellen overschrijding (T) voor beperkt aantal stoffen (N) op basis van toetsing met huidige gegevensbestand</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nader vast te stellen overschrijding (T) voor beperkt aantal stoffen (N)</li> <li>• nieuwe monsters, nieuwe analyses</li> </ul>
wat levert het op?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• beleidsmatig vastgesteld percentage afkeuring (circa 5 %) bij toetsing stoffenpakket NEN 5740</li> <li>• op basis van vertaling van huidige bestand (beperkte lijst van stoffen) naar stoffen van NEN 5740.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximaal 5% afkeuring bij toetsing volledig pakket</li> <li>• Validatie bestand sluit qua monsterneming aan op NEN-5740 en handavingsprotocol Bouwstoffenbesluit</li> <li>• Validatie bestand sluit qua analysepakket aan op volledige stoffenlijst</li> <li>• één <math>P_{99}</math> voor alle stoffen, zonder regionale differentiatie</li> <li>• alle analyses volgens AP04</li> </ul>
kosten	€ 20.000,=	€ 440.000,=
looptijd	1 maand	6 maanden
meerwaarde	6	8

## 2.6 Berekenen van een toetsingsregel voor het toetsen aan de streefwaarde

Op basis van het gegevensbestand met achtergrondgehalten van de landbodem is in 1998 berekend op welke wijze aan de streefwaarde moet worden getoetst om er voor te zorgen dat tenminste 95% van de gronden uit gebieden met concentraties binnen de verdeling van achtergrondgehalten worden goedgekeurd.

Een dergelijke toetsingsregel is noodzakelijk omdat de streefwaarden (voor een deel van de stoffen) vallen binnen de verdeling van achtergrondgehalten en dat bij het toetsen van een toenemend aantal stoffen de totale kans op het overschrijden van één individuele streefwaarde sterk toeneemt.

Om dit probleem op te lossen is door de Werkgroep Toetsing Streefwaarden voorgesteld om voor een interim-periode uit te gaan van een toetsingsregel gebaseerd op een relatieve percentielwaarde ( $P_x/S$ ) van de verdeling van achtergrondgehalten en daarbij voor een beperkt aantal stoffen (N) een beperkte overschrijding (T) van de streefwaarde toe te staan. Daarmee wordt een N,T-toetsingsregel geïntroduceerd.

In de visie van de Werkgroep Toetsing Streefwaarden blijft deze wijze van toetsing ook op de langere termijn gehandhaafd, maar het is noodzakelijk om een nieuw gegevensbestand met achtergrondgehalten voor alle te toetsen stoffen op te bouwen om tot een definitieve wijze van toetsing te kunnen komen. Dit in verband met de beperkingen van de beschikbare gegevensbestanden, zowel ten aanzien van hun representativiteit voor achtergrondgehalten als het aantal daarin aanwezige stoffen.



Gedurende het onderzoek is gebleken dat het om twee redenen voor de interim-periode niet haalbaar is om uit te gaan van een percentielwaarde van het TNO/IWACO gegevensbestand met achtergrondgehalten. Ten eerste omdat er slechts voor een beperkt aantal stoffen percentielwaarden kunnen worden berekend, namelijk de stoffen die in het landbodembestand aanwezig zijn (acht (zware) metalen en som-PAK's). Extrapolatie van de toetsingsregel naar andere stoffen is daardoor niet mogelijk. En ten tweede omdat er, zoals reeds in eerdere studies geconstateerd, vraagtekens kunnen worden geplaatst bij de representativiteit van het TNO/IWACO landbodembestand voor de achtergrondgehalten.

Daarom is gekozen voor een N,T-toetsingsregel gebaseerd op de toetsing aan de streefwaarde zelf.

Voor de landbodem wordt aan het beoogde goedkeuringspercentage van 95% voldaan indien, bij toetsing van de 9 stoffen die in het landbodembestand zijn vertegenwoordigd, maximaal twee stoffen de streefwaarde met maximaal een factor twee mogen overschrijden. Voor het toetsen van een groter aantal stoffen is voorgesteld het aantal stoffen dat de streefwaarde mag overschrijden beperkt te laten toenemen.

Om vast te stellen of met de berekende toetsingsregel daadwerkelijk aan het beoogde goedkeuringspercentage wordt voldaan is de toetsingsregel toegepast op een aantal verschillende gegevensbestanden, te weten:

- TNO/IWACO deelbestand van het bouwland;
- gegevens van de bietentarra;
- specifiek deelbestand van LAWABO;
- specifiek deelbestand van de Betuweroute.

In geen van de gevallen wordt daarbij het beoogde percentage goedkeuring gerealiseerd, maar dit was, met uitzondering van het gegevensbestand van het bouwland, ook niet verwacht. Voor het gegevensbestand van de Betuweroute en van de waterbodem geldt dat een lager goedkeurpercentage naar alle waarschijnlijkheid in belangrijke mate wordt beïnvloed doordat slechts een beperkt aantal grepen in een mengmonster is samengevoegd. Daarnaast geldt voor beide gegevensbestanden dat er voor een deel belaste monsters in zijn vertegenwoordigd: voor circa 10% van dat gegevensbestand van zowel de waterbodem als de Betuweroute wordt de tussenwaarde ( $\frac{1}{2}(S+I)$ ) overschreden. Het gegevensbestand van de bietentarra is te beperkt om daaraan conclusies te kunnen verbinden.

Voor het gegevensbestand van het bouwland mocht wel min of meer worden aangenomen dat dit achtergrondgehalten bevat. Hoewel de 95% goedkeuring met dit bestand niet is gerealiseerd, lag het percentage goedkeuring met 90% wel in de gewenste orde van grootte. Het lagere goedkeuringspercentage wordt daarbij veroorzaakt door enkele organische stoffen (2 PCB's, dieldrin en HCH) die in de toetsing zijn meegenomen. Voor met name de bestrijdingsmiddelen ligt het ook in de verwachting dat in bouwland sprake is van een (geringe) verhoging van de gehalten. Worden alleen de 9 stoffen van het landbodembestand getoetst, dan voldoet het bouwlandbestand met 97% goedkeuring wél aan het beoogde minimale percentage goedkeuring.

De beoordeling van de toetsingsregel aan de andere bestanden leek er wel op te duiden dat er, met name als er veel organische stoffen worden onderzocht, toch nog goedkeuringsproblemen kunnen blijven optreden. Er waren echter geen gegevensbestanden beschikbaar op basis waarvan dit probleem kon worden opgelost. Bovendien bleek de

voorgestelde N,T-toetsingsregel wel een grote vooruitgang te zijn ten opzichte van de wijze waarop tot op dat moment aan de streefwaarde werd getoetst.

Hoewel andere mogelijkheden voor de wijze van toetsing zijn aangedragen die mogelijk leiden tot een hoger percentage goedkeuring indien (veel) organische stoffen worden onderzocht, was het niet mogelijk om die voorstellen voldoende op hun waarde te onderzoeken door het gebrek aan achtergrondgehalten voor die stoffen. Om die reden is voorgesteld om voor de interim-periode uit te gaan van de voorgestelde N,T-toetsingsregel waarvan werd verwacht dat deze in belangrijke mate het beoogde goedkeuringpercentage van 95% zou realiseren.

De toetsing van schone grond is, hoewel mede beoordeeld op basis van een gegevensbestand van de waterbodem, sterk gebaseerd op de toetsing zoals die voor de landbodem plaatsvindt. Naar de consequenties van de toetsing voor de klasse-indeling zoals die bij de waterbodem wordt gehanteerd is niet gekeken. Dit dient echter nog wel plaats te vinden.

Om vast te stellen of er sprake is van schone grond of schone bodem is daarom het volgende toetsingsschema voorgesteld:

**Toetsing van bodem en grond ten behoeve van het constateren of er sprake is van schone bodem c.q. schone grond**

1. Van de bodem / grond worden twee mengmonsters samengesteld, elk bestaande uit 50 aselekt over de partij verdeelde grepen. De partijgrootte bedraagt daarbij 1.250 m<sup>3</sup> (ca. 2.000 ton).
2. De mengmonsters worden onderzocht op de volgende stoffen:
  - arsen, cadmium, koper, chroom, kwik, nikkel, lood, zink, som-PAK's, minerale olie, EOX.
  - Indien er sprake is van een mogelijke verhoging van de gehalten van stoffen buiten dit basispakket dienen die betreffende stoffen te worden meegenomen in het analysepakket.
  - Het onderzoek dient te worden uitgevoerd conform AP04.
3. Voor stoffen die worden getoetst op basis van een somparameter (bijvoorbeeld som-PAK's) worden de individuele gehalten op de bepalingsgrens gesommeerd nadat deze met 0,7 zijn vermenigvuldigd.
4. Er is sprake van schone bodem / schone grond indien:
  - 4.1 Alle individueel te toetsen gehalten voor landbodem onder de tussenwaarde ( $\frac{1}{2}(S+I)$ ) liggen respectievelijk onder de toetsingswaarde (klassegrens 2/3) voor waterbodem;
  - 4.2 Ten hoogste N stoffen de streefwaarde overschrijden en deze stoffen maximaal een factor 2 boven de streefwaarde liggen, waarbij
    - N afhankelijk is van het aantal getoetste stoffen:

Aantal onderzochte stoffen	Maximale aantal overschrijdingen
$\leq 10$	0
11 - 20	3
$\geq 21$	4

## 2.7 De kwaliteit van tarragrond

In verband met de mogelijke imago-problemen van tarragrond is door TNO / IWACO in 1998 een onderzoek uitgevoerd naar de chemische samenstelling van tarragrond. Het imago-probleem werd veroorzaakt doordat de indruk bestond dat bij toetsing van tarragrond volgens de regels van het Bouwstoffenbesluit, tenminste een deel van de tarragrond niet als schone grond zou kunnen worden gekwalificeerd.

In het onderzoek zijn negen partijen tarragrond van elk circa 2.000 ton onderzocht. De negen partijen waren afkomstig uit zeven verschillende depots, vijf van bietentarra en twee van aardappeltarra. Één depot met bietentarra is in drievoud onderzocht om een indruk te krijgen van de heterogeniteit binnen een depot.

In de onderzochte tarragrond worden een aantal probleemstoffen waargenomen omdat er:

- sprake is van stoffen die in (licht) verhoogde gehalten voorkomen in alle landbouwgrond;
- sprake is van stoffen gerelateerd aan natuurlijke afbraakprocessen;
- sprake is van analytische problemen, resulterend in een verhoogde bepalingsgrens.

Stoffen die mogelijk in licht verhoogde concentraties in alle landbouwgrond voorkomen zijn met name de drins en DDT/DDE/DDD.

Stoffen die kunnen worden gerelateerd aan biologische afbraakprocessen zijn toluen, cresolen en fenol.

Analytische problemen met stoffen hangen in belangrijke mate samen met matrix-effecten: deze spelen een rol in de aardappeltarra waarin nog sprake is van microbiële afbraakprocessen. Daarnaast leveren de ftalaten analytische problemen op.

Wordt tarragrond getoetst op basis van het basispakket van stoffen, dan leek er op basis van de resultaten van dit onderzoek geen probleem te zijn: alle negen onderzochte partijen worden goedgekeurd.

Het onderzoek heeft echter ook een aantal stoffen geïdentificeerd die een meer dan marginale kans hebben de streefwaarde te overschrijden. Die stoffen moeten daarom ook bij de beoordeling worden meegenomen. Specifiek gaat het hierbij om de drins en DDT/DDE/DDD.

Voor de stoffen die konden worden gerelateerd aan biologische afbraak werd eveneens vastgesteld dat deze in een beoordeling moesten worden meegenomen. Dit werd niet noodzakelijk geacht indien er door verder onderzoek en eenduidige afspraken zou worden voorkomen dat tarragrond waarin nog natuurlijke afbraak plaatsvindt reeds zou worden afgezet.

Onder de aanname dat alleen voldoende gerijpte partijen tarragrond zouden worden afgezet, moet de toetsing (ten minste) zijn gericht op de 11 stoffen van het basispakket, aangevuld met drins en DDT/DDE/DDD. Op basis van de voorgestelde toetsingsregel werden met dat analysepakket 3 van de 9 in dit onderzoek onderzochte partijen afgekeurd.

Het uitgevoerde onderzoek was te beperkt van opzet om vast te kunnen stellen in hoeverre met de huidige wijze van toetsing, ondanks de extra ruimte die wordt geboden, toch nog sprake blijft van een imagoprobleem voor de tarragrond. Geconcludeerd is echter dat het onderzoek onvoldoende handvatten biedt om reeds nu voor een verruiming van de toetsing te kiezen. Een betere onderbouwing is hiervoor noodzakelijk. Voorgenomen is om deze betere onderbouwing in het kader van het vervolg van het project Hantering Streefwaarden (HANS) op termijn van enkele jaren te leveren.

Na afronding van het project is beleidsmatig besloten om de mate waarin de toetsingswaarde voor drins en DDT/DDE/DDD de individuele streefwaarden mogen overschrijden te verhogen tot een factor 3 (was (voor alle stoffen) een factor 2).

## **2.8 Onderzoeksopzet AW2000, Nadere specificatie van de werkzaamheden, specifiek ingevuld voor fase 1**

Door de Werkgroep Toetsing Streefwaarden was eerder geconstateerd dat het er in het beschikbare gegevensbestand inconsistenties zaten en dat de geografische dekking over

Nederland beperkt was. Daarom was geconcludeerd dat de op basis van dat gegevensbestand gedefinieerde toetsingsregel wel acceptabel was voor een interim-periode, maar dat zou moeten worden gewerkt aan het verkrijgen van een consistent gegevensbestand voor alle stoffen. Op basis van dat gegevensbestand zou dan een definitieve afleiding van toetsingsregels kunnen plaatsvinden.

Hoe het betreffende gegevensbestand er uit zou moeten zien (technisch), op welke wijze dit zou kunnen worden verkregen (organisatorisch en financieel), vormde aanleiding tot het uitvoeren van een definitiestudie.

In het kader van het onderzoek 'achtergrondwaarden 2000' (AW2000) werd in de rapportage van 2001 uitgegaan van een onderzoek met drie fasen. De volgende indeling werd voorgesteld:

- Fase 1: Onderzoek naar de achtergrondgehalten op 100 locaties verspreid over geheel Nederland. De locaties worden op basis van een kanssteekproef verdeeld over een beperkt aantal combinaties van het bodemtype en het bodemgebruik.
- Fase 2: Aanvulling van het gegevensbestand voor die stoffen en combinaties van bodemtype en bodemgebruik waarvoor op basis van de resultaten van fase 1 onvoldoende inzicht in de verdeling van de waarnemingen is verkregen.
- Fase 3: In de derde fase moet op basis van de dan beschikbare informatie over de achtergrondgehalten de wijze van toetsing aan de streefwaarde worden vastgesteld.

Voor fase 1 werd voorgesteld om in principe alle stoffen te gaan meten waarvoor een (indicatieve) streefwaarde, interventiewaarde, samenstellingswaarde bijlage 1 (SW1) of samenstellingswaarde bijlage 2 (SW2) Bouwstoffenbesluit is gedefinieerd. Uitzonderingen werden gevormd door catechol, resorcinol en hydrochinon die op zich wel zijn genormeerd, maar waarvoor geen analysemethode beschikbaar was. Ook voor maneb werd een uitzondering gemaakt omdat deze stof niet individueel kon worden bepaald en de overige stoffen die dan ook worden gemeten niet waren genormeerd.

Voor AW2000 gold als uitgangspunt dat gebruik moest worden gemaakt van AP04 geaccrediteerde analysemethoden, conform NEN-normen. Indien voor een stof of stofgroep geen NEN-norm beschikbaar was, mocht gebruik worden gemaakt van een (gevalideerde) huismethode.

De voorgestelde onderzoeksschaal bedroeg  $1.250 \text{ m}^3 / 2.000 \text{ ton}$ , dus gelijk aan de hoeveelheid grond waarop in het kader van de toetsing aan de streefwaarden en SW1 moest worden getoetst. Binnen dat bodemvolume werd voorgesteld om onderscheid te maken tussen de bovengrond (0 – 0,1 m-mv) en de ondergrond (0,5 – 1,0 m-mv). Van elke laag werd voorgesteld om grepen in een 7 bij 7 raster te nemen, totaal dus 49 grepen per laag en 98 grepen voor het gehele bodemvolume van  $1.250 \text{ m}^3 / 2.000 \text{ ton}$ . Daarmee werd (min of meer) aangesloten bij de gevalideerde onderzoeksstrategie voor het onderzoeken van partijen grond in het kader van het Bouwstoffenbesluit (2 x 50 grepen). Ook voor de greep- en resulterende monstergrootte werd hierop aangesloten.

Voorgesteld werd om het resterende monstermateriaal op te slaan in het Kernhuis van TNO-NITG om het op die wijze beschikbaar te houden voor (wetenschappelijk) onderzoek in de toekomst.

Naast voorgaande aspecten is ook aandacht besteed aan de term 'achtergrondgehalte'. Gebleken is dat het omschrijven van wat met 'achtergrondgehalte' wordt bedoeld complex is. Gaat het immers om de gehalten zoals die ten gevolge van bodemvormende

processen van nature kunnen voorkomen, of mag een zekere – beperkte – mate van diffuse belasting van al of niet humane oorsprong in dit achtergrondgehalte meetellen? In het licht van die discussie is vastgesteld dat AW2000 zich richt op de gehalten zoals die op het moment van het uitvoeren van het veldwerk voorkomen in de bodem van natuur- en landbouwgronden waarvoor geldt dat er geen verwachting bestaat van een meer dan normale diffuse achtergrondbelasting.

De organisatie van de uitvoering is complex door zowel de financiële omvang als door het grote aantal bij het project betrokken partijen aan de kant van opdrachtgevers als potentiële uitvoerders. Om die reden is voorgesteld om de organisatie neer te leggen bij Novem.

## **2.9 Literatuuronderzoek naar de achtergrondgehalten van dioxines in de Nederlandse bodem**

In het kader van het AW2000 is in 2002 een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de achtergrondgehalten van dioxines in de Nederlandse bodem. Het onderzoek had tot doel:

- Vast te stellen of er voldoende informatie in de literatuur voorhanden is om de achtergrondgehalten aan dioxines in de Nederlandse landbodem vast te kunnen stellen;
- Indien er onvoldoende informatie voorhanden blijkt te zijn te kunnen vaststellen hoeveel aanvullende gegevens dan nog noodzakelijk zijn;
- Vast te stellen waar die aanvullende gegevens moeten worden verzameld (bodemtype / bodemgebruik).

Het literatuuronderzoek heeft 60 waarnemingen opgeleverd met betrekking tot de achtergrondgehalten van dioxines in de Nederlandse bodem. Gebaseerd op deze waarnemingen varieert het achtergrondgehalte van 0,3 tot 18 ng I-TEQ/kg droge stof. Het gemiddelde gehalte is 4,8 ng I-TEQ/kg ds en de standaarddeviatie is 3,9 ng I-TEQ/kg ds.

Het merendeel van de waarnemingen had echter betrekking op de bodemgebruiksfunctie ‘grasland’ of ‘weide’. Dit betekende dat aanvulling van het gegevensbestand met andere gebruiksfuncties noodzakelijk werd geacht. In het licht van de internationale literatuur verdiende daarbij de gebruiksfunctie ‘bos’ extra aandacht omdat hier mogelijk wezenlijk hogere achtergrondgehalten voorkomen. De beperkt beschikbare gegevens over dioxinegehalten in Nederlands bos zijn hiermee in overeenstemming. Behalve de gebruiksfuncties waren ook niet alle bodemtypen in voldoende mate in het gegevensbestand vertegenwoordigd.

Eventuele aanvulling van het gegevensbestand met specifieke bodemtypen en bodemgebruiksfuncties dient plaats te vinden in nauwe samenhang met de definitie van de onderzoeksstrata die in fase 1 van AW2000 zullen worden bemonsterd. Dat betekent dat er in principe van wordt uitgegaan dat de verdeling over de strata voor dioxines hetzelfde zal zijn als voor de andere stoffen die in het kader van AW2000 in fase 1 op 100 locaties in Nederland zullen worden gemeten.

Door de begeleidingscommissie is vastgesteld dat aanvullende metingen aan de achtergrondgehalten van dioxines in de eerste onderzoeksfase van AW2000 wenselijk zijn; in ieder geval voor het vaststellen van het achtergrondgehalte van dioxines in de ondergrond (0,5 – 1,0 m-mv). Aangegeven is dat minimaal 20 waarnemingen wenselijk zouden zijn om een eerste indicatie van het achtergrondgehalte in de ondergrond te verkrij-

gen. De aanbiedingen van de laboratoria voor fase 1 van AW2000 maakte het echter mogelijk om de dioxines in alle monsters te analyseren.

## 3 Selectie van de monsternemingslocaties

### 3.1 Doel van de inventarisatie

Het doel van de inventarisatiestudie AW2000 kan in steekproeftechnische termen worden omschreven als het schatten van (parameters van) de cumulatieve frequentieverdelingen van een groot aantal stoffen in de bovengrond (0 – 0,1 m-mv) en in de ondergrond (0,5 – 1,0 m-mv) van Nederland.

Tijdens de definitiestudie is bediscussieerd in hoeverre het wenselijk – en ook budgettair mogelijk – is om schattingen te verkrijgen van de verdeling van de gehalten in specifieke deelgebieden; bijvoorbeeld op basis van de in de steekproef onderscheiden combinaties van bodemtype en bodemgebruik. Dit blijkt niet realiseerbaar te zijn. Het beschikbare budget is in relatie tot de kosten voor zowel het selecteren van de locaties, het bemonsteren van de locatie en de analyse van die monsters, hiervoor onvoldoende. Althans, om voldoende betrouwbare schattingen van de verdeling van achtergrondgehalten voor de te benoemen deelgebieden te verkrijgen. Consequentie is dus ook dat het op basis van de wel te realiseren gegevens niet mogelijk is om betrouwbare schattingen van de cumulatieve frequentieverdeling per deelgebied te maken. Met name de staarten van deze verdelingen worden dan te onnauwkeurig. Als gevolg daarvan is een dergelijke benadering in fase 1 van AW2000 dus niet uitgevoerd; fase 1 van AW2000 doet uitspraken over de achtergrondgehalten voor de gehele Nederlandse bodem.

### 3.2 Afbakening van het doelgebied

Het doelgebied is gedefinieerd als de natuur- en landbouwgronden in Nederland exclusief de gronden belast door punt- of lijnbronnen en gronden die (naar verwachting) meer dan normaal belast zijn door diffuse bronnen. Deze definitie sluit aan bij de in ander verband gevoerde discussie over de definitie van het begrip ‘achtergrondgehalten’ (zie ook paragraaf 2.8 en het voorwoord van dit rapport).

Uit de definitie van het doelgebied blijkt dat er geen sprake is van één doelgebied, maar in principe evenveel doelgebieden als er stoffen worden geanalyseerd. Immers een locatie kan onbelast of zwak diffuus belast zijn met de ene stof, en sterk belast zijn met een andere stof.

Uit bovenstaande definitie volgt dat alle locaties die belast zijn door punt- of lijnbronnen (niet-diffuse bronnen) niet tot het onderzoeksgebied behoren, ongeacht of deze belasting zwak of sterk is. De bovenstaande definitie is nog te vaag en niet operationeel, waardoor in het veld niet altijd duidelijk zal zijn of de gelote monsternemingslocatie wel of niet tot het onderzoeksgebied behoort en moet worden bemonsterd. Het onderzoeksgebied is daarom verder afgebakend door middel van een lijst van locaties die *niet* tot het onderzoeksgebied behoren, en dus ook niet zijn bemonsterd:

- Bebouwde kommen, industrieterreinen;
- (Boerderij)erven;
- Wegen, spoorlijnen (incl. bermen, zie hierna);
- Sloten, (slootkanten, zie hierna);
- Uiterwaarden e.a. buitendijkse gronden (kwelders, stranden);
- Locaties onder hoogspanningsleidingen, afrasteringen (zie hierna);
- Puinhoudende locaties;
- Opgespoten terreinen;

- Recreatieterreinen met een relatief intensieve gebruiksfunctie (sportvelden, kampeerterreinen);
- Glastuinbouw en voormalige glastuinbouw;
- Locaties die worden verdacht van bodemverontreiniging en als zodanig zijn geregistreerd;
- Overige locaties verontreinigd door punt- of lijnbronnen.

In geval van lijnbronnen (wegen, sloten, hoogspanningsleidingen) is een veiligheidszone ter breedte van 10 meter (5 meter aan weerszijden) aangehouden. Voor afsluitingen is een veiligheidszone ter breedte van 2 meter (1 meter aan weerszijden) aangehouden.

Hierbij wordt opgemerkt dat in het oorspronkelijke plan van aanpak grotere veiligheidszones waren gedefinieerd, namelijk voor Rijks- en hoofdwegen 50 meter aan weerszijde, overige wegen 10 meter aan weerszijde, sloten 25 meter aan weerszijde, hoogspanningsmasten en -leidingen 50 meter aan weerszijde en bij erven een veiligheidszone van 10 meter vanaf de erfgrans.

Met name in west Nederland, waar in het buitengebied veel sloten aanwezig zijn, leverde de voorgestelde breedte van de veiligheidszone in combinatie met de afmetingen van het monsternemingsvak (35 meter) een minimale perceelbreedte van 85 meter op (tussen twee sloten). Omdat veel percelen smaller zijn zou het handhaven van de eerder voorgestelde veiligheidszone tot een wezenlijke inperking van het areaal hebben geleid, hetgeen ongewenst werd geacht. Omdat de belangrijkste reden voor het hanteren van een veiligheidszone bij sloten gericht was op het op de kant zetten van baggerspecie, maar dit bij kleinere sloten veelal slechts enkele meters vanaf het water zal plaatsvinden, is geoordeeld dat een veiligheidszone van 5 meter voldoende moet zijn.

Een apart probleem vormen ‘hot areas’, grootschalige gebieden (zeg vanaf enkele honderden hectares) waarbinnen het gehalte van één of enkele stoffen in vergelijking met de rest van Nederland verhoogd is. Voorbeelden zijn de Kempen (verhoogd Cd en Zn gehalte), en de toemaakdekken in het Utrechts-Hollandse veenweidegebied (o.a. verhoogd Pb gehalte). Deze ‘hot areas’ zijn, voor zover ze bij het definiëren van de steekproef zijn geselecteerd, wel bemonsterd.

De uitgevoerde statistische evaluatie van de gegevens, zie paragraaf 5.1, heeft geen aanleiding gegeven om waarnemingen uit het gegevensbestand te verwijderen.

### 3.3 Bemonsteringseenheid en steekproefopzet op monsternemingslocatie

De bemonsteringseenheid is een vierkant van 35 m x 35 m. De vierkanten worden bemonsterd op basis van een vierkantsraster van 7 bij 7 boorpunten. De afstand tussen de rasterpunten is 5 m. Op alle 49 punten wordt een steek grond genomen uit de bovengrond (0 – 0,1 m-mv), de tussenlaag (0,1 – 0,5 m-mv) en de ondergrond (0,5 -1,0 m-mv).

De 49 steken uit de bovengrond worden samengevoegd tot 1 mengmonster, evenals die uit de tussenlaag en uit de ondergrond. Dit levert dus drie mengmonsters op. Er worden in het veld geen activiteiten ondernomen om te proberen het samengestelde mengmonster te homogeniseren. De reden hiervoor is dat handmatig homogeniseren niet leidt tot een (wezenlijke) verbetering van de homogeniteit van het monster. Daarentegen kan het wel aanleiding geven tot verliezen aan (matig) vluchtige stoffen. De monstervoorbehandeling is daarom volgens goed gedefinieerde voorschriften uitgevoerd in het laboratorium [2].



### 3.4 Selectie monsterlocaties

#### 3.4.1 *AW2000-steekproef is kanssteekproef*

De locaties van de steekproef AW2000 vormen een kanssteekproef, dat wil zeggen dat de locaties door middel van loting zijn geselecteerd. Hierbij wordt er voor gezorgd dat iedere locatie die voldoet aan de definitie van het doelgebied een kans groter dan 0 heeft om te worden geselecteerd. Deze trekkingskansen zijn bekend voor alle locaties, en worden gebruikt bij de statistische verwerking van de gegevens. Voordelen van kanssteekproeven ten opzichte van niet-kanssteekproeven, zoals bijvoorbeeld gerichte steekproeven en gemak-steekproeven, zijn objectiviteit en validiteit (geldigheid) van het onderzoeksresultaat (geschatte parameters van frequentieverdeling en betrouwbaarheidsintervallen) [11]. Voor AW2000 zijn deze twee voordelen van groot belang omdat discussies over aannames bij de selectie van locaties en statistische verwerking van de gegevens zoveel mogelijk dienen te worden vermeden.

#### 3.4.2 *Gestratificeerde enkelvoudig aselechte steekproef*

Kanssteekproeven kunnen op veel manieren worden geselecteerd. Voor AW2000 is gekozen voor een eenvoudige steekproefopzet, namelijk een gestratificeerde enkelvoudig aselechte steekproef. Dit betekent dat het doelgebied wordt onderverdeeld in deelgebieden die elkaar niet overlappen en tezamen het hele doelgebied vormen. Binnen een stratum (deelgebied) worden de locaties enkelvoudig aselechte (volledig aselechte) geselecteerd, dat wil zeggen dat alle locaties een gelijke kans hebben om te worden geloot en dat de locaties onafhankelijk van elkaar zijn geloot.

Als stratificatie-factoren hebben het bodemtype en het bodemgebruik gediend. Voor de stratificatie naar bodemtype is gebruik gemaakt van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50.000 van Alterra. De eenheden van deze bodemkaart zijn door een ervaren bodemgeografisch onderzoeker geclusterd tot vier grondsoort-eenheden, namelijk zand, rivierklei, zeeklei en veen.

De indeling van de kaarteenheden in deze vier groepen is gebaseerd op de bovengrond (0 – 0,2 m-mv). Dit betekent bijvoorbeeld dat zandgronden met een kleidek ('plaatgronden') en veengronden met een kleidek (waard- en weideveengronden) tot de (rivier- of zee-) kleigronden zijn gerekend, en veengronden met een zanddek (meerveengronden) tot de zandgronden. Verder zijn de kalkloze leemgronden (lössgronden) tot de zandgronden gerekend. De oude rivierkleigronden (BK, KR) zijn gerekend tot de rivierkleigronden, de Brabantse leemgronden (KT), keileem- en potkleigronden (KX) tot de zandgronden. De geclusterde bodemkaart (grondsoortenkaart) is evenals de oorspronkelijke bodemkaart een vector-bestand. Omdat de grondsoortenkaart hierna gecombineerd wordt met een landgebruikskaart in raster-formaat, is de grondsoortenkaart verrasterd, waarbij een rastercel-grootte van 25 m x 25 m is aangehouden.

Voor stratificatie naar landgebruik is gebruik gemaakt van het rasterbestand LGN3<sup>+</sup> van Alterra (celgrootte 25 m x 25 m). De eenheden van dit bestand zijn geclusterd tot drie groepen, namelijk natuur, landbouw en overige (niet tot het doelgebied behorend, onder andere bebouwing, infrastructuur).

Vervolgens is een *overlay* gemaakt van de twee rasterbestanden. Cellen waarvan of de grondsoort of het landgebruik onbekend is, zijn buiten het steekproefkader gehouden (Tabel 7). Uit Tabel 7 blijkt dat het doelgebied 2.713.663 ha beslaat.

Van 79.318 ha is het landgebruik volgens LGN3<sup>+</sup> landbouw of natuur, maar is de grondsoort onbekend. Om deze reden is dit gebied buiten het steekproefkader gehouden. Hiertoe behoren onder andere de Oostvaardersplassen die op LGN3<sup>+</sup> als natuur zijn weergegeven en op de bodemkaart als moeras waarbij bodemtype niet is gespecificeerd. Van 368.585 ha is de grondsoort wel bekend (wel weergegeven op bodemkaart), maar behoort het landgebruik volgens LGN3<sup>+</sup> tot de categorie overig of is landgebruik niet weergegeven in dit bestand. Een belangrijk deel van dit restant wordt gevormd door de gebieden die sinds de bodemkartering zijn bebouwd.

Tabel 7 Oppervlakte van combinaties van bodemgesteldheid en landgebruik (ha)

Grondsoort	Landgebruik			Restant bodem <sup>1)</sup>
	Landbouw	Natuur	Totaal	
Veen	164.387	36.048	200.435	24.567
Zand	998.773	375.348	1.374.121	188.936
Zeeklei	791.318	41.633	832.950	100.885
Rivierklei	290.943	15.213	306.156	54.197
Totaal	2.245.421	468.241	2.713.663	368.585
Restant LGN <sup>2)</sup>	37.269	42.049	79.318	

1) Restant bodem: grondsoort bekend, landgebruik: overig (niet tot het doelgebied behorend) of onbekend

2) Restant LGN: landgebruik landbouw of natuur, grondsoort onbekend.

De strata 'landbouw op zand', en 'landbouw op zeeklei' beslaan een groot oppervlak (998.773 respectievelijk 791.318 ha) en strekken zich bovendien over een groot deel van Nederland uit. Om binnen deze strata een goede ruimtelijke verdeling van de steekproeflocaties te realiseren zijn deze strata verder opgesplitst naar geologisch district. Voor het stratum 'landbouw op zand' zijn de volgende vier geologische districten onderscheiden:

1. Fries-Drents keileemplateau
2. Oostelijk en centraal dekzandgebied
3. Zuidelijk dekzand en loss gebied
4. Mariene zandgebied (kalkrijke zanden)

Voor het stratum 'landbouw op zeeklei' zijn de volgende vier geologische districten onderscheiden:

1. Noordelijke zeekleigebied
2. Zuidwestelijke zeekleigebied
3. Zuiderzeedroogmakerijen
4. Hollandse zeekleigebied

Tot slot is het stratum 'natuur op zand' verder onderverdeeld in 'bos op zand' en 'overige natuur op zand'. Deze onderverdeling is met name gebaseerd op mogelijke verschillen in de gehalten van de te meten stoffen in de bovengrond tussen deze twee vegetatietypen. De reden hiervoor is dat stoffen die als achtergrondbelasting in de lucht voorkomen in verhoogde mate worden ingevangen door de bladeren van de bomen. Het effectief oppervlak voor het invangen van die stoffen is hier immers aanzienlijk groter, terwijl in bosgebieden de afgevallen bladeren – en daarmee de ingevangen stoffen – zich zullen concentreren in de bovengrond.

De oppervlaktes van de resulterende strata zijn weergegeven in Tabel 8. Het totaal aantal steekproeflocaties (100) is evenredig naar oppervlakte verdeeld over de 15 strata, waarbij een minimum is gehanteerd van twee locaties per stratum (dit in verband met

het schatten van de nauwkeurigheid). Door het hanteren van het minimum van twee locaties per stratum krijgen de strata met bos en natuur (laatste vijf strata in Tabel 8) iets meer locaties dan waar ze op basis van hun oppervlakte recht op hebben, namelijk 19 in plaats van 16. Bij de statistische verwerking van de gegevens is met deze overver- tegenwoordiging rekening gehouden.

Tabel 8 Oppervlakte en aantal geselecteerde monsterlocaties van strata in steekproef AW2000 met de voor die strata gebruikte codering

Stratum		Codering stratum	Oppervlak (ha)	Aantal gelote locaties
<b>Landbouw</b>				
Veengronden	veen	110	164.387	6
Fries-Drents keileemplateau	zand	121	331.823	12
Oostelijk en Centraal dekzandgebied	zand	122	288.404	10
Zuidelijk dekzand en lössgebied	zand	123	328.907	12
Zandgronden kustgebied	zand	124	48.780	2
Noordelijke zeekleigebied	zeeklei	131	261.049	9
Hollands zeekleigebied	zeeklei	132	184.595	7
Zuid-Westelijk zeekleigebied	zeeklei	133	239.946	9
Zeeklei in IJsselmeerpolders	zeeklei	134	102.119	4
Rivierkleigronden	rivierklei	140	265.108	10
<b>Bos en Natuur</b>				
Bos op zandgronden	zand	220	282.099	10
Overige natuur op zandgronden	zand	320	84.504	3
Veengronden	veen	510	36.048	2
Zeekleigronden	zeeklei	530	29.420	2
Rivierkleigronden	rivierklei	540	13.458	2

In Figuur 1 is de in het kader van AW2000 aangehouden stratificatie weergegeven.



Figuur 1 Stratificatie van Nederland zoals toegepast in het kader van AW2000

### 3.5 Veldwerk

Het door Alterra uitgevoerde veldwerk kan op basis van de daaraan voorafgaande voorbereidende werkzaamheden worden onderscheiden in een aantal stappen:

1. Controle van de potentiële monsternemingslocaties op basis van kaartmateriaal;
2. Controle in het veld om vast te stellen of een monsternemingslocatie onderdeel uitmaakt van het doelgebied;
3. Verkrijgen van toestemming voor het uitvoeren van het onderzoek van de eigenaar / gebruiker van het terrein;
4. Exact lokaliseren van de monsternemingslocatie;
5. Uitvoeren van de centrale boring ten behoeve van het opstellen van een pedogenetische boorbeschrijving;

## 6. Overdracht van informatie aan de Grontmij.

Elk van de stappen 1 tot en met 4 kan er toe leiden dat een monsternemingslocatie vervalt. In dat geval is de reden hiervoor genoteerd (bijvoorbeeld geen toestemming, ligt in berm, bevat puin, ligt op sportveld, ligt in bebouwd gebied). Wanneer een monsternemingslocatie is vervallen is de *eerstvolgende* monsternemingslocatie uit hetzelfde stratum toegevoegd aan de lijst met monsternemingslocaties.

In het Bijlage Rapport 2 AW2000 – Bijlage A is een lijst opgenomen van alle in eerste instantie geselecteerde locaties. Per locatie is aangegeven waarom deze wel of niet onderdeel uitmaakt van de steekproef.

### 3.5.1 *Controle van monsternemingslocaties*

Om te voorkomen dat in het veld teveel locaties afvallen door een verkeerde ligging, zijn achter het bureau de geselecteerde locaties reeds gecontroleerd. Locaties die volgens de topografische kaart 1:25 000 op een weg of sloot liggen zijn al op kantoor afgevallen. Vervolgens is voorafgaand aan de monsterneming door Alterra in het veld gecontroleerd of de monsternemingslocatie wel tot het doelgebied behoort. De gehele monsternemingslocatie van 35 m x 35 m moet binnen het doelgebied vallen. Wanneer een deel van de monsternemingslocatie buiten het doelgebied viel (bijvoorbeeld in de wegberm of in (de veiligheidszone van) een sloot) dan is de monsternemingslocatie vervallen.

Het is van belang om op te merken dat de monsternemingslocatie dan dus niet iets is opgeschoven om er voor te zorgen dat de gehele monsternemingslocatie alsnog binnen het doelgebied zou vallen.

Wanneer een monsternemingslocatie op basis van bodemtype of bodemgebruik niet voldoet aan de definitie van het stratum, is de monsternemingslocatie *niet* verworpen; de monsternemingslocatie maakt dan wel onderdeel uit van de steekproef.

### 3.5.2 *Toestemming*

Voor de meeste monsternemingslocaties is door navraag in het veld bepaald wie de eigenaar is van de gelote monsternemingslocatie. De naam, het adres en telefoonnummer van de eigenaar van de monsternemingslocatie zijn genoteerd. De eigenaar (en waar relevant ook de gebruiker) is om toestemming verzocht voor het uitvoeren van de veldwerkzaamheden.

In een beperkt aantal gevallen heeft dit geleid tot het afvallen van monsternemingslocaties (zie Bijlage Rapport 2 AW2000). Wel is in een aantal gevallen verzocht de monsterneming op een later tijdstip in het jaar uit te voeren zodat het onderzoek geen nadelige gevolgen zou hebben voor het op het land verbouwde gewas. Hieraan is in voorkomende gevallen gevolg gegeven omdat het de voorkeur verdient om binnen een stratum niet 'eindeloos' door te blijven loten. Dit heeft wel als consequentie gehad dat de looptijd van de veldwerkzaamheden moest worden verlengd.

### 3.5.3 *Lokaliseren van gelote monsternemingslocaties*

De monsternemingslocaties zijn opgezocht met differentieel GPS. De in de lijst opgenomen coördinaten zijn gebruikt als de coördinaten van het centrale punt van de 35 x 35 m monsternemingslocatie. Het centrale punt is gemarkeerd door een piketpaaltje. Tevens is op een diepte van 30 cm beneden maaiveld een 'pijlpunt' ingegraven die met een metaaldetector kan worden opgespoord.

De na voorgaande selecties resulterende monsternemingslocaties zijn weergegeven in Figuur 2.



- Een lijst met gelote punten en gelote reservepunten met als attributen: volgnummer, x-coördinaat, y-coördinaat en stratum;
- Een overzichtskaart met de gelote punten met volgnummer;
- Detailkaarten (schaal 1:10.000) met de gelote punten met volgnummer.

De detailkaarten zijn in digitale vorm opgenomen op de CD die onderdeel uitmaakt van Bijlage Rapport 2 AW2000.





## 4 Statistische analyse van veld- en laboratoriumwerkzaamheden, bodemkarakteristieken en onderlinge correlaties

### 4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt een statistische analyse uitgevoerd van een aantal aspecten van de veld- en laboratoriumwerkzaamheden. Het gaat achtereenvolgens om:

- Greep- en monstergrootte paragraaf 4.2
- Duplo-analyses paragraaf 4.3
- Controle duplo's paragraaf 4.4
- Problemen met de wateroplosbare oplosmiddelen paragraaf 4.5

Daarnaast komen in dit hoofdstuk een aantal bodemkarakteristieken aan de orde, te weten:

- Lutum gehalte paragraaf 4.6
- Organisch stof gehalte paragraaf 4.7
- Droge stof gehalte paragraaf 4.8
- Totaal organisch koolstof paragraaf 4.9
- pH paragraaf 4.10
- Calciet paragraaf 4.11
- Macroparameters paragraaf 4.12

Tenslotte wordt gekeken naar:

- Correlaties tussen stoffen paragraaf 4.13
- Relatie tussen gehalten in onder- en bovengrond paragraaf 4.14

Zoals reeds gesteld in paragraaf 1.5 wordt met het eerste deel van dit hoofdstuk niet beoogd een beeld te geven van alle door Alterra en TNO uitgevoerde werkzaamheden in relatie tot de activiteiten van de Grontmij (veldwerk) en ALcontrol (chemische analyses). In algemene zin heeft de betrokkenheid van Alterra en TNO bij de werkzaamheden van Grontmij en ALcontrol bijgedragen aan de kwaliteit van de uitgevoerde veld- en laboratoriumwerkzaamheden.

In Bijlage Rapport 2 AW2000 – Bijlage C zijn de onderliggende gegevens opgenomen. Daarbij gaat het om twee gegevensbestanden, namelijk al of niet gecorrigeerd voor het lutum en/of organisch stof gehalte. Tevens wordt daarbij opgemerkt dat het de 'rekenwaarden' betreft waarbij alle 'kleiner dan' waarden zijn vermenigvuldigd met een factor 0,7. De ongecorrigeerde gehalten zijn opgenomen in de rapportage van ALcontrol [2].

Voor de stoffen is daarnaast een weging doorgevoerd om rekening te houden met de steekproefopzet. Deze weging leidt niet tot gecorrigeerde meetwaarden en dus ook niet tot een resulterend gegevensbestand per meting, maar tot een cumulatieve frequentieverdeling en daarvan afgeleid weer een histogram. Dit histogram per stof is opgenomen in Bijlage Rapport 1 AW2000 waarin de datasheets voor alle stoffen zijn opgenomen. In paragraaf 5.3 wordt nader ingegaan op het 'effect' c.q. de invloed van de weging voor de steekproefopzet op de gemeten gehalten.

Omdat de weging niet leidt tot gecorrigeerde meetwaarden zijn de gegevensbestanden die in Bijlage Rapport 2 AW2000 zijn opgenomen dus niet gewogen voor de steek-

proefopzet. Mocht de lezer zelf berekeningen met de gegevensbestanden willen uitvoeren dan dient hier terdege rekening mee te worden gehouden.

In dit hoofdstuk is uitgegaan van de ongecorrigeerde gegevens (geen lutum en organisch stof correctie). Bovendien zijn de gegevens ook ongewogen voor de steekproefopzet (geen correctie voor de steekproefopzet). De correctie voor de steekproefopzet levert immers, zoals reeds gesteld, geen getalswaarden op.

Voor zover er sprake is van 'kleiner dan' waarden (gerapporteerd is de aantoonbaarheidsgrens) zijn deze vervangen door een 'rekenwaarde' door de 'kleiner dan' waarde te vermenigvuldigen met 0,7. Deze laatste correctie heeft alleen plaatsgevonden voor de individueel gemeten stoffen. In som-parameters is deze correctie reeds door ALcontrol op de gegevens van de gesommeerde parameters uitgevoerd.

De in het kader van AW2000 uitgevoerde analyses zijn uitgevoerd onder de randvoorwaarden zoals gesteld in het accreditatieprogramma Bouwstoffenbesluit (AP04) [18]. Dit betekent dat de in AP04 voorgeschreven meetmethoden zijn toegepast en dat is voldaan aan de in AP04 gestelde randvoorwaarden met betrekking tot bijvoorbeeld de herhaalbaarheid en reproduceerbaarheid. Voor veel van de stoffen geldt dat AP04 hiervoor geen specifieke methode voorschrijft. In die gevallen is het onderzoeksprotocol van AP04 van toepassing waarin kwaliteitseisen zijn gedefinieerd. In de rapportage van ALcontrol wordt, naast de resultaten van de monsters die in het kader van AW2000 zijn verzameld, uitgebreid ingegaan op de kwaliteitsborging die in het kader van dit project heeft plaatsgevonden.

Met uitzondering van een deel van de stoffen die vallen in de groep 'wateroplosbare oplosmiddelen' (zie paragraaf 4.5) is geconstateerd dat ALcontrol heeft voldaan aan de gestelde kwaliteitseisen. Dit impliceert niet dat de gehalten voor de volledige 100% juist zijn. Per definitie is er sprake van meeton nauwkeurigheid ten gevolge van in ieder geval toevallige fouten en mogelijk ook eventuele systematische fouten. In met name paragraaf 4.3 en 4.4 wordt hier enige aandacht aan besteed, maar het betreft geen uitputtende analyse.

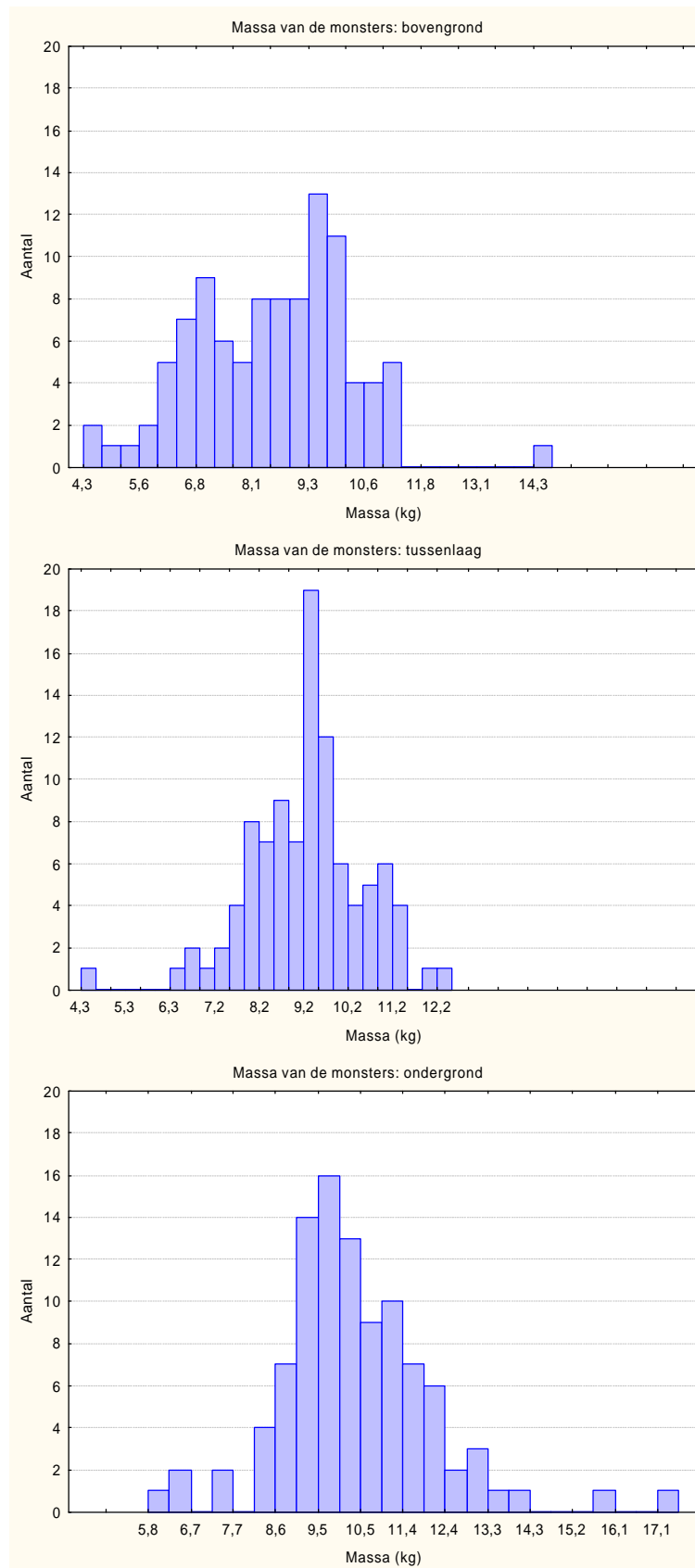
Gegeven het feit dat is voldaan aan de gestelde kwaliteitseisen is bij de statistische analyse en interpretatie van de resultaten van de AW2000 monsters verder geen rekening gehouden met de meeton nauwkeurigheid.

## 4.2 Greep- en monstergrootte

Bij de monsterneming door Grontmij zijn voor de bovengrond, de tussenlaag en de ondergrond monsteremmers gevuld op basis van 49 grepen per bodemlaag. Per greep zou in principe circa 200 gram bodemmateriaal in het samengestelde monster moeten zijn overgebracht.

Ten gevolge van de geringe dikte van de bovengrond (10 cm) is het – enigszins afhankelijk van de grondsoort en in samenhang met de toegepast boordiameter – mogelijk dat minder dan 200 gram monsternormaal beschikbaar is gekomen. Voor de tussenlaag en de ondergrond kan variatie in de greepgrootte optreden ten gevolge van het feit dat deze in het veld door de veldwerkers 'op het oog' is geschat.

In Figuur 3 is de verdeling van de monstergewichten van de bovengrond, de tussenlaag en de ondergrond weergegeven.



Figuur 3 Massa (kg) van de monsters van de bovengrond, de tussenlaag en de ondergrond

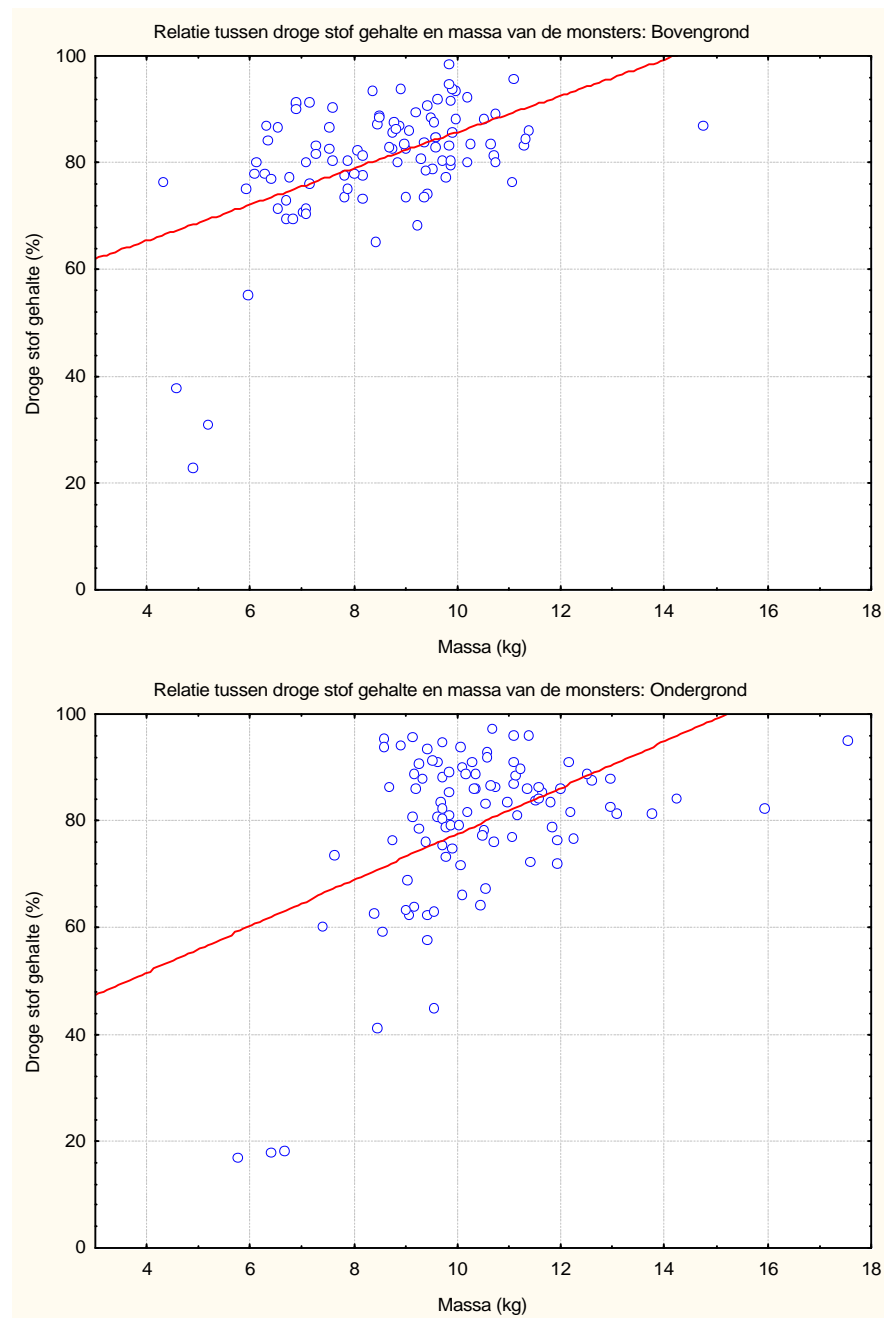
Zoals blijkt uit Figuur 3 neemt de massa van de monsters toe met toenemende diepte. Ter vergelijking zijn in Tabel 9 enkele statistische kentallen weergegeven.

Tabel 9 Statistische kentallen voor de massa's van de monsters (kg) en de grepen (g) van bovengrond, tussenlaag en ondergrond

Bodemlaag	Gemiddelde	Standaarddeviatie	Minimum	Maximum
<b>Volledige monster (massa in kg)</b>				
bovengrond	8,52	1,73	4,32	14,75
tussenlaag	9,28	1,29	4,27	12,54
ondergrond	10,36	1,73	5,77	17,56
<b>Omgerekend per greep (49 grepen; massa in gram)</b>				
bovengrond	174		88	301
tussenlaag	189		87	256
ondergrond	211		118	358

Zoals blijkt uit Tabel 9 bestaat er een behoorlijk verschil tussen de massa's van de monsters van de bovengrond, de tussenlaag en de ondergrond.

De massa van de monsters kan (sterk) worden beïnvloed door het vochtgehalte van de grond. Daarom is in Figuur 4 de relatie tussen de massa en het vochtgehalte uitgezet voor de monsters van de bovengrond en de ondergrond (op de monsters van de tussenlaag zijn geen bepalingen gedaan en hiervoor is dus ook het vochtgehalte niet bekend).



Figuur 4 Relatie tussen de massa (kg) en het droge stof gehalte (%) van de monsters van de bovengrond en ondergrond

Zoals blijkt uit Figuur 4 speelt het vochtgehalte voor de meeste monsters slechts een beperkte rol in de massa van de monsters. Gelijktijdig geldt echter dat vrijwel alle monsters met de kleinste massa ook daadwerkelijk het laagste droge stof gehalte hebben. Op basis hiervan wordt daarom geconcludeerd dat het vochtgehalte inderdaad een rol speelt bij het schatten van de massa van de grepen, maar dat deze rol over het algemeen wel beperkt is.

Voor de monsters met een laag droge stof gehalte zijn in Tabel 10 de gegevens nader gespecificeerd.

Tabel 10 Gegevens van de monsters met een laag droge stof gehalte

Locatie	Droge stof (%)	Bodemlaag	Locatie	Bodemgebruik	Diepte (m-mv)	Boorbeschrijving
110-12	16,7	ondergrond	Beilen	Grasland op veen	0,30-0,90	Veen/ grof/ bevat onderin glide
					0,90-1,00	Glide/ soms zand
110-23	17,9	ondergrond	Scheerwolde	Grasland op veen	0,30-0,90	Veen/ onderin grof/ houtresten/ glide
					0,90-1,00	M50=170/ 4% orgstof/ 1% lutum
110-14	17,9	ondergrond	Haren	Grasland op veen	0,40-1,00	Veen/ grof/ vrijwel 100% plantenresten
510-4	22,7	bovengrond	Veldhoven	Bos	0,00-0,20	Lemig veen/ iets zandig/ bruin
510-6	31,0	bovengrond	Barger-Oosterveld	Heide / veengebied	0,00-0,60	Veen/ droog/ bruin

Zoals blijkt uit Tabel 10 gaat het in alle gevallen om een veen- of veenachtige bodem. Afwijkend in Figuur 4 in de bovengrond (lage massa en hoog droge stof gehalte) is het monster van de locatie 132-4 met een massa van 4,32 kg. Het betreft hier een locatie in de Beemster met landbouw op klei. De bovengrond is daarbij omschreven als humeuze lichte zavel.

### 4.3 Duplo-analyses

Voor een aantal stoffen zijn twee verschillende bepalingsmethoden ingezet. Dit is het geval voor:

- Seleen (Se) gemeten met ICP-AES en ICP-MS hydride
- Antimoon (Sb) gemeten met ICP-AES en ICP-MS hydride
- Arseen (As) gemeten met ICP-AES en ICP-MS hydride
- 1,3,5-trichloorbenzeen gemeten bij vluchtige verbindingen en bij OCB's / PCB's
- 1,2,4-trichloorbenzeen gemeten bij vluchtige verbindingen en bij OCB's / PCB's
- 1,2,3-trichloorbenzeen gemeten bij vluchtige verbindingen en bij OCB's / PCB's

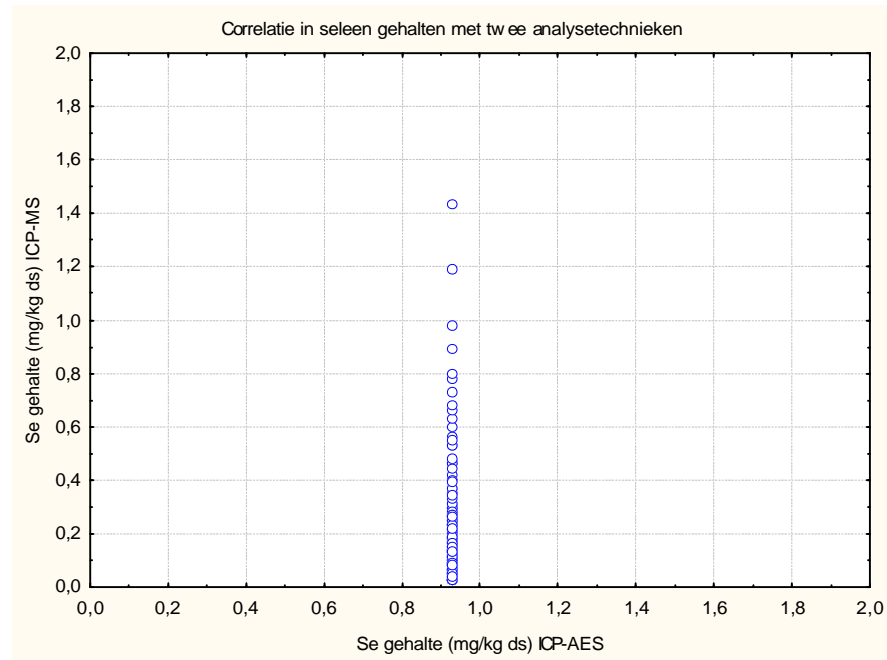
De inzet van twee analysemethoden geeft de mogelijkheid een vergelijking te maken tussen de analyseresultaten die met beide methoden zijn verkregen.

Daarnaast is voor een deel van de lutum gehalten eveneens een tweede analyse uitgevoerd op basis van een andere monstervoorbehandeling. Omdat het hierbij gaat om een van de bodemkenmerken wordt dit separaat besproken in paragraaf 4.6.

#### 4.3.1 Seleen

De informatie over het seleen gehalte is weergegeven in Bijlage Rapport 1 AW2000. Hier wordt alleen gekeken naar de verschillen c.q. overeenkomsten tussen de gehalten zoals deze zijn bepaald met ICP-AES en ICP-MS hydride.

In Figuur 5 is de correlatie weergegeven tussen de meting met ICP-AES en de meting met ICP-MS.



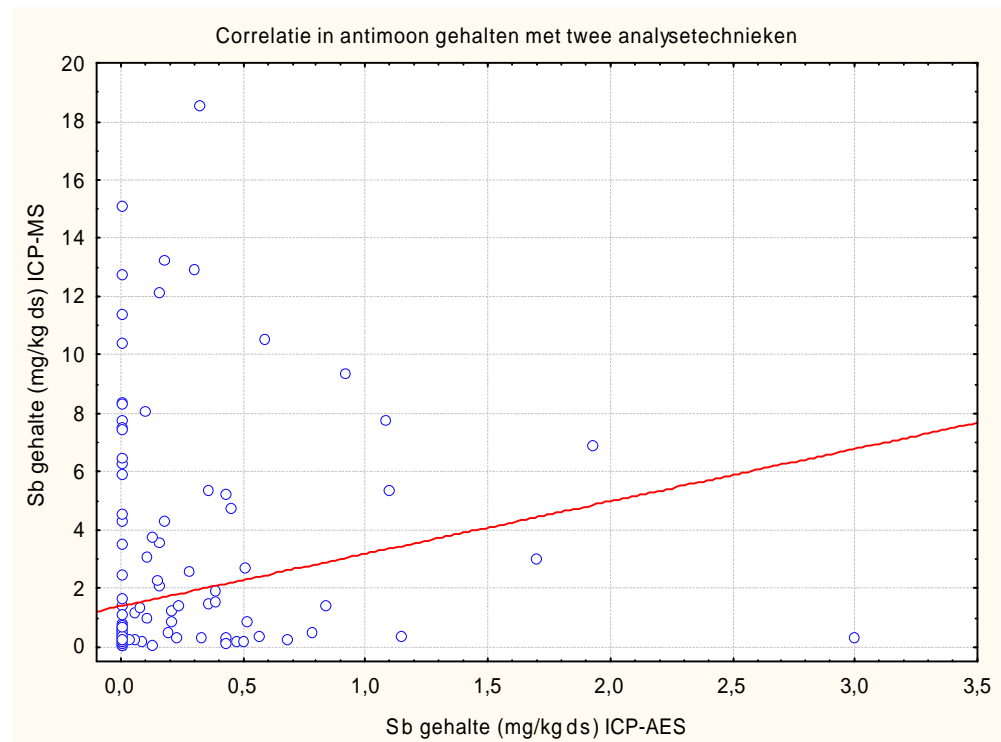
Figuur 5 Correlatie tussen de seleen gehalten gemeten met ICP-AES (x-as) en ICP-MS (y-as)

Zoals blijkt uit Figuur 5 zijn met de meting met ICP-AES voor seleen alleen maar ‘kleiner dan’ waarden gemeten (= rekenwaarde 0,93 mg/kg ds). De meting met ICP-MS is (aanzienlijk) gevoeliger en leidt derhalve tot een verdeling in de waarnemingen tussen de ‘kleiner dan’ waarde voor de ICP-MS (0,028 mg/kg ds) en het maximum 1,43 mg/kg ds. Totaal wordt er in de 200 waarnemingen met ICP-MS drie maal een gehalte gemeten groter dan de aantoonbaarheidsgrens voor de meting met ICP-AES.

#### 4.3.2 Antimoon

De informatie over het antimoon gehalte is weergegeven in Bijlage Rapport 1 AW2000. Hier wordt alleen gekeken naar de verschillen c.q. overeenkomsten tussen de gehalten zoals deze zijn bepaald met ICP-AES en ICP-MS hydride.

In Figuur 6 is de correlatie weergegeven tussen de meting met ICP-AES en de meting met ICP-MS.



Figuur 6 Correlatie tussen de antimoon gehalten gemeten met ICP-AES (x-as) en ICP-MS (y-as)

Zoals blijkt uit Figuur 6 zijn met de meting met ICP-AES voor antimoon vooral ‘kleiner dan’ waarden gemeten (= rekenwaarde 0,007 mg/kg ds) en bedraagt het maximaal gemeten gehalte 3 mg/kg ds.

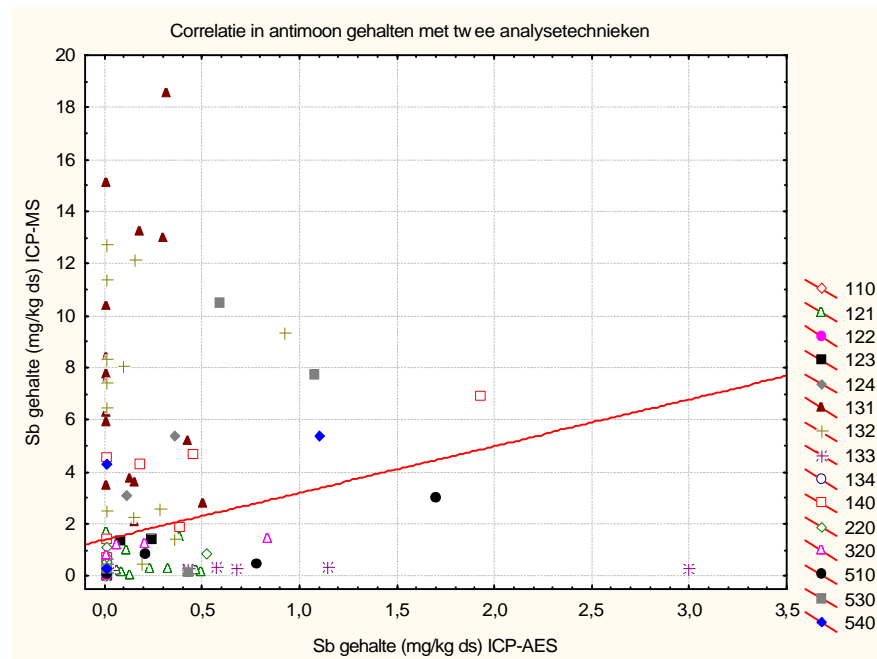
Bij de metingen met ICP-MS wordt een minimaal gehalte van 0,03 mg/kg ds gerapporteerd; er zijn geen ‘kleiner dan’ metingen. Gelijktijdig worden echter ook aanzienlijk hogere gehalten gemeten, met als maximum 18,5 mg/kg ds. Er is dus sprake van een behoorlijk verschil tussen de gerapporteerde gehalten met beide technieken.

Gegeven het verschil in het gemeten gehalte met de beide analysetechnieken is naar de herkomst van de monsters met een groot verschil in gemeten gehalte gekeken. In Figuur 7 zijn de metingen gemerkt op basis van de stratumcodering (zie Tabel 8) die deels samenhangt met het bodemtype.

Dan kan worden waargenomen dat de grootste verschillen voortkomen uit de categorieën 131 en 132, te weten klei monsters. Mogelijk is er dus sprake van een matrix storing bij klei monsters waarin met de ICP-MS antimoon wordt gemeten.

Door ALcontrol wordt aangegeven dat de metingen met de ICP-AES betrouwbaarder moeten worden geacht dan de metingen met de ICP-MS. Voor het bepalen van de achtergrondgehalten moet derhalve worden uitgegaan van de ICP-AES resultaten.



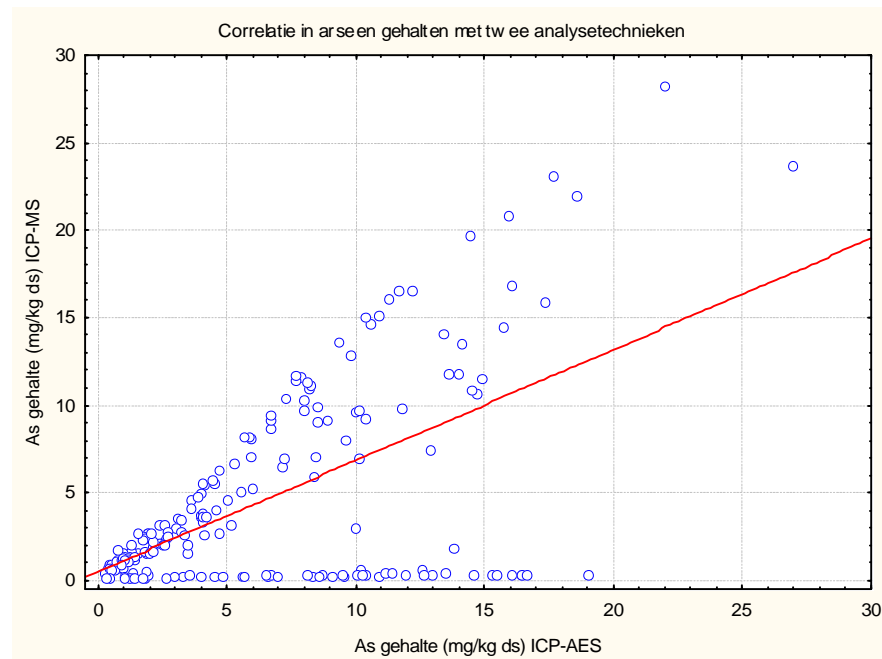


Figuur 7 Correlatie tussen de antimoon gehalten gemeten met ICP-AES (x-as) en ICP-MS (y-as) waarbij de aan het bodemtype gerelateerde stratumcode is weergegeven

#### 4.3.3 Arseen

De informatie over het arseen gehalte is weergegeven in Bijlage Rapport 1 AW2000. Hier wordt alleen gekeken naar de verschillen c.q. overeenkomsten tussen de gehalten zoals deze zijn bepaald met ICP-AES en ICP-MS hydride.

In Figuur 8 is de correlatie weergegeven tussen de meting met ICP-AES en de meting met ICP-MS.



Figuur 8 Correlatie tussen de arseen gehalten gemeten met ICP-AES (x-as) en ICP-MS (y-as)

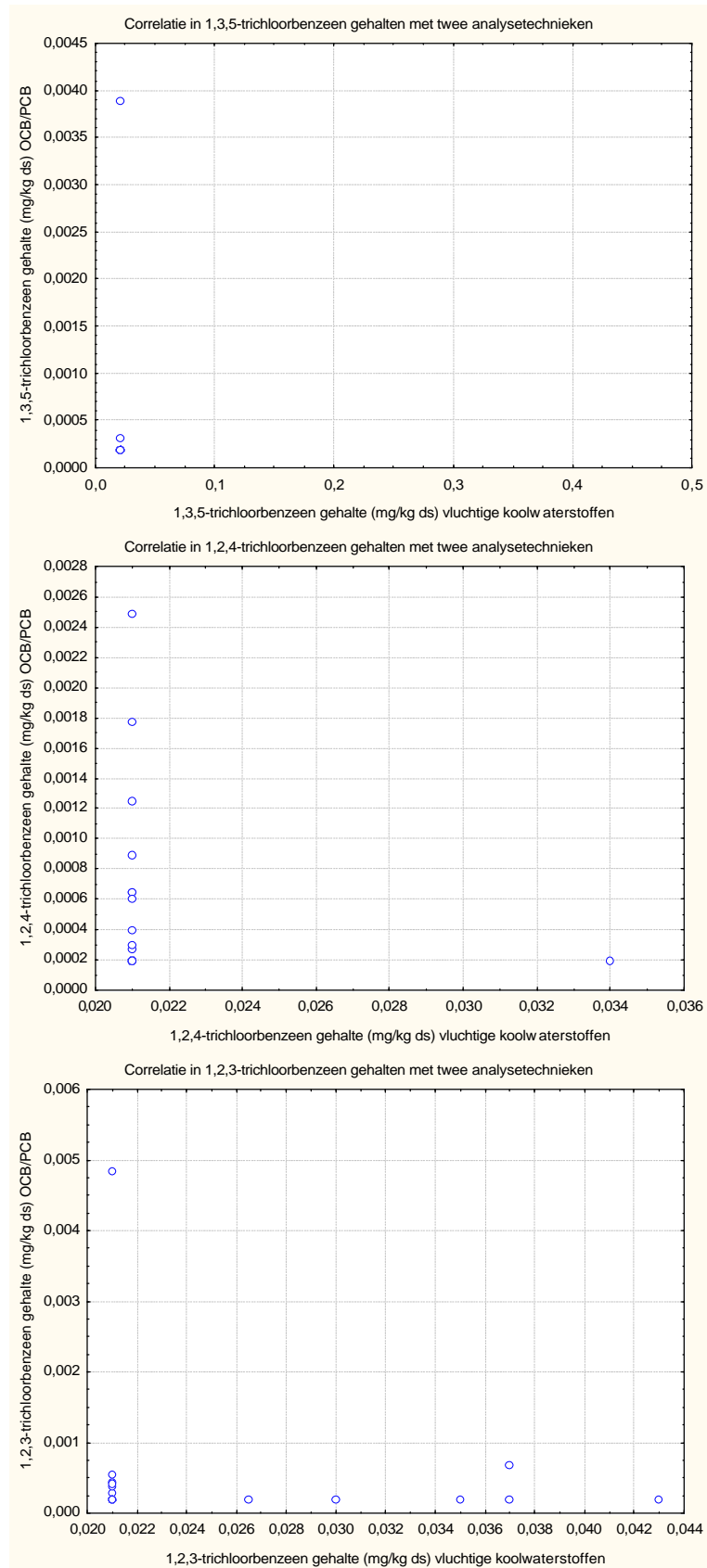
Zoals blijkt uit Figuur 8 treden er verschillen op tussen de beide analysetechnieken. Opvallend daarbij is dat er met de ICP-MS relatief vaak relatief lage gehalten worden gemeten in vergelijking tot de meting met ICP-AES. Verder is het opvallend dat er een zeker relatief maximum lijkt te bestaan in de relatie tussen de ICP-AES meting en de ICP-MS meting, zonder dat hierbij sprake is van een gelijke waarde. In plaats daarvan ligt de verhouding ongeveer op een factor 0,7.

Door ALcontrol wordt aangegeven dat de meting met ICP-AES als meest betrouwbare meettechniek moet worden gezien; het is niet bekend of c.q. wat voor matrixstoringen er bij de meting met ICP-MS kunnen optreden.

#### 4.3.4 Trichloorbenzenen

De informatie over de gehalten aan individuele trichloorbenzenen (1,2,3-trichloorbenzeen, 1,2,4-trichloorbenzeen en 1,3,5-trichloorbenzeen) is weergegeven in Bijlage Rapport 1 AW2000. Hier wordt alleen gekeken naar de verschillen c.q. overeenkomsten tussen de gehalten zoals deze zijn bepaald in de groep vluchtige koolwaterstoffen en de groep OCB's / PCB's.

In Figuur 9 is de correlatie weergegeven tussen de standaard analysetechniek (vluchtige koolwaterstoffen) en de meting bij de OCB's / PCB's.



Figuur 9 Correlatie tussen de gehalten aan individuele trichloorbenzenen gemeten bij de vluchtige koolwaterstoffen (x-as) en de OCB's / PCB's (y-as)

Zoals blijkt uit Figuur 9 ligt de aantoonbaarheidsgrens voor de meting bij de OCB's / PCB's (rekenwaarde 0,000189 mg/kg ds) aanzienlijk lager dan de aantoonbaarheidsgrens bij de vluchtige koolwaterstoffen (rekenwaarde 0,021 mg/kg ds). Op basis van dit verschil in aantoonbaarheidsgrens worden bij de meting met de OCB's / PCB's voor alle drie de stoffen in een aantal gevallen gehalten gemeten die onder de aantoonbaarheidsgrens liggen van de meting bij de vluchtige koolwaterstoffen (punten in Figuur 9 links langs de verticale as). Daarnaast worden er voor 1,2,4-trichloorbenzeen één en 1,2,3-trichloorbenzeen meerdere gehalten boven de aantoonbaarheidsgrens gevonden die niet of slechts in geringe gehalten worden gemeten bij de OCB's / PCB's. Er is geen sprake van correlatie tussen deze metingen.

Voor 1,2,4-trichloorbenzeen wordt door ALcontrol aangegeven dat de enige meetwaarde die bij de meting bij de vluchtige koolwaterstoffen boven de aantoonbaarheidsgrens ligt, nog onder de bepalingsgrens ligt. Omdat dit gehalte niet wordt gemeten bij de OCB's / PCB's gaat het mogelijk om een vals-positieve meting. Dit is ook het geval bij de gehalten die voor 1,2,3-trichloorbenzeen boven de aantoonbaarheidsgrens worden gemeten; ook daar kan het dus gaan om vals-positieve metingen.

De betrouwbaarheid van de beide analysemethoden wordt door ALcontrol als gelijkwaardig beschouwd. Voor de meting bij de vluchtige koolwaterstoffen geldt dat je last hebt van een memory effect <sup>6</sup> omdat het om een relatief zware verbinding gaat.

Voor de meting bij de OCB's / PCB's geldt dat er een indampstap in de procedure zit. In verband met het relatief laag kookpunt van de trichloorbenzenen kunnen bij het indampen verliezen optreden.

#### 4.4 Controle duplo's

Bij de analyse is voor 5% van de monsters (10 monsters) het monster bij binnenkomst in het laboratorium van ALcontrol gesplitst in twee deelmonsters. Vervolgens zijn op beide deelmonsters alle analyses in duplo uitgevoerd (de 'monsterduplo's'). Tot op zekere hoogte kan met deze monsterduplo's een beeld worden verkregen van de betrouwbaarheid van de analyseresultaten. Indien namelijk zou mogen worden verondersteld dat beide deelmonsters precies aan elkaar gelijk zijn, dan is een afwijking tussen de beide analyseresultaten volledig toe te schrijven aan de door het laboratorium uitgevoerde handelingen, te weten monstervoorbehandeling, opwerking en analyse.

Uiteraard is dit niet (volledig) correct: de aanname dat beide deelmonsters volledig identiek zouden zijn is niet juist. Voorafgaand aan het opsplitsen vindt er geen homogenisering plaats, de twee delen van het monster kunnen dus weldegelijk van elkaar verschillen. Dit impliceert dat verschillen tussen de analyseresultaten deels ook (kunnen) worden veroorzaakt door 'grootschalige' heterogeniteit binnen het monster.

De analyses worden uitgevoerd per stofgroep. Op basis hiervan mag worden verondersteld dat er een zekere samenhang bestaat tussen de stoffen per stofgroep. Ook deze aanname is niet volledig terecht omdat de meting zelf voor de verschillende stoffen een verschil in gevoeligheid kan hebben. Niettemin is een clustering per stofgroep wenselijk om voldoende waarnemingen beschikbaar te hebben om een zinvolle statistische analyse mogelijk te maken.

---

<sup>6</sup> Het genoemde 'memory effect' is het naleveren van zware componenten uit eerder onderzochte monsters uit de scheidingskolom van de gaschromatograaf. Dit wordt veroorzaakt doordat bij de temperatuur van de gaschromatografische analyse deze zware stoffen onvoldoende in de gasfase over gaan.

#### 4.4.1 Clusters van stoffen

Op basis van de rapportage van ALcontrol zijn de in Tabel 11 weergegeven clusters van stoffen onderzocht.

Tabel 11 Clusters van stoffen bij de analyse en de binnen deze clusters vallende stoffen

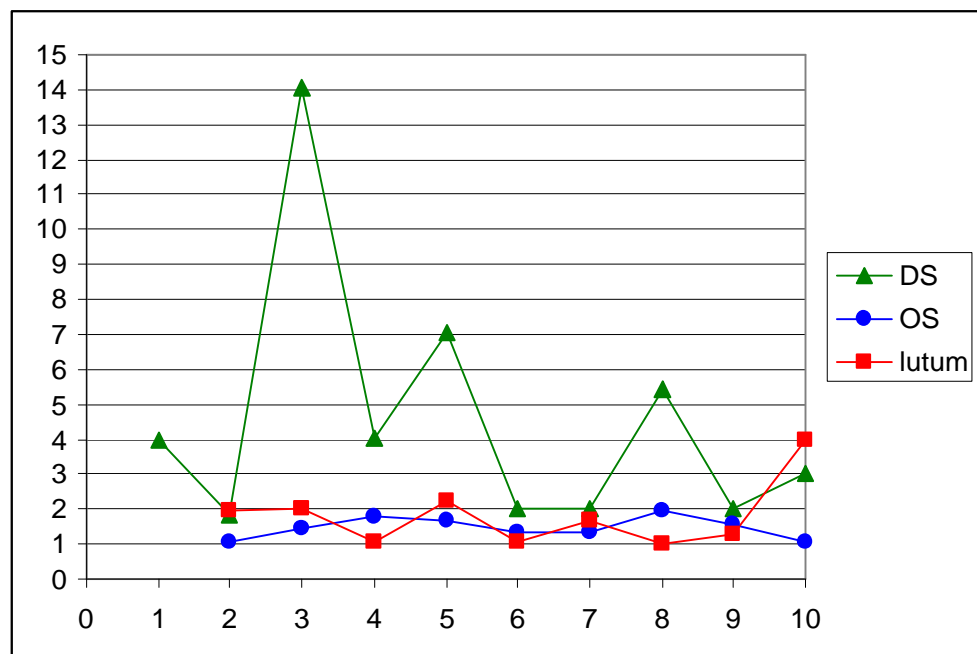
Clusters	groepen	Individuele stoffen
Cyaniden		cyanide EPA, cyanide(totaal), cyanide(vrij) en thiocyanaten
Metalen (ICP-AES)		Sb, As, Ba, Be, Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Mo, Ni, Se, Te, Tl, Sn, V, Ag, Zn, Hg, Ca, Mg, Fe, Al en vrij ijzer (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Metalen (ICP-MS)		Sb, As, Se
Chloride, bromide en sulfaat		chloride, bromide en sulfaat
Fluoride		fluoride (totaal)
Pyridine, chlooranilinen en dodecylbenzeen		pyridine
	Monochlooranilines	2-chlooraniline, 3-chlooraniline, 4-chlooraniline
	Dichlooranilines	2,6-dichlooraniline, 2,4+2,5-dichlooraniline (als som), 2,3-dichlooraniline, 3,5-dichlooraniline, 3,4-dichlooraniline
	Trichlooranilines	2,4,6-trichlooraniline, 2,4,5-trichlooraniline, 2,3,4-trichlooraniline, 3,4,5-trichlooraniline
		tetrachlooraniline
		pentachlooraniline
THF / THTF		tetrahydrofuran (THF)
		tetrahydrothiofeen (THTF)
Vluchtige verbindingen		benzeen, toluen, ethylbenzeen, styreen, p,m-xyleen, o-xyleen
		vinylchloride, 1,1-dichlooretheen, dichloormethaan, trans-1,2-dichlooretheen, 1,1-dichloorethaan, cis-1,2-dichlooretheen, chloroform, 1,1,1-trichloorethaan, tetrachloormethaan, 1,2-dichloorethaan, trichlooretheen, 1,2-dichloorpropaan, 1,1-dichloorpropaan, 1,1,2-trichloorethaan, tetrachlooretheen, 1,3-dichloorpropaan, 1,1,1,2-tetrachloorethaan, , 1,1,2,2-tetrachloorethaan
		dibroomchloormethaan, broomdichloormethaan, bromoform
		chloorbenzeen, 1,3-dichloorbenzeen, 1,4-dichloorbenzeen, 1,2-dichloorbenzeen, 1,3,5-trichloorbenzeen, 1,2,4-trichloorbenzeen 1,2,3-trichloorbenzeen.
		cumeen, p-cymeen, 1,2,3-trimethylbenzeen, 3+4-ethyltolueen, 2-ethyltolueen, n-propylbenzeen, 1,3,5-trimethylbenzeen, 1,2,4-trimethylbenzeen
	MTBE	
MCPA		MCPA
EOX		EOX
Organostikstofverbindingen (ONB), organofosforverbindingen (OPB), 1- chloornaftaleen en 2- chloornaftaleen		dichloorvos, mevinphos, dimethoat, simazine, atrazine, propazine, diazinon, disulfoton, methyl-chloorpyrifos, methylparathion, terbutryn, malathion, fenthion, ethylchloorpyrifos, ethylparathion, methylbromofos,

Clusters	groepen	Individuele stoffen
		ethylbromofos, methylazinhos, 2-chloornaftaleen en 1-chloornaftaleen
Chloorfenolen		2-chloorfenol, 3-chloorfenol, 4-chloorfenol, 2,6-dichloorfenol, 2,5+2,4-dichloorfenol, 3,5-dichloorfenol, 2,3-dichloorfenol, 3,4-dichloorfenol, 2,4,6-trichloorfenol, 2,3,6-trichloorfenol, 2,3,5-trichloorfenol, 2,4,5-trichloorfenol, 2,3,4-trichloorfenol, 3,4,5-trichloorfenol, 2,3,5,6-tetrachloorfenol, 2,3,4,6-tetrachloorfenol, 2,3,4,5-tetrachloorfenol, pentachloorfenol
PAK		naftaleen, fenantreen, antraceen, fluorantheen, benzo(a)antraceen, chryseen, benzo(k)fluorantheen, benzo(a)pyreen, benzo(ghi)peryleen, indeno(123cd)pyreen
Alkylfenolen		fenol, o-cresol, m-cresol, p-cresol, 4-chloor-2-methylfenol, 4-chloor-3-methylfenol
Minerale olie		minerale olie
Organochloorbestrijdingsmiddelen en PCB	OCB's	hexachloorbenzeen (HCB), $\alpha$ -hexachloorcyclohexaan ( $\alpha$ -HCH), $\beta$ -hexachloorcyclohexaan ( $\beta$ -HCH), $\gamma$ -hexachloorcyclohexaan ( $\gamma$ -HCH), aldrin, dieldrin, endrin, 2,4-DDD, 2,4-DDT, 4,4-DDD, 4,4-DDT, 4,4-DDE en 2,4-DDE, heptachloor, $\alpha$ -endosulfan, cis-heptachloorepoxide, trans-heptachloorepoxide, telodrin, isodrin, cis-chloordaan en trans-chloordaan
	PCB's	PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180
Dioxines		2,3,7,8-TCDD, 1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,6,7,8-HxCDD, 1,2,3,7,8,9-HxCDD, 1,2,3,4,7,8-HxCDD, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, 1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD, 2,3,7,8-TCDF, 1,2,3,7,8-PeCDF, 2,3,4,7,8-PeCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,7,8,9-HxCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF, 1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF
Carbaryl/Carbofuran		carbaryl
		carbofuran
Organotin		tributyltin (TBT)
		trifenylnit (TFT)
Flalaten		dimethylftalaat, diethylftalaat, dibutylftalaat, dutylbenzylftalaat, bis(ethylhexyl)ftalaat, di-n-octylftalaat, di-isobutylftalaat
Formaldehyde		formaldehyde
Oplosmiddelen en Glycolen	Oplosmiddelen	methanol, 2-propanol, acrylonitril, methylethylketon, ethylacetaat, 1-butanol, butylacetaat, cyclohexanon
	Glycolen	ethyleenglycol, diethyleenglycol

#### 4.4.2 Statistische analyse van de monsterduplo's per cluster

Er is separaat gekeken naar de monsterduplo's van de bodemkenmerken (organisch stof, lutum gehalte en droge stof gehalte) enerzijds en de onderscheiden groepen van te bepalen stoffen anderzijds. De reden hiervoor is dat voor de bodemkenmerken alle metingen in duplo zijn uitgevoerd (afhankelijke analyseduplo), waardoor er dus twee verschillende duplo's (analyseduplo) beschikbaar zijn voor de metingen aan de monsterduplo's. Bovendien worden alle gehalten gecorrigeerd voor deze bodemkenmerken en werkt een eventuele onnauwkeurigheid hierin dus direct door in de resultaten.

Voor de bodemkenmerken is per analyseduplo de variatiecoëfficiënt berekend en is vervolgens de verhouding tussen de variatiecoëfficiënten bepaald. Voor de 10 beschikbare monsterduplo's is dit weergegeven in Figuur 10. Bij een waarde van 1 zijn de beide monsterduplo's aan elkaar gelijk.



Figuur 10 Verhouding tussen de 10 monsterduplo's voor de bodemkenmerken (droge stof, organisch stof en lutum gehalte)

Figuur 10 geeft aan dat voor organisch stof en lutum de verschillen tussen de variatiecoëfficiënten van de analyseduplo's klein is en dus ook de monsterduplo's weinig van elkaar afwijken. Voor droge stof treedt in verhouding tot organisch stof en lutum veel meer variatie op. Het gaat echter om een vergelijking op basis van slechts twee waarden. Er kan pas met 95% betrouwbaarheid worden vastgesteld dat er sprake is van een significant verschil tussen beide monsterduplo's indien de verhouding groter is dan 25. Hiervan is voor geen van de monsterduplo paren sprake. Geconcludeerd wordt daarom dat de bepaling van het droge stof gehalte ten opzichte van de bepaling van lutum en organisch stof wel meer varieert, maar nog steeds voldoende betrouwbare resultaten oplevert. Niettemin kan ook worden geconcludeerd dat de bepaling van het droge stof gehalte meer onzekerheid oplevert dan de bepaling van het organisch stof en lutum gehalte. Verbetering van de bepaling van het droge stof gehalte is dan ook wenselijk.

Voor de te bepalen stoffen is, zoals aangegeven in paragraaf 4.4.1, uitgegaan van clusters van stoffen op basis van de toegepaste analysetechniek. In Tabel 12 zijn de statistische kentallen voor de clusters van stoffen weergegeven.

Tabel 12 Statistische kentallen voor de verdeling van variatiecoëfficiënten voor de verschillende clusters van stoffen

Cluster	aantal VC's	gemiddelde	minimum	P <sub>5</sub>	P <sub>10</sub>	P <sub>50</sub>	P <sub>90</sub>	P <sub>95</sub>	maximum
Cyaniden	40	26,4	0	0	0	12,3	91,1	108,4	120,47
Metalen (ICP-AES)	230	18,0	0	0	0	5,54	50,6	105,4	140,42
Metalen (ICP-MS)	30	25,6	0	0	0	14,2	74,9	84,8	88,39
Chloride, bromide en sulfaat	30	19,3	0	0	0	8,93	55,8	77,7	80,27
Fluoride	10	24,2	0	0	0	16,2	54,2	57,0	56,97
Pyridine, chlooranilinen en dodecylbenzeen	190	2,26	0	0	0	0	0	22,2	49,58
THF / THTF	20	5,05	0	0	0	0	12,9	30,0	47,14
Vluchtige verbindingen	510	1,16	0	0	0	0	0	0	117,76
MCPA	10	0	0	0	0	0	0	0	0
EOX	10	9,09	0	0	0	0	35,5	47,1	47,14
Organostikstofverbindingen (ONB), organofosforverbindingen (OPB), 1-chloornaftaleen en 2-chloornaftaleen	210	1,30	0	0	0	0	0	0	59,78
Chloorfenolen	190	7,75	0	0	0	0	34,0	58,6	107,89
PAK	110	33,5	0	0	0	28,3	80,7	92,9	127,14
Alkylfenolen	80	2,31	0	0	0	0	0	25,0	52,97
Minerale olie	10	13,7	0	0	0	0	68,3	136	136,56
Organochloorbestrijdingsmiddelen en PCB	340	15,6	0	0	0	0	68,1	106	141,42
Dioxines	190	13,9	0	0	0	0	47,1	70,7	133,41
Carbaryl/Carbofuran	20	0	0	0	0	0	0	0	0
Organotin	20	0,73	0	0	0	0	2,39	7,26	9,75
Ftalaten	80	15,9	0	0	0	0	59,6	71,4	96,76
Formaldehyde	10	9,93	0	0	0	0	49,6	99,3	99,3
Oplosmiddelen en Glycolen *)	20	36,8	0	0	0	38,5	72,5	80,6	86,84

\*) De groep oplosmiddelen en glycolen zijn slechts gedeeltelijk meegenomen in deze statistische analyse omdat de analyseresultaten op het moment waarop de statistische analyse is uitgevoerd nog niet beschikbaar waren.

Het maximum voor de variatiecoëfficiënt van twee getallen bedraagt 141%. Wanneer die waarde wordt vergeleken met de resultaten in Tabel 12 dan blijkt voor veel clusters van stoffen de variatie behoorlijk groot te zijn. Tevens blijken de verdelingen van de variatiecoëfficiënten sterk scheef te zijn verdeeld. Ook indien er een relatief kleine gemiddelde waarde wordt gevonden is er vrijwel altijd nog sprake van grote verschillen in de staart van de verdeling.

In zijn algemeenheid wordt daarom geconcludeerd dat de onzekerheid over het werkelijke gehalte in de monsters redelijk groot is. Te kwantificeren is dit echter niet omdat, zoals gesteld, de monsterduplo's in werkelijkheid niet aan elkaar gelijk zullen zijn en er binnen de gedefinieerde clusters ook verschillen tussen de juistheid van de bepaling van individuele stoffen zullen optreden. Bij deze conclusie dient tevens te worden bedacht dat de in AW2000 gemeten gehalten over het algemeen zeer laag zijn – waarnemingen



zijn gerapporteerd vanaf de kwantitatief onbetrouwbare aantoonbaarheidsgrens – en er dus per definitie veel variatie in de analyseresultaten zal optreden. De hier geconstateerde variatie geeft dus wel een indicatie over de betrouwbaarheid van de in het kader van AW2000 gegenereerde lage gehalten, maar zegt niets over de betrouwbaarheid van de analysemethoden voor het kwantificeren van hogere gehalten.

#### **4.5 Problemen met de wateroplosbare oplosmiddelen**

Bij de analyse van de wateroplosbare oplosmiddelen zijn er problemen ontstaan doordat de extracten door ALcontrol veel langer zijn bewaard dan volgens AP04 is toegestaan [2]. Om die reden is door ALcontrol een onderzoek uitgevoerd naar de houdbaarheid van dergelijke extracten. Hieruit is gebleken dat voor een deel van de stoffen wezenlijke verliezen kunnen zijn opgetreden in de periode dat de extracten zijn bewaard. Dit neemt niet weg dat een ander deel van de extracten wel tijdig is geanalyseerd.

Er is voor gekozen om ook voor de stoffen waarvoor verliezen (kunnen) zijn opgetreden de resultaten gewoon te baseren op alle monsters, maar in de datasheets weer te geven dat in een deel van de monsters verliezen kunnen zijn opgetreden. Dit is per stof nader gespecificeerd in Tabel 13. In Tabel 13 is weergegeven welk percentage van de monsters, op basis van de werkelijke bewaarperiode van de extracten voor die monsters, voldoet aan een zeker terugvindingspercentage. Hierbij is gebruik gemaakt van de volgende klasse-indeling: Terugvindingspercentage van > 80%, 50-80%, < 50% en 'extrapolatie'. Deze laatste term betekent dat de termijn tussen de extractie en analyse langer was dan de langste termijn in het houdbaarheidsonderzoek (90 dagen), maar dat de betreffende verbinding tijdens het houdbaarheidsonderzoek na 90 dagen nog een terugvinding had van meer dan 80%. Het exacte terugvindingspercentage is in deze gevallen dus niet bekend, maar ligt naar verwachting boven de 80%.

Overigens dient te worden bedacht dat voor geen van de echte AW2000 extracten de terugvinding daadwerkelijk bekend is. Het door ALcontrol uitgevoerde onderzoek geeft echter wel een goede indicatie van wat voor de AW2000 monsters mag worden verwacht.

Tabel 13 Percentage van de monsters voor vier 'klassen' van terugvinding voor de wateroplosbare oplosmiddelen

stoffen bovengrond	Terugvindingspercentages (Tv)			
	80% < Tv < 100%	50% < Tv < 80%	Tv < 50%	Extrapolatie > 80%
Methanol	58%	0%	0%	42%
Ethanol	25%	12%	63%	0%
isopropanol	58%	0%	0%	42%
Acrylonitril	0%	11%	89%	0%
1-propanol	25%	12%	63%	0%
methylethylketon	58%	0%	0%	42%
2-butanol	37%	21%	0%	42%
Ethylacetaat	11%	1%	88%	0%
iso-butanol	58%	0%	0%	42%
1-butanol	47%	9%	45%	0%
Propylacetaat	4%	8%	89%	0%
Methylisobutylketon	58%	0%	0%	42%
Butylacetaat	3%	9%	89%	0%
Cyclohexanon	58%	0%	0%	42%

stoffen ondergrond	Terugvindingspercentages (Tv)			
	80% < Tv < 100%	50% < Tv < 80%	Tv < 50%	Extrapolatie > 80%
Methanol	56%	0%	0%	44%
Ethanol	29%	10%	62%	0%
isopropanol	56%	0%	0%	44%
Acrylonitril	0%	11%	89%	0%
1-propanol	29%	10%	62%	0%
methylethylketon	56%	0%	0%	44%
2-butanol	38%	18%	0%	44%
Ethylacetaat	11%	2%	87%	0%
iso-butanol	56%	0%	0%	44%
1-butanol	44%	8%	49%	0%
Propylacetaat	5%	7%	89%	0%
Methylisobutylketon	56%	0%	0%	44%
Butylacetaat	3%	9%	89%	0%
Cyclohexanon	56%	0%	0%	44%

Uit Tabel 13 wordt duidelijk dat er voor zowel de boven- als ondergrond sprake is van een duidelijke splitsing in twee 'categorieën' stoffen. De eerste categorie zijn de wateroplosbare oplosmiddelen waarvoor een hoog terugvindingspercentage wordt gevonden. Voor deze stoffen mag worden aangenomen dat de in het kader van AW2000 bepaalde gehalten betrouwbaar zijn. Het gaat hierbij om de volgende stoffen (in Tabel 13 groen gemarkeerd): methanol, isopropanol (2-propanol), metylethylketon, iso-butanol, methylisobutylketon en cyclohexanon.

De tweede categorie met stoffen wordt gekenmerkt doordat een substantieel deel van de meetresultaten valt binnen de klassen met een beperkt terugvindingspercentage (50 - 80% en <50%). Voor de in deze categorie vallende wateroplosbare oplosmiddelen moet worden aangenomen dat de resultaten van de AW2000 monsters onbetrouwbaar zijn. Het gaat hierbij om de volgende stoffen (In Tabel 13 rood gemarkeerd): ethanol, acrylonitril, 1-propanol, 2-butanol, ethylacetaat, 1-butanol, propylacetaat en butylacetaat. Voor de laatst genoemde stoffen dienen de resultaten dus met het nodige voorbehoud te worden gehanteerd.

## 4.6 Lutum gehalte

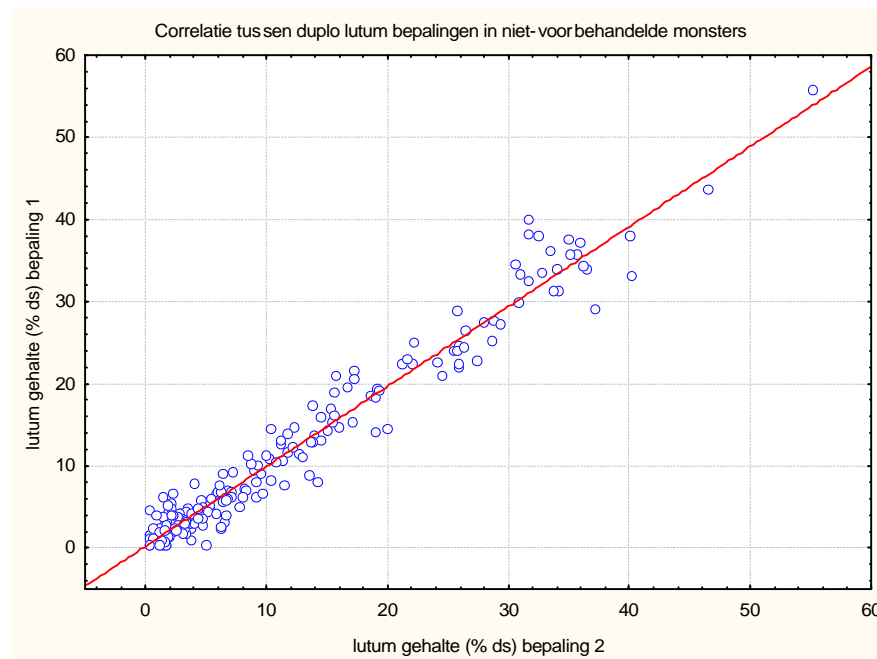
De bepaling van het lutum gehalte is voor alle monsters in duplo uitgevoerd (analyse-duplo's). Bij de bepaling op basis van de niet-voorbehandelde monsters bleek dat voor een deel van de monsters relatief grote verschillen in de analyseduplo's optraden. Daarom is voor die monsters waarbij dit het geval was het lutum gehalte opnieuw bepaald in het voorbehandelde monster. Hoewel in dit laatste geval het monster is gedroogd en vermalen ( $D_{95} < 0,5$  mm), kan worden aangenomen dat dit maalproces niet of nauwelijks invloed zal hebben op het lutum gehalte.

Ten gevolge van een fout in het doorgeven van de monsters die opnieuw moesten worden geanalyseerd, zijn bovendien ook een aantal monsters opnieuw geanalyseerd waarvoor geen relatief groot verschil tussen de eerste analyseduplo's aanwezig was.

De vermoedelijke verklaring voor het optreden van een relatief groot verschil tussen de analyseduplo's van de niet-voorbehandelde monsters is dat er bij de monsterneming is uitgegaan van een systematisch gedefinieerde laagdikte en niet van de bodemgelaagdheid zoals die in het veld is aangetroffen. Dit kan in principe betekenen dat er in een monster zowel grof zand als fijne klei aanwezig is. Het nemen van een analysemonster voor de bepaling van het lutum gehalte in het laboratorium door het nemen van enkele steken uit het niet-voorbehandelde monster is dan gevoelig voor de plekken waar de steken precies worden genomen en of daarmee een representatief beeld van de korrelgrootteverdeling van het gehele monster wordt verkregen.

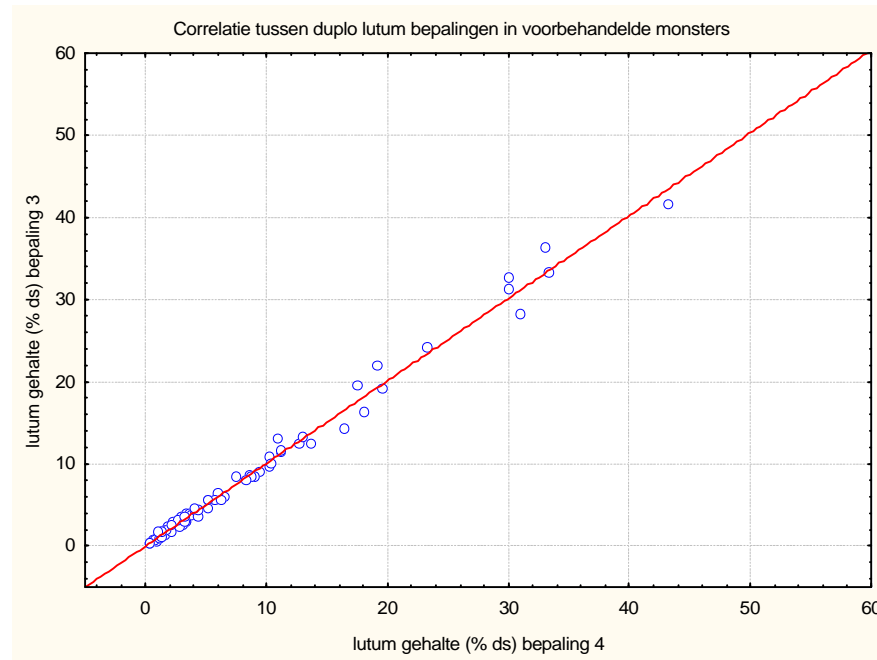
In de navolgende analyse van de gegevens zijn in dit geval de duplo-bepalingen op monsterniveau (een deel van de monsters is direct na aankomst in twee delen gesplitst die verder individueel zijn geanalyseerd) als individuele waarnemingen meegenomen. De reden hiervoor is dat in een aantal gevallen de heranalyse heeft plaatsgevonden op één van beide monsterduplo's.

In Figuur 11 is de samenhang tussen de analyseduplo's voor de niet-voorbehandelde monsters weergegeven. In zijn algemeenheid kan worden geconcludeerd dat er een goede samenhang tussen de resultaten van de beide analyseduplo's bestaat.



Figuur 11 Correlatie tussen de analyseduplo's van de lutumbepaling op de niet-voorbehandelde monsters van bovengrond en ondergrond (inclusief monsterduplo's totaal 210 monsters)

In Figuur 12 is de correlatie tussen de analyseduplo's voor de voorbehandelde monsters weergegeven. In vergelijking tot Figuur 11 is de spreiding tussen de analyseduplo's na monstervoorbehandeling aanzienlijk kleiner. Dit komt ook tot uitdrukking indien de standaarddeviatie per analyseduplopaar met en zonder monstervoorbehandeling wordt bepaald. De gemiddelde standaarddeviatie zonder monstervoorbehandeling ( $n = 210$ ) bedraagt 1,14 (% ds), terwijl de gemiddelde standaarddeviatie na monstervoorbehandeling ( $n = 86$ ) gelijk is aan 0,39 (% ds). De monstervoorbehandeling leidt dus tot een aanzienlijke vermindering van de spreiding tussen de analyseduplo's. Dit effect is echter nog groter: wordt alleen gekeken naar de standaarddeviatie van de 86 monsters waarvoor het lutum gehalte zowel zonder als met monstervoorbehandeling is bepaald, dan ligt de gemiddelde standaarddeviatie tussen de analyseduplo's zonder monstervoorbehandeling nog aanzienlijk hoger, namelijk op 1,64 (% ds). In vergelijking tot de gemiddelde standaarddeviatie na monstervoorbehandeling (0,39 %) is er dus sprake van een aanzienlijke afname van de variabiliteit tussen de analyseduplo's ten gevolge van de uitgevoerde monstervoorbehandeling.



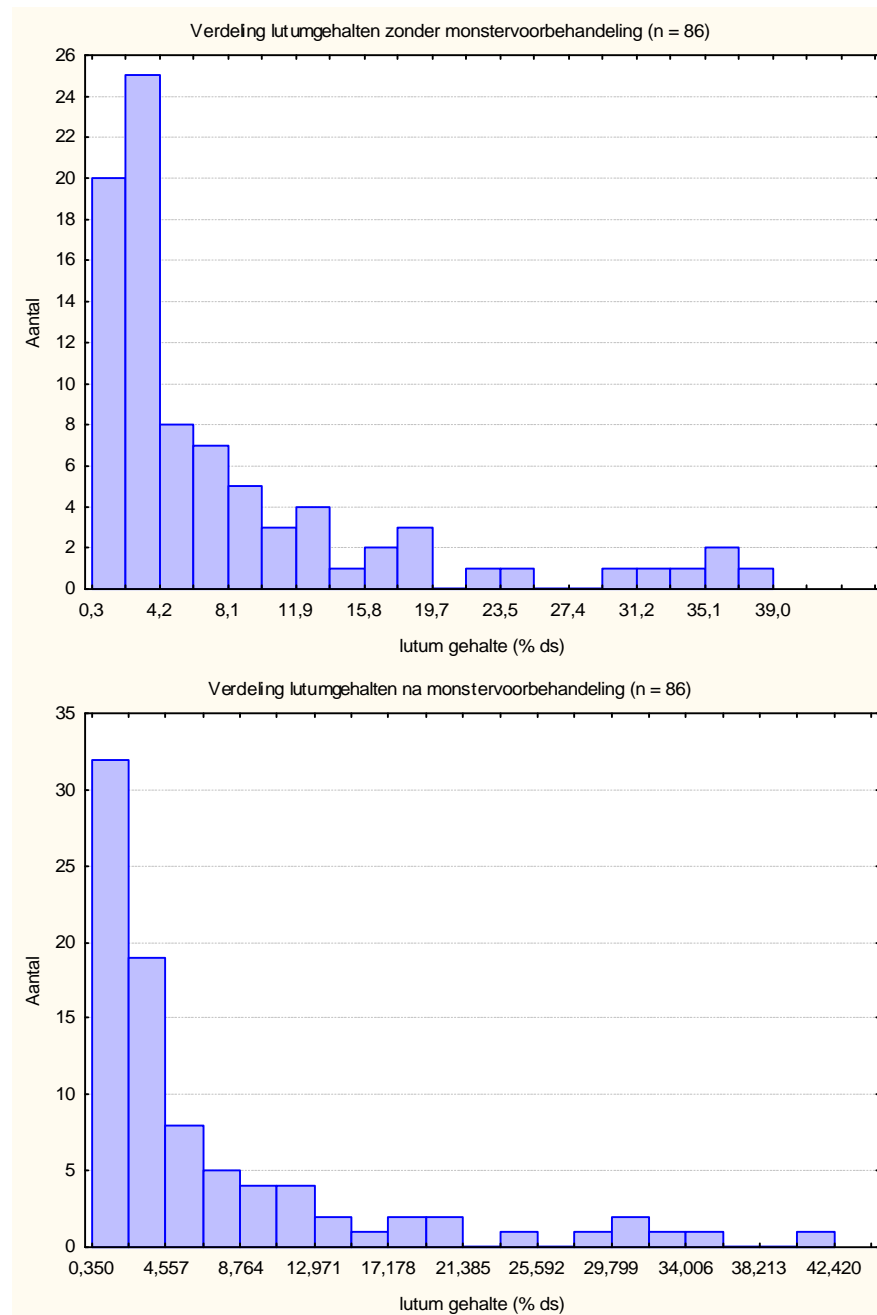
Figuur 12 Correlatie tussen de analyseduplo's van de lutum bepaling op de voorbehandelde monsters van bovengrond en ondergrond (deel van alle monsters; totaal 86 monsters)

Gelijktijdig dient de vraag te worden gesteld of de monstervoorbehandeling van invloed is geweest op het lutum gehalte. Voor de 86 monsters waarvoor het lutum gehalte ook na monstervoorbehandeling is bepaald kan deze vergelijking worden gemaakt.

Tabel 14 geeft een aantal statistische kentallen weer voor de monsters zonder en met monstervoorbehandeling. In aanvulling daarop geeft Figuur 13 de verdeling van het gemiddelde lutum gehalte voor de monsters zonder en met monstervoorbehandeling.

Tabel 14 Statistische kentallen voor het gemiddelde lutum gehalte van de monsters zonder en na monstervoorbehandeling

monstervoorbehandeling	aantal	gemiddelde	st.dev.	minimum	maximum	90-percentiel
Zonder	86	7,95	9,19	0,35	38,97	19,46
Met	86	7,23	8,97	0,35	42,42	19,32



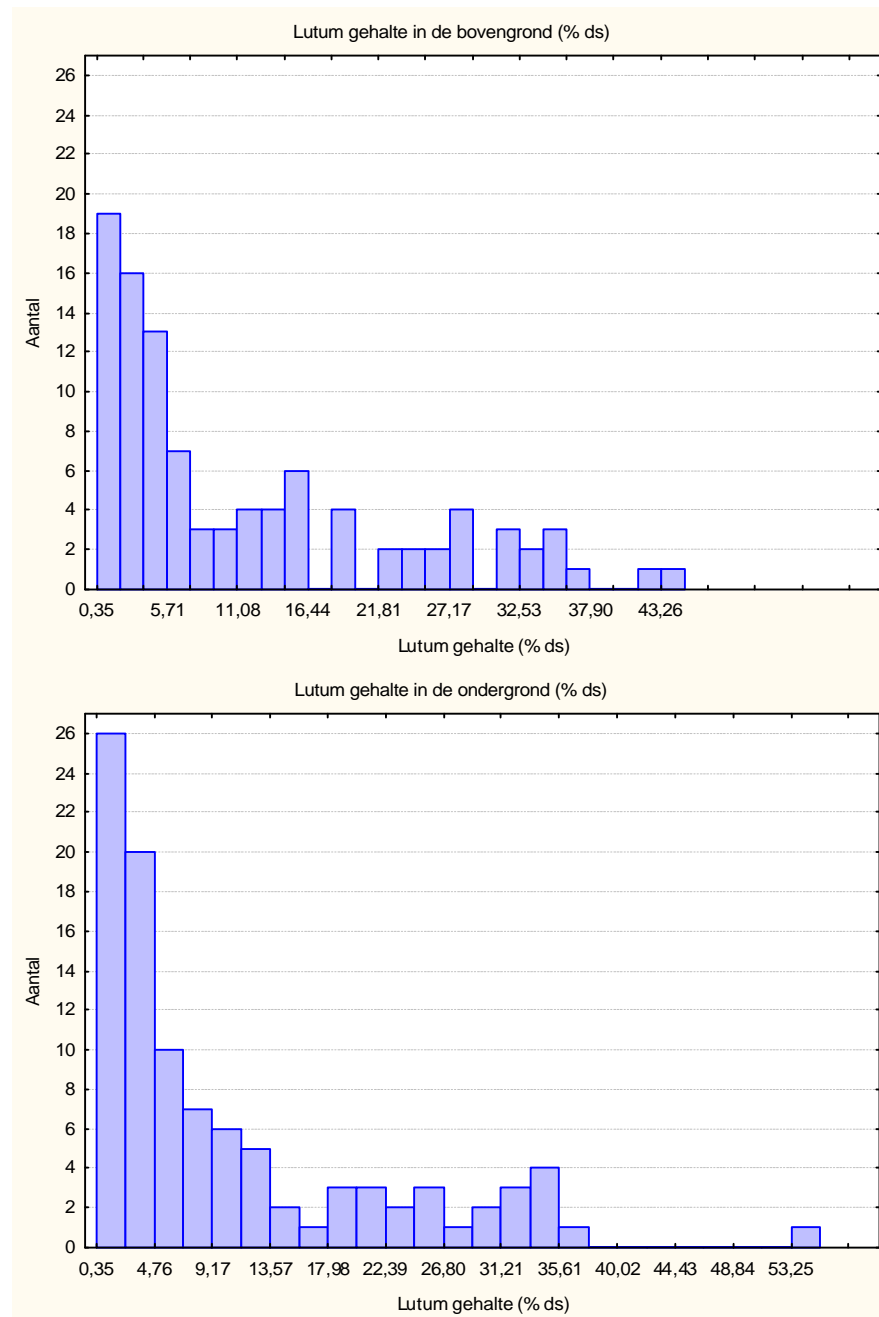
Figuur 13 Verdeling van de gemiddelde lutum gehalten in de 86 monsters voor en na monstervoorbehandeling

Geconcludeerd kan worden dat de monstervoorbehandeling, zoals verwacht, niet of nauwelijks effect heeft gehad op het lutum gehalte. Omdat gelijktijdig de standaarddeviatie tussen de individuele analyseduplo's aanzienlijk is afgenomen, heeft de monstervoorbehandeling een wezenlijke bijdrage geleverd aan de betrouwbaarheid van de resultaten. Dit is met name relevant omdat voor een deel van de stoffen bij de toetsing aan de normwaarden wordt gecorrigeerd voor het lutum gehalte.

Hoewel het nu uitgevoerde onderzoek een duidelijke aanwijzing geeft dat de lutum bepaling kan worden verbeterd door deze uit te voeren na monstervoorbehandeling, wordt aanbevolen om het onderzoek hiernaar te verbreden en de resultaten van dat onderzoek te implementeren in AP04.

Als consequentie van het voorgaande is bij de correctie van de gegevens voor het lutum gehalte dus uitgegaan van, voor zover beschikbaar, de gehalten zoals bepaald na monstervoorbehandeling.

Van het hiermee resulterende gegevensbestand van de monsternemingslocaties van AW2000 is de verdeling van de lutum gehalten weergegeven in Figuur 14. Een aantal statistische kentallen is weergegeven in Tabel 15.



Figuur 14 Lutum gehalten (% ds) in bovengrond en ondergrond

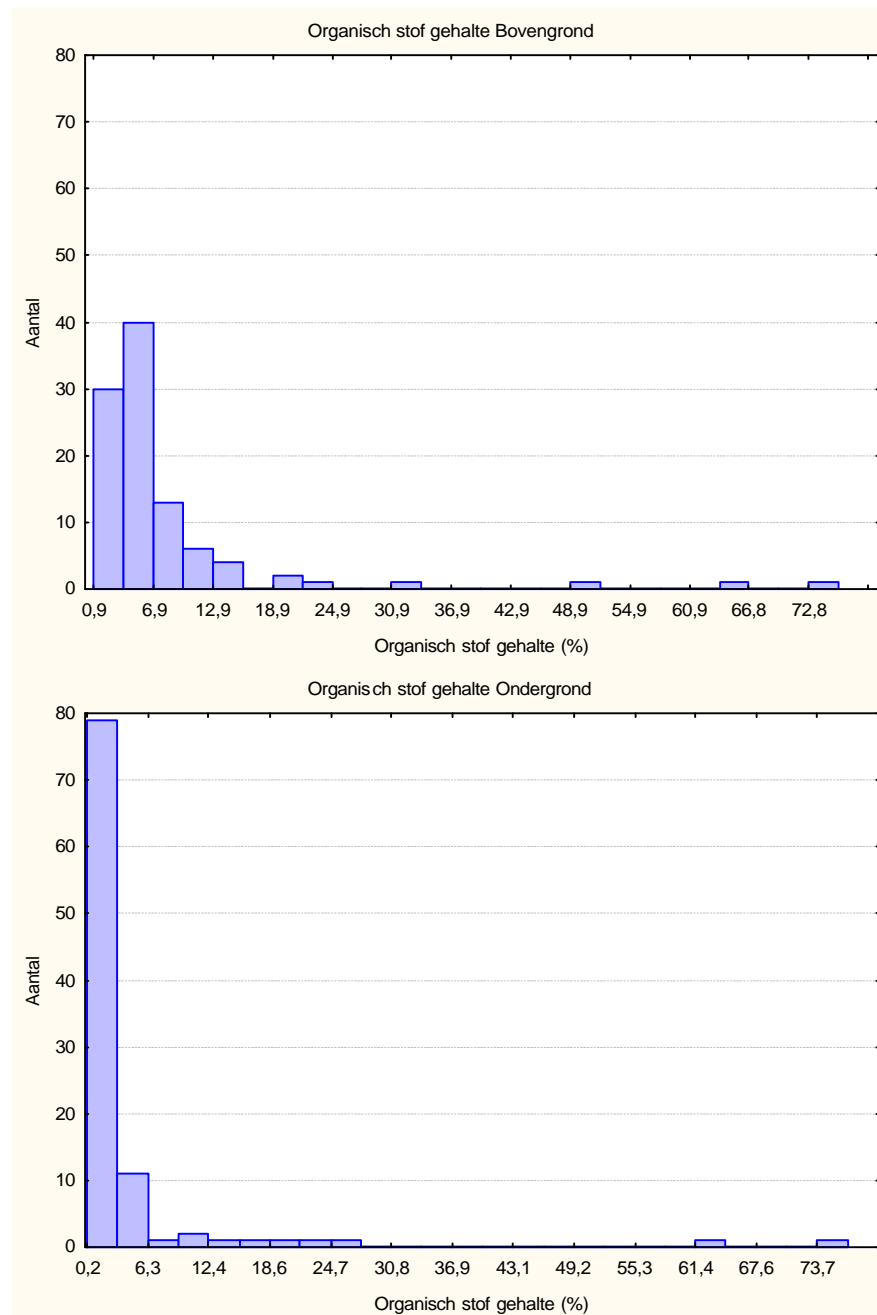
Tabel 15 Statistische kentallen (% ds) voor de lutum gehalten in de bovengrond en ondergrond

<b>bodemlaag</b>	<b>Aantal</b>	<b>minimum</b>	<b>mediaan</b>	<b>gemiddelde</b>	<b>90-percentiel</b>	<b>95-percentiel</b>	<b>maximum</b>
bovengrond	100	0,35	6,10	11,6	31,8	35,3	45,0
ondergrond	100	0,35	5,48	10,5	30,1	34,8	55,4

#### **4.7 Organisch stof gehalte (humus)**

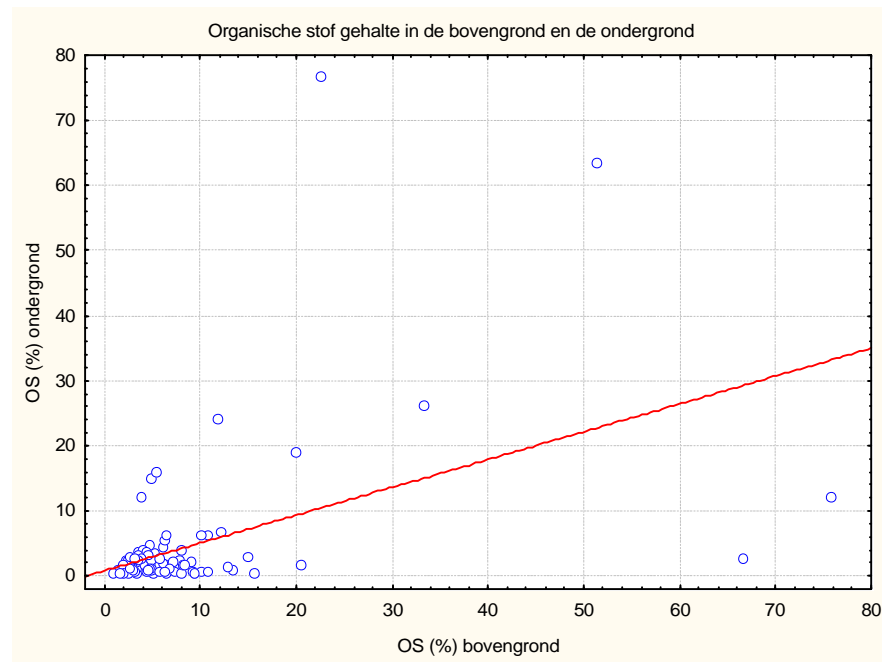
Het organisch stof gehalte is gemeten in alle monsters van de bovengrond en ondergrond. In Figuur 15 is de verdeling van het organisch stof gehalte in de bovengrond en de ondergrond weergegeven.





Figuur 15 Verdeling van het organisch stof gehalte in de bovengrond en de ondergrond

In Figuur 15 valt onmiddellijk op dat het organisch stof gehalte in de ondergrond vrijwel altijd (aanzien) lager is dan het organisch stof gehalte in de bovengrond. Dit komt ook tot uitdrukking in Figuur 16 waar het organisch stof gehalte van de bovengrond is uitgezet tegen het organisch stof gehalte van de ondergrond.



Figuur 16 Organisch stof gehalte in de bovengrond (x-as) uitgezet tegen het organisch stof gehalte in de ondergrond (y-as)

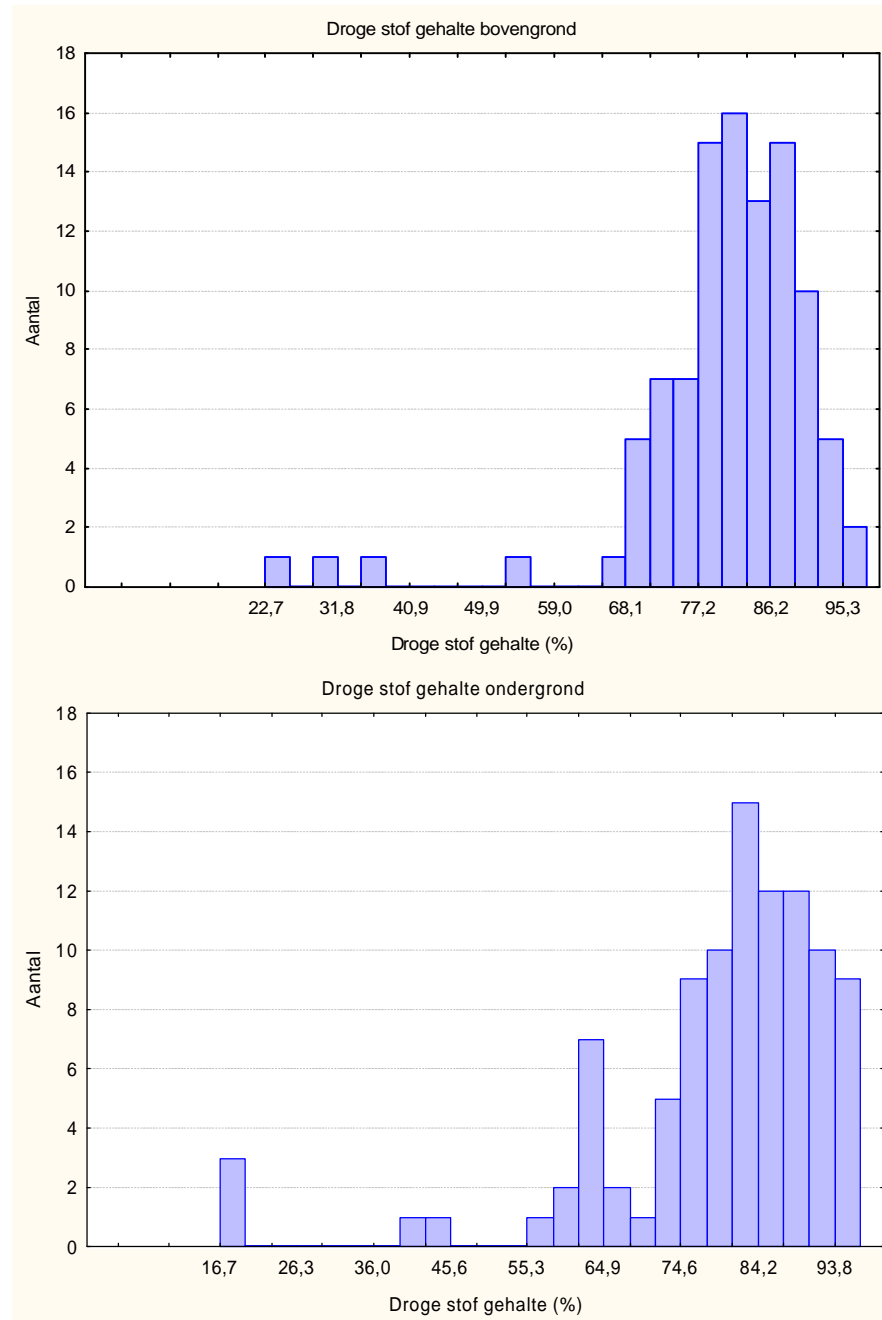
De statistische kentallen voor het gehalte aan organisch stof in de bovengrond en ondergrond zijn weergegeven in Tabel 16.

Tabel 16 Statistische kentallen (% ds) voor de organisch stof gehalten in de bovengrond en de ondergrond

bodemlaag	aantal	minimum	mediaan	gemiddelde	90-percentiel	95-percentiel	maximum
bovengrond	100	0,90	5,02	8,11	13,2	21,5	75,8
ondergrond	100	0,14	1,59	4,25	6,48	17,4	76,8

#### 4.8 Droge stof gehalte

Het droge stof gehalte is gemeten in alle monsters van de bovengrond en de ondergrond. In Figuur 17 is de verdeling van het droge stof gehalte in de bovengrond en de ondergrond weergegeven.

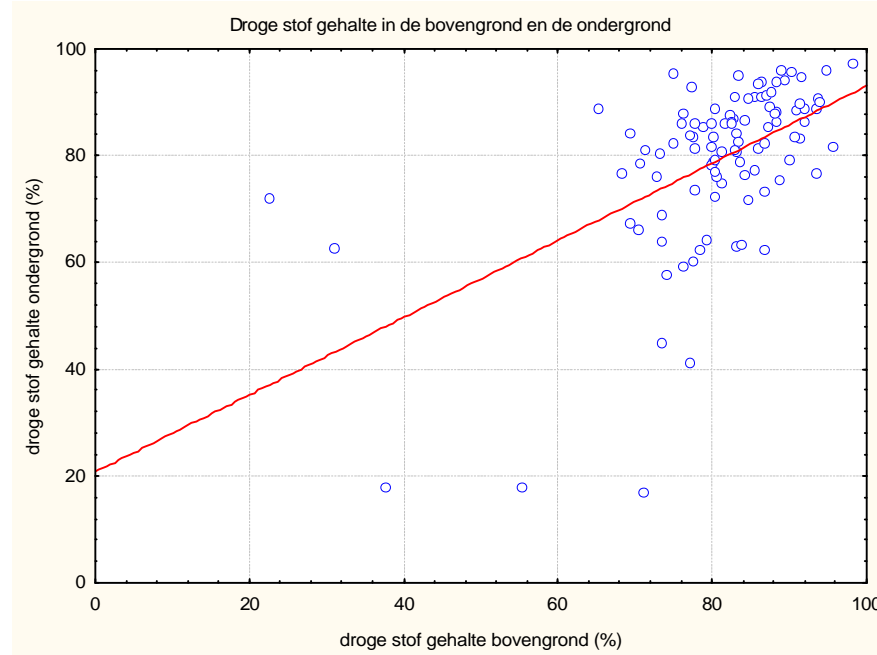


Figuur 17 Verdeling van het droge stof gehalte in de bovengrond en de ondergrond

Opvallend in de verdeling van het droge stof gehalte is dat er een beperkt aantal lage droge stof gehalten voorkomt, maar dat de bulk van de waarnemingen ligt tussen de circa 70 en 95%. Slechts een beperkt aantal monsters bevat dus relatief veel water. Opgemerkt kan worden dat het jaar waarin de monsters zijn genomen (2003) een erg droog jaar is geweest.

Op basis van Figuur 17 kan worden geconstateerd dat er sprake is van een redelijke overeenkomst in de verdeling van de droge stof gehalten van de bovengrond en de ondergrond. De vraag is echter of dit ook betekent dat er per monsternemingslocatie sprake is van een vergelijkbaar droge stof gehalte in de bovengrond en de ondergrond.

In Figuur 18 is een vergelijking gemaakt tussen de droge stof gehalten in de bovengrond en de ondergrond.



Figuur 18 Droge stof gehalte in de bovengrond (x-as) uitgezet tegen het droge stof gehalte in de ondergrond (y-as)

Zoals blijkt uit Figuur 18 is er in zijn algemeenheid inderdaad sprake van een redelijke overeenkomst tussen het droge stof gehalte van de bovengrond en de ondergrond. Op basis van de correlatielijn in Figuur 18 kan echter ook worden geconcludeerd dat voor relatief natte bodems (laag droge stof gehalte) de bovengrond natter is dan de ondergrond. Voor relatief droge bodems (hoog droge stof gehalte) is dit net andersom: daar is de bovengrond droger dan de ondergrond.

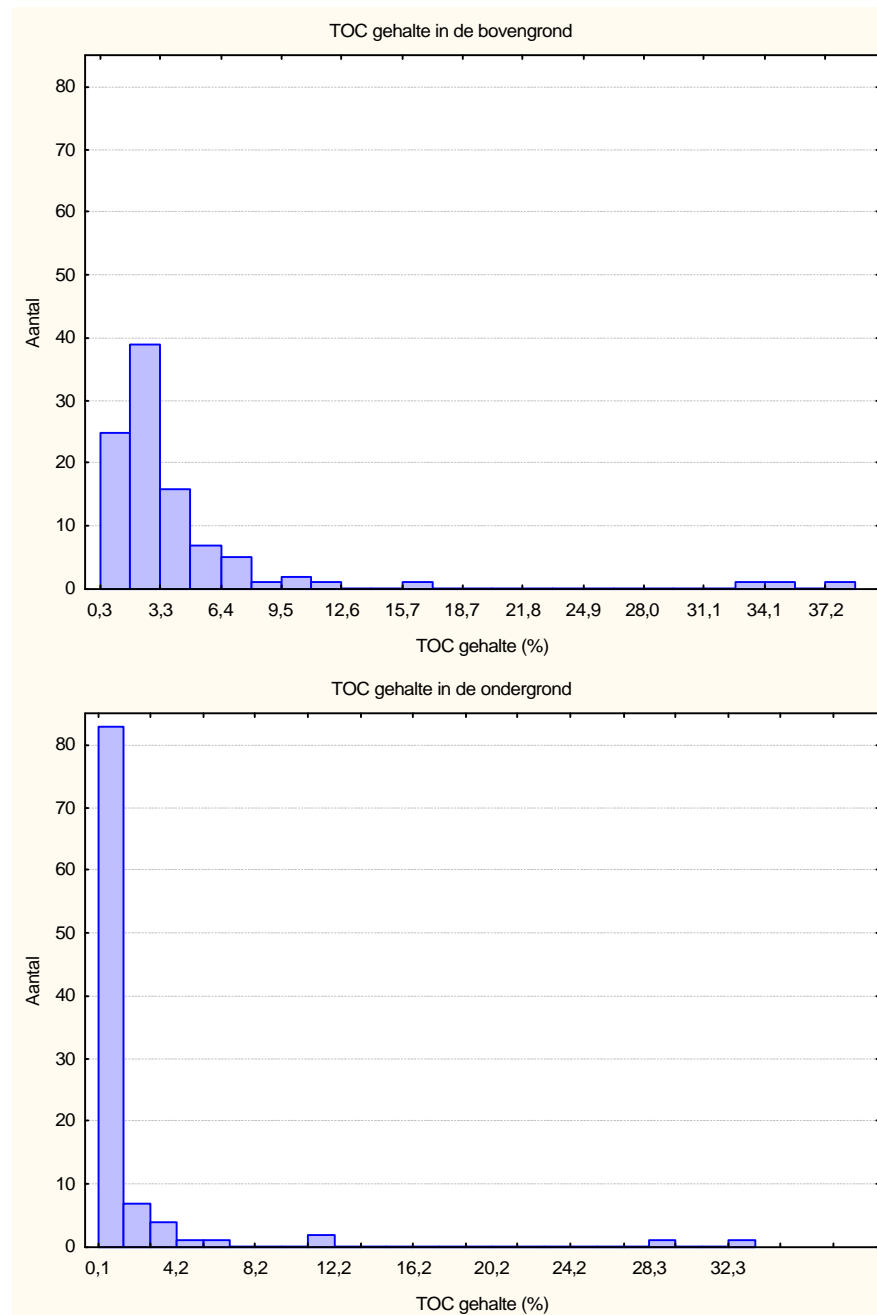
De statistische kentallen voor het droge stof gehalte in de bovengrond en de ondergrond zijn weergegeven in Tabel 17.

Tabel 17 Statistische kentallen (%) voor de droge stof gehalten in de bovengrond en de ondergrond

bodemlaag	aantal	minimum	mediaan	gemiddelde	90-percentiel	95-percentiel	maximum
bovengrond	100	22,7	80,8	82,7	91,5	93,7	98,4
ondergrond	100	16,7	79,1	82,9	93,5	95,3	97,0

#### 4.9 Totaal organisch koolstof

Het totaal organisch koolstof gehalte (TOC) is gemeten in alle monsters van de bovengrond en ondergrond. In Figuur 19 is de verdeling van het TOC gehalte in de bovengrond en de ondergrond weergegeven.



Figuur 19 Verdeling van het TOC gehalte in de bovengrond en de ondergrond

Op basis van Figuur 19 wordt duidelijk dat het TOC gehalte in de bovengrond hoger is dan het TOC gehalte van de ondergrond. Er is echter geen sprake van een fundamenteel verschil in gehalten tussen de bovengrond en de ondergrond.

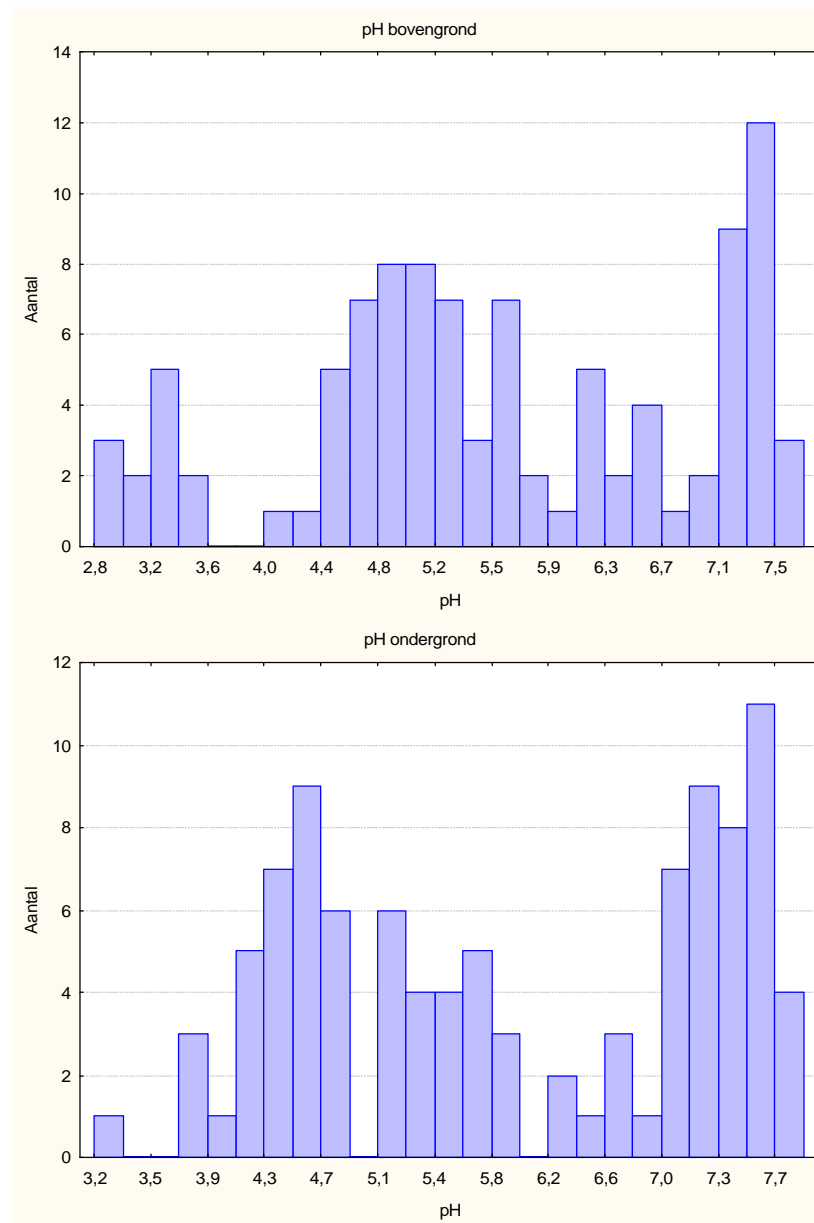
De statistische kentallen voor het TOC gehalte in de bovengrond en de ondergrond zijn weergegeven in Tabel 18.

Tabel 18 Statistische kentallen (%) voor de TOC gehalten in de bovengrond en de ondergrond

bodemlaag	aantal	minimum	mediaan	gemiddelde	90-percentiel	95-percentiel	maximum
bovengrond	100	0,06	0,38	1,81	6,68	8,22	18,5
ondergrond	100	0,03	0,20	1,44	4,96	9,86	13,2

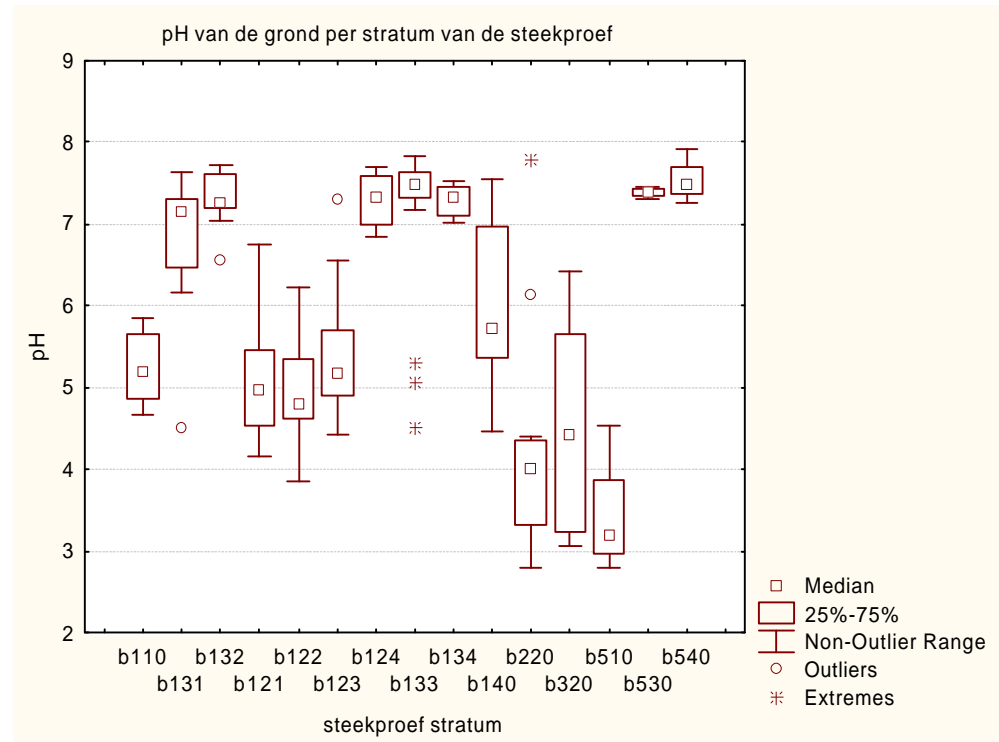
#### 4.10 pH

De pH van de grond is gemeten in alle monsters van de bovengrond en de ondergrond. Figuur 20 geeft de verdeling weer van de pH in de bovengrond en de ondergrond.



Figuur 20 Verdeling van de pH in de bovengrond en de ondergrond

Zoals blijkt uit Figuur 20 is er sprake van een brede verdeling van de pH. Een samenhang tussen de pH en de deels op bodemtype gedefinieerde strata van de steekproefopzet lijkt logisch. Deze samenhang is weergegeven in Figuur 21.



Figuur 21 pH van de bodem gecategoriseerd naar de strata van de steekproef (voor de codes zie Tabel 8)

Op basis van Figuur 21 kan worden vastgesteld dat er inderdaad een zekere mate van samenhang met het bodemtype aanwezig is: voor een aantal strata wordt een relatief smalle verdeling van de pH waargenomen. Het gaat dan met name om de strata met zeeklei (131, 132, 133, 134, 530) waarvoor relatief weinig spreiding en een relatief hoge pH wordt gevonden. Gelijktijdig zijn er echter ook een aantal strata waarvoor juist een brede verdeling wordt waargenomen, met name (maar niet eenduidig) voor strata met zand (121, 122, 123, 140, 320).

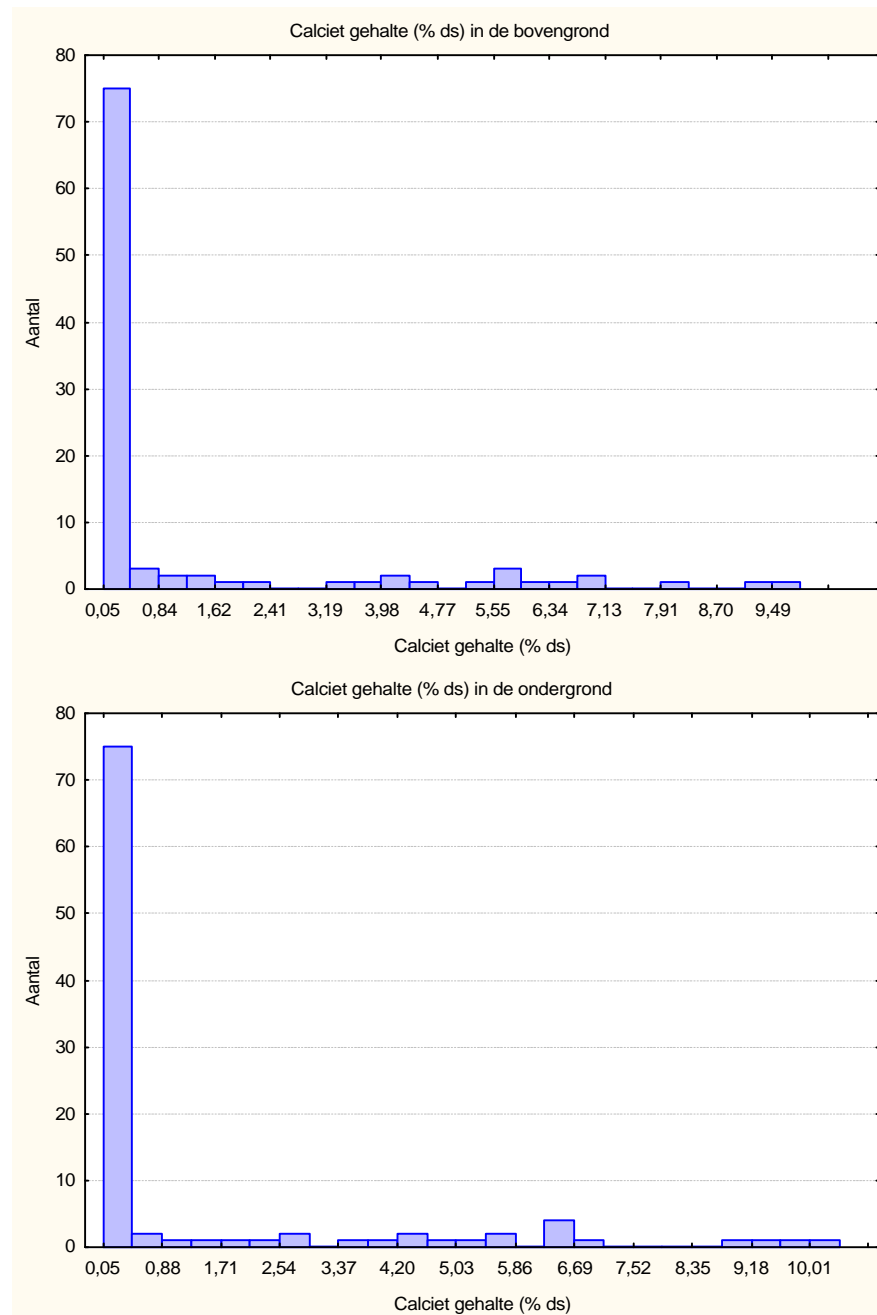
De statistische kentallen voor de pH van de bovengrond en de ondergrond zijn weergegeven in Tabel 19.

Tabel 19 Statistische kentallen voor de pH van de bovengrond en de ondergrond

bodemlaag	aantal	minimum	mediaan	gemiddelde	90-percentiel	95-percentiel	maximum
bovengrond	100	2,79	5,36	5,59	7,40	7,48	7,71
ondergrond	100	3,16	5,78	5,97	7,64	7,72	7,92

#### 4.11 Calciet

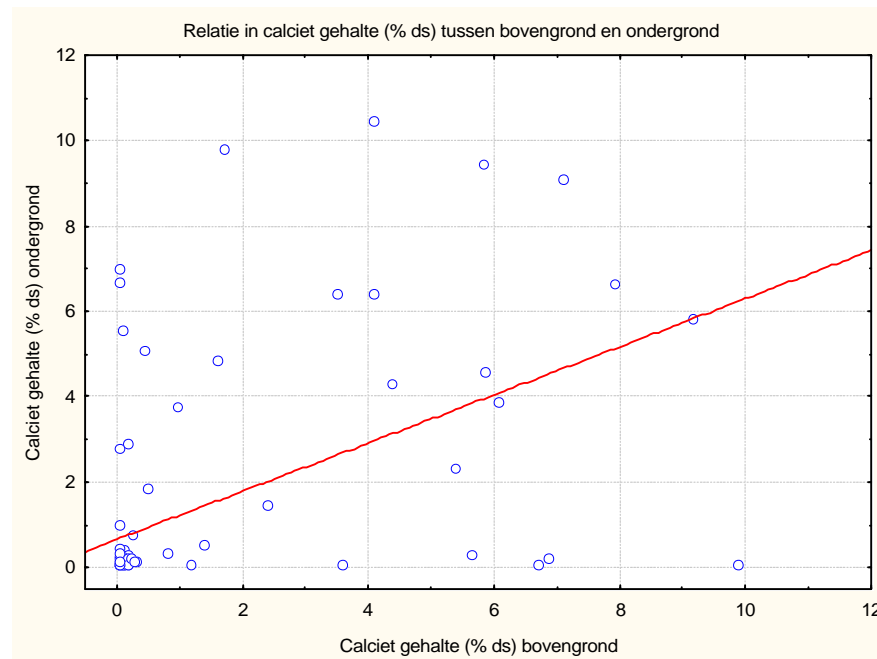
Het calciet gehalte van de grond is gemeten in alle monsters van de bovengrond en de ondergrond. In Figuur 22 is de verdeling van het calciet gehalte in de bovengrond en de ondergrond weergegeven.



Figuur 22 Verdeling van het calcië gehalte (% ds) in de bovengrond en de ondergrond

Zoals blijkt uit Figuur 22 is er een sterke overeenkomst tussen de verdeling van het calcië gehalte in de bovengrond en de ondergrond. Zoals echter blijkt uit Figuur 23 is deze overeenkomst niet direct te relateren aan de monsternemingslocaties zelf.





Figuur 23 Calciët gehalte in de bovengrond (x-as) uitgezet tegen het calciët gehalte in de ondergrond (y-as)

De statistische kentallen voor het calciët gehalte van de bovengrond en ondergrond zijn weergegeven in Tabel 20.

Tabel 20 Statistische kentallen voor de pH van de bovengrond en de ondergrond

bodemlaag	aantal	minimum	mediaan	gemiddelde	90-percentiel	95-percentiel	maximum
bovengrond	100	0,049	0,049	1,13	5,52	6,80	9,88
ondergrond	100	0,049	0,049	1,30	5,69	6,82	10,4

#### 4.12 Macroparameters

Naast de bodemkenmerken in de voorgaande paragrafen zijn er ook een aantal macroparameters in de monsters gemeten. Het betreft het gehalte aan:

- Aluminium (Al)
- Calcium (Ca)
- IJzer (Fe)
- Magnesium (Mg)

Voor deze stoffen zijn, net als voor alle andere in het kader van AW2000 onderzochte stoffen, datasheets gemaakt. De datasheets voor de macroparameters zijn weergegeven in Bijlage Rapport 1 AW2000 en worden hier niet verder besproken.

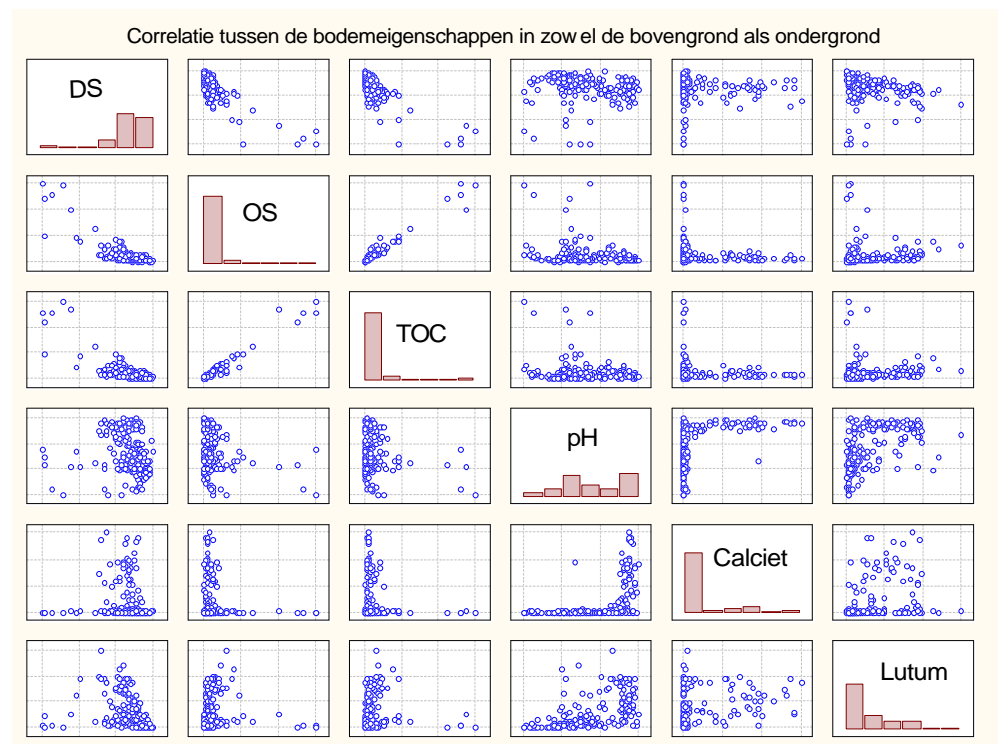
#### 4.13 Correlaties tussen stoffen

De onderlinge samenhang tussen de gehalten van de gemeten bodemeigenschappen, macroparameters en genormeerde stoffen kan worden vastgesteld op basis van zowel de gemeten waarden als op basis van de voor lutum en organisch stof gecorrigeerde waarden (c.q. de gehalten zoals berekend voor de standaard bodem). De vraag is echter in hoeverre de correctieformules voor het berekenen van de gehalten in de standaard

bodem juist zijn. Potentieel zou op basis van de gegenereerde gegevens kunnen worden onderzocht wat de relaties van de gemeten gehalten met het lutum en organisch stof gehalte zijn. Een dergelijke exercitie valt echter buiten het kader van dit onderzoek. Omdat niet zeker is of de correctieformules voor het berekenen van de gehalten in de standaard bodem juist zijn zal dus niet worden gekeken naar correlaties in de standaard bodem.

#### 4.13.1 Bodemeigenschappen

In Figuur 24 is de correlatiematrix opgenomen voor alle gegevens (bovengrond en ondergrond) van de bodemeigenschappen.



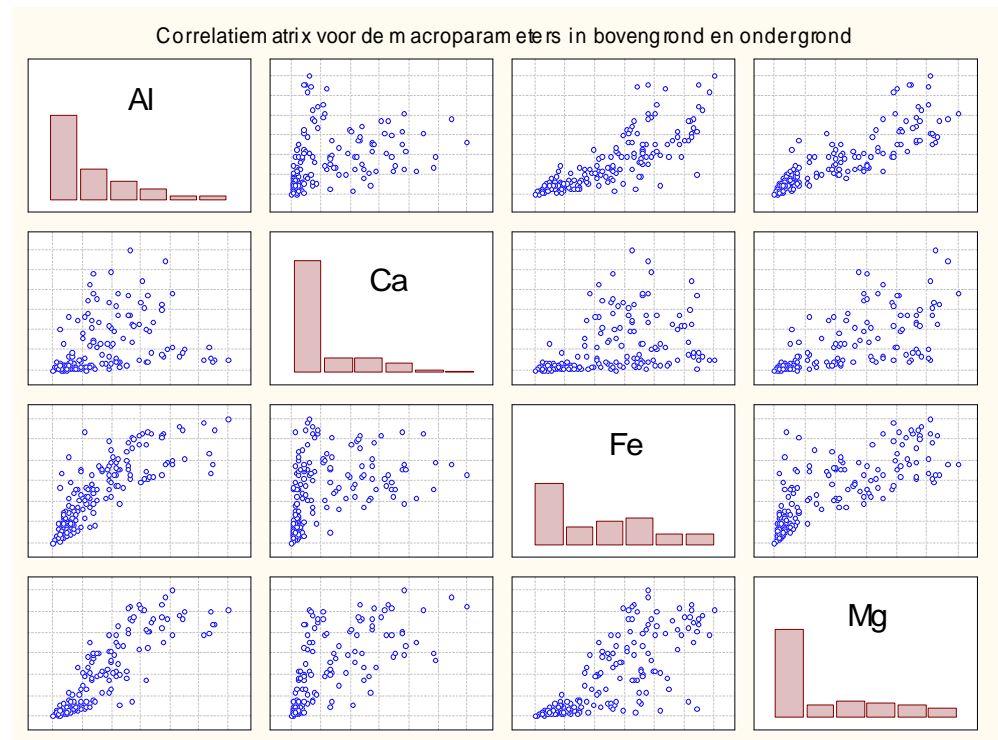
Figuur 24 Correlatiematrix voor de bodemeigenschappen; achtereenvolgens droge stof, organisch stof, TOC, pH, calciet en lutum

Uit Figuur 24 blijkt dat er een sterke relatie bestaat tussen het organisch stof gehalte en de TOC, hetgeen uiteraard was te verwachten. Verder wordt er eveneens een relatie, zij het negatief gecorreleerd, gevonden tussen het droge stof gehalte en het organisch stof gehalte. Dit betekent dat bij een toenemend organisch stof gehalte het monster meer vocht bevat. Ook dit was te verwachten. Voor ondergrond en bovengrond wordt een gering verschil in de relatie tussen het organisch stof gehalte en het droge stof gehalte gevonden.

Voor de overige bodemeigenschappen worden geen onderlinge correlaties vastgesteld.

#### 4.13.2 Macroparameters

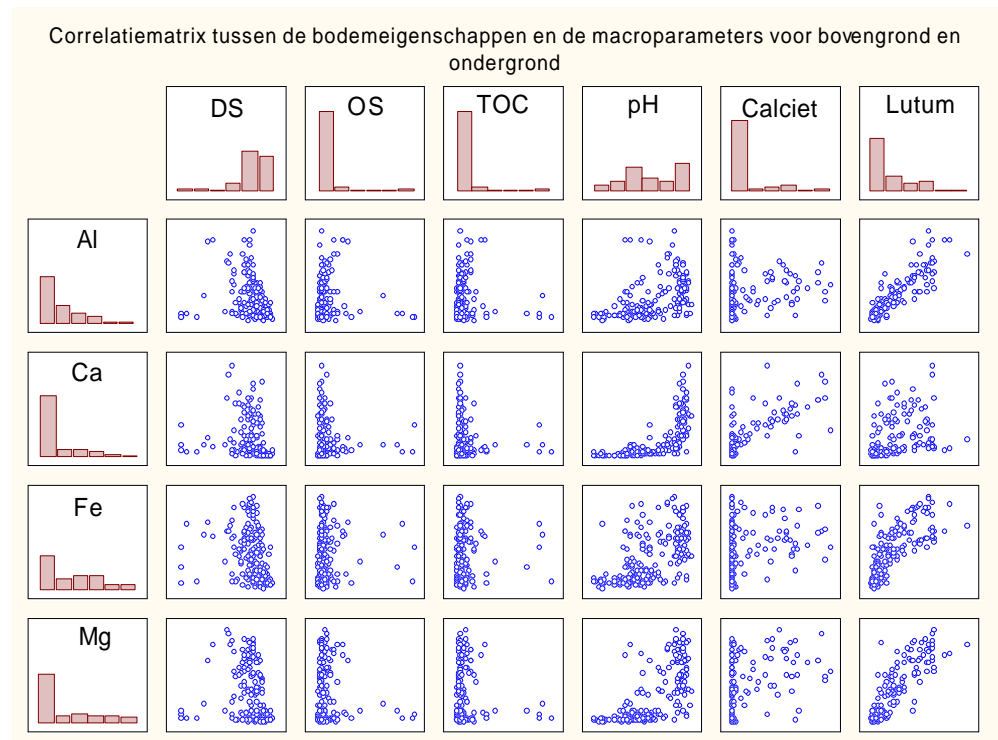
In Figuur 25 is de correlatiematrix opgenomen voor alle gegevens (bovengrond en ondergrond) van de macroparameters.



Figuur 25 Correlatiematrix voor de macroparameters; aluminium, calcium, ijzer en magnesium

Zoals blijkt bestaat er een zekere mate van correlatie tussen alle macroparameters, maar de relaties van calcium met aluminium, ijzer en magnesium zijn vrij zwak. Voor bovengrond en ondergrond worden vergelijkbare relaties waargenomen. De gevonden correlaties tussen de macroparameters zijn te verwachten omdat in de bodem mineralen (bijvoorbeeld kleimineralen en veldspaten) aanwezig zijn met een redelijk nauw bereik in de verhouding tussen de macroparameters.

In Figuur 26 is de correlatiematrix weergegeven tussen de macroparameters en de bodemeigenschappen.



Figuur 26 Correlatiematrix tussen de bodemeigenschappen en de macroparameters

Voor alle macroparameters geldt dat er een relatie wordt gevonden met het lutum gehalte. Voor calcium is deze relatie echter erg zwak. Wel vertoont calcium een zekere mate van correlatie met het calcië gehalte.

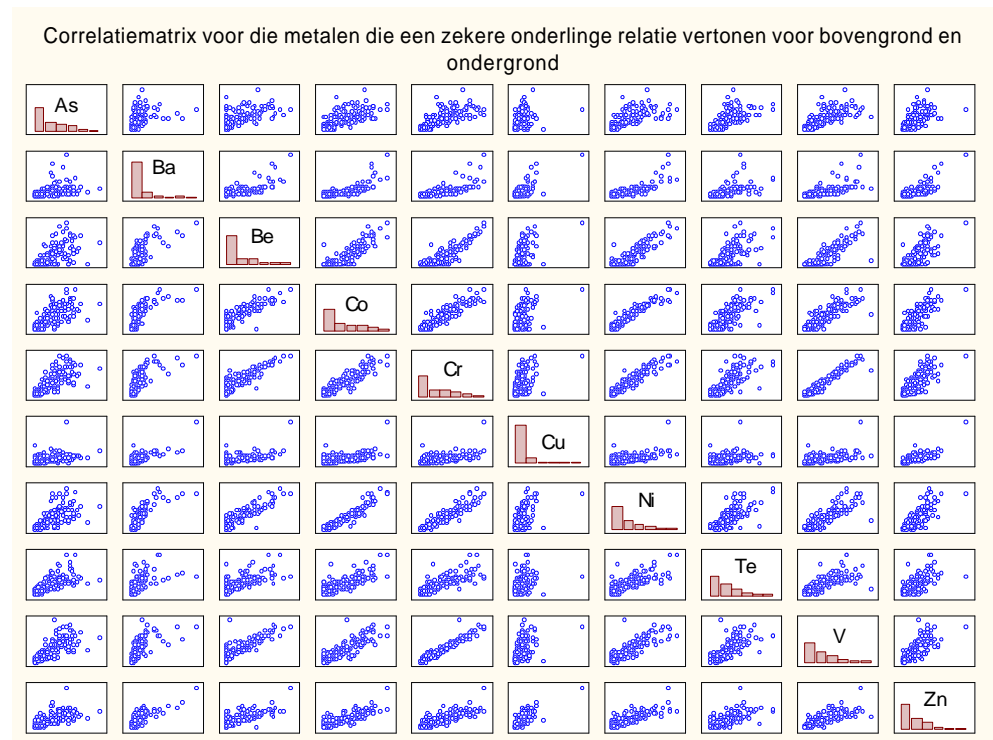
#### 4.13.3 *Genormeerde stoffen*

Het heeft weinig zin om voor alle genormeerde stoffen de correlaties te onderzoeken omdat voor een zeer groot deel van deze stoffen vrijwel alleen 'kleiner dan' waarden zijn gemeten. Daarom is een selectie van stoffen gemaakt waarmee nog zinvolle onderlinge vergelijkingen kunnen worden gemaakt. Nader gekeken is naar:

- De metalen
- De anionen
- EOX
- Minerale olie
- Som PAK's
- Som drins
- Som DDT/DDD/DDE
- Som PCB's

##### 4.13.3.1 *Metalen*

Voor de metalen zijn te veel stoffen gemeten (Hg, Ag, Al, As, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Tl, V en Zn) om deze allemaal in een onderlinge matrix weer te geven. Daarom zijn na een eerste selectie alleen die stoffen hier weergegeven die een zekere mate van onderlinge correlatie vertonen. Het betreft dan arseen, barium, beryllium, kobalt, chroom, koper, nikkel, tellurium, vanadium en zink. De correlatiematrix voor deze metalen is weergegeven in Figuur 27.



Figuur 27 Correlatiematrix voor de metalen die een zekere mate van onderlinge samenhang vertonen; As, Ba, Be, Co, Cr, Cu, Ni, Te, V en Zn

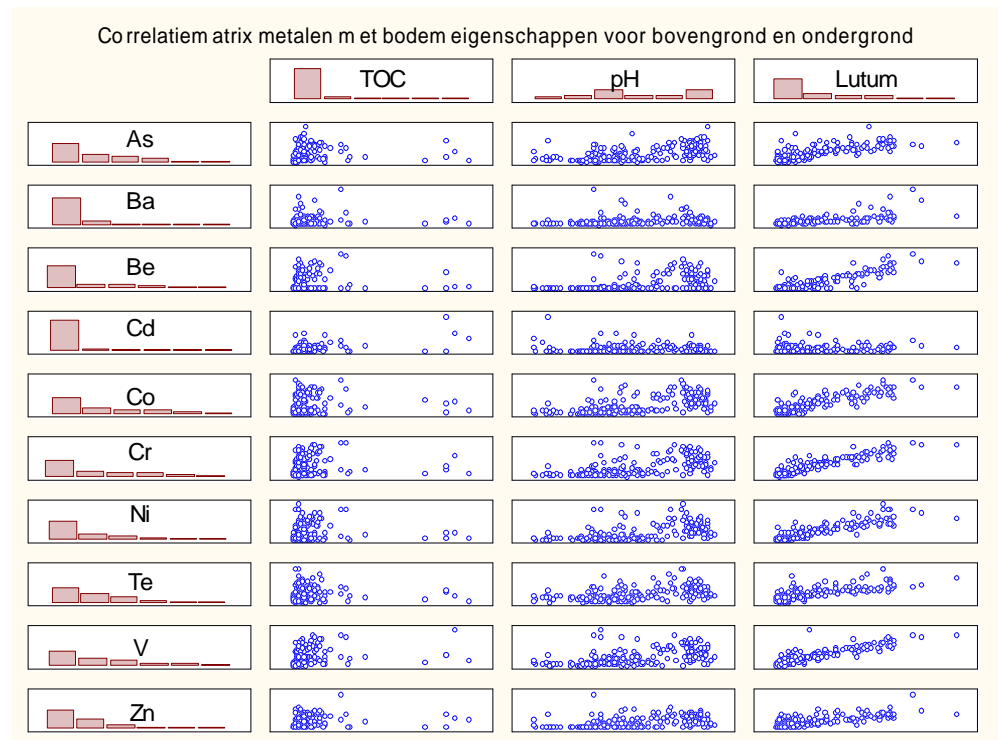
Zoals te zien in Figuur 27 worden er met name (redelijk) sterke relaties gevonden (correlatiecoëfficiënt  $> 0,8$ ) voor:

- Beryllium met kobalt, chroom, nikkel en vanadium
- Kobalt met chroom, nikkel, vanadium en zink
- Chroom met nikkel, vanadium en zink
- Nikkel met vanadium en zink
- Vanadium met zink

Eveneens is gekeken naar de correlatie tussen de bodemeigenschappen en de metalen. Voor de weergave is als selectiecriteria gebruikt dat de correlatiecoëfficiënt tenminste gelijk dient te zijn aan 0,5 voor één van de mogelijke combinaties van een stof met een bodemeigenschap. Er is gekozen voor een laag criterium omdat alle correlaties in dit geval klein zijn. Met dit criterium wordt voor de volgende combinaties nog een correlatie gevonden:

- TOC met cadmium
- pH met kobalt, chroom, nikkel en vanadium
- Lutum met arsen, barium, beryllium, kobalt, chroom, nikkel, tellurium, vanadium en zink

De resulterende correlatiematrix is weergegeven in Figuur 28.

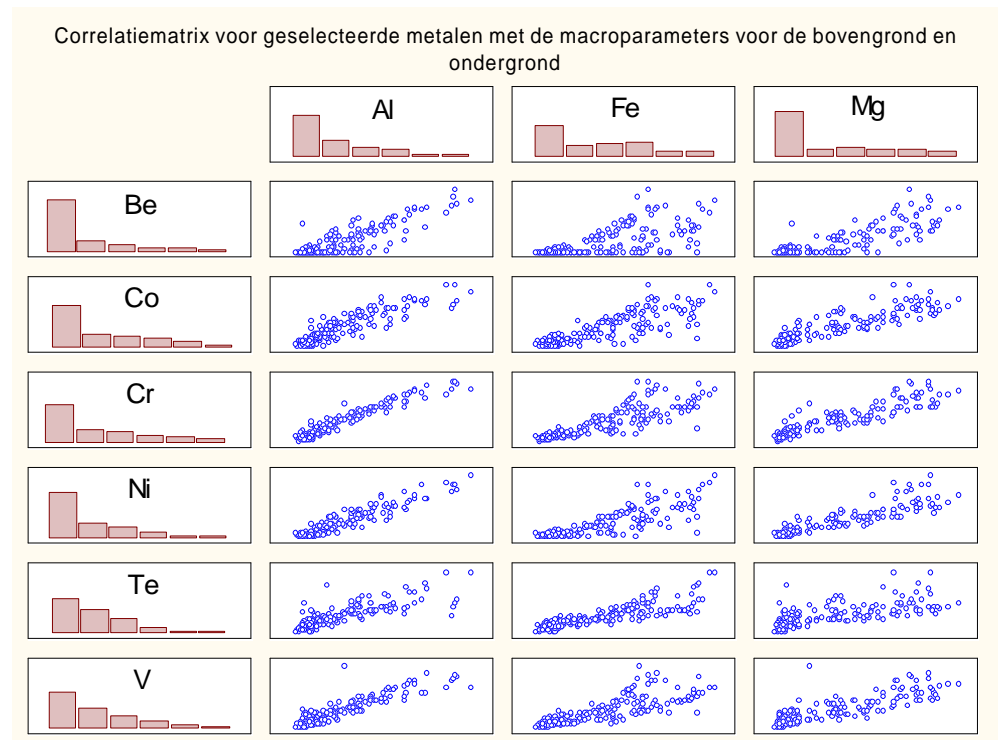


Figuur 28 Correlatiematrix tussen de bodemeigenschappen en geselecteerde metalen

Voor de correlatie met de macroparameters is uitgegaan van de stoffen met een correlatiecoëfficiënt van 0,8 of groter. Op basis van dit selectiecriteria worden de volgende correlaties gevonden:

- Aluminium met beryllium, kobalt, chroom, nikkel, tellurium en vanadium
- IJzer met kobalt, chroom, nikkel, tellurium en vanadium
- Magnesium met beryllium, kobalt, chroom, nikkel en vanadium

Deze correlaties zijn weergegeven in Figuur 29.



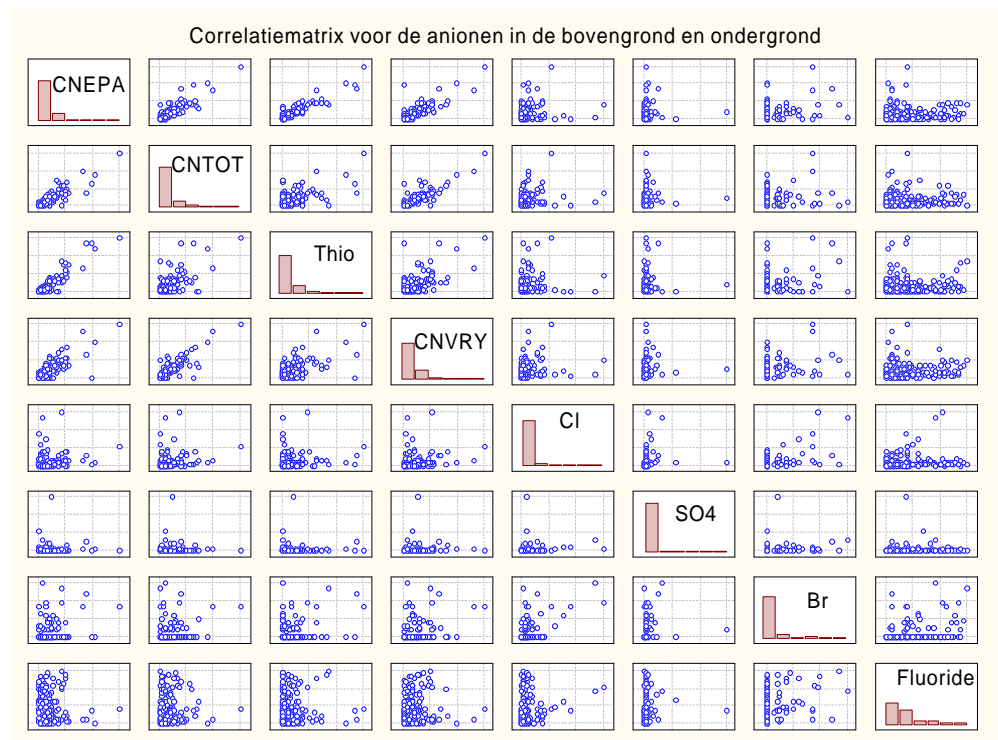
Figuur 29 Correlatiematrix voor geselecteerde metalen (Be, Co, Cr, Ni, Te en V) en de relevante macroparameters (selectiecriteria: correlatiecoëfficiënt > 0,8)

Veel van de genoemde elementen (Co, Cr, Ni, Te, V) hebben een hoge tot zeer hoge affiniteit met metaalhydroxiden van Al en Fe. Dat geldt niet voor Mg. Dit lijkt eerder een aanwijzing voor het voorkomen in mineralen. Deze mineralen zitten in de kleifractie waardoor de kleifractie ook sterk correlatie vertoont met de genoemde elementen.

Om meer zicht te krijgen op de onderlinge relaties tussen de metalen en de macroparameters is het uitvoeren van nader mineralogisch onderzoek wenselijk. Daarbij dienen de gegevens ook te worden opgesplitst, bijvoorbeeld in monsters met veel fosfaat (belangrijke aanwijzing voor invloed van mest), en weinig fosfaat.

#### 4.13.3.2 Anionen

De correlaties tussen de anionen zijn weergegeven in Figuur 30. Het betreft cyanide EPA, cyanide totaal, thiocyanaten, cyanide vrij, chloride, sulfaat, bromide en fluoride.



Figuur 30 Correlatiematrix voor de anionen in de bovengrond en de ondergrond

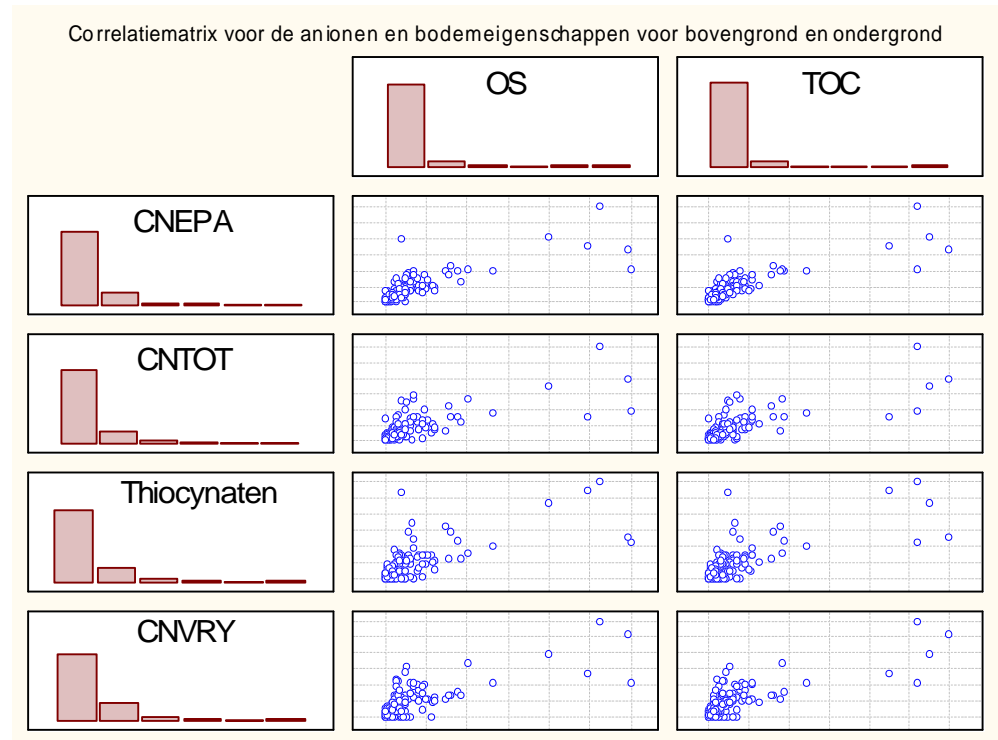
Over het algemeen is er niet of nauwelijks sprake van correlaties tussen de anionen. Uitzondering hierop is de correlatie binnen de groep cyaniden; cyanide EPA, cyanide totaal en de thiocyanaten.

Met de macroparameters worden vrijwel alleen maar zwakke correlaties gevonden. Een correlatiecoëfficiënt van 0,7 of meer wordt gevonden voor:

- Organisch stof met cyanide EPA, cyanide totaal en cyanide vrij
- TOC met cyanide EPA, cyanide totaal, thiocyanaten en cyanide vrij

De correlaties voor deze combinaties zijn weergegeven in Figuur 31.





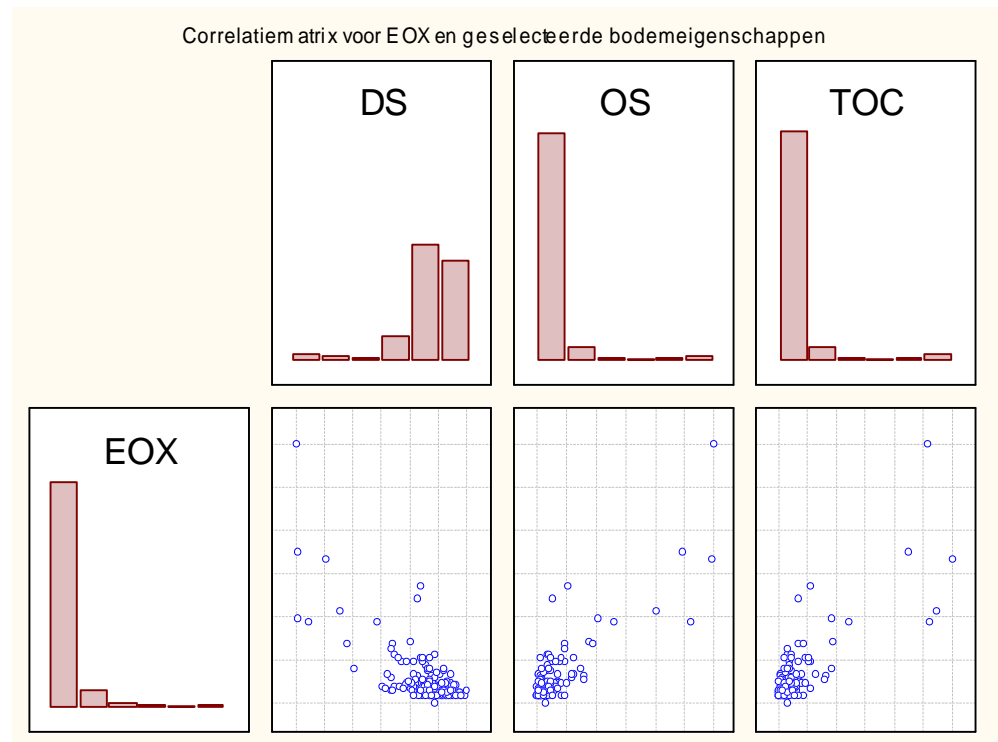
Figuur 31 Correlatiematrix voor de anionen met de bodemeigenschappen voor die combinaties waarvoor een correlatiecoëfficiënt  $> 0,7$  wordt gevonden

Voor de anionen en de macroparameters worden geen correlatiecoëfficiënten groter dan 0,6 gevonden en deze zijn hier dan ook niet weergegeven.

#### 4.13.3.3 EOX, minerale olie, som PAK's, som drins, som DDT/DDD/DDE en som PCB's

Voor de geselecteerde organische stoffen worden geen significante onderlinge correlaties gevonden. Wel is er sprake van een beperkte correlatie van EOX met enkele bodemeigenschappen zoals weergegeven in Figuur 32. Opvallend daarbij is de negatieve correlatie met het droge stof gehalte (bij een toenemend droge stof gehalte neemt het EOX gehalte af).

Er is ook geen sprake van significante correlaties van de geselecteerde organische stoffen met de macroparameters.



Figuur 32 Correlatiematrix voor EOX met geselecteerde bodemeigenschappen

#### 4.14 Relatie tussen de gehalten in de bovengrond en de ondergrond

Van belang voor het vaststellen van de achtergrondgehalten is de vraag hoe de gehalten in de bovengrond zich verhouden tot de gehalten in de ondergrond. Het maken van deze vergelijking is beperkt tot de stoffen waarvoor relatief veel gehalten boven de 'kleiner dan' waarde zijn gemeten en waarvoor een normwaarde is gedefinieerd, te weten:

- De metalen
- De anionen
- EOX
- Minerale olie
- Som PAK's
- Som drins
- Som DDT/DDD/DDE
- Som PCB's

Voorafgaand aan het maken van een vergelijking dient te worden nagegaan of deze vergelijking moet worden gebaseerd op de voor lutum en organisch stof gecorrigeerde gegevens of juist niet.

Een vergelijking op basis van de gecorrigeerde waarden ligt op het eerste gezicht voor de hand omdat dan wordt gecorrigeerd voor het maken van een vergelijking tussen twee bodemtypes, bijvoorbeeld als de bovengrond klei en de ondergrond zand is. Dan wordt echter wel verondersteld dat de lutum en organisch stof correctie volledig juist is. Dit laatste is op monsterniveau niet het geval omdat de lutum en organisch stof correctie is afgeleid als beste schatter voor de relatie tussen een stof en het lutum en organisch stof gehalte. Voor een individuele waarneming kan de werkelijk uit te voeren correctie hier dus van afwijken. Juist voor een studie naar achtergrondgehalten is dit relevant. Gelijk-

tijdig vergt een goede vergelijking tussen het al of niet corrigeren een grotere hoeveelheid werk dan in deze fase is voorzien. Om die reden is de vergelijking alleen op hoofdlijnen gemaakt op basis van zowel de gecorrigeerde gegevens als de ongecorrigeerde gegevens. Nader onderzoek van de gegevens op dit punt is wetenschappelijk interessant en van belang voor de later te voeren discussie over de wijze van toetsing aan de streefwaarde en de vraag op welke gehalten (bovengrond, ondergrond of gewogen gemiddelde van bovengrond en ondergrond) die toetsing moet worden gebaseerd.

#### *Na correctie voor lutum en organisch stof*

Wanneer van de genoemde stoffen de statistische kentallen (minimum, P<sub>25</sub>, gemiddelde, P<sub>50</sub>, P<sub>75</sub>, P<sub>80</sub>, P<sub>90</sub>, maximum) van bovengrond en ondergrond gezamenlijk met elkaar worden vergeleken kan worden geconstateerd dat de gehalten in de bovengrond hoger zijn dan in de ondergrond. Uitzondering hierop wordt gevormd door het minimum maar dat kan worden gezien als een artefact omdat voor vrijwel alle stoffen het minimum voor bovengrond en ondergrond aan elkaar gelijk zijn.

Wordt een onderscheid gemaakt naar de verschillende stofgroepen (metalen, anionen, cyaniden, organische stoffen) dan kan worden vastgesteld dat de grootste verschillen optreden voor de groep cyaniden gevolgd door de metalen. Daarnaast blijkt dat de anionen als groep een afwijkend gedrag vertonen: voor deze stoffen zijn de gehalten in de ondergrond in beperkte mate hoger dan de gehalten in de bovengrond.

Voor een aantal stoffen bestaat er een zekere mate van correlatie tussen de gehalten in de bovengrond en de ondergrond. Voor andere stoffen lijkt een dergelijke relatie juist niet te bestaan. Een redelijke mate van correlatie wordt gevonden voor arseen, barium, beryllium, kobalt, chroom, nikkel, tellurium, thallium, zink en fluoride. Dit kan er op wijzen dat deze stoffen met name van natuurlijke oorsprong in de bodem aanwezig zijn.

#### *Zonder correctie voor lutum en organisch stof*

Dezelfde vergelijking op basis van de statistische kentallen (minimum, P<sub>25</sub>, gemiddelde, P<sub>50</sub>, P<sub>75</sub>, P<sub>80</sub>, P<sub>90</sub>, maximum) van bovengrond en ondergrond voor de niet voor lutum en organisch stof gecorrigeerde gegevens levert eenzelfde beeld op. Ook nu kan worden geconstateerd dat de gehalten in de bovengrond hoger zijn dan in de ondergrond; ook voor het minimum.

Wordt een onderscheid gemaakt naar de verschillende stofgroepen (metalen, anionen, cyaniden, organische stoffen) dan kan worden vastgesteld dat de grootste verschillen optreden voor de groep cyaniden gevolgd door de organische stoffen. Daarnaast blijkt ook nu dat de anionen als groep een afwijkend gedrag vertonen: voor deze stoffen zijn de gehalten in de ondergrond in beperkte mate hoger dan de gehalten in de bovengrond.

Voor een aantal stoffen bestaat er een zekere mate van correlatie tussen de gehalten in de bovengrond en de ondergrond. Voor andere stoffen lijkt een dergelijke relatie juist niet te bestaan. Een redelijke mate van correlatie wordt gevonden voor arseen, barium, beryllium, kobalt, chroom, nikkel, tellurium, vanadium, zink en fluoride. Afwijkingen met de voor lutum en organisch stof gecorrigeerde gehalten treden op het oog dus op voor thallium en vanadium.



## 5 Statistische analyse en interpretatie van de gegevens uit fase 1

### 5.1 Onderzoek van het gegevensbestand op waarnemingen die niet tot de achtergrondgehalten mogen worden gerekend

Er zijn een aantal redenen denkbaar waarom een meetwaarde (gehalte voor een specifieke stof) niet zou moeten worden meegenomen in het gegevensbestand, namelijk:

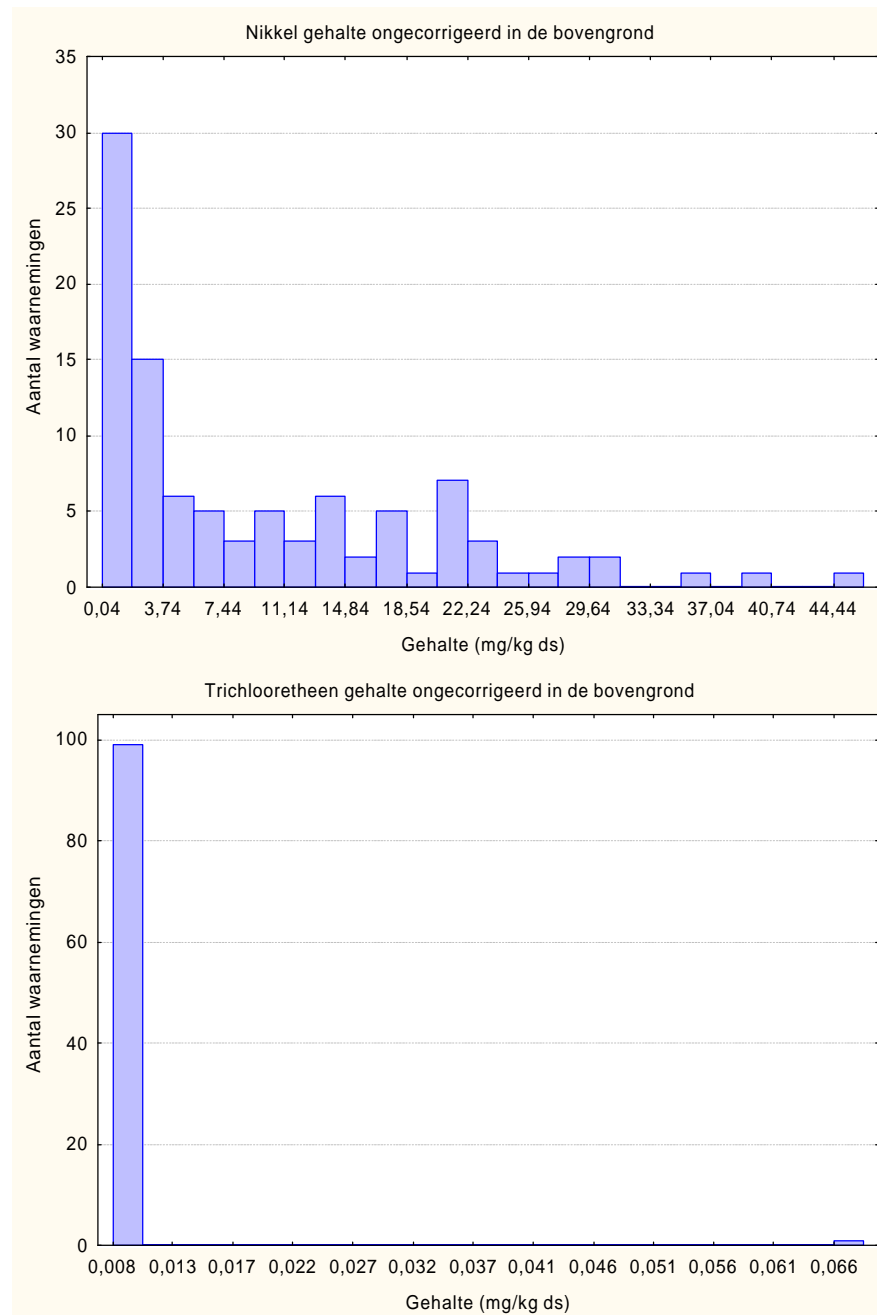
- Er is evident sprake van een verontreinigde locatie (hoog gehalte voor één of meer stoffen dat kan worden verklaard op basis van bijvoorbeeld de veldwaarnemingen);
- Er is evident sprake van een ruimtelijke clustering van verhoogde gehalten, waarbij twee situaties kunnen optreden:
  - Een specifieke stof komt in relatief hoge gehalten voor in meerdere meetpunten die tot eenzelfde stratum behoren of die ruimtelijk zijn geclusterd;
  - Voor een specifiek meetpunt geldt dat meerdere stoffen zijn verhoogd.

In het uitgevoerde onderzoek is op basis van een aantal verschillende aspecten onderzocht of mag worden aangenomen of een monsternemingslocatie tot het gegevensbestand kan worden gerekend. Primair heeft dit plaatsgevonden bij de selectie van de monsternemingslocaties zoals beschreven in paragraaf 1.3.1. Echter ook na uitvoering van de veldwerkzaamheden zijn nog controles uitgevoerd door het bestuderen van de pedogenetische boorbeschrijvingen, de veldwaarnemingen van Grontmij en de foto's die tijdens de monsterneming zijn gemaakt.

In aanvulling op deze controles is op basis van de verkregen meetresultaten nogmaals een controle uitgevoerd of er voor de groepen van onderzochte stoffen mogelijk sprake is van (clusters van) hoge meetwaarden.

In een eerste stap zijn voor alle stoffen, op basis van de niet voor lutum en organisch stof gecorrigeerde waarden, histogrammen gemaakt. Deze geven een eerste indruk van de spreiding in de meetwaarden. Ruwweg komen twee varianten voor zoals ook weergegeven in Figuur 33:

- Er is sprake van een (min of meer) scheve verdeling
- Vrijwel alle meetwaarden liggen beneden de aantoonbaarheidsgrens, met een (beperkt) aantal 'werkelijke' meetwaarden.



Figuur 33 Voorbeelden voor de statistische verdeling van de waarnemingen van een stof in het gegevensbestand; scheve verdeling (boven) en verdeling met vrijwel alle waarnemingen onder de aantoonbaarheidsgrens (onder)

In het geval van een scheve verdeling zijn, potentiële uitzonderingen met een incidenteel sterk verhoogde waarneming daargelaten, 'extreme waarden' vaak niet eenduidig aanwijsbaar; de hoogste waarden passen dan nog binnen de scheve verdeling. Pas wanneer er een behoorlijke 'afstand' ontstaat tussen de hoogste waarde(n) en de rest van de verdeling kan er mogelijk sprake zijn van een uitbijter. Naarmate de verdeling zelf schever is, zijn werkelijke uitbijters moeilijker te identificeren.

Indien slechts een zeer beperkt aantal waarnemingen boven de detectiegrens ligt, kunnen de werkelijke meetwaarden potentieel als 'extreme waarden' worden beschouwd. Gelijktijdig moet echter rekening worden gehouden met het feit dat er geen verdeling

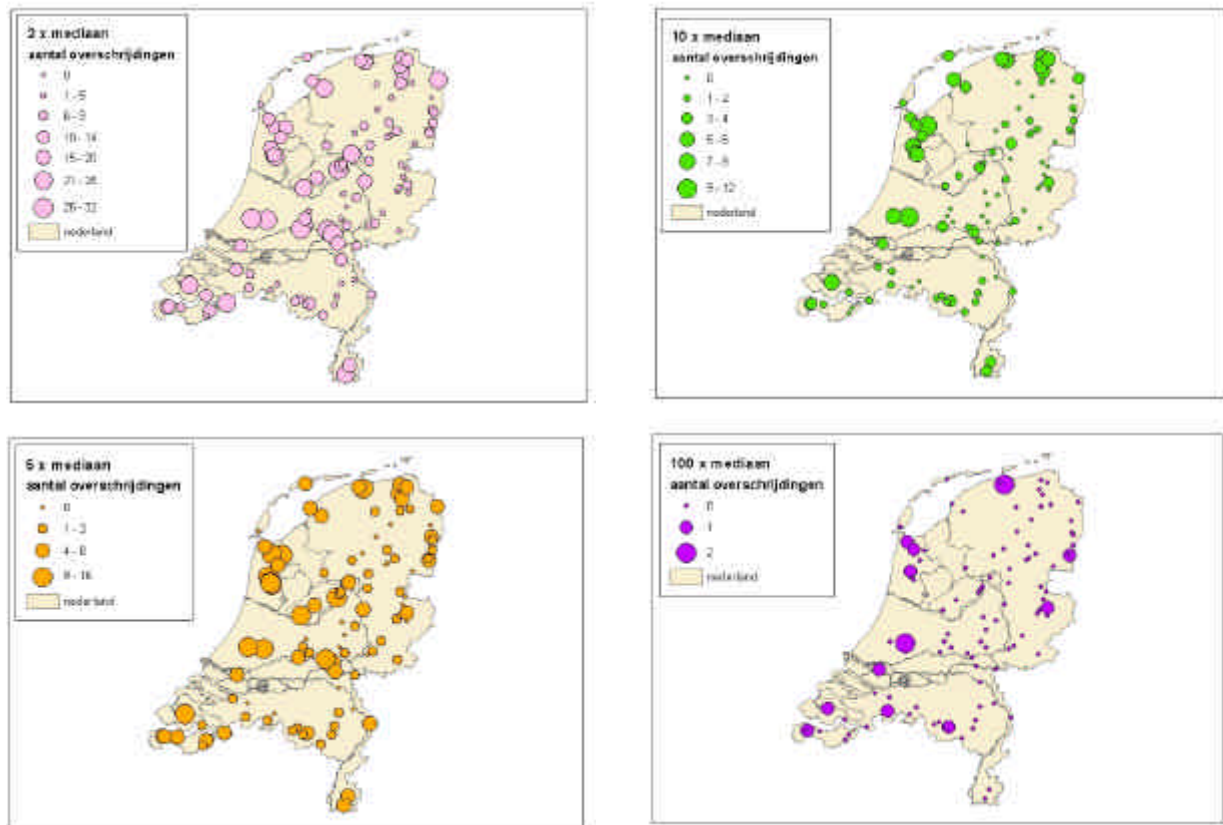
van de waarnemingen bekend is, zodat lastig valt vast te stellen of de reële waarnemingen daadwerkelijk uitbijters zijn. Hierbij is het interessant om per stofgroep te kijken of deze extreme waarden steeds in dezelfde meetpunten worden aangetroffen.

Omdat op basis van de histogrammen op het oog geen 'zeer extreme waarden' in het gegevensbestand worden aangetroffen, is verder de tweede benadering gevolgd. Daarbij is op basis van een aantal stofgroepen (metalen, anorganische stoffen en organische stoffen) gekeken naar de ligging van de extreme waarden. Per stofgroep is daarbij het volgende in beeld gebracht:

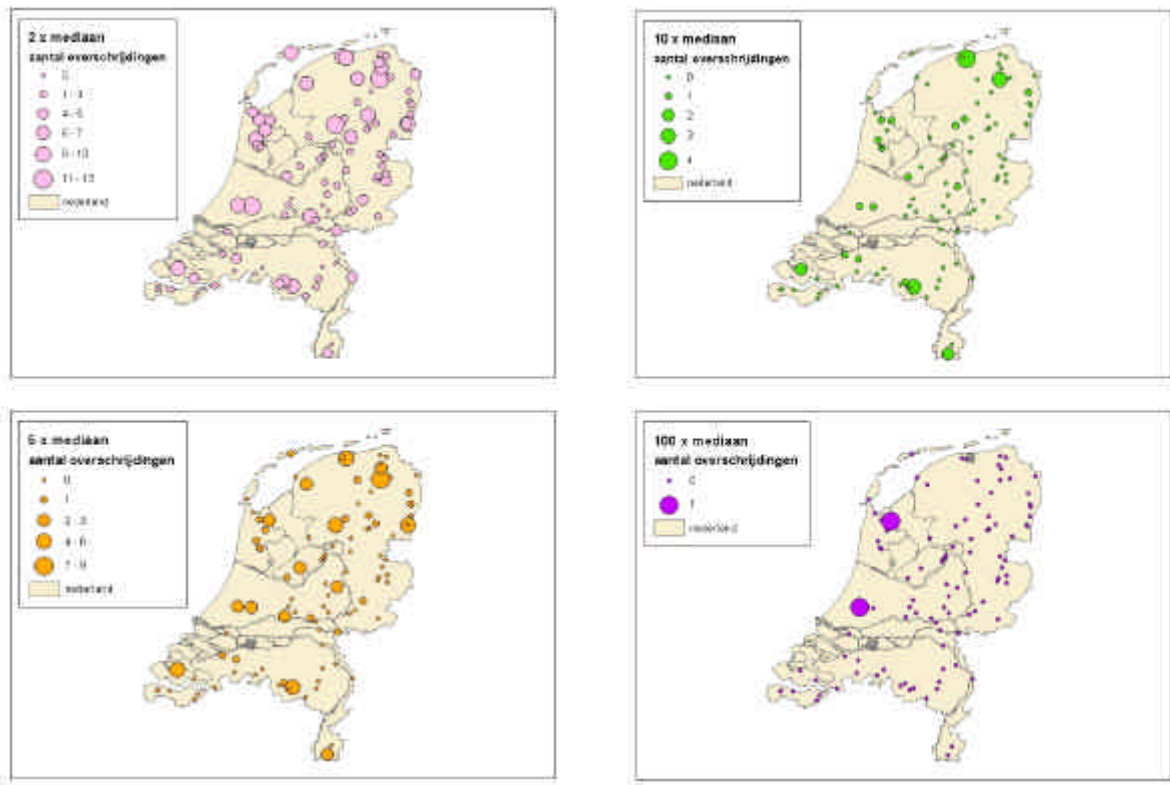
- Metalen: aantal waarnemingen dat x-maal de mediaanwaarde overschrijdt, met x is gelijk aan 2, 5, 10 en 100;
- Anorganische stoffen: aantal waarnemingen dat x-maal de mediaanwaarde overschrijdt, met x is gelijk aan 2, 5, 10 en 100;
- Organische stoffen: aantal waarnemingen dat x-maal de mediaanwaarde overschrijdt, met x is gelijk aan 1, 5, 10 en 100.

Voor de organische stoffen is de eerste selectie dus geweest op basis van het aantal overschrijdingen van de mediaanwaarde zelf om een 'gevoeliger' beeld van de relatief hoge waarden te verkrijgen. Voor het maken van de figuren is uitgegaan van de voor lutum en organisch stof gecorrigeerde waarnemingen.

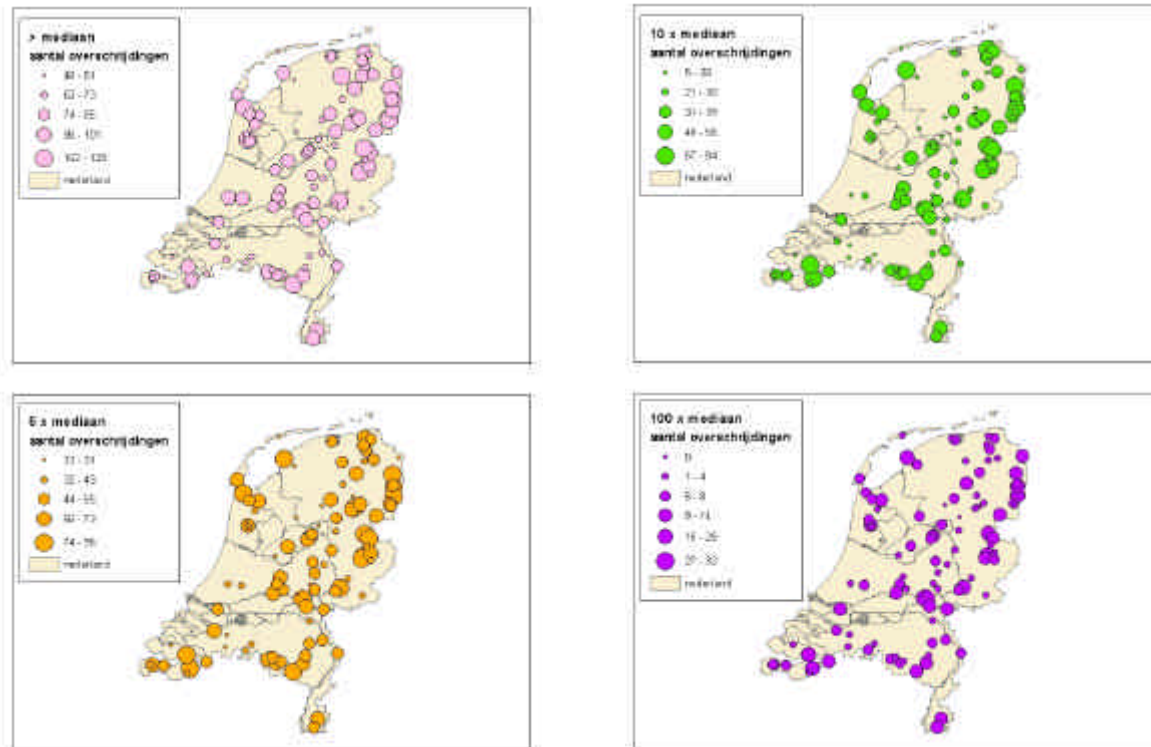
De resulterende beelden zoals weergegeven in Figuur 34 tot en met Figuur 36 geven daarmee inzicht in de monsternemingspunten waar per stofgroep relatief veel hoge waarden worden aangetroffen.



Figuur 34 Aantal waarnemingen per monsternemingspunt waar voor de metalen de mediaan met respectievelijk een factor 2, 5, 10 en 100 wordt overschreden



Figuur 35 Aantal waarnemingen per monsternemingspunt waar voor de anorganische stoffen de mediaan met respectievelijk een factor 2, 5, 10 en 100 wordt overschreden



Figuur 36 Aantal waarnemingen per monsternemingspunt waar voor de organische stoffen de mediaan met respectievelijk een factor 1, 5, 10 en 100 wordt overschreden



Voor de metalen (Figuur 34) lijken bij een 'milde' toets (2 maal de mediaan) de meetpunten met weinig en veel overschrijdingen nog redelijk aselekt verdeeld. Bij het 'strenger' worden van de toets (5 en 10 maal de mediaan) ontstaat een ruimtelijk beeld waarbij de meetpunten met veel overschrijdingen vooral in de kleigebieden lijken te liggen (west en noord Nederland). Dit is opvallend omdat de voor lutum en organische stof gecorrigeerde gegevens zijn gebruikt.

De overschrijdingen bij een toets van 100 maal de mediaan wordt volledig bepaald door molybdeen. Dit wordt veroorzaakt doordat molybdeen één van de weinige metalen is waarvoor overwegend kleiner dan waarden zijn bepaald. De mediaanwaarde wordt dus hierdoor bepaald. De gemeten gehalten boven de 'kleiner dan' waarde overschrijden deze 'kleiner dan' waarde vaak fors. Overigens liggen de gemeten gehalten molybdeen allemaal nog beneden de huidige streefwaarde. Van echte extreme waarden is daarom geen sprake. Er is dus ook geen aanleiding om voor de metalen uitsluiting van meetpunten te overwegen.

Voor de anorganische stoffen (Figuur 35) is zowel bij een 'milde' (2 maal de mediaan) als bij een strengere toetsing geen duidelijk ruimtelijk patroon zichtbaar.

De extreme waarden (100 maal de mediaan) komt twee keer voor en wordt in beide gevallen veroorzaakt door sulfaat (5.000 en 14.000 mg/kg ten opzichte van een mediaan van 48 mg/kg). Voor beide locaties blijkt het landgebruik overeen te komen, namelijk (gerooid) uienland. Door Alterra wordt aangegeven dat in uien een relatief hoog zwavelgehalte kan voorkomen. Omdat dit bovendien de enige twee uienpercelen in het gegevensbestand zijn, ligt het voor de hand om de koppeling tussen het hoge sulfaatgehalte en het bodemgebruik te leggen. Geheel eenduidig is dit echter niet omdat de hoge gehalten worden aangetroffen in de ondergrond (0,5 – 1,0 m-mv) en dus een directe belasting, bijvoorbeeld in de vorm van restanten ui, niet direct aannemelijk is.

Bij het weergeven van de waarnemingen voor sulfaat (zie Bijlage Rapport 1 AW2000) zijn beide locaties wel meegenomen, maar het is discutabel of deze twee gehalten in de ondergrond tot de achtergrondgehalten kunnen worden gerekend. Het verdient aanbeveling om nader vast te stellen waardoor deze sulfaatgehalten worden veroorzaakt.

Voor de organische stoffen (Figuur 36) zijn zowel bij een 'milde' (1 maal de mediaan) als bij een strengere toetsing de meetpunten met veel overschrijdingen redelijk aselekt verdeeld.

De clustering van extreme waarden (100 maal de mediaan) voor de organische verbindingen lijkt eveneens redelijk aselekt verdeeld voor te komen. Kijkend naar de stofgroepen die hieraan bijdragen dan zijn dit met name de ftalaten (weekmakers) en bestrijdingsmiddelen (DDT/DDE/DDD). De ftalaten komen sowieso in verhoogde gehalten voor: bij de som aan ftalaten overschrijden alle analysesresultaten de huidige streefwaarde van 0,1 mg/kg d.s. Zelfs de interventiewaarde van 60 mg/kg d.s. wordt eenmalig overschreden. Deze overschrijdingen moeten echter in het licht worden gezien van de analytische problemen die met ftalaten optreden door (indirect) contact van de monsters en extracten met plastics.

Voor de som aan DDT/DDE/DDD geldt dat in 30% van de waarnemingen de streefwaarde van 0,01 mg/kg d.s. wordt overschreden. De interventiewaarde wordt eenmalig overschreden. Dit is in lijn met de constatering op basis van het onderzoek aan de bietentarra [8] zowel als met de resultaten van het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) [19], waarbij eveneens een wezenlijk percentage overschrijdingen van de streefwaarde is aangetroffen.

Op basis van de analytische problemen met ftalaten en de globale overeenstemming met eerdere gegevens over DDT/DDE/DDD is daarom geconcludeerd dat er geen reden is

om specifieke waarnemingen uit te sluiten. Voor de ftalaten moet echter wel de vraag worden gesteld in hoeverre het stellen van een streefwaarde nuttig is indien deze feitelijk niet meetbaar is.

Tabel 21 geeft voor de individuele stoffen het percentage overschrijdingen weer van de '100 maal de mediaan'. Uit dit overzicht blijkt dat de hoogste overschrijdingspercentages voorkomen bij de groep van gechloreerde koolwaterstoffen (OCDD), bestrijdingsmiddelen (4,4 DDT; 4,4 DDE; DDT/DDE/DDD; Trifenylytin) en overige stoffen (bis(2-ethylhexylftalaat) en ftalaten (som)).

Tabel 21 Overschrijdingspercentages voor 100 maal de mediaanwaarde voor de organische stoffen

Stofnaam	Percentage overschrijdingen van de 100 maal de mediaanwaarde
<b>Polycyclische aromatische koolwaterstoffen</b>	
naftaleen	1,0%
fenantreen	5,0%
antraceen	1,0%
fluorantheen	1,5%
benzo(a)antraceen	4,5%
chryseen	3,5%
benzo(k)fluorantheen	0,5%
beno(a)pyreen	3,5%
benzo(ghi)peryleen	3,5%
indene(123cd)pyreen	5,0%
som PAK's	5,5%
<b>Gechloreerde koolwaterstoffen</b>	
tetrachlooretheen	2,5%
pentachloorbenzeen	1,5%
hexachloorbenzeen	8,5%
tri-, tetra-, penta- en hexachloorbenzeen	0,5%
PCB 118	0,5%
PCB 28	0,5%
PCB 52	1,5%
Som PCB's	1,0%
1234678HpCDD	2,0%
OCDD	26,5%
123478HxCDF	0,5%
1234678HpCDF	3,0%
OCDF	2,0%
<b>Bestrijdingsmiddelen</b>	
α-HCH	0,5%
γ-HCH	2,5%
β-HCH	2,0%
Som HCH's	2,5%
trans-heptachlepoxyde	1,5%
α-endosulfan	1,0%
transchloordaan	2,0%
dieldrin	7,0%
aldrin	0,5%

Stofnaam	Percentage overschrijdingen van de 100 maal de mediaanwaarde
endrin	3,0%
som drins	2,5%
2,4 DDD	5,5%
2,4 DDT	9,5%
4,4 DDD	5,0%
4,4 DDT	25,5%
4,4 DDE	14,5%
2,4-DDE	3,5%
DDT/DDE/DDD	18,5%
tributyltin	2,0%
trifenylnin	18,0%
Overige stoffen	
di-iso-butylftalaat	7,0%
dibutylftalaat	0,5%
bis(2-ethylhexylftalaat)	80,5%
som ftalaten	41,0%

Niet tegenstaande de verschillende uitgevoerde controles kan worden geconstateerd dat hiermee nog geen diepgaande analyse op het mogelijk voorkomen van uitbijters is uitgevoerd.

Wanneer op basis van het gegenereerde gegevensbestand bijvoorbeeld een toetsingsmethodiek voor het toetsen aan de streefwaarde zou worden afgeleid, is het noodzakelijk de gegevens verder te analyseren op eventuele uitbijters. In een dergelijk onderzoek moet per individuele stof worden gekeken naar de locatie van de waargenomen hoogste waarden, de ruimtelijke context tussen die locaties en een eventuele verklaring van de relatief hoge waarnemingen op basis van de gebruiksgeschiedenis, samenhang met andere stoffen en macroparameters.

## 5.2 Statistische verwerking resultaten chemische analyses

In deze paragraaf is aangegeven hoe, rekening houdend met de steekproefopzet, de statistische kentallen voor de verdeling van de achtergrondgehalten van de stoffen zijn berekend.

### 5.2.1 Gemiddelde

Een zuivere schatter van het gemiddelde voor een gestratificeerde enkelvoudig aselechte steekproef is [13]:

$$\hat{y} = \sum_{h=1}^L w_h \hat{y}_h = \sum_{h=1}^L w_h \frac{1}{n_h} \sum_{k=1}^{n_h} y_{hk} \quad (1)$$

Waarin:

$w_h$  het relatieve oppervlak van stratum  $h$  is, dat wil zeggen het oppervlak van stratum  $h$  gedeeld door het oppervlak van het hele doelgebied,

$n_h$  het aantal monsternemingslocaties in stratum  $h$  is.

Meetwaarden beneden de aantoonbaarheidsgrens (de 'kleiner dan' waarden) zijn hierbij vervangen door 0.7 maal de aantoonbaarheidsgrens.

De variantie van dit geschatte gemiddelde is geschat met:

$$\hat{V}(\hat{y}) = \sum_{h=1}^L w_h^2 \hat{V}(\hat{y}_h) = \sum_{h=1}^L w_h^2 \frac{\hat{S}_h^2}{n_h} \quad (2)$$

Waarin

$\hat{S}_h^2$  de geschatte (ruimtelijke) variantie is van  $y$  in stratum  $h$ .

Zijn voor een stof één of meer ‘kleiner dan’ waarden gemeten, dan is de variantie van het gemiddelde niet geschat. ‘Kleiner dan’ waarden worden immers door een constante waarde vervangen, waardoor een vertekend beeld ontstaat van de variantie.

Het 95%-betrouwbaarheidsinterval van het gemiddelde is geschat met:

$$\hat{y} \pm 1,96 \sqrt{\hat{V}(\hat{y})} \quad (3)$$

### 5.2.2 *Cumulatieve frequentieverdeling en percentielwaarden*

De cumulatieve frequentieverdeling  $F(y)$  is geschat met [14, pagina 197 en verder]:

$$\hat{F}(y) = \sum_{h=1}^L w_h \hat{F}_h(y) = \sum_{h=1}^L w_h \frac{1}{n_h} \sum_{k=1}^{n_h} i_{hk,y} \quad (4)$$

Waarin

$i_{hk,y}$  een indicator-variabele is:

$$i_{hk,y} = \begin{cases} 1 & \text{als } y_{hk} \leq y \\ 0 & \text{als } y_{hk} > y \end{cases} \quad (5)$$

Merk op dat de geschatte cumulatieve frequentieverdeling stapsgewijs verloopt, met sprongen op de plaatsen van de meetwaarden in de steekproef. Voor stoffen met één of meer bepalingen beneden de aantoonbaarheidsgrens, is deze grenswaarde als kleinste waarde voor  $y_{hk}$  genomen. Het verloop van de frequentieverdeling beneden de aantoonbaarheidsgrens is dus niet geschat.

Voor de op basis van het organisch stof en lutum gehalte gecorrigeerde gehalten zijn ook de ‘kleiner dan’ waarden gecorrigeerd, waardoor meerdere grenswaarden kunnen ontstaan. In dit geval is als kleinste waarde voor  $y_{hk}$  de grootste grenswaarde gekozen.

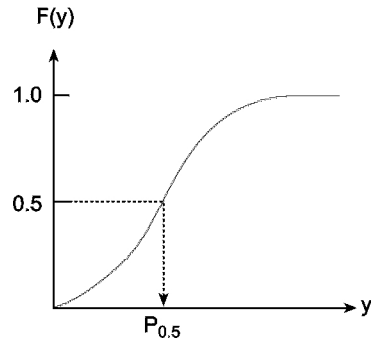
Wanneer de cumulatieve frequentieverdeling is geschat, kan de mediaan worden geschat met:

$$\hat{P}_{0,5} = \hat{F}^{-1}(0,5) \quad (6)$$

Waarin:

$\hat{F}^{-1}$  de inverse functie is van  $\hat{F}(y)$ .

Zie Figuur 37 voor een grafische weergave van deze procedure. Merk op dat wanneer de geschatte cumulatieve frequentie bij de laagste meetwaarde (aantoonbaarheidsgrens) groter is dan 0,50, de mediaan onbekend is (missing value). De 80-percentiel, 90-percentiel en 95-percentiel is op dezelfde wijze geschat door 0,5 in bovenstaande vergelijking te vervangen door 0,8, 0,9 en 0,95.



Figuur 37 Schatting van de mediaan op basis van de cumulatieve frequentieverdeling

Een betrouwbaarheidsinterval voor de mediaan is verkregen door gebruik te maken van de relatie:

$$\Pr\{c_1 \leq \hat{F}(P_{0,5}) \leq c_2\} \cong \Pr\{\hat{F}^{-1}(c_1) \leq P_{0,5} \leq \hat{F}^{-1}(c_2)\} \quad (7)$$

Deze relatie is door het trapsgewijze verloop van de cumulatieve frequentieverdeling niet exact, maar een benadering. Bij een continu verloop zou deze relatie exact zijn. Uit bovenstaande volgt dat, wanneer de waarden van  $c_1$  en  $c_2$  zijn bepaald zodat geldt

$$\Pr\{c_1 \leq \hat{F}(P_{0,5}) \leq c_2\} = 0,95 \quad (8)$$

het interval  $[\hat{F}^{-1}(c_1), \hat{F}^{-1}(c_2)]$  dan bij benadering een 95%-betrouwbaarheidsinterval is voor de mediaan.

Wanneer wordt aangenomen dat  $\hat{F}(P_{0,5})$  normaal is verdeeld rond de verwachtingswaarde (bij benadering 0,5) en de variantie van deze geschatte cumulatieve frequentie bekend zou zijn, dan kunnen  $c_1$  en  $c_2$  worden berekend met:

$$\begin{aligned} c_1 &= 0,5 - 1,96\sqrt{V[\hat{F}(P_{0,5})]} \\ c_2 &= 0,5 + 1,96\sqrt{V[\hat{F}(P_{0,5})]}. \end{aligned} \quad (9)$$

Probleem is echter dat de variantie van de geschatte frequentie niet bekend is, en gelijktijdig het schatten van de variantie wordt bemoeilijkt doordat de mediaan ook niet bekend is. Dit probleem kan worden omzeild door voor de mediaan de geschatte mediaan te nemen:

$$\hat{V}[\hat{F}(P_{0,5})] = \sum_{h=1}^L w_h^2 \frac{\hat{F}_h(\hat{P}_{0,5})\{1 - \hat{F}_h(\hat{P}_{0,5})\}}{n_h} \quad (10)$$

Het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor de 80-percentiel, 90-percentiel en 95-percentiel is op dezelfde wijze geschat.

### 5.3 Effect van stratificatie op de nauwkeurigheid

In de opzet van AW2000 is getracht om de efficiëntie van de steekproef te vergroten door het doelgebied te stratificeren. Gekeken is of dit inderdaad het geval is door de nauwkeurigheid van de uitgevoerde steekproef te vergelijken met die van een volledig aselechte steekproef (dus zonder stratificatie). Als voorbeeld is gekeken naar de nauwkeurigheid (variantie) van de geschatte cumulatieve frequentie voor de mediaan.

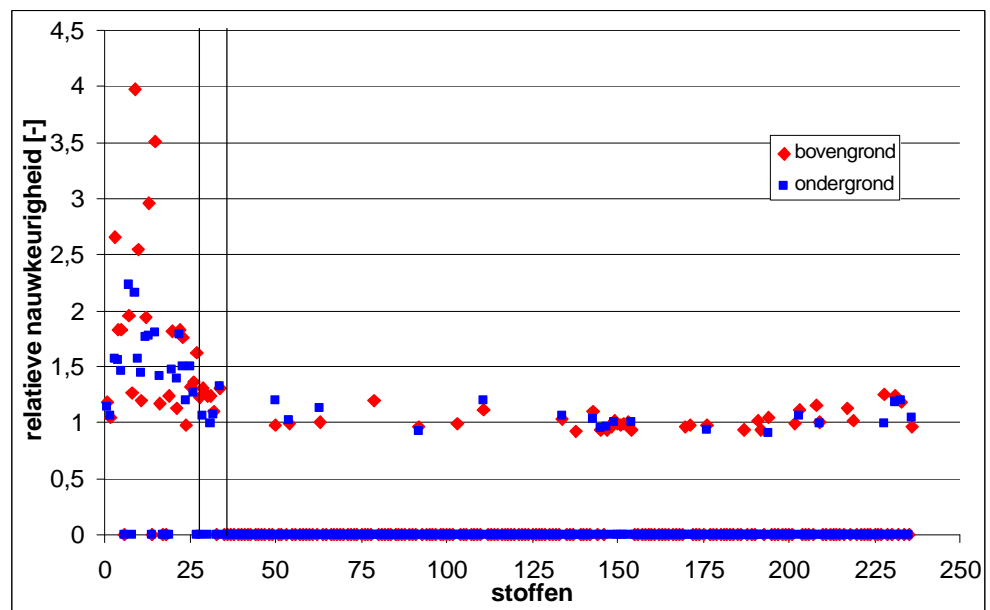
De werkelijke mediaanwaarde is onbekend, hiervoor is de geschatte mediaanwaarde genomen. De geschatte cumulatieve frequentie voor de geschatte mediaan is bij benade-

ring gelijk aan 0,50 (50%). De variantie van deze geschatte frequentie voor een volledig aselechte steekproef is geschat met de methode zoals beschreven door Brus [15]. De relatieve nauwkeurigheid is weergegeven als de variantie van de geschatte cumulatieve frequentie bij een volledig aselechte steekproef (SI) van 100 locaties gedeeld door de variantie bij de uitgevoerde gestratificeerde steekproef (STSI):

$$\text{relatieve nauwkeurigheid} = \frac{\hat{V}_{SI}(\hat{F}(\hat{P}_{0.5}))}{\hat{V}_{STSI}(\hat{F}(\hat{P}_{0.5}))} \quad (11)$$

De zo berekende relatieve nauwkeurigheid is groter dan 1 indien de uitgevoerde gestratificeerde steekproef nauwkeuriger is dan een volledig aselechte steekproef. In dat geval kan dus worden geconcludeerd dat de toegepaste stratificatie heeft geleid tot een verhoging van de nauwkeurigheid.

Het resultaat van de berekening is weergegeven in Figuur 38.



Figuur 38 Relatieve nauwkeurigheid voor de schatting van de  $P_{50}$  voor de bovengrond en de ondergrond

In Figuur 38 zijn in de grafiek twee verticale lijnen weergegeven om het onderscheid te maken tussen de metalen (tussen y-as en links van de eerste lijn), de anionen (tussen de beide verticale lijnen) en de organische stoffen (rechts van de tweede verticale lijn). Op de x-as staan de gemeten stoffen weergegeven (genummerd opgenomen).

Uit Figuur 38 kunnen een aantal zaken worden afgelezen. Voor de overgrote meerderheid van de stoffen is het op basis van de beschikbare gegevens niet mogelijk om de relatieve nauwkeurigheid te berekenen. Dit wordt veroorzaakt doordat een groot aantal van de waarnemingen 'kleiner dan' waarden betreffen. Deze stoffen zijn op de x-as (relatieve nauwkeurigheid op nul gesteld) weergegeven.

Voor de metalen is de winst in de nauwkeurigheid het grootst: er worden voor de meeste metalen waarden gevonden die aanzienlijk groter zijn dan 1. Tevens is het opvallend dat voor de bovengrond de toename in de nauwkeurigheid ten gevolge van de steekproef groter is dan voor de ondergrond. De verklaring hiervoor is dat de stratificatie van de steekproef heeft plaatsgevonden op de bodemtypen van de bovengrond. Voor de bovengrond klopt de stratificatie dus beter dan voor de ondergrond, resulterend

in een lagere variantie voor de bovengrond en dus een toename van de relatieve nauwkeurigheid.

Ook voor de anionen is er nog enige winst in de nauwkeurigheid waar te nemen. Dit geldt in zijn algemeenheid ook voor de organische stoffen, maar in tegenstelling tot de metalen en de anionen wordt voor een deel van de organische stoffen ook een verlies aan nauwkeurigheid geconstateerd.

Op basis van Figuur 38 wordt daarom geconcludeerd dat het uitvoeren van de gestratificeerd aselechte kanssteekproef in het kader van AW2000 zin heeft gehad: de schattingen van de achtergrondgehalten zijn over het algemeen nauwkeuriger dan mogelijk was geweest op basis van een volledig aselechte kanssteekproef.

#### 5.4 Verschil in berekening van overschrijdingspercentages van de normwaarden

In dit rapport en het Bijlage 1 rapport AW2000 zijn de overschrijdingspercentages van de normwaarden weergegeven (streefwaarde, tussenwaarde, interventiewaarde, SW1 en SW2).

Deze overschrijdingspercentages zijn bepaald op basis van numerieke verhoudingen (2 overschrijdingen van de streefwaarde op 100 waarnemingen geeft dus een overschrijdingspercentage van 2%). In feite wordt hiermee de steekproef als een volledig aselechte steekproef beschouwd. Het overschrijdingspercentage is ook berekend op basis van de uitgevoerde gestratificeerd aselechte steekproef. Hierbij vertegenwoordigt het overschrijdingspercentage dus het oppervlaktepercentage waarvoor de betreffende normwaarde wordt overschreden.

Voor de gehalten in de bovengrond is een vergelijking tussen beide bepalingmethoden gemaakt. Hierbij is het verschil in overschrijdingspercentage bepaald. In Tabel 22 is het resultaat van de vergelijking weergegeven. Per normwaarde is aangegeven voor hoeveel stoffen de vergelijking tussen beide berekeningsmethoden is uitgevoerd. Tevens is aangegeven voor welk deel van de waarnemingen de afwijking van het overschrijdingspercentage volgens beide berekeningsmethoden kleiner is dan 1 en 5 %. Verder is voor iedere normwaarde de maximale afwijking en de gemiddelde afwijking weergegeven.

Tabel 22 Verschil in overschrijdingspercentage zoals uitgerekend op basis van de aanname dat het een volledig aselechte steekproef betreft en op basis van de gestratificeerd aselechte steekproef

normwaarde	S	SW1	T	I	SW2
aantal stoffen	40	41	58	71	55
afwijking <1%	87,5%	87,8%	100%	100%	100%
afwijking <5%	100%	100%	100%	100%	100%
maximale afwijking	3,3%	3,3%	0,3%	0,2%	0,2%
gemiddelde afwijking	0,4%	0,4%	0,01%	0,003%	0,004%

Uit de vergelijking blijkt dat de verschillen overwegend zeer klein zijn. Van de overschrijdingen van de streefwaarde en SW1 is voor ruim 87% van de stoffen het verschil tussen beide bepalingmethoden kleiner dan 1%. Dit wil dus zeggen dat in 87% van de gevallen het berekende overschrijdingspercentage op basis van de aselechte steekproef minder dan 1% hoger of lager is dan het berekende overschrijdingspercentage rekening houdend met een gestratificeerde steekproef. Voor alle waarnemingen geldt dat het verschil minder is dan 5%.

Van de overschrijdingen van de tussen- en interventiewaarde en de SW2 is het verschil tussen beide bepalingmethoden in alle gevallen kleiner dan 1 %.

De maximale afwijking in het overschrijdingspercentage van de streefwaarde en de SW1 blijkt te worden veroorzaakt door één stof, namelijk cyanide (vrij), namelijk 37% op basis van een niet-gestratificeerde steekproef en 34% bij de toegepaste gestratificeerde steekproef). Blijkbaar komen de overschrijdingen van de streefwaarde en SW1 voor cyanide (vrij) geclusterd voor binnen een beperkte groep van de onderscheiden strata.

Omdat de berekening en gegevensverwerking op basis van de eenvoudige benadering veel minder bewerkelijk is, is op basis van voorgaande vergelijking er voor gekozen om de overschrijdingspercentages weer te geven op basis van de aanname dat er sprake is van een aselechte steekproef.

## 5.5 Verrekening van de gemeten gehalten naar gehalten in de standaard bodem

Om een vergelijking tussen de gevonden gehalten en de normwaarden (met name de streefwaarde en de SW1) mogelijk te maken, dienen de gemeten gehalten te worden omgerekend naar gehalten in de standaard bodem (een bodem met 25% lutum en 10% organisch stof). Deze berekening is ongebruikelijk. In normaal bodemonderzoek wordt immers niet het gemeten gehalte aangepast, maar wordt de voor die bodem geldende normwaarde berekend. De omgekeerde berekening is echter noodzakelijk om alle gemeten gehalten te kunnen vergelijken met dezelfde normwaarde.

De verrekening naar het gehalte in de standaard bodem vindt in de volgende stappen plaats:

1. Omrekening van de 'kleiner dan' waarden (gerapporteerd zijn de aantoonbaarheidsgrenzen) in rekenwaarden (vermenigvuldiging van de 'kleiner dan' waarden met 0,7). Deze stap vindt alleen plaats voor de individuele stoffen. Voor de somparameters zijn door ALcontrol de individuele gehalten – voor zover dit 'kleiner dan' waarden betreffen – vermenigvuldigd met 0,7.
2. Toepassing van de volgende formule op de gemeten gehalten voor de metalen:

$$G_{SB} = \frac{G_{meet}}{\left( S_{SB} \frac{(A + BL + CH)}{(A + 25B + 10C)} 100 \right)} \quad (12)$$

of toepassing van de volgende formule op de gemeten gehalten voor de organische stoffen:

$$G_{SB} = \frac{G_{meet}}{\left( S_{SB} \frac{H}{10} 100 \right)} \quad (13)$$

Waarin:

$G_{SB}$	=	Gehalte in de standaard bodem
$G_{meet}$	=	Gehalte zoals gemeten
$S_{SB}$	=	Streefwaarde in de standaard bodem
A	=	Stofafhankelijke constante A voor de metalen
B	=	Stofafhankelijke constante B voor de metalen
C	=	Stofafhankelijke constante C voor de metalen
L	=	Lutum gehalte in de betreffende bodem



H = Organisch stof gehalte in de betreffende bodem

Voor specifieke stoffen gelden daarbij nog voorwaarden ten aanzien van het minimale gehalte aan organisch stof. Voor som PAK's geldt een minimum van 10% en voor de overige organische stoffen een minimum van 2%.

## 5.6 Weergave van de verdeling van achtergrondgehalten

In Bijlage Rapport 1 AW2000 zijn de datasheets per stof opgenomen. Het doel van deze datasheets is om in één oogopslag een indruk te krijgen van de verdeling van de gehalten van een stof in de bovengrond (0,0 - 0,1 m-mv) en ondergrond (0,5 - 1,0 m-mv) en een indruk te krijgen van de ligging van deze verdeling ten opzichte van de huidige normwaarden (streefwaarde, tussenwaarde, interventiewaarde, SW1 en SW2). Hiervoor wordt per stof en per dieptetraject het volgende weergegeven:

- Een histogram van de voor de steekproef gewogen meetwaarden.
- Een histogram van de voor de steekproef gewogen en voor het lutum en organisch stof gehalte gecorrigeerde meetwaarden – dus de gehalten zoals die zouden voorkomen in de 'standaard bodem'. Deze gehalten kunnen 1:1 worden vergeleken met de normwaarden en indien de normwaarde (SW1 of streefwaarde) ook in de range van de gemeten gehalten valt is deze in het histogram weergegeven.
- Op basis van de voor de steekproef gewogen meetwaarden: een tabel met enkele statistische kentallen (het minimum, de mediaanwaarde, de P80, P90, P95 en het maximum).
- Op basis van de voor de steekproef gewogen en voor het lutum en organisch stof gehalte gecorrigeerde meetwaarden: een tabel met enkele statistische kentallen (het minimum, de mediaanwaarde, de P80, P90, P95 en het maximum).
- Een overzicht van het percentage overschrijdingen van de normwaarden (streefwaarde, tussenwaarde en interventiewaarde of SW1 en SW2; voor zover beschikbaar).
- Een overzicht van het aantal waarnemingen beneden de aantoonbaarheidsgrens en de bepalingsgrens.

Alle gehalten in de datasheets zijn weergegeven in mg/kg ds en daarmee, voor zover berekend voor de standaard bodem, direct vergelijkbaar met de normwaarden. De enige uitzondering hierop wordt gevormd door dioxine. Het gehalte van deze somparameter is, conform hetgeen voor dioxine gebruikelijk is, uitgedrukt in I-TEQ<sup>7</sup>.

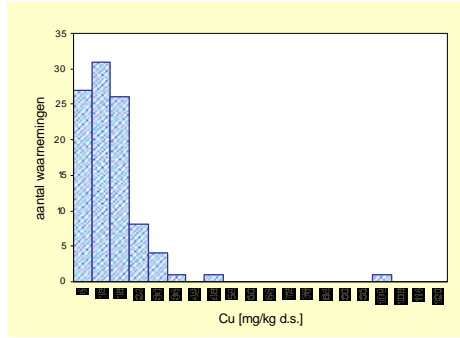
Een voorbeeld van de datasheets is verkleind weergegeven in Figuur 39.

<sup>7</sup> Aanvullend dient te worden opgemerkt dat door ALcontrol conform de betreffende ISO norm twee gehalten voor de som dioxines zijn gerapporteerd, namelijk een ondergrens en een bovengrens. De ondergrens wordt vastgesteld door alle werkelijke meetwaarden op te tellen. De bovengrens wordt vastgesteld door alle meetwaarden op te tellen, dus inclusief de 'kleiner dan' waarden. In dit laatste geval worden, in tegenstelling van hetgeen voor alle overige somparameters is gedaan, de 'kleiner dan' waarden voorafgaand aan de sommatie niet met 0,7 vermenigvuldigd. In dit rapport is uitgegaan van de door ALcontrol gerapporteerde bovengrens voor het gehalte van som dioxines.

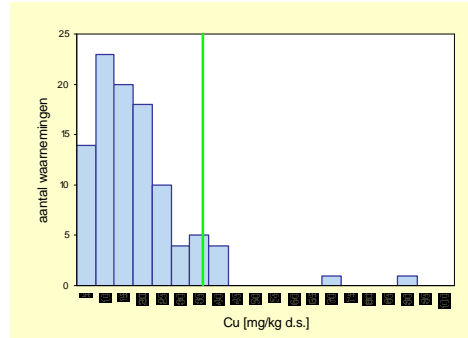
# Koper (Cu)

## Bovengrond (0,0 – 0,1 m-mv)

Gemeten



Gecorrigeerd naar standaard bodem



Bovengrond	Aantal	minimum	mediaan	P80	P90	P95	maximum
Einheid		mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds
Gemeten	100	<a.g.	10,23	15,53	20,03	25,36	98,63
Ondergrens 90% B.I.	100		8,55	14,12	17,79	20,03	
Bovengrens 90% B.I.	100		12,11	18,99	25,36	98,63	
Standaard bodem	100	<a.g.	13,15	22,05	30,17	36,18	86,22
Ondergrens 90% B.I.	100		11,08	18,24	23,70	30,17	
Bovengrens 90%B.I.	100		15,45	27,17	36,18	86,22	

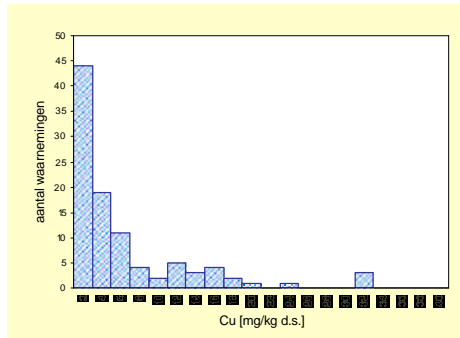
	gemiddelde
	mg/kg ds
Gemeten	11,56
St.dev.	-
Standaard bodem	15,47
St.dev.	-

aant. grens	bep. grens	n <a.g.	n <b.g.
0,1	0,5	3	5

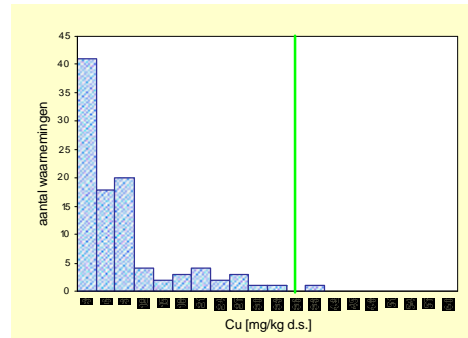
Bovengrond	streef-waarde	SW1	tussen-waarde	interventie-waarde	SW2
Normwaarde (st. bodem)	36	36	113	190	190
Overschrijdingspercentage	5%	5%	0%	0%	0%

## Ondergrond (0,5 – 1,0 m-mv)

Gemeten



Gecorrigeerd naar standaard bodem



Ondergrond	Aantal	minimum	mediaan	P80	P90	P95	maximum
Einheid		mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds	mg/kg ds
Gemeten	100	<a.g.	2,60	9,81	14,46	17,77	30,57
Ondergrens 90% B.I.	100		1,62	5,39	12,00	14,46	
Bovengrens 90% B.I.	100		3,29	12,90	18,86	30,57	
Standaard bodem	100	<a.g.	4,92	9,64	19,63	26,01	38,83
Ondergrens 90% B.I.	100		3,14	6,89	14,53	19,63	
Bovengrens 90%B.I.	100		5,67	17,28	26,01	38,83	

	gemiddelde
	mg/kg ds
Gemeten	11,56
St.dev.	-
Standaard bodem	15,47
St.dev.	-

aant. grens	bep. grens	n <a.g.	n <b.g.
0,1	0,5	17	23

Ondergrond	streef-waarde	SW1	tussen-waarde	interventie-waarde	SW2
Normwaarde (st. bodem)	36	36,00	113,00	190,00	190,00
Overschrijdingspercentage	1%	0,01	0,00	0,00	0,00

Figuur 39 Voorbeeld van een datasheet zoals opgenomen in Bijlage Rapport 1 AW2000

Op basis een globale beschouwing van de datasheets kan een aantal zaken worden geconstateerd:

- De gehalten in de bovengrond zijn over het algemeen hoger dan in de ondergrond. Het is opvallend dat stoffen met een relatief hoog percentage overschrijdingen van de

streefwaarde in de bovengrond, ook relatief hoge overschrijdingspercentages voor de ondergrond laten zien.

- Binnen de categorie van de metalen valt het op dat voor een aantal metalen meer dan 5% van de waarnemingen de huidige streefwaarde overschrijdt. In de bovengrond geldt dit voor barium, kobalt, koper, vanadium en antimoon. Voor de ondergrond geldt dit voor barium, beryllium, kobalt, vanadium en antimoon. Verder valt vanadium op door het hoge percentage overschrijdingen van de streefwaarde: bijna 70% voor de bovengrond en 40% voor de ondergrond.
- Onder de anorganische parameters vallen thiocyanaten en CN-vrij op door het hoge percentage overschrijdingen van de streefwaarde: in de bovengrond overschrijdt voor beide stoffen meer dan 60% van de waarnemingen de streefwaarde. In de ondergrond bedraagt het overschrijdingspercentage respectievelijk 26 en 15%.
- De grote groep van organische verbindingen wordt gekenmerkt door het grote aantal waarnemingen beneden de aantoonbaarheidsgrens. Voor ca. 50% van alle geanalyseerde organische verbindingen geldt dat minder dan 5% van de waarnemingen boven de aantoonbaarheidsgrens ligt. Dit geldt onafhankelijk van de vraag of een organische stof zelf is genormeerd of onderdeel uitmaakt van een somparameter.
- Binnen de groep van organische verbindingen valt vooral de groep van de bestrijdingsmiddelen op door het aantal stoffen met een relatief hoog percentage overschrijdingen van de streefwaarde. Voor  $\alpha$ -HCH, som heptachloorepoxide, alfa-endosulfan, dieldrin, aldrin, endrin, som drins, som DDT/DDD/DDE en organotinverbindingen overschrijdt meer dan 10% van de waarneming in de bovengrond de betreffende streefwaarde. Met uitzondering voor  $\alpha$ -endosulfan en organotinverbindingen ligt voor deze stoffen het overschrijdingspercentage van de streefwaarde in de ondergrond ook boven de 10%. Verder valt voor de som aan organotinverbindingen op dat in de bovengrond zelfs de tussenwaarde in meer dan 10% van de waarnemingen wordt overschreden.
- Van de overige organische verbindingen overschrijdt voor de volgende stoffen meer dan 10% van de waarnemingen de streefwaarde in de boven én ondergrond: tetrahydrofuran, 1,1,2-trichloorethaan, MCPA, som chloorfenolen, minerale olie en de som ftalaten.

## 5.7 Kentallen van de geanalyseerde stoffen

Inzicht verschaffen in de onderzochte stoffen kan door de stoffen op verschillende manieren te rangschikken. In Bijlage Rapport 2 AW2000 – Bijlage E is dit op verschillende manieren gedaan:

- Ingedeeld per groep van stoffen voor alleen de genormeerde stoffen.
- Ingedeeld per groep van stoffen voor alle gemeten stoffen.
- Op basis van de mate van overschrijding van de streefwaarde. Indien er geen streefwaarde is maar wel een SW1 dan is deze laatste als normwaarde gebruikt. Zijn de streefwaarde en de SW1 verschillend, dan is de streefwaarde als normwaarde gebruikt. Weergegeven is met hoeveel procent van de normwaarde (streefwaarde of SW1) de  $P_{95}$  overeenkomt.
- Op basis van de relatieve breedte van het 90% betrouwbaarheidsinterval van de schatting van de  $P_{95}$ .

Voor de genormeerde stoffen in de bovengrond en ondergrond zijn deze ook weergegeven in de samenvatting van dit rapport (zie Tabel 1 en Tabel 2).

De mate waarin de  $P_{95}$  de normwaarde (streefwaarde of SW1) overschrijdt is van belang omdat dit inzicht geeft in de stoffen waar in ieder geval nader aandacht aan dient te worden besteed.

Potentieel is het mogelijk dat de overschrijding van de normwaarde wordt veroorzaakt doordat de toegepaste analysemethode onvoldoende gevoelig is en dat als gevolg daarvan de aantoonbaarheidsgrens hoger is dan de normwaarde. In die gevallen zou moeten worden gekeken naar de mogelijkheid om een betere / gevoeliger analysemethode in te zetten. Bedacht dient te worden dat dit echter niet in alle gevallen mogelijk zal zijn. Als het inzetten van een gevoeliger analysemethode niet mogelijk is kan het eventueel ook een optie zijn om de normwaarde te laten vervallen omdat deze toch niet meetbaar is.

De stoffen waarvoor de  $P_{95}$  de normwaarde (streefwaarde of als die er niet is de SW1) overschrijdt zijn weergegeven in Tabel 23. Het betreft echter alleen de stoffen waarvoor de  $P_{95}$  kon worden berekend; hetgeen bijvoorbeeld niet het geval is indien meer dan 95% van de waarnemingen onder de aantoonbaarheidsgrens ligt (ongeacht de ligging van de aantoonbaarheidsgrens ten opzichte van de normwaarde).

Tabel 23 Stoffen in bovengrond en ondergrond gerangschikt op basis van de mate waarin de  $P_{95}$  de streefwaarde (of als die er niet is de SW1) overschrijdt

Stof	Streefwaarde of SW1	$P_{95}$	Mate van overschrijding ( $(P_{95}/S)*100\%$ ) <sup>1)</sup>	$P_{95}$	Mate van overschrijding ( $(P_{95}/S)*100\%$ ) <sup>1)</sup>
heptachloorepoxide (som)	0,000002	0,0039	896000%	0,0022	1126000%
organotin verbindingen	0,001	2,41	241200%	0,15	14940%
azinfos-methyl	0,000005	g.o.	g.o.	0,01	209000%
DDT/DDE/DDD	0,0025	0,27	10704%	0,14	5460%
a-endosulfan	0,00001	0,00089	8889%	0,00039	3934%
endrin	0,00004	0,0052	8518%	0,0022	5500%
ftalaten (som)	0,1	7,15	7152%	18,0	18030%
tetrachlooretheen (Per)	0,002	0,13	6459%	0,23	11295%
chlooraan	0,00003	0,0018	6000%	0,0038	12667%
?-HCH (lindaan)	0,00005	0,0030	5980%	0,001	2100%
chlooranilinen	0,005	0,2488	4976%	0,2042	4084%
dieldrin	0,0005	0,01	1584%	0,01	1460%
aldrin	0,00006	0,00078	1293%	0,001	2083%
chloorbenzenen (som)	0,03	0,37	1233%	0,37	1233%
dichlooranilinen (som)	0,005	0,06	1133%	g.o.	g.o.
thiocyanaten (som)	1	5,80	580%	3,00	300%
tetrahydrofuran	0,1	0,44	441%	0,75	750%
chloorfenolen (som)	0,01	0,04	434%	0,05	503%
minerale olie	50	187	373%	330	660%
EOX (totaal)	0,3	0,91	305%	1,20	400%
cyanide (vrij)	1	3,00	300%	1,80	180%
drins (som)	0,005	0,01	296%	0,02	444%
trichloormethaan (chloroform)	0,02	g.o.	g.o.	0,06	313%
antimoon (Sb) (hydride) <sup>2)</sup>	3	8,38	279%	9,36	312%
vanadium (V)	42	75,6	180%	93,54	223%
cresolen (som o-, m-, p-)	0,05	g.o.	g.o.	0,07	146%
kobalt (Co)	9	11,09	123%	14,27	159%
barium (Ba)	160	184	115%	175	109%
PAK's totaal (som 10)	1	1,12	112%	g.o.	g.o.
cyanide-complex (pH < 5)	5	5,30	106%	g.o.	g.o.
beryllium (Be)	1,1	g.o.	g.o.	1,15	105%
koper (Cu)	36	36,2	101%	g.o.	g.o.

- 1) Weergegeven is de mate van overschrijding van de streefwaarde of als die ontbreekt de SW1. De keuze voor de normwaarde (streefwaarde of SW1) bij het uitdrukken van de mate van overschrijding heeft voor een aantal stoffen een behoorlijk effect omdat er een groot verschil bestaat tussen de hoogte van de streefwaarde en de SW1.
- 2) Zoals aangegeven in paragraaf 4.3.2 wordt door ALcontrol de meting met met ICP-MS (hydride) minder betrouwbaar geacht dan de meting met ICP-AES. Bij deze laatste meting ligt de 95-percentiel niet boven de streefwaarde.  
g.o. geen overschrijding ( $P_{95} < \text{streefwaarde}$  of als die ontbreekt de SW1)

Voor de stoffen in Tabel 23 geldt dat de  $P_{95}$  van de aangetroffen gehalten boven de normwaarde ligt, oftewel dat meer dan 5% van de gevonden gehalten de eis overschrijdt. De vraag is dan vervolgens in welke gevallen de eis reeds wordt overschreden door de aantoonbaarheidsgrens (en daarmee eveneens ruim door de bepalingsgrens). Dit is weergegeven in Tabel 24.

Tabel 24 Stoffen waarvoor de aantoonbaarheidsgrens groter of gelijk is aan de streefwaarde of SW1 te samen met de voor die stof berekende 95-percentielwaarden van de gemeten gehalten in de bovengrond en de ondergrond.

Stof	Aantoonbaarheidsgrens	Bepalingsgrens	P95 bovengrond	P95 ondergrond	Streefwaarde	SW1	ag/S	ag/SW1
1,1-dichloorethaan	0,007	0,02	n.b.	n.b.	-	0,02	-	1
1,2-dichloorethaan	0,008	0,02	n.b.	n.b.	-	0,02	-	1
acrylonitril	0,4	2	n.b.	n.b.	0,000007	-	57143	-
MCPA	0,024	0,07	n.b.	n.b.	0,00005	-	480	-
heptachloorepoxide (som)	0,00007	0,0002	0,002	0,002	0,0000002	-	350	-
azinfos-methyl	0,0016	0,005	n.b.	0,01	0,000005	-	320	-
carbofuran	0,006	0,02	n.b.	n.b.	0,00002	-	300	-
carbaryl	0,006	0,02	n.b.	n.b.	0,00003	-	200	-
atrazine	0,0015	0,0045	n.b.	n.b.	0,0002	0,0002	7,5	22,5
tetrachlooretheen	0,01	0,01	0,13	0,23	0,002	0,01	5	1
chloordaan	0,00014	0,0003	0,0018	0,0038	0,00003	0,01	4,7	0,01
a-endosulfan	0,00003	0,0001	0,0009	0,0004	0,00001	0,0025	3	0,04
mono-,di- en trichloorbenzenen (som)	0,06	0,18	0,37	0,37	0,03	0,03	2	6
seleen (Se) (bepaald met ICP-AES)	1,33	4	n.b.	n.b.	0,7	0,7	1,9	0
monochlooranininen (som)	0,009	0,03	n.b.	n.b.	0,005	-	1,8	-
dichlooranilinen (som)	0,009	0,03	0,06	n.b.	0,005	-	1,8	-
endrin	0,00006	0,0002	0,003	0,002	0,00004	-	1,5	-
aldrin	0,00007	0,0002	0,0008	0,001	0,00006	-	1,17	-
vinylchloride	0,01	0,1	n.b.	n.b.	0,01	-	1	-
organotinverbindingen (som)	0,001	0,003	2,41	0,15	0,001	-	1	-
chloorfenolen (som)	0,006	0,02	0,04	0,05	0,01	0,01	0,6	2
trichloormethaan (chloroform)	0,01	0,03	n.b.	0,06	0,02	0,02	0,5	1,5
pyridine	0,05	0,15	n.b.	n.b.	0,1	0,1	0,5	1,5
tetrahydrofuran	0,05	0,15	0,44	0,75	0,1	0,1	0,5	1,5
tetrahydrothiofeen	0,05	0,15	n.b.	n.b.	0,1	0,1	0,5	1,5
ftalaten (som)	0,049	0,2	7,15	18,03	0,1	0,1	0,49	2
minerale olie	17	50	186,7	330	50	50	0,34	1
EOX	0,1	0,3	0,91	1,2	0,3	0,3	0,33	1
fenol	0,016	0,1	n.b.	n.b.	0,05	0,05	0,32	2
cresolen (som)	0,013	0,1	n.b.	0,07	0,05	0,05	0,26	2

- n.b. Percentielwaarde niet bepaalbaar omdat meer dan 95% van de waarnemingen onder de aantoonbaarheidsgrens ligt.
- geen normwaarde beschikbaar en dus ook geen verhouding tussen de aantoonbaarheidsgrens en de normwaarde

Zoals blijkt uit Tabel 24 is voor 18 stoffen de aantoonbaarheidsgrens groter of gelijk aan de streefwaarde en is voor 15 stoffen de aantoonbaarheidsgrens groter of gelijk aan de SW1. Daarnaast is opvallend dat de mate van overschrijding van de SW1 aanzienlijk geringer is dan de mate van overschrijding van de streefwaarde.

## 5.8 Vergelijking met de metaalgehalten zoals vastgesteld door Edelman

In het verleden [16] is vastgesteld dat de streefwaarden voor de metalen van het basispakket (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni en Zn) overeenkomen met hoge percentielwaarden van de verdeling van de door Edelman aangetroffen achtergrondgehalten [17]. Door Edelman zijn echter veel meer stoffen gemeten dan alleen voornoemde stoffen van het basispakket. In Tabel 25 zijn de statistische kentallen opgenomen voor de door Edelman onderzochte stoffen voor zover deze ook in het kader van AW2000 zijn gemeten en zijn genormeerd (eventueel als onderdeel van een somparameter).

Een aantal opmerkingen dienen daarbij te worden gemaakt:

- In principe zijn de stoffen door Edelman per locatie in drievoud gemeten (drie monsternemingsvakken). Dit is echter niet voor alle stoffen op alle locaties het geval. Dat betekent dat het gemiddelde per stof op een variërend aantal metingen is gebaseerd.
- Voor zover er sprake is van metingen onder de door Edelman geconstateerde detectielimiet zijn de gehalten gelijk gesteld aan 0,7 maal die detectielimiet. Voor twee stoffen (Ba, V) is geen detectielimiet gegeven; in die gevallen is de waarde weggelaten.
- Er zijn slechts (maximaal) 40 waarnemingen beschikbaar. Dit impliceert dat het schatten van hoge percentielwaarden onnauwkeurig is. Bij de vergelijking met de normwaarden zijn de weergegeven percentielwaarden die waarden die nog net aan de normwaarde voldoen c.q. die nog net onder de normwaarde liggen.
- Voor enkele stoffen (hexachloorbenzeen, DDE, DDT, 2,4-dichloorfenol, 2,4,6-trichloorfenol en pentachloorfenol) is geen individuele normwaarde gesteld, maar is er wel een normwaarde voor de som van stoffen waarvan de door Edelman bepaalde stof deel uitmaakt. In die gevallen is een vergelijking gemaakt met de norm voor de somwaarde. Bedacht dient te worden dat dit in formele zin geen correcte vergelijking is.

Tabel 25 Statistische kentallen van de gegevens uitgedrukt als gehalten in de standaard bodem van het onderzoek van Edelman voor de stoffen die zijn genormeerd en ook in het kader van AW2000 zijn onderzocht, tezamen met de normwaarden en de percentielwaarden (P S-waarde, P SW1 en P som norm) van de verdeling van achtergrondgehalten die overeenkomt met de normwaarde

	n	min.	mediaan	gem.	P90	P95	max.	S-waarde	SW1	som norm	P S-waarde	P SW1	P som norm
<b>mg/kg ds</b>													
Gehalten in standaard bodem													
As	40	2,2	8,9	9,5	15,8	16,5	25,9	29	29		100	100	
Ba	39	103	395	467	808	1080	1374	160	200		10	15	
Cd	40	0,1	0,3	0,3	0,6	0,7	1,0	0,8	0,8		97	97	
Co	40	1,1	4,2	4,8	8,9	9,1	9,6	9	20		92	100	
Cr	40	20,4	48,1	51,9	79,0	81,2	101	100	100		97	97	
Cu	40	1,8	6,4	10,3	22,2	23,6	44,8	36	36		97	97	
Hg	40	0,03	0,1	0,1	0,3	0,4	1,3	0,3	0,3		92	92	
Ni	40	0,8	10,2	10,9	22,8	25,3	27,1	35	35		100	100	
Pb	40	5,2	38,5	45,6	93,1	130	179	85	85		89	89	
Sb	40	0,3	1,1	1,3	2,5	2,9	3,0	3	-		96	-	
V	33	12,0	38,3	41,0	67,8	73,5	74,8	42	-		55	-	
Zn	40	16,0	53,3	68,5	112	193	297	140	140		92	92	
EOX	40	0,6	2,5	2,8	5,1	5,5	6,5	0,3	0,3		0	0	
HCB	38	0,0000	0,002	0,002	0,005	0,006	0,007	-	-	0,003	-	-	73
a-HCH	38	0,0000	0,029	0,040	0,131	0,159	0,162	0,003	-		18	-	
?-HCH	38	0,0111	0,046	0,077	0,186	0,231	0,239	0,00005	-		0	-	
HCE	38	0,0002	0,007	0,011	0,029	0,033	0,035	0,0000002	0,0025		0	23	
dieldrin	38	0,0006	0,008	0,010	0,024	0,026	0,033	0,0005	-		0	-	
endrin	38	0,0006	0,007	0,010	0,023	0,026	0,033	0,00004	-		0	-	
DDE	38	0,0002	0,002	0,003	0,005	0,021	0,038	-	-	0,01	-	-	94
DDT	38	0,0004	0,002	0,007	0,010	0,024	0,114	-	-	0,01	-	-	89
2,4-DCF	38	0,0001	0,001	0,002	0,005	0,008	0,008	-	-	0,01	-	-	100
2,4,6-TCF	38	0,0001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,005	-	-	0,01	-	-	100
PCF	38	0,00004	0,0004	0,001	0,002	0,002	0,002	-	-	0,01	-	-	100

HCB = hexachloorbenzeen

HCE = heptachloorepoxide

DCF = dichloorfenol

TCF = trichloorfenol

PCF = pentachloorfenol

Gegeven de door Edelman verzamelde gehalten kan in principe een vergelijking worden gemaakt met de gehalten zoals die nu in het kader van AW2000 zijn vastgesteld. Relevant is daarbij de vraag in hoeverre een één op één vergelijking mogelijk is.

- Met betrekking tot de monsterneming kan worden geconstateerd dat de gehalten van Edelman zijn vastgesteld in de eerste 10 cm van de bodem, dus in dezelfde bodemlaag als de monsters van de bovengrond van AW2000. Beide onderzoeken zijn op basis van dit aspect dus vergelijkbaar.
- De monsternemingsstrategie van Edelman bestond uit het nemen van 42 grepen in een systematisch raster over een oppervlak van 10 bij 12 meter. Per locatie zijn drie monsternemingsvakken bemonsterd, waarbij de afstand tussen de monsternemingsvakken ongeveer 50 meter bedroeg. In AW2000 is per locatie één monsternemings-

vak van 35 bij 35 meter bemonsterd door middel van 49 grepen. Beide onderzoeken zijn op basis van dit aspect dus slechts in beperkte mate verschillend.

- Door Edelman is voor de bepaling van de meeste metalen gebruik gemaakt van neutronenactiveringsanalyse. Deze methode kan worden geïdentificeerd als een totaalanalyse. Voor koper is het gehalte door Edelman bepaald na destructie met geconcentreerd salpeterzuur. In het kader van AW2000 zijn de metalen bepaald na een destructie met ‘koningswater’; deze methode leidt in principe niet tot een totale ontsluiting, maar de mate van ontsluiting is afhankelijk van de bodemmatrix. Voor de organische stoffen heeft Edelman een aantal verschillende extractiemethoden toegepast die afwijken van de methoden zoals toegepast in AW2000. Met name op het vlak van de analyses is er dus sprake van verschillen tussen de beide onderzoeken.

Gegeven deze verschillen moet de vergelijking tussen de ligging van de normwaarde in de verdeling van gehalten van het onderzoek van Edelman en AW2000 met enige voorzichtigheid worden gemaakt.

Voor de metalen geldt daarbij een a-priori verwachting dat de gehalten van Edelman, ten gevolge van de toegepaste totaalontsluiting, wat hoger zouden moeten liggen dan de gehalten zoals aangetroffen in het kader van AW2000. Althans, als er in de tussenliggende periode van 20 jaar geen aanrijking heeft plaatsgevonden. Op basis van de gegevens van Edelman zouden de normwaarden dus overeen moeten komen met lagere percentielwaarden van de verdeling van gehalten dan voor AW2000.

Vergelijkenderwijs is daarom vastgesteld met welke percentielwaarde van de verdeling van gehalten zoals vastgesteld in het kader van AW2000 de SW1 of streefwaarde overeenkomt. Dit is voor zowel de bovengrond als de ondergrond weergegeven in Tabel 26. In Tabel 26 zijn alle in het kader van AW2000 onderzochte metalen opgenomen en tevens de organische stoffen die ook zijn onderzocht door Edelman. Voor de stoffen zonder eigen streefwaarde of SW1 is de percentielwaarde bepaald ten opzichte van de normwaarde voor de somparameter waar de betreffende stof onder valt; zie ook Tabel 25. In Tabel 27 is de ligging van de normwaarde voor de gegevens van Edelman en AW2000 naast elkaar gezet.



Tabel 26 Percentielwaarden van de gehalten in de standaard bodem conform de gegevens van AW2000 die overeenkomen met de streefwaarde en de SW1

Stof	streefwaarde	SW1	Bovengrond		Ondergrond	
			Percentielwaarde van achtergrondgehalten t.o.v. streefwaarde	Percentielwaarde van achtergrondgehalten t.o.v. SW1	Percentielwaarde van achtergrondgehalten t.o.v. streefwaarde	Percentielwaarde van achtergrondgehalten t.o.v. SW1
antimoon (Sb)	3	-	82	-	85	-
arseen (As)	29	29	99	99	100	100
barium (Ba)	160	200	93	96	91	97
beryllium (Be)	1,1	-	96	-	92	-
cadmium (Cd)	0,8	0,8	97	97	99	99
chrom (Cr)	100	100	100	100	100	100
kobalt (Co)	9	20	81	100	80	97
koper (Cu)	36	36	95	95	99	99
kwik (Hg)	0,3	0,3	98	98	100	100
lood (Pb)	85	85	97	97	100	100
molybdeen (Mo)	3	10	100	100	100	100
nikkel (Ni)	35	35	99	99	96	96
seleen (Se)	0,7	-	a.g. > streefwaarde	-	a.g. > streefwaarde	-
thallium (Tl)	1	-	98	-	98	-
vanadium (V)	42	-	32	-	60	-
zink (Zn)	140	140	96	96	98	98
EOX	0,3	0,3	56	56	13	13
HCB	-	-	79	-	99	-
a-HCH	0,003	-	98	-	99	-
?-HCH	0,00005	-	45	-	13	-
HCE	0,0000002	0,0025	0	100	0	100
dieldrin	0,0005	-	71	-	82	-
endrin	0,00004	-	9	-	6	-
DDE/DDT/DDD	-	-	63	-	77	-
2,4- en 2,5-DCF	-	-	100	-	100	-
2,4,6-TCF	-	-	100	-	100	-
PCF	-	-	100	-	100	-

Tabel 27 Vergelijking tussen de ligging van de normwaarde (uitgedrukt als percentielwaarde van de verdeling) binnen de verdeling van gehalten zoals vastgesteld in het kader van AW2000 en zoals vastgesteld door Edelman

Stof	Bovengrond (0 – 0,10 m-mv)			
	AW2000		Edelman	
	Streefwaarde	SW1	Streefwaarde	SW1
As	99	99	100	100
Ba	93	96	10	15
Cd	97	97	97	97
Co	81	100	92	100
Cr	100	100	97	97
Cu	95	95	97	97
Hg	98	98	92	92
Ni	99	99	100	100
Pb	97	97	89	89
Sb	82	-	96	-
V	32	-	55	-
Zn	96	96	92	92
EOX	56	56	0	0
HCB	79	-	73	-
a-HCH	98	-	18	-
?-HCH	45	-	0	-
HCE	0	100	0	23
dieldrin	71	-	0	-
endrin	9	-	0	-
DDE	63	-	94	-
DDT	63	-	89	-
2,4-DCF	100	-	100	-
2,4,6-TCF	100	-	100	-
PCF	100	-	100	-

Op basis van Tabel 27 vallen een paar dingen op:

- Voor vrijwel alle metalen ligt de normwaarde op vrijwel dezelfde percentielwaarde van de verdeling van de gegevens van Edelman en AW2000.
- Voor de meeste metalen ligt de normwaarde op basis van de gegevens van Edelman net wat hoger in de verdeling dan voor de gegevens van AW2000. Dit is in tegenpraak met de a-priori verwachting op basis van de toegepaste ontsluitingsmethode. Mogelijk is dit het gevolg van een beperkte mate van aanrijking gedurende de afgelopen 20 jaar, maar ten gevolge van de verschillen tussen de methoden kan dit niet met zekerheid worden geconcludeerd.
- Voor barium treedt er een opvallend verschil op, de door Edelman gemeten gehalten zijn aanzienlijk hoger dan de gehalten die nu in AW2000 zijn vastgesteld. Door ALcontrol wordt aangegeven dat barium op zich een stof is die met de koningswater destructie soms slecht uit de bodemmatrix vrijkomt. Hierdoor kan het optredende verschil mogelijk voor een deel worden verklaard. Omdat voor de andere metalen de gehalten echter vergelijkbaar zijn, kan een verschil in ontsluitingsefficiëntie niet de

enige verklaring zijn. Zonder nader onderzoek hier naar is een andere verklaring echter op dit moment niet beschikbaar.

- Ook voor vanadium is er sprake van een behoorlijk verschil in de ligging van de normwaarde in de verdeling van gehalten. Ook van vanadium is echter bekend dat hiermee problemen bestaan bij de ontsluiting met koningswater. Niettemin zijn de in AW2000 gemeten gehalten hoger dan de door Edelman gemeten gehalten.
- Ook voor de meeste van de organische stoffen geldt dat er sprake is van wezenlijke verschillen tussen de gehalten die Edelman heeft gemeten en de gehalten die in het kader van AW2000 zijn vastgesteld. Hier geldt echter dat de extractiemethoden wezenlijk verschillen, hetgeen een goede verklaring voor verschillen in het gehalte is.

Tabel 26 kan ook worden gebruikt om vast te stellen hoe de normwaarden zich verhouden tot de gehalten zoals vastgesteld in het kader van AW2000. Snel kan worden afgelezen dat voor een aantal stoffen alle waarnemingen onder de streefwaarde en/of SW1 liggen. Verder is snel te zien dat, in overeenstemming met de verwachting, voor de meeste stoffen de gehalten in de bovengrond (wat) hoger liggen dan de gehalten in de ondergrond (hetgeen in zijn algemeenheid ook reeds was vastgesteld in paragraaf 4.14). Een beperkt aantal stoffen wijkt hier echter op af, te weten barium (ten opzichte van de streefwaarde), beryllium, kobalt en nikkel. Mogelijk wijst dit op het natuurlijk voorkomen van deze stoffen in de bodem, dus zonder dat er een significante bijdrage van grootschalige diffuse belasting heeft plaatsgevonden op de bovengrond.

Qua hoogte van de percentielwaarde ten opzichte van de verdeling van achtergrondgehalten wijken twee stoffen beperkt (antimoon en kobalt) en één stof sterk (vanadium) af van de andere stoffen. Zeker voor vanadium, waarvoor alleen een indicatieve streefwaarde is gedefinieerd, kan op basis van de aangetroffen achtergrondgehalten de vraag worden gesteld in hoeverre deze normwaarde juist is.



## 6 Onderzoek naar de noodzaak van aanvullende waarnemingen (AW2000 fase 2)

### 6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt, op basis van de nu beschikbare informatie, onderzocht of het noodzakelijk is om nog additionele informatie in een tweede fase van AW2000 te genereren.

Hoewel er onzekerheid bestaat over de uitvoering van een eventuele tweede fase van AW2000, is door de opdrachtgever toch aangegeven dat er waarde aan wordt gehecht om de noodzakelijke monsternemingsinspanning voor een tweede fase te berekenen. Dit met name vanuit het perspectief dat hiermee een beeld wordt verkregen van de betrouwbaarheid van de nu beschikbare informatie.

Met nadruk wordt er op gewezen dat de hier uitgevoerde benadering afwijkt van de benadering in paragraaf 5.7. Daar is de 95-percentielwaarde en het 90% betrouwbaarheidsinterval berekend op basis van de voor de gestratificeerd aselechte steekproef gewonnen resultaten. Die aanpak levert echter geen gecorrigeerde waarneming per monsternemingslocatie op, maar een cumulatieve frequentieverdeling. Voor de hier uit te voeren berekeningen is dat geen bruikbaar resultaat. Daarom zijn de 95-percentielwaarde en de variatiecoëfficiënt hier berekend op basis van de voor lutum en organisch stof gecorrigeerde, maar voor de steekproef ongewogen, waarnemingen. Als consequentie daarvan treden er afwijkingen op tussen de berekende 95-percentielwaarden in paragraaf 5.7 en dit hoofdstuk.

De berekeningen in paragraaf 5.7 zijn een betere schatting van de 95-percentielwaarden voor geheel Nederland. Voor het schatten van de omvang van een eventuele fase 2 is de hier gevolgde benadering echter meer dan nauwkeurig genoeg. Elke extrapolatie van gegevens impliceert immers een redelijke mate van onbetrouwbaarheid in de voorspelling.

In de nu uitgevoerde berekening wordt op basis van een vooraf gekozen relatieve breedte van het betrouwbaarheidsinterval van de 95-percentielwaarde geschat hoeveel aanvullende waarnemingen noodzakelijk zouden zijn om die gewenste betrouwbaarheid te realiseren.

Berekening van het aantal noodzakelijke aanvullende waarnemingen is niet mogelijk zonder de doelstelling voor AW2000 te kwantificeren: hoe betrouwbaar dient de verdeling van het achtergrondgehalte bekend te zijn? Een dergelijke gekwantificeerde doelstelling is echter niet beschikbaar. Als gevolg daarvan wordt het aantal noodzakelijke waarnemingen berekend voor enkele min of meer logische keuzes voor de breedte van het relatieve betrouwbaarheidsinterval<sup>8</sup>.

In augustus 2003 is op basis van de toen beschikbare gegevens, maximaal 42 waarnemingen maar meestal aanzienlijk minder, reeds een eerste ruwe schatting gedaan van

---

<sup>8</sup> Mogelijk verwarrend is dat het gaat over de betrouwbaarheid van de geschatte 95-percentielwaarde, terwijl dit wordt gekwantificeerd door de breedte van het relatieve betrouwbaarheidsinterval rondom de 95-percentielwaarde. Dit laatste impliceert dat een gerealiseerd betrouwbaarheidsinterval van 30% dus minder goed is dan een gerealiseerd betrouwbaarheidsinterval van 20%.

de onderzoeksinspanning voor een eventuele tweede fase. De nu in dit rapport uitgevoerde berekening volgt dezelfde lijnen.

## 6.2 Berekening van het aantal noodzakelijke waarnemingen

Om een berekening te kunnen maken van het benodigd aantal waarnemingen dient een criterium te worden gesteld. Bovendien dient een aanname te worden gedaan over de verdeling van de metingen. Er is, in lijn met de tussentijdse rapportage, gekozen voor de volgende benadering:

- de waarnemingen zijn lognormaal verdeeld
- van deze verdeling dient de 95-percentielwaarde te worden geschat
- aan deze percentielwaarde wordt een eis gesteld met betrekking tot de betrouwbaarheid, namelijk: de werkelijke waarde van het 95-percentiel mag maximaal x % afwijken van de geschatte waarde (met 95% betrouwbaarheid).

De formules voor de berekeningen zijn dan als volgt:

Van de metingen wordt eerst de logaritme (grondgetal 10) genomen en vervolgens wordt het gemiddelde ( $\bar{x}$ ) en de standaardafwijking (s) berekend.

Een schatting voor de 95-percentielwaarde op log-schaal is dan:

$$\bar{x} + 1,96s \quad (14)$$

Op de oorspronkelijke schaal is de schatting:

$$10^{(\bar{x} + 1,96s)} \quad (15)$$

De variatiecoëfficiënt (VC) van deze laatste schatting is bij benadering gelijk aan:

$$VC = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{\frac{(1 + 1,96^2)}{2}} \quad (16)$$

Een eis aan de maximale marge komt dan overeen met een eis aan de VC. Als bijvoorbeeld de marge maximaal 10% mag bedragen dan moet de VC gelijk zijn aan 0,05. Het benodigd aantal waarnemingen volgt dan uit de volgende formule:

$$n = \left( \frac{1}{VC} \right)^2 \cdot s^2 \cdot \frac{(1 + 1,96^2)}{2} \quad (17)$$

In de berekening van het noodzakelijk aantal waarnemingen komt de (ligging van de) normwaarde dus niet voor. Dat betekent dat voor elke stof het noodzakelijk aantal waarnemingen kan worden berekend om met de gewenste betrouwbaarheid een uitspraak over de 95-percentielwaarde te kunnen doen. De onderliggende gedachte is daarbij dat wanneer de 95-percentielwaarde met de vereiste betrouwbaarheid kan worden geschat, feitelijk de totale verdeling van de betreffende stof voldoende betrouwbaar is vastgesteld.

Potentieel is het echter lang niet in alle gevallen noodzakelijk om de verdeling zo betrouwbaar te kennen: dit hangt af van de vraag waar de normwaarde ligt ten opzichte van de verdeling. Hierin kan onderscheid worden gemaakt in drie situaties:

- 1) De normwaarde ligt links van de verdeling (alle waarnemingen zijn groter dan de normwaarde);
- 2) De normwaarde ligt binnen de verdeling;

- 3) De normwaarde ligt rechts van de verdeling (alle waarnemingen zijn kleiner dan de normwaarde).

In de eerste situatie kan betrouwbaar worden vastgesteld dat de 95-percentielwaarde groter is dan de normwaarde (de betrouwbaarheid is afhankelijk van de afstand tussen de normwaarde en de 95-percentielwaarde).

In de tweede situatie is het in ieder geval wenselijk om te berekenen hoeveel waarnemingen noodzakelijk zijn om de 95-percentielwaarde met een zekere betrouwbaarheid vast te kunnen stellen.

In de derde situatie kan betrouwbaar worden vastgesteld dat de 95-percentielwaarde kleiner is dan de normwaarde. Ook nu hangt de betrouwbaarheid van die uitspraak af van de afstand tussen de geschatte 95-percentielwaarde en de normwaarde.

Deze driedeling gaat echter uit van een situatie waarin de normwaarde per definitie vast zou staan. Wanneer dit niet als uitgangspunt wordt genomen heeft het voor alle stoffen zin om te berekenen hoeveel waarnemingen noodzakelijk zijn om de 95-percentielwaarde voldoende betrouwbaar te schatten. Om die reden is deze laatste benadering gekozen.

### 6.3 Stoffen waarvoor de berekening is uitgevoerd

Ten opzichte van de in AW2000 gemeten stoffen dient een tweedeling te worden gemaakt, namelijk de stoffen die individueel of als groeps- of somparameter zijn genormeerd enerzijds en de individuele stoffen die onderdeel uitmaken van een somparameter anderzijds. Dit betekent dat een groot aantal stoffen wel als individuele stof is gemeten – en in Bijlage Rapport 1 AW2000 ook als zodanig is gerapporteerd – maar dat die stoffen alleen tezamen met andere stoffen bijdragen aan genormeerde somparameters. Hierbij is het van belang om op te merken dat tot aan de uitvoering van AW2000 voor een groot aantal somparameters géén beleidsmatige definitie van de onder die somparameter vallende stoffen was gegeven. Voor die somparameters is dit nu in het kader van AW2000 ingevuld.

In Tabel 28 is een overzicht gegeven van alle genormeerde stoffen. Daarbij is de oorsprong van de normering weergegeven, tezamen met de daarin opgenomen normwaarden. Tabel 29 geeft vervolgens de definitie van alle somparameters die in de lijst van genormeerde stoffen voorkomen.

Tabel 28 Overzicht van de genormeerde stoffen

Stof	Bron *)	S-waarde	I-waarde	SW1	SW2
<b>1. Metalen</b>					
antimoon (Sb)	CSI Bsb2	3	15		-
arseen (As)	CSI Bsb1 Bsb2	29	55	29	55
barium (Ba)	CSI Bsb1 Bsb2	160	625	200	625
<i>Beryllium (Be)</i>	CSI	1,1	30		
cadmium (Cd)	CSI Bsb1 Bsb2	0,8	12	0,8	12
chrom (Cr)	CSI Bsb1 Bsb2	100	380	100	380
kobalt (Co)	CSI Bsb1 Bsb2	9	240	20	240
koper (Cu)	CSI Bsb1 Bsb2	36	190	36	190
kwik (Hg)	CSI Bsb1 Bsb2	0,3	10	0,3	10
lood (Pb)	CSI Bsb1 Bsb2	85	530	85	530
molybdeen (Mo)	CSI Bsb1 Bsb2	3	200	10	200
nikkel (Ni)	CSI Bsb1 Bsb2	35	210	35	210

Stof	Bron *)	S-waarde	I-waarde	SW1	SW2
Seleen (Se)	CSI Bsb2	0,7	100		-
Tellurium (Te)	CSI	-	600		
Thallium (Tl)	CSI	1	15		
tin (Sn)	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	-	900		-
vanadium (V)	CSI Bsb2	42	250		-
Zilver (Ag)	CSI	-	15		
zink (Zn)	CSI Bsb1 Bsb2	140	720	140	720
<b>2. Overige anorganische stoffen</b>					
bromide	CSI Bsb1 Bsb2	20	-	20	-
chloride	CSI Bsb1 Bsb2	-	-	200	-
cyanide (vrij)	CSI Bsb1 Bsb2	1	20	1	20
cyanide-complex (pH < 5)	CSI Bsb1 Bsb2	5	650	5	650
cyanide-complex (pH ≥ 5)	CSI Bsb1 Bsb2	5	50	5	50
fluoride	CSI Bsb1 Bsb2	500	-	175 + 13 Lu	-
thiocyanaten (som)	CSI Bsb2	1	20		20
sulfaat	Bsb2				-
<b>3. Aromatische stoffen</b>					
benzeen	CSI Bsb1 Bsb2	0,01	1	0,05	1
ethylbenzeen	CSI Bsb1 Bsb2	0,03	50	0,05	1,25
tolueen	CSI Bsb1 Bsb2	0,01	130	0,05	1,25
xylenen (som)	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	0,1	25	0,1	1,25
styreen (vinylbenzeen)	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	0,3	100	0,3	100
fenol	CSI Bsb1 Bsb2	0,05	40	0,05	1,25
o-dihydroxybenzeen (catechol)	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	0,05	20	0,05	20
m-dihydroxybenzeen (resorcinol)	CSI Bsb2	0,05	10		10
p-dihydroxybenzeen (hydrochinon)	CSI Bsb2	0,05	10		10
cresolen (som o-, m-, p-)	CSI Bsb2 VRSI	0,05	5	0,05	5
dodecylbenzeen	CSI	-	1000		
Aromatische oplosmiddelen	CSI	-	200		
<b>4. Polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK's)</b>					
naftaleen	Bsb2	-	-		5
fenantreen	Bsb2	-	-		20
antraceen	Bsb2	-	-		10
fluorantheen	Bsb2	-	-		35
chryseen	Bsb2	-	-		10
benzo(a)antraceen	Bsb2	-	-		40
benzo(a)pyreen	Bsb2	-	-		10
benzo(k)fluorantheen	Bsb2	-	-		40
indeno(1,2,3cd)pyreen	Bsb2	-	-		40
benzo(ghi)peryleen	Bsb2	-	-		40
PAK's totaal (som 10)	CSI Bsb1 Bsb2	1	40	1	40
<b>5. Gechloreerde koolwaterstoffen</b>					
<b>a. (vluchtige) chloorkoolwaterstoffen</b>					
monochlooretheen (vinylchloride)	CSI Bsb2	0,01	0,1		0,1
dichloormethaan	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	0,4	10	0,4	4
1,1-dichloorethaan	CSI VRSI	0,02	15	0,02	
1,2-dichloorethaan	CSI Bsb2 VRSI	0,02	4	0,02	4
1,1-dichlooretheen	CSI VRSI	0,1	0,3	0,1	



Stof	Bron *)	S-waarde	I-waarde	SW1	SW2
1,2-dichlooretheen (som cis en trans)	CSI VRSI	0,2	1	0,2	
dichloorpropanen	CSI	0,002	2		
trichloormethaan (chloroform)	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	0,02	10	0,02	3
1,1,1-trichloorethaan	CSI VRSI	0,07	15	0,07	
1,1,2-trichloorethaan	CSI VRSI	0,4	10	0,4	
trichlooretheen (Tri)	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	0,1	60	0,1	4
tetrachloormethaan (Tetra)	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	0,4	1	0,4	1
tetrachlooretheen (Per)	CSI Bsb1 Bsb2	0,002	4	0,01	4
<b>b. chloorbenzenen</b>					
chloorbenzenen (som)	CSI Bsb2 VRSI	0,03	30	0,03	5
<b>c. chloorfenolen</b>					
chloorfenolen (som)	CSI Bsb2 VRSI	0,01	10	0,01	6
pentachloorfenol	Bsb1 Bsb2 VRSI	-	-		5
<b>d. polychloorbifenylen (PCB's)</b>					
PCB's (som 7)	CSI Bsb2 VRSI	0,02	1	0,02	0,5
<b>e. overige gechloreerde koolwaterstoffen</b>					
monochlooranilinen (som)	CSI	0,005	50		
dichlooranilinen (som)	CSI Bsb1 VRSI	0,005	50		
trichlooranilinen (som)	CSI	-	10		
tetrachlooranilinen (som)	CSI	-	30		
pentachlooranilinen (som)	CSI	-	10		
chlooranilinen (som)	Bsb1 VRSI			0,005	
EOX (totaal)	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	0,3	-	0,3	3
dioxine	CSI	-	0,001		
chloornaftaleen (som $\alpha$ , $\beta$ )	CSI Bsb2	-	10		10
<b>6. Bestrijdingsmiddelen</b>					
<b>a. organochloorbestrijdingsmiddelen</b>					
aldrin	CSI Bsb1	0,00006	-		
chlooraan	CSI Bsb1	0,00003	4	0,01	
DDT/DDE/DDD	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	0,01	4	0,01	0,5
dieldrin	CSI Bsb1	0,0005	-		
endrin	CSI Bsb1	0,00004	-		
drins (som)	CSI Bsb2 VRSI	0,005	4	0,005	0,5
$\alpha$ -endosulfan	CSI Bsb1	0,00001	4	0,0025	
$\alpha$ -HCH	CSI Bsb1	0,003	-		
$\beta$ -HCH	CSI Bsb1	0,009	-		
?-HCH (lindaan)	CSI Bsb1	0,00005	-		
HCH-verbindingen (som)	CSI Bsb2 VRSI	0,01	2	0,01	0,5
heptachloor	CSI Bsb1	0,0007	4	0,0025	
heptachloorepoxide (som)	CSI Bsb1	0,0000002	4	0,0025	
organochloorhoudende bestrijdingsmiddelen	Bsb2				0,5
<b>b. organofosforpesticiden</b>					
azinfos-methyl	CSI Bsb1 VRSI	0,000005	2		
<b>c. organotin bestrijdingsmiddelen</b>					
organotin verbindingen	CSI VRSI	0,001	2,5	0,001	
<b>d. chloorfenoxy-azijnzuur herbiciden</b>					

Stof	Bron *)	S-waarde	I-waarde	SW1	SW2
MCPA	CSI Bsb1 VRSI	0,00005	4		
<b>e. overige bestrijdingsmiddelen</b>					
atrazine	CSI Bsb1 Bsb2 VRSI	0,0002	6	0,0002	0,5
carbaryl	CSI Bsb2	0,00003	5		0,5
carbofuran	CSI Bsb2	0,00002	2		0,5
maneb	CSI Bsb2	0,002	35		0,5
4-chloormethylfenolen	CSI	-	15		
niet-chloorhoudende bestrijdingsmiddelen (som)	Bsb2				0,5
<b>7. Overige stoffen</b>					
cyclohexanon	CSI Bsb1 Bsb2	0,1	45	0,1	270
ftalaten (som)	CSI Bsb1 Bsb2	0,1	60	0,1	60
minerale olie	CSI Bsb1 Bsb2	50	5000	50	500
pyridine	CSI Bsb1 Bsb2	0,1	0,5	0,1	1
tetrahydrofuran	CSI Bsb1 Bsb2	0,1	2	0,1	0,4
tetrahydrothiofeen	CSI Bsb1 Bsb2	0,1	90	0,1	90
tribroommethaan (bromoform)	CSI	-	75		
ethyleenglycol	CSI	-	100		
diethyleenglycol	CSI	-	270		
acrylonitril	CSI Bsb1 VRSI	0,000007	0,1		
formaldehyde	CSI	-	0,1		
isopropanol (2-propanol)	CSI	-	220		
methanol	CSI	-	30		
butanol (1-butanol)	CSI	-	30		
butylacetaat **	CSI	-	200		
ethylacetaat	CSI	-	75		
methyl-tert-butyl ether (MTBE)	CSI	-	100		
methylethylketon	CSI	-	35		

\*) Bron waaruit de gegeven afkomstig zijn

CSI = Circulaire Streef- en Interventiewaarden, 24 februari 2000

Bsb1 = Bijlage 1 Bouwstoffenbesluit, Staatsblad 1995, 567

Bsb2 = Bijlage 2 Bouwstoffenbesluit, Staatsblad 1995, 567

VRSI = Vrijstellingsregeling Samenstellings- en Immissiewaarden, Staatcourant 1999, 126

\*\*) genormeerd als 1,2-butylacetaat, deze naamgeving is echter onjuist en moet zijn butylacetaat

Cursief = indicatief niveau voor ernstige bodemverontreiniging (afkomstig uit de CSI)

Met betrekking tot de stoffen en waarden geldt dat er met het verschijnen van de VRSI een aantal stoffen zowel als waarden zijn aangepast ten opzichte van Bsb1 en/of Bsb2. Deze aanpassingen zijn in de tabel opgenomen. Wanneer stoffen alleen in Bsb1 waren opgenomen en met de VRSI zijn vervallen zijn deze ook in de tabel vervallen. Komt een stof ook in andere kaders voor dan is alleen de betreffende normwaarde weggelaten.

Voor de stoffen o-dihydroxybenzeen (catechol), m-dihydroxybenzeen (resorcinol), p-dihydroxybenzeen (hydrochinon) en maneb geldt dat deze in het kader van AW2000 niet zijn meegenomen omdat voor deze stoffen geen geschikte analysemethode beschikbaar is; zie ook de definitiestudie van AW2000 [9].

Tabel 29 Definitie van alle in de normstelling voorkomende somparameters

Somparameter	Lijst van te sommeren individuele stoffen
xylenen	ortho-, meta- en para-xyleen
cresolen	ortho-, meta- en para-cresol
1,2-dichlooretheen	cis-1,2-dichlooretheen en trans-1,2-dichlooretheen

Somparameter	Lijst van te sommeren individuele stoffen
dichloorpropanen	1,1-dichloorpropanen, 1,2-dichloorpropanen en 1,3-dichloorpropanen
chloorbenzenen	mono-, di- en tri-, tetra-, hexa- en penta-chloorbenzenen
aromatische oplosmiddelen	benzeen, toluen, ethylbenzeen, ortho-, meta- en para-xyleen, styreen, 1, 2, 3 – trimethyl-benzeen, 1, 2, 4 –trimethylbenzeen, 1, 3, 5 –trimethylbenzeen, 2-ethyltolueen, 3-ethyltolueen, 4-ethyltolueen, isopropylbenzeen en propylbenzeen
dodecylbenzeen	n-dodecylbenzeen
som-PAK	Naftaleen, fenantreen, antraceen, fluorantheen, chryseen, benzo(a)antraceen, benzo(a)pyreen, benzo(k)fluorantheen, indeno(1,2,3-cd)pyreen en benzo(g,h,i)peryleen
4-chloormethylfenolen	4-chloor-3-methylfenol en 4-chloor-2-methylfenol
chloorfenolen	2-chloorfenol, 3- chloorfenol, 4-chloorfenol, 2,3-dichloorfenol, 2,4-dichloorfenol, 2,5-dichloorfenol, 2,6-dichloorfenol, 3,4-dichloorfenol, 3,5-dichloorfenol, 2,3,4-trichloorfenol, 2,3,5-trichloorfenol, 2,3,6-trichloorfenol, 2,4,5-trichloorfenol, 2,4,6-trichloorfenol, 3,4,5-trichloorfenol, 2,3,4,5-tetrachloorfenol, 2,3,4,6-tetrachloorfenol, 2,3,5,6-tetrachloorfenol en pentachloorfenol
chloordaan	cis- en trans-chloordaan
DDT/DDE/DDD	2,4-DDD, 2,4-DDT, 4,4-DDD, 4,4-DDT, 4,4-DDE en 2,4-DDE
drins	aldrin, dieldrin en endrin
HCH-verbindingen	$\alpha$ -hexachloorcyclohexaan ( $\alpha$ -HCH), $\beta$ -hexachloorcyclohexaan ( $\beta$ -HCH) en $\gamma$ -hexachloorcyclohexaan ( $\gamma$ -HCH)
heptachloorepoxide	cis-heptachloorepoxide en trans-heptachloorepoxide
polychloorbiphenylen	PCB's 28, 52, 101, 118, 138, 153 en 180
monochlooranilinen	2-chlooraniline, 3-chlooraniline en 4-chlooraniline
dichlooranilinen	2,3-dichlooraniline, 2,4-dichlooraniline, 2,5-dichlooraniline, 2,6-dichlooraniline, 3,4-dichlooraniline en 3,5-dichlooraniline
trichlooranilinen	2,3,4-trichlooraniline, 2,3,5-trichlooraniline, 2,4,5-trichlooraniline, 2,4,6-trichlooraniline en 3,4,5-trichlooraniline
tetrachlooranilinen	2,3,4,5-tetrachlooraniline en 2,3,5,6-tetrachlooraniline
pentachlooranilinen	2,3,4,5,6-pentachlooraniline
chlooranillinen	mono-, di-, tri, tera- en penta-chlooranilline
chloornaftaleen	$\alpha$ -chloornaftaleen en $\beta$ -chloornaftaleen
Dioxines (som gekwantificeerd als I-TEQ)	2,3,7,8-TCDD, 1,2,3,7,8-PeCDD, 1,2,3,6,7,8-HxCDD, 1,2,3,7,8,9-HxCDD, 1,2,3,4,7,8-HxCDD, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD, 1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD, 2,3,7,8-TCDF, 1,2,3,7,8-PeCDF, 2,3,4,7,8-PeCDF, 1,2,3,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,7,8,9-HxCDF, 1,2,3,4,7,8-HxCDF, 2,3,4,6,7,8-HxCDF, 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF, 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF en 1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF
organochloorhoudende bestrijdingsmiddelen (OCB's)	hexachloorbenzeen (HCB), $\alpha$ -hexachloorcyclohexaan ( $\alpha$ -HCH), $\beta$ -hexachloorcyclohexaan ( $\beta$ -HCH), $\gamma$ -hexachloorcyclohexaan ( $\gamma$ -HCH), aldrin, dieldrin, endrin, 2,4-DDD, 2,4-DDT, 4,4-DDD, 4,4-DDT, 4,4-DDE, 2,4-DDE, heptachloor, $\alpha$ -endosulfan, cis-heptachloorepoxide, trans-heptachloorepoxide, telodrin, isodrin, cis-chloordaan en trans-chloordaan
niet-chloorhoudende bestrijdingsmiddelen	<u>organostikstof-bestrijdingsmiddelen:</u> atrazine, propazine, simazine en terbutryn. <u>organofosfor-bestrijdingsmiddelen:</u> azinfos-methyl, bromofos-ethyl, bromofos-methyl, chloorpyrifos-ethyl, dichloorvos, disulfoton, fenthion, malathion, parathion-ethyl en parathion-methyl
ftalaten	dimethylftalaat, diethylftalaat, dibutylftalaat, butylbenzylftalaat, bisethylhexylftalaat, di-n-octylftalaat, di-isobutylftalaat
organotinverbindingen	trifenylytin en tributyltin

In dit hoofdstuk wordt verder niet gekeken naar de individuele stoffen die als onderdeel van een somparameter zijn gemeten.

## 6.4 Resultaten

In de gevolgde benadering is een randvoorwaarde dat mag worden aangenomen dat de waarnemingen lognormaal zijn verdeeld. Daarom is voorafgaand aan de berekening voor elke stof vastgesteld of (redelijkerwijs) aan die aanname wordt voldaan. Dit is gedaan door het maken van een ‘normal-probability’ plot voor de logaritmsch getransformeerde gegevens. Deze ‘normal-probability’ plots zijn verder niet in deze rapportage opgenomen.

Voor de monsters van de ondergrond kan in zijn algemeenheid worden vastgesteld dat de verdeling na logaritmische transformatie afwijkt van de normale verdeling. Voor de bovengrond komt dit aanzienlijk minder vaak voor. Opvallend daarbij is dat het veelal om vergelijkbare afwijkingen gaat. Omdat met name voor de organische stoffen de waarnemingen veelal zijn gebaseerd op voor lutum en organisch stof omgerekende ‘kleiner dan’ waarden (waardoor er een verdeling in de omgerekende ‘kleiner dan’ waarden ontstaat) kan worden aangenomen dat de afwijkingen hiermee direct samenhangen.

Dit betekent dat de betrouwbaarheid van de schatting van het noodzakelijk aantal waarnemingen geringer is dan wanneer wel aan de normale verdeling zou worden voldaan. Het verlies aan betrouwbaarheid is daarbij afhankelijk van de mate waarin van de normale verdeling wordt afgeweken. Dit is hier verder niet gekwantificeerd.

De resultaten van de berekeningen zijn per stof weergegeven in Bijlage Rapport 2 AW2000 – Bijlage D. In Tabel 30 zijn de resultaten samengevat, zowel uitgedrukt in het aantal stoffen als in het percentage van het aantal gemeten genormeerde stoffen (113 stoffen).

Tabel 30 Het aantal stoffen en percentage van het aantal gemeten genormeerde stoffen waarvoor de weergegeven betrouwbaarheid in de schatting van de 95-percentiel is gerealiseerd

Laag	Gerealiseerde betrouwbaarheid					
	1%	5%	10%	15%	20%	30%
<b>Aantal stoffen</b>						
bovengrond	20	20	50	75	99	108
ondergrond	24	25	48	83	99	110
<b>Percentage van de gemeten genormeerde stoffen (113)</b>						
bovengrond	18%	18%	45%	67%	88%	96%
ondergrond	21%	22%	43%	74%	88%	98%

Zoals blijkt uit Tabel 30 wordt in vrijwel alle gevallen de betrouwbaarheid van 30% gerealiseerd (96 tot 98 procent van de stoffen), terwijl ook de betrouwbaarheid van 20% in de schatting van de 95-percentielwaarde in de meeste gevallen wordt gerealiseerd (88 procent van de stoffen).

Voor circa 20% van de stoffen wordt ook de hoogste betrouwbaarheid in de schatting van de 95-percentielwaarde gerealiseerd. Dit treedt op omdat er voor circa 20% van de stoffen alleen maar ‘kleiner dan’ waarden zijn gemeten. Ten gevolge van de correctie voor lutum en organisch stof geldt eigenlijk voor al deze stoffen (op één na) dat er meer waarnemingen noodzakelijk zouden kunnen zijn om de gewenste betrouwbaarheid te

realiseren. Omdat die onzekerheid echter voortkomt uit de variaties in lutum en organisch stof gehalte, zijn deze waarden toch op nul gesteld (nul waarnemingen noodzakelijk). Eén stof vormt hierop een uitzondering, voor seleen vindt namelijk geen correctie voor lutum of organisch stof gehalte plaatsvindt, zodat voor die stof daadwerkelijk nul waarnemingen worden berekend.



## 7 Conclusies

Op basis van de resultaten van fase 1 van AW2000 worden de volgende conclusies getrokken.

- Consistent gegevensbestand  
De uitgevoerde werkzaamheden hebben geleid tot een consistent gegevensbestand van de gehalten van (vrijwel) alle genormeerde stoffen voor de bovengrond (0,0 – 0,1 m-mv) en de ondergrond (0,5 – 1,0 m-mv) van het landbouwareaal en de natuurgronden in Nederland. Naast de 113 stoffen die zelf zijn genormeerd zijn tevens nog eens 120 stoffen gemeten die onderdeel uitmaken van somparameters en zijn nog 19 niet genormeerde stoffen gemeten. In aanvulling daarop zijn dan ook nog een aantal bodemkenmerken bepaald.
- Concretisering definitie somparameters  
Met het beschikbaar komen van deze rapportage is voor de eerste keer een concrete invulling gegeven aan alle in de normering opgenomen somparameters.
- Gehalten in de gehele Nederlandse bodem  
De gestratificeerd aselechte steekproef is zodanig ingericht dat de monsternemingslocaties goed zijn verdeeld over de in Nederland voorkomende combinaties van bodemtypen en bodemgebruik, zowel als over de geografische ruimte. Op basis van de gevolgde steekproefbenadering is het mogelijk om uitspraken over de gehalten van de onderzochte stoffen in de gehele Nederlandse bodem te doen, waarbij de betrouwbaarheid van die uitspraken kan worden gekwantificeerd.
- Verbetering betrouwbaarheid door steekproefopzet  
Door de analyseresultaten te wegen op basis van de steekproefopzet wordt tenminste voor een deel van de stoffen een grotere betrouwbaarheid in de schattingen van de percentielwaarden bereikt dan mogelijk zou zijn geweest met een volledig aselechte steekproef van dezelfde omvang.
- Gehalte afhankelijk van toegepaste analysemethode  
De hoogte van de gehalten zoals die in dit onderzoek zijn bepaald hangt direct samen met de toegepaste analytisch chemische technieken. De toegepaste ontsluitingstechniek is bepalend voor de vraag hoeveel van een totaal aanwezige stof daadwerkelijk wordt gemeten. Een één op één vergelijking van het gehalte van een stof zoals gevonden in een willekeurig onderzoek met de achtergrondgehalten van Nederland zoals vastgesteld in AW2000 is dus alleen mogelijk indien dezelfde analysemethode wordt toegepast.
- Verminderde betrouwbaarheid voor deel van de wateroplosbare oplosmiddelen  
Geconstateerd wordt dat de kwaliteit van de analyseresultaten voldoet aan de randvoorwaarden die hieraan waren gesteld. Uitzondering hierop wordt gevormd door de groep wateroplosbare oplosmiddelen, waarmee problemen zijn ontstaan omdat een deel van de extracten door ALcontrol te lang is bewaard voorafgaand aan de analyse. Als gevolg hiervan moet worden aangenomen dat de gehalten voor een deel van deze stoffen lager zal zijn dan oorspronkelijk mogelijk het geval is geweest. Voor die stoffen moeten de weergegeven achtergrondgehalten dus met enige terughoudendheid worden bekeken. Het gaat daarbij specifiek om ethanol, acrylonitril, 1-propanol, 2-butanol, ethylacetaat, 1-butanol, propylacetaat en butylacetaat.
- Verbetering bepaling droge stof gehalte wenselijk  
Op basis van een statistische analyse van de in duplo uitgevoerde bepalingen wordt geconcludeerd dat de bepaling van het droge stof gehalte ten opzichte van de bepaling van lutum en organisch stof meer varieert. Hoewel er geen sprake is van een

significant verschil tussen de in duplo geanalyseerde monsters, wordt geconcludeerd dat de bepaling van het droge stof gehalte meer onzekerheid oplevert dan de bepaling van het organisch stof en lutum gehalte. Verbetering van de bepaling van het droge stof gehalte is dan ook wenselijk, met name omdat in bodemonderzoek alle gehalten worden omgerekend naar gehalten op basis van droge stof.

- Betrouwbaarheid lage gehalten beperkt

Op basis van de duplo's wordt geconcludeerd dat de betrouwbaarheid van de gemeten gehalten in de monsters beperkt is, overigens zonder dit te kunnen kwantificeren. Bij deze conclusie dient te worden bedacht dat de in AW2000 gemeten gehalten over het algemeen zeer laag zijn – waarnemingen zijn gerapporteerd vanaf de kwantitatief onbetrouwbare aantoonbaarheidsgrens – en er dus per definitie veel variatie in de analyseresultaten zal optreden. De geconstateerde variatie tussen duplo's geeft dus wel een indicatie over de betrouwbaarheid van de in het kader van AW2000 gegenereerde lage gehalten, maar zegt niets over de betrouwbaarheid van de analysemethoden voor het kwantificeren van hogere gehalten.

- Heroverweging wijze van toetsing noodzakelijk

Voor totaal 32 stoffen overschrijdt de 95-percentielwaarde van de verdeling van achtergrondgehalten de streefwaarde of, als er geen streefwaarde is gedefinieerd, de SW1 in de bovengrond en/of ondergrond. Ten opzichte van de 113 genormeerde stoffen gaat het dus om 28% van de genormeerde stoffen. In alle gevallen gaat het om stoffen waarvoor reële meetwaarden boven de streefwaarde (of SW1) worden gevonden.

Gegeven het behoorlijk hoge percentage (28%) stoffen waarvoor de 95-percentielwaarde van de verdeling van achtergrondgehalten de streefwaarde of SW1 overschrijdt, wordt geconcludeerd dat de huidige wijze van toetsing aan de streefwaarde en SW1 dient te worden heroverwogen.

- Incidentele overschrijdingen van de interventiewaarde

Voor een beperkt aantal stoffen wordt in een beperkt aantal monsters de interventiewaarde voor de betreffende stof overschreden. Het gaat om:

- Bovengrond: som organotin verbindingen (4 locaties), antimoon (2 locaties), som HCH (1 locatie), som DDT/DDE/DDD (1 locatie), formaldehyde (1 locatie) en acrylonitril (1 locatie)
- Ondergrond: formaldehyde (5 locaties), som organotin verbindingen (2 locaties), som ftalaten (1 locatie) en acrylonitril (1 locatie).

Bij de overschrijding van de interventiewaarde voor de ftalaten wordt opgemerkt dat de analyse van deze gehele groep van stoffen onbetrouwbaar is ten gevolge van het optreden van contaminatie van de monsters door contact met materialen die weekmakers bevatten. De overschrijdingen komen niet geclusterd voor. Slechts op één locatie (132-38) wordt voor twee stoffen (som organotin verbindingen en som HCH) worden twee interventiewaarde overschrijdingen aangetroffen. Er bestaat ook geen relatie tussen de overschrijdingen van de interventiewaarde in de bovengrond en de ondergrond.

- Grofstoffelijk beschouwd gaat de aandacht meestal naar de juiste stoffen

Wanneer de resultaten van het onderzoek zonder veel nuance in beschouwing worden genomen, dan kan worden vastgesteld dat voor de stoffen die min of meer frequent in milieuonderzoek worden gemeten (metalen, anionen, EOX, som PAK, minerale olie, som drins, som DDT/DDD/DDE en som PCB's), ook daadwerkelijk gehalten worden aangetroffen boven de aantoonbaarheids- en bepalingsgrens. Het feit dat juist voor deze stoffen gehalten boven de aantoonbaarheidsgrens worden aangetroffen geeft aan dat bij bodemonderzoek de meeste aandacht naar de juiste (groepen van) stoffen gaat.



Uiteraard zegt deze conclusie op hoofdlijnen niets over de stoffen die worden onderzocht in een individueel bodem- of grondonderzoek. Noch over de wenselijkheid om over normwaarden te beschikken voor stoffen die alleen in specifieke gevallen worden aangetroffen. Het feit dat stoffen in dit onderzoek op basis van relatief onbelast gebieden in Nederland niet worden aangetroffen zegt niets over de eventuele aanwezigheid van die stoffen in specifieke gevallen van bodemverontreiniging en dus de noodzaak om hiervoor ook normwaarden beschikbaar te hebben.

Een conclusie zonder veel nuance biedt het voordeel dat deze een grove richting aangeeft, maar kan gelijktijdig ook gemakkelijk worden weerlegd als iets meer wordt ingezoomd. Als bijvoorbeeld – in lijn met de eerdere benadering in het kader van HANS – het standaard stoffenpakket zou worden afgestemd op de stoffen waarvoor tenminste een overschrijdingskans van 5% zou bestaan (c.q. de streefwaarde / SW1 ligt onder de 95-percentielwaarde van de verdeling van achtergrondgehalten), dan leidt dit tot een aantal wezenlijke verschuivingen in het stoffenpakket. Om die reden is er eerder in deze conclusie dus ook gesproken over de groep metalen en niet over individuele metalen.



## 8 Aanbevelingen

Het in het kader van fase 1 van AW2000 uitgevoerde onderzoek en de rapportage van de daarbij gevonden gehalten in de bodem leidt tot de volgende aanbevelingen:

- Beleidsmatig vaststellen definitie somparameters

Het ministerie van VROM wordt aanbevolen om de lijst van genormeerde stoffen uit te breiden met een lijst van de stoffen die onder de verschillende somparameters vallen. Deze zijn in het kader van AW2000 gespecificeerd. Formaliseren van de stoffen die binnen een somparameter vallen voorkomt veel onduidelijkheid over de vraag welke stoffen moeten worden gemeten.

- Vaststellen onderbouwing normwaarde voor specifieke stoffen

Gezien het feit dat voor een aantal stoffen de bepalingsgrens of zelfs de aantoonbaarheidsgrens (aanzienlijk) groter is dan de normwaarde, verdient het aanbeveling om voor die stoffen vast te stellen waar de normwaarde op is gebaseerd c.q. hoe goed de onderbouwing van de normwaarde is. Het gaat dan met name om de relatie met normstelling in andere milieumatrices, de toxicologische onderbouwing van de norm en de relatie tot de achtergrondgehalten zoals bekend ten tijde van het vaststellen van de normwaarde.

Ook voor een aantal stoffen waarvoor nu grote overschrijdingen van de normwaarde worden geconstateerd verdient het aanbeveling een dergelijke onderbouwing op te stellen.

Daarmee wordt het mogelijk om gefundeerd te kunnen besluiten of normwaarden al of niet moeten worden aangepast. Dit heeft vervolgens weer direct consequenties voor de wijze waarop aan de normwaarden moet worden getoetst. Op basis van de in het kader van AW2000 verzamelde gegevens kunnen drie verschillende soorten problemen ten grondslag liggen aan het overschrijden van de normwaarde:

- *Analytisch problemen:*

Voor de ftalaten overschrijden alle analyseresultaten de huidige streefwaarde van 0,1 mg/kg d.s. Zelfs de interventiewaarde van 60 mg/kg d.s. wordt eenmalig overschreden. Deze overschrijdingen moeten echter in het licht worden gezien van de analytische problemen die met ftalaten optreden door (indirect) contact van de monsters en extracten met plastics.

Voor maneb, o-dihydroxybezen (catechol), m-dihydroxybezen (resorcinol) en p-dihydroxybezen (hydrochinon) zijn geen analysemethoden beschikbaar. Deze stoffen zijn om die reden dan ook niet meegenomen in AW2000.

Daarom dient te worden nagegaan hoe noodzakelijk het is om een normwaarde te hebben voor de samenstelling van grond voor de genoemde stoffen.

- *Milieu problemen:*

Voor bijvoorbeeld de som aan DDT/DDE/DDD geldt dat in 30% van de waarnemingen de streefwaarde van 0,01 mg/kg d.s. wordt overschreden. De interventiewaarde wordt eenmalig overschreden. Dit is in lijn met de constatering op basis van het onderzoek aan de bietentarra en het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, waarbij eveneens ten opzichte van de streefwaarde verhoogde gehalten aan DDT/DDE/DDD zijn aangetroffen. Uiteraard hangt de constatering dat er sprake is van een 'milieu probleem' samen met de normstelling voor de stoffen waarvoor dergelijke overschrijdingen worden geconstateerd. Indien er vanuit toxicologisch oogpunt en/of de relatie tot de normstelling in andere milieumatrices echter geen aanleiding bestaat tot bijstelling van de normwaarde, dan is een ge-

richt onderzoek naar met name de biobeschikbaarheid en/of uitloogbaarheid van deze stoffen op zijn plaats.

o *Normstellingsproblemen:*

Voor de metalen antimoon, kobalt maar zeker voor vanadium geldt dat de normwaarde relatief vaak wordt overschreden. Vanadium heeft alleen een indicatieve streefwaarde en kent bovendien van de metalen de hoogste overschrijdingspercentages. Deze liggen niet in lijn met de andere metalen. Wanneer blijkt dat de normstelling voor deze stoffen vanuit toxicologisch oogpunt en/of de relatie tot de normstelling in andere milieumatrices onvoldoende is onderbouwd, dan ligt het voor de hand om de normen voor deze stoffen zodanig aan te passen dat deze in lijn liggen met de relatie tussen de achtergrondgehalten en de normen zoals die geldt voor andere metalen.

• Onderbouwing normwaarden voorafgaand aan vaststellen toetsingsmethode

Dit rapport c.q. deze fase van AW2000 was niet gericht op het vaststellen van de wijze waarop een goede toetsing van de streefwaarde / SW1 kan worden verkregen. Gezien de resultaten van het onderzoek verdient het aanbeveling om eerst zicht te krijgen op de onderbouwing van een aantal normwaarden en pas na een eventuele bijstelling van die normwaarden te onderzoeken hoe de toetsing aan streefwaarde / SW1 dient te worden uitgevoerd.

• Beleidsmatige keuze over bodemvolume in relatie tot toetsing aan de streefwaarde

In de definitiestudie van AW2000 is kort gesproken over het bodemvolume waarop conclusies met betrekking tot de achtergrondgehalten moeten worden getrokken.

Gegeven de opbouw van het gegevensbestand zijn daar drie opties voor mogelijk:

- o Gebaseerd op de bovengrond (0 – 0,1 m-mv)
- o Gebaseerd op de ondergrond (0,5 – 1,0 m-mv)
- o Gebaseerd op een bodemvolume van 1.250 m<sup>3</sup> / 2.000 ton (0 – 1,0 m-mv)

In dit rapport is alleen een rapportage gegeven over de gehalten zoals die zijn gevonden in de monsters van de bovengrond en de ondergrond. Het (gewogen) gemiddelde gehalte voor het totaal onderzochte bodemvolume van 1.250 m<sup>3</sup> is niet berekend. De vraag of dit noodzakelijk is hangt af van de wijze waarop met de toetsing aan de streefwaarde en SW1 zal worden omgegaan én de beleidsmatige keuze ten aanzien van het deel van het gegevensbestand (bovengrond, ondergrond of volledige bodemvolume) waarop men de toetsing aan de streefwaarde wil relateren. Vanuit het oogpunt van een eenduidige toetsing is het ongewenst om verschillende toetsingen naast elkaar te hebben. De optie van meerdere methoden naast elkaar, zoals die wel bestaat voor 'het achtergrondgehalte', vervalt daarmee. Dit impliceert dat het noodzakelijk is om een eenduidige keuze te maken uit de drie potentieel beschikbare opties. Indien noodzakelijk zal het onderzoek daarom nog moeten worden uitgebreid met een berekening van het (gewogen) gemiddelde gehalte per bodemvolume van 1.250 m<sup>3</sup>.

Gegeven het feit dat de gehalten in de bovengrond in zijn algemeenheid hoger zijn dan in de ondergrond, heeft een dergelijke keus direct effect op de toetsingsmethode.

• Vaststellen van de analysemethoden

Omdat een één op één vergelijking van de gehalten zoals gevonden in een willekeurig onderzoek met de achtergrondgehalten van Nederland alleen mogelijk is indien wordt voldaan aan vergelijkbare onderzoeksopzet, wordt het ministerie van VROM aanbevolen om, naast het vastleggen van de schaalgrootte, tevens de toe te passen analysemethode vast te leggen. Dit is mede van belang op basis van de constatering dat voor antimoon en arseen twee detectiemethoden zijn ingezet en dit deels leidt tot wezenlijke verschillen in de resultaten. Om te voorkomen dat door het

vastleggen van de analysemethoden belemmeringen ontstaan voor nieuwe ontwikkelingen zou dit bijvoorkeur moeten worden ingevuld door het vaststellen van de prestatiekenmerken van de toe te passen analysemethode. Wel dient dan te worden nagegaan of het vastleggen van de prestatiekenmerken afdoende garanties biedt voor het verkrijgen van eenduidige resultaten.

- Rekening houden met meetonauwkeurigheid

In de uitgevoerde statistische analyse is geen rekening gehouden met de meetonauwkeurigheid die inherent is aan het uitvoeren van chemische analyses. Informatie over de optredende toevallige fouten is wel beschikbaar in het rapport van ALcontrol, dus potentieel kan hier een nadere analyse op plaatsvinden. Dit leidt dan tot het specificeren van de nauwkeurigheid waarmee de verdelingen van achtergrondgehalten zijn weergegeven. Indien inzicht in die nauwkeurigheid gewenst is moet dit onderzoek nog worden uitgevoerd.

- Differentiatie achtergrondgehalten voor deelbestanden

In het onderzoek is niet gekeken naar de eventuele differentiatie in achtergrondgehalten. Te denken valt bijvoorbeeld aan het maken van onderscheid in landbouwgronden versus natuurgebieden, grasland versus akkerland, zandgrond versus kleien veengebieden. Ook een indeling op basis van regio's kan van belang zijn in relatie tot het lokaal verdichten van het meetnet om te komen tot lokale achtergrondgehalten. Wanneer er behoefte bestaat aan dergelijke specifieke analyses van (delen van) het gegevensbestand dienen deze nog te worden uitgevoerd. Overigens moet daarbij wel de waarschuwing worden geplaatst dat het gegevensbestand dat onderdeel uitmaakt van deze rapportage niet is gewogen voor de steekproefopzet. Dit impliceert dat een directe analyse van dit gegevensbestand, dus zonder verrekening van de steekproefopzet, niet tot volledig juiste resultaten zal leiden.

- Diepgaande analyse op de aanwezigheid van uitbijters

In het uitgevoerde onderzoek is op basis van een aantal verschillende aspecten onderzocht of mag worden aangenomen of een monsternemingslocatie tot het gegevensbestand kan worden gerekend. Voor de monsternemingslocaties zelf is gekeken naar de ligging, de pedogenetische boorbeschrijvingen, de veldwaarnemingen van Grontmij en de foto's die tijdens de monsterneming zijn gemaakt. In aanvulling daarop is voor de groepen van onderzochte stoffen gekeken naar het optreden van (clusters van) hoge meetwaarden. Op basis van voorgaande activiteiten is geconstateerd dat in ieder geval de twee hoogste waarden voor sulfaat nader dienen te worden onderzocht.

Niet tegenstaande deze controles kan worden geconstateerd dat hiermee nog geen diepgaande analyse op het mogelijk voorkomen van uitbijters is uitgevoerd.

Wanneer op basis van het gegenereerde gegevensbestand een toetsingsmethodiek voor het toetsen aan de streefwaarde wordt afgeleid, is het noodzakelijk de gegevens verder te analyseren op eventuele uitbijters. In een dergelijk onderzoek moet per individuele stof worden gekeken naar de locatie van de waargenomen hoogste waarden, de ruimtelijke context tussen die locaties en een eventuele verklaring van de relatief hoge waarnemingen op basis van de gebruiksgeschiedenis, samenhang met andere stoffen en macroparameters.

- Controleren en eventueel verbeteren correctieformules voor lutum en organisch stof

Ten behoeve van de toetsing aan de streef- en interventiewaarde, zowel als bij toetsing aan de SW1 en SW2, dienen de gehalten zoals aangetroffen in de bodem te worden gecorrigeerd op basis van het lutum en/of organisch stof gehalte. De in AW2000 gegenereerde gegevens bieden de mogelijkheid om deze correctieformules te controleren en daar waar noodzakelijk te verbeteren. Gegeven de algemene toe-

passing van deze correctieformules verdient het aanbeveling een onderzoek uit te voeren gericht op het verbeteren van de correctieformules.

- Onderzoek naar de verbetering van de bepaling van het lutum gehalte  
In het laboratoriumonderzoek is een deel van de monsters na malen onderzocht op lutum gehalte. Gebruikelijk is om de lutum bepaling uit te voeren op basis van een deelmonster dat wordt gestoken uit het oorspronkelijke niet voorbehandelde monster. Gebleken is dat de betrouwbaarheid van de bepaling toeneemt na malen terwijl het lutum gehalte zelf door het malen niet lijkt te zijn gewijzigd. Dit is met name relevant voor monsters waarin meer dan één bodemtype aanwezig is. Omdat bij toetsing aan de streef- en interventiewaarden, zowel als bij toetsing aan de SW1 en SW2 gecorrigeerd dient te worden voor het lutum gehalte, verdient het aanbeveling om onderzoek te doen naar de vraag of de lutum bepaling inderdaad beter kan worden uitgevoerd op vermalen monsters. Een verbetering van de bepaling werkt immers via de toetsing aan de normwaarde door op de gehalten van een deel van de genormeerde stoffen. Aandachtspunten daarbij zijn of de vermaling niet leidt tot een verhoging van het lutum gehalte en welke verbetering in de betrouwbaarheid van de bepaling op deze wijze kan worden bereikt. Gelijktijdig zou ook de bepaling van het organisch stof gehalte moeten worden meegenomen in het onderzoek. De resultaten van dit onderzoek dienen dan te worden geïmplementeerd in AP04.
- Bepalen en beleidsmatig vaststellen van toetsingsregel  
De in het kader van HANS opgestelde toetsingsregel voor het toetsen aan de streefwaarde is in het kader van fase 1 van AW2000 nog niet nader onderzocht. Als consequentie hiervan zijn er op basis van het nu beschikbare gegevensbestand nog geen voorstellen gedaan hoe op een zodanige wijze kan worden getoetst aan de streefwaarde, dat bodem / grond die onderdeel uitmaakt van het areaal van de Nederlandse bodem waarvoor geen sprake is van een meer dan normale achtergrondbelasting, een acceptabel kleine kans heeft om hiervoor vast te stellen dat er sprake is van een overschrijding van de streefwaarde / SW1. Dit is te meer van belang omdat in AW2000 nu is vastgesteld dat voor 27 van de 113 genormeerde stoffen de 95-percentielwaarde van de verdeling van achtergrondgehalten de streefwaarde of SW1 overschrijdt.  
Het belang van het beschikbaar hebben van een adequate toetsingsregel is afhankelijk van de beleidsmatige rol en betekenis van de streefwaarde / SW1. Vanuit het huidige bodem- en grondbeleid is de afleiding van een adequate toetsingsregel in ieder geval essentieel.
- Implicaties voor normstelling waterbodem  
De normwaarden (streefwaarde en SW1) die in dit rapport wordt vergeleken met de achtergrondgehalten is niet alleen van toepassing op de landbodem, maar heeft ook betrekking op de waterbodem en uit de waterbodem afkomstige (gerijpte) baggerspecie. De in het kader van AW2000 vastgestelde relaties tussen de achtergrondgehalten en de normwaarden zijn alleen van toepassing op de landbodem. Indien een toetsingsregel wordt afgeleid die rekening houdt met de relatie tussen de normwaarde en de verdeling van achtergrondgehalten, moet nog worden nagegaan welke implicaties dit heeft op de normstelling en/of wijze van toetsing voor de waterbodem.

## 9 Referenties

- [1] Luggenhorst, ing. J-J ten, Rapportage veldwerkdiensten Programma Achtergrondwaarden 2000, Fase 1, Rapport Grontmij Advies & Techniek, rapportnummer 12000176, 12 februari 2004
- [2] Jong, Dr. Ir. V. de, Ir. M.A.E. van den Berg, drs. ing. S.D.S. Poelloe, drs. ing. W. Broer, AW2000 eindrapport, Rapport ALcontrol Laboratories, november 2004
- [3] Lamé, F.P.J., G.B. Derksen, Toetsen van natuurgronden: Effecten van toetsing op meerdere parameters en rekening houdend met heterogeniteit in het interim-protocol grond, Rapport TNO-MW – R95/026, 9 februari 1995
- [4] Lamé, F.P.J., G. Frapporti, H. Leenaers, H.M.C. Satijn, De kwaliteit van de vaste bodem in Nederland, Rapport TNO-MEP – R96/424, november 1996
- [5] Lamé, F.P.J., H. Leenaers, H.M.C. Satijn, G. Frapporti, Toetsen aan de streefwaarde, Rapport TNO-MEP – R97/474, december 1997
- [6] Lamé, F.P.J., H. Leenaers, E.R.V. Busink, H.M.C. Satijn, G. Frapporti, Verkennen van onderzoeksvarianten voor het toetsen aan de streefwaarde, Rapport TNO-MEP – R98/215, 29 mei 1998
- [7] Lamé, F.P.J., H. Leenaers, H.M.C. Satijn, G. Frapporti, Berekenen van een toetsingsregel voor het toetsen aan de streefwaarde, Rapport TNO-MEP – R98/434, november 1998
- [8] Lamé, F.P.J., J. Keijzer, De kwaliteit van tarragrond, Rapport TNO-MEP – R98/426, november 1998
- [9] Lamé, F.P.J., H. Leenaers, H.M.C. Satijn, F. van Lienen, Onderzoeksopzet AW2000, Nadere specificatie van de werkzaamheden, specifiek ingevuld voor fase 1, Rapport TNO-NITG 01-045-A, 28 februari 2001
- [10] Walraven, N., F.P.J. Lamé, Achtergrondwaarden 2000, Literatuuronderzoek naar de achtergrondgehalten van dioxines in de Nederlandse bodem, Rapport TNO-NITG 02-193-B, 20 november 2002
- [11] Brus, D.J. & J.J. de Gruijter, 1997. Random sampling or geostatistical modelling? Choosing between design-based and model-based sampling strategies for soil (with discussion). *Geoderma* 80, 1/2: 1-59.
- [12] Ten Cate, J.A.M., A.F. van Holst, H. Kleijer, en J. Stolp. 1995. Handleiding bodemgeografisch onderzoek. Richtlijnen en voorschriften. Deel A: Bodem. Technisch Document 19A, DLO-Staring Centrum, Wageningen
- [13] Cochran, W., 1977. *Sampling techniques*, third edition, Wiley New York.
- [14] Särndal, C.E., B. Swensson, en J. Wretman, 1992. *Model assisted survey sampling*. Springer-Verlag, New York.
- [15] Brus, D.J., 1994. Improving design-based estimation of spatial means by soil map stratification. A case study of phosphate saturation. *Geoderma* 62: 233-246.
- [16] Lamé, F.P.J., Een interim-protocol voor de toetsing van partijen grond, TNO rapport MW-R-94/207, augustus 1994
- [17] Edelman, Th., Achtergrondgehalten van stoffen in de bodem, Reeks Bodembescherming deel 34, Sdu uitgeverij 's Gravenhage, ISBN 90 12 04690 4
- [18] Accreditatieprogramma Bouwstoffenbesluit (AP04), vigerende versie te downloaden via de website van SIKB, [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl)
- [19] Bronswijk, J.J.B., M.S.M. Groot, P.M.J. Fest en T.C. van Leeuwen Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, Resultaten eerste meetronde 1993 – 1997, RIVM rapport 714801031, 2003
- [20] Uitvoeringsregeling Bouwstoffenbesluit, Bijlage F, Hoofdstuk 2