

nota

— instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen —

ALTERRA

Wageningen Universiteit & Research centre
Omgevingswetenschappen
Centrum Water & Klimaat
Team Integraal Waterbeheer

ICW nota 1856
maart 1988

**SANERING VAN BODEMS, VERONTREINIGD
MET GECHLOREEERDE KOOLWATERSTOFFEN
- een probleemverkenning**

Ir. E.A.J.M. v.d. Bogaard

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-middelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

NOTA 1856

I N H O U D

	blz
1. INLEIDING	1
2. GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN ALS SPECIFIEK PROBLEEM MET BETREKKING TOT DE BODEMBESCHERMING	2
2.1. Aard, produktie, gebruik en verspreiding van de stoffen	2
2.2. Aard en omvang van de verontreiniging	8
2.2.1. Lokale verontreinigingen; bodemsaneringsgevallen	8
2.2.2. Diffusere vormen van verontreiniging	10
2.2.3. Verontreinigde waterbodems; slibverwerking	13
2.3. Beleid en normstelling	15
2.3.1. Inleiding	15
2.3.2. Effectgericht beleid	16
2.3.3. Brongericht beleid	18
2.3.4. Recente ontwikkelingen	21
2.4. Perspectief	24
2.4.1. Gecontroleerde verwerking	24
2.4.2. Kans op verontreiniging	25
3. HET SANERINGSBELEID IN DE PRAKTIJK	26
3.1. Kerndoelstelling bodemsaneringsbeleid	26
3.2. Aanpak van de bodemsanering	26
3.3. Onderzoeksbeleid met betrekking tot sanering van chloorkoolwaterstoffen	32
4. SANERINGSTECHNIEKEN	34
4.1. Benaderingswijze	34
4.2. Vergelijking verschillende technieken	36
4.2.1. Thermische technieken	36
4.2.2. Extractieve technieken	37
4.2.3. Microbiologische technieken	38
5. SAMENVATTING, CONCLUSIE EN AANBEVELING	42
LITERATUUR	44
BIJLAGEN	47



1. INLEIDING

Deze nota is de weerslag van een verkennend onderzoek naar de problematiek van gechloreerde koolwaterstoffen in het milieucompartiment bodem. Daarbij gaat de aandacht uit naar de bodembescherming in het algemeen, en naar de bodemsanering in het bijzonder.

Deze verkenning beoogt een beter inzicht in de problematiek op te leveren, waaruit aanbevelingen volgen voor specifiek onderzoek inzake de sanering van bodems met gechloreerde koolwaterstoffen.

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op de achtergronden van het ontstaan en de aard van de problematiek, in milieuhygiënische en beleidsmatige zin. Eigenschappen en mogelijke effecten van chloorkoolwaterstoffen, de produktie, het gebruik, de verspreiding en het vrijkomen als afval worden kort besproken. Daarna wordt aangegeven op welke verschillende wijzen het bodemcompartiment door gechloreerde koolwaterstoffen werd en wordt verontreinigd. Vervolgens wordt de ontwikkeling van het beleid en de normstelling met betrekking tot deze stoffen bestudeerd. Het hoofdstuk eindigt met een toekomstverwachting ten aanzien van de besproken problematiek.

In hoofdstuk 3 wordt het saneringsbeleid in concrete zin getoetst aan de praktijksituatie. Hieruit volgt in hoeverre de saneringsoperatie voldoet aan de geformuleerde beleidsdoelstellingen. Ook het onderzoeksbeleid met betrekking tot de bodemsanering komt hierbij ter sprake.

In hoofdstuk 4 worden vervolgens de verschillende potentieel toepasbare/ontwikkelbare saneringstechnieken die bij bodemverontreinigingsgevallen met gechloreerde koolwaterstoffen in aanmerking kunnen komen, met elkaar vergeleken. Daaruit volgt de saneringstechniek die de meeste perspectieven biedt voor nader onderzoek.

2. GECHLOREERDE KOOLWATERSTOFFEN ALS SPECIFIEK PROBLEEM MET BETREKKING TOT DE BODEMBESCHERMING

2.1. Aard, produktie, gebruik en verspreiding van de stoffen

Gechloreerde koolwaterstoffen zijn milieuvreemde organische verbindingen, waarin een of meer chloor-atomen zijn opgenomen. Er bestaat een grote verscheidenheid aan gechloreerde koolwaterstoffen, met verschillende fysische en chemische eigenschappen en effecten.

Molekuulvorm en -grootte en het aantal chlooratomen zijn voor een belangrijk deel bepalend voor de persistentie, voor de mobiliteit en voor de mate van het effect op organismen en milieu. In het algemeen geldt: hoe meer chloor-atomen, hoe slechter afbreekbaar. De meeste gechloreerde koolwaterstoffen zijn bijzonder persistent. Hierdoor kunnen deze stoffen - eenmaal opgenomen in de kringloop van biotische en/of abiotische objecten - overal in het milieu doordringen. Bij eventuele afbraak kunnen nieuwe stoffen ontstaan met eveneens nadelige eigenschappen. Mogelijke omzettingsmechanismen zijn: conjugaties, hydrolyses, oxidaties, dealkylering en reducties (VONK, 1987).

Organismen die blootgesteld worden aan gechloreerde koolwaterstoffen, ondervinden, bij overschrijding van een bepaalde concentratie en/of contacttijd, ongewenste (gezondheids)effecten.

De combinatie van de genoemde eigenschappen maakt dat de gechloreerde koolwaterstoffen voor het milieu een bijzonder bedreigende groep stoffen is. Daarnaast geldt, dat de grote chemisch verscheidenheid en gedrags- en effectverschillen van de stoffen in de bodem veel onderzoek vergen om alle relevante eigenschappen in kaart te brengen. Er is over deze groep stoffen in de bodem relatief weinig bekend.

Het is niet zinvol om op deze plaats al nader in te gaan op het gedrag van gechloreerde koolwaterstoffen in de bodem. Voor specifieke informatie op chemisch-toxicologisch gebied kan hier worden verwezen naar ingangsliteratuur (bijv. VERSCHUEREN, 1983).

Het aantal verschillende typen gechloreerde koolwaterstoffen dat vanaf de jaren vijftig inmiddels is gesynthetiseerd, bedraagt duizenden en groeit nog steeds. Inmiddels zijn er ook stoffen verboden voor productie en/of gebruik. Aan nieuwe stoffen worden strengere produkt-eisen gesteld m.b.t. veiligheid, toxiciteit e.d. Niet alle mogelijke milieueffecten werden in het recente verleden bij een beoordeling meegenomen (bijv. de uitspoeling naar het grondwater).

In de praktijk blijkt, dat in veruit de meeste situaties waarin gehalogeneerde koolwaterstoffen ter sprake komen, chloor de halogene component is. Dat blijkt ook uit de 'zwarte lijst' (TWEEDE KAMER, 1985). Dit gegeven rechtvaardigt een globale vertaling van gegevens van 'gehalogeneerde' koolwaterstoffen naar 'gechloreerde' koolwaterstoffen.

Gechloreerde koolwaterstoffen worden in de chemische industrie geproduceerd als grondstof, hulpstof en/of tussenprodukt voor specifieke toepassingen (kunststoffen, oplosmiddelen e.d.). Wanneer deze producten 'afgewerkt' zijn en als afvalstof beschikbaar komen, vallen ze doorgaans in de categorie 'chemisch afval'. Enkele produktiecijfers worden gegeven in Tabel 1.

Tabel 1. Produktiecijfers (ton/jaar) van een aantal gechloreerde organische verbindingen in de E.G. en Nederland (Bronnen: V.D. PUTTE et al, 1986, en ANONYMUS).

stof	Europese gemeenschap	Nederland
1,1-dichloorethaan	40 000	geen
1,2-dichloorethaan	9 000 000	840 000
1,1,2-trichloorethaan	80 000 ¹⁾	²⁾
1,2-dichloorpropaan	70 000	1 300
(2,3-)dichloorpropeen	4 000 - 6 000 ¹⁾	470
vinylchloride(chlooretheen)	6 000 000	720 000
1,1-dichlooretheen	130 000	12 000
1,2-dichlooretheen	geen	geen
1,1,2-trichlooretheen	160 000	4 000 ³⁾
tetrachlooretheen	530 000	15 000
chloorbenzeen	70 000 ¹⁾	²⁾
o,p-dichloorbenzeen	25 000 ¹⁾	²⁾
2,4-dichloorfenol	25 000	²⁾
2,4,5-trichloorfenol	1 000	geen
2,4,6-trichloorfenol	500	geen
pentachloorfenol	8 500	30 - 40 ³⁾
dieldrin	1 000 - 3 000 ¹⁾	²⁾
endrin	1 000 ¹⁾	²⁾
aldrin	2 800 ¹⁾	²⁾
hexachloorcyclohexaan	18 000 ¹⁾	²⁾
PCB's	2 000 - 4 000 ¹⁾	²⁾
DDT	1 000 - 10 000 ¹⁾	²⁾

1) oude, wellicht verouderde cijfers

2) onbekend

3) import

Door POLS (1986) wordt een overzicht gegeven van de herkomst van de gechloreerde koolwaterstoffen die opgenomen zijn in 'Lijst I' van de E.G. (zie hoofdstuk 2.3). Daaruit blijkt bijvoorbeeld, dat binnen Europa alleen nog drins worden geproduceerd in Nederland.

Ook komen gechloreerde koolwaterstoffen in relatief grote hoeveelheden direkt vrij als ongewenst bijprodukt - dat als afval moet worden gekenmerkt - bij diverse produktieprocessen (m.n. in de chemische industrie, metaal- en oppervlaktebewerkingsindustrie, verfindustrie en vatenspoelerijen).

Voor een aantal stoffen is in Tabel 2 de herkomst per bedrijfstak weergegeven.

Tabel 2. Het vóórkomen van gechloreerde koolwaterstoffen, per bedrijfstak, gebaseerd op input-, produkt- en afvalstromen (naar IWACO, in P.W.S. UTRECHT, 1987).

Bedrijfstak	Gechlor. bestrijdings- middelen	Oplos- en impregneermiddelen			
		Alif.	Cycl.	Polycycl.	Overig
ldbw/viss excl.int.veeh.	x				
houtconserverings-ind.			x	x	
overige houtindustrie			x	x	
grafische industrie		x			
kunstharsenindustrie		x	x		x
verfindustrie		x	x	x	x
chem.grondstoffen-ind.		x	x		x
zeep, geneesm. & chem.					
bestrijdingsm.-ind.	x	x	x	x	x
overige chem.prod.-ind.		x		x	x
rubber- & kunstst.verw.		x		x	x
metaalopp.behand.bedr.		x			x
metaalprod. & mach.ind.		x			x
electrotechnische ind.		x		x	
optische/edelmet.-ind.		x			
electr./gasdistrib.bedr.				x	
bouwnijverheid			x		x
handel in bestr.midd.	x				
handel in ov.chemicaliën		x	x	x	x
reparatiebedrijven		x			x
transportbedrijven				x	
reinigingsbedrijven	x				
ongediertebestr.bedr.	x				
chemische waterrijen		x			

In Tabel 3 is aangegeven welke chloorkoolwaterstoffen nog steeds in afvalwater van verschillende bedrijfstakken worden aangetroffen. Hieruit blijkt dat chloorfenolen, trichloormethaan en tetrachloormethaan veelvuldig voorkomen. In een aantal gevallen is nader onderzoek nodig om duidelijkheid te krijgen in de reden van aanwezigheid van die stoffen. DBW/RIZA is hier recent mee begonnen. Mogelijke oorzaken zouden de aanwezigheid van de gechloreerde koolwaterstoffen in (geïmporteerde) grondstoffen en/of halffabrikaten, of in ingenomen water kunnen zijn (STARKENBURG & VAN LUIN, 1987).

Omdat het besef en de techniek betreffende een milieuveilige omgang met en verwerking van deze (afval)stoffen in het verleden niet bestond, is er veel van dit type afval in het milieu terechtgekomen, zowel op onbeschermd (legale) stortplaatsen als op (illegale) dumpplaatsen. Dit heeft geleid tot 'lokale verontreinigingen'. Deze verontreinigde lokaties wachten nu op sanering. Ook door het opbrengen van verontreinigd slib en baggerspecie op schone grond (voor ophoging, structuurverbetering e.d.) zijn lokaties verontreinigd geraakt. Waterbodems zijn vervuild geraakt door lozingen van afval(water). Daarnaast treedt er ook een 'diffuse verontreiniging' op, door gebruik van gechloreerde bestrijdingsmiddelen in de land- en tuinbouw, maar ook langs andere wegen. Op de verschillende verschijningsvormen van de genoemde verontreinigingen zal nader worden ingegaan in hoofdstuk 2.2.

Tabel 3. De aanwezigheid van gechloreerde koolwaterstoffen in afvalwater, per bedrijfstak. Voorspelling op basis van onderzoeks- en produktiegegevens (naar STARKENBURG & VAN LUIN, 1987).
(x = aanwezig of te verwachten)

Bedrijfs- tak	Drins	PCB	Penta- chloor- fenol	Tri- chloor- fenol	Mono- chloor- benzeen	Hexa- chloor- benzeen	Tri- chloor- methaan	Tetra- chloor- methaan
kunstvezel-ind.			x					x
textiel-ind. x	x	x	x	x		x	x	x
galvan. ind.			x	x		x	x	x
fotogr. lab.			x	x				x
afvalst.verw.	x	x	x	x	x		x	x
rubber-ind. x	x	x	x		x	x	x	x
impregn.bedr.x			x	x	x			x
verfstof.ind.			x	x	x	x	x	x
kleurst.ind. x	x	x	x	x		x	x	x
vet-ind.		x	x	x	x	x	x	x
zuivel-ind. x			x	x		x	x	x
wasserijen			x	x	x	x	x	x
papier-ind.		x	x	x			x	x
slachthuis			x	x		x	x	x
leder-ind.			x	x				x
frisdr.ind.			x	x			x	x
suiker-ind.								x
zetmeel-ind.			x	x		x	x	x
conserven-ind.			x	x			x	x
ziekenhuis			x	x			x	x
zeep-ind. x	x	x	x	x			x	x
scheepsmotoren		x	x		x			x
vuilverbr.inst.			x	x			x	x
bierbrouwerij			x	x			x	x
diepdrukkerij			x					

Nieuwe gevallen van verontreiniging van lokale aard zijn voor de toekomst zeker niet uit te sluiten (zie Tabel 4), terwijl diffuse verontreiniging vooralsnog geen halt kan worden toegeroepen.

Tabel 4. De kans op het aantreffen van bodemverontreiniging per bedrijfstak (naar GRONTMIJ, in P.W.S. UTRECHT, 1987).

Bedrijfstak	Gechlor. oplosm.	PCB's/ PCT's	Bestrijdings- middelen
textiel	++	(++)	+
hout en papier	++	(++)	+
grafisch	+	(++)	
chemisch	+	(++)	++
rubber/kunststof	++	(+)	
metaal	++	+	
instrumenten	+		
energie		(+)	
handel	+	+	+
ziekenhuizen, lab's	+		
reiniging, ontsmetting	+++		++
tuinbouw, hoveniers			++

() = haakjes geven mogelijke toepassing vóór 1970 aan
hoe meer kruisjes, hoe groter kans op bodemverontreiniging (arbitrair)

In Bijlage 3 zijn de officiële chemische namen van stoffen vermeld, die in Bijlagen 1 en 2 worden gepresenteerd.

2.2. Aard en omvang van de verontreiniging

2.2.1. Lokale verontreinigingen; bodemsaneringsgevallen

Vanwege de Interimwet Bodemsanering staan in Nederland (volgens inventarisatie van najaar 1986) 227 gevallen reeds op de lijst van voor het jaar 2010 te saneren lokaties. In Tabel 5 is aangegeven het officieel reeds vastgelegde aantal te saneren gevallen niet-vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen, in verhouding tot het aantal te saneren gevallen met organische verontreinigingen, en tot het totale aantal te saneren lokaties. De verdeling van de verontreinigingstypen in deze tabel wordt in dit onderzoek als representatief beschouwd.

Tabel 5. Te saneren gevallen met niet-vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen in verhouding tot te saneren gevallen met organische verontreinigingen, en in verhouding tot het totale aantal te saneren lokaties tot 2010.
 (afgeleid uit V.D. WILDENBERG, 1986)

	Aantal lokaties	Hoeveelheid grond		
		(m ³)	(%)	(%)
Totaal sanerings- operatie	232	1 674 634	100	-
- Totaal organische verontreinigingen	115	662 907	40	100
- Niet-vluchtige gehalogeneerde koolwaterstoffen	11	229 814	14	35
- Vluchtige gehalog. koolwaterstoffen	8	26 526	1.5	4
- Poly-aromatische koolwaterstoffen	68	295 396	18	44
- Aromaten, benzine, olie	28	111 171	6.5	17

KOSTER & WILS (1985) spreken van 6000 verontreinigingslokaties, die gesaneerd zouden moeten worden. Als ongeveer 1500 lokaties tot het jaar 2000 aangepakt zouden kunnen worden, dan zou het gaan om 13 miljoen m³ grond. Van dat volume zou 2.16 miljoen m³, verontreinigd met organische verbindingen, in principe langs biologische weg gesaneerd kunnen worden. Het aandeel van gechloreerde koolwaterstoffen zou 510 000 m³ bedragen, waarvan 340 000 niet-vluchtig en 170 000 wél vluchtig van aard. Dit zijn aanzienlijk hogere cijfers dan in Tabel 5.

Het volume te saneren grond met organische verontreinigingen is volgens V.D. WILDENBERG (1986) 40% van het totaalvolume te saneren grond. Volgens KOSTER & WILS (1985) is dit 17%. Binnen deze groep blijken vervolgens de gehalogeneerde koolwaterstoffen een belangrijke contribuant te zijn: 39% van het te saneren volume 'organisch verontreinigd'. Volgens KOSTER & WILS (1985) is dit 24%. Dit aandeel rechtvaardigt een specifieke aandacht voor saneringsmogelijkheden van bodems met organische verontreinigingen. Op geschikte saneringstechnieken zal in hoofdstuk 4 worden ingegaan.

2.2.2. Diffusere vormen van verontreiniging

Ook op diffusere wijze komen gechloreerde koolwaterstoffen in het milieu terecht. Dit blijkt ondermeer uit gegevens van 'natuurlijke achtergrondgehalten', zoals weergegeven in Tabellen 6 en 7. Het gaat vooral om bestrijdingsmiddelen op organochloor-basis, vrijkomend door gebruik in de land- en tuinbouw, maar indirect ook door gebruik buiten de agrarische sector, alsmede om (industriële) atmosferische emissies. Uit de tabellen blijkt tevens welke gechloreerde koolwaterstoffen bij deze vorm van verontreiniging met name de probleemstoffen vormen.

De meest gebruikte bestrijdingsmiddelen zijn grondontsmettingsmiddelen: circa 60% van alle pesticidegebruik ofwel circa 10 miljoen kg actieve stof per jaar. Dit cijfer lijkt vooralsnog tamelijk constant te blijven (JANSEN, 1987).

55 à 60% van de bestrijdingsmiddelen wordt ingezet op circa 19% van het areaal cultuurgrond (JANSEN, 1987), vooral in de aardappel-teelt, de bollenteelt en de teelt in kassen. Een belangrijk aandeel in bestrijdingsmiddelen wordt gevormd door de stoffen op organochloor-basis. Naast grondontsmettingsmiddelen (c.q. bodemfungiciden en fumigantia) zijn in dit verband ook insecticiden en herbiciden van belang (zie Bijlagen 1 en 2). Naar schatting 20 à 50% van het bestrijdingsmiddelengebruik in groente- en fruitteelt heeft overigens een 'cosmetisch' karakter (REIJNDERS, 1984).

Bij onjuist gebruik of 'ongelukjes' kwamen/komen er meestal lokaal teveel bestrijdingsmiddelen direct in de bodem (overdosering); er treedt dan accumulatie op, met alle gevolgen van dien.

Tabel 6. 'Natuurlijke' achtergrondgehalten van enkele gechloreerde koolwaterstoffen in de bovenste 10 cm van bodems in Nederland (naar EDELMAN, 1984), in vergelijking met de A-waarde uit de toetsingstabel (V.R.O.M., 1983). Concentraties in µg/kg grond.

Gechloreerde koolwaterstof	90% range	Hoogste aangetroffen achtergrondgehalte	A-waarde (referentie-w. toetsingstab.)
alfa- HCH	< 1 - < 10	73	100
gamma-HCH	< 1	44	100
hexachloorbenzeen	< 1 - < 20	76	100
heptachloorepoxide	< 1 - < 20	30	100
dieldrin	< 1 - < 20	30	100
endrin	< 1 - < 20	20	100
DDT	< 1	24	100
DDE	< 1 - < 10	21	100
organo-chloor (totaal)			100
2,4 - dichloorfenol	< 0.5 - < 5	18	10
2,4,6 - trichloorfenol	< 0.2 - < 1	2.7	10
pentachloorfenol	< 0.2 - < 1	4.4	10
chloorfenolen (totaal)			10

Tabel 7. 'Natuurlijke' achtergrondgehalten van gechloreerde koolwaterstoffen (uitgedrukt in somparameter EOC1) in de bovenste 10 cm van verschillende bodemtypes in Nederland (naar EDELMAN, 1984). Concentraties in mg/kg grond.

Bodemtype	Aangetroffen range in achtergrondgehalten
zand	0.4 - 4.2
zavel / leem	0.8 - 2.6
klei	2.1 - 2.6
kleiveen	2.1 - 5.0
veen	2.1 - 11
(A-waarde toetsingstabel:	0.1)

Ook buiten de land- en tuinbouw worden grote hoeveelheden bestrijdingsmiddelen gebruikt (DORTLAND, 1987), al zijn er minder verschillende stoffen in het spel. Men denke aan toepassing in de vorm van houtverduurzamingsmiddelen, desinfectantia in de industrie en horeca, in de gezondheidszorg, als koel- en proceswaterbiociden, als schimmelwerende middelen in de textielindustrie etc. Hoe deze in het milieu terecht komen, is afhankelijk van de toepassing. Zowel bij de productie, als bij de toepassing of in het afvalstadium kan de verontreiniging optreden, diffuus of lokaal.

Het gebruik van stoffen als aldrin, dieldrin, heptachloor, hexachloorbenzeen en DDT's is inmiddels verboden, maar deze stoffen zullen nog lang hun sporen in het milieu nalaten (zie ook Tabel 3): door het accumulatie-effect worden dergelijke stoffen in vrijwel alle voedingsmiddelen aangetroffen, en inmiddels zelfs ook in moedermelk; chloorkoolwaterstoffen die door de grote rivieren en lozingen worden aangevoerd zijn vermoedelijk verantwoordelijk voor de terugloop van het bestand aan zeehonden in het Waddengebied (REIJNDERS, 1984).

Momenteel worden nog 300 stoffen toegelaten als bestrijdingsmiddel; hiervan staan er echter 33 op de 'zwarte lijst' (bijlage 1) (JANSEN, 1987).

(Diffuse) accumulatie van gechloreerde koolwaterstoffen in de bodem is overigens niet een specifiek Nederlands probleem, getuige bijv. onderzoeksresultaten van MAURER et al. (1984): in bijna alle Oostenrijkse landbouwgronden worden HCH's en drins aangetroffen.

Recente problemen met bestrijdingsmiddelen zijn het gevolg van toenemende resistentie, fytotoxiciteit, en de vorming van 'gebonden residuen'. Dit zijn residuen die na uitputtende extractie van planten of grond met polaire en apolaire oplosmiddelen in het onoplosbare deel achterblijven. Ze ontstaan veelal doordat bestrijdingsmiddelen of metaboliëten daarvan ingebouwd worden in lignine of humus. Het is nog onduidelijk of grond-gebonden residuen op den duur weer kunnen vrijkomen en of ze biologisch beschikbaar zijn voor planten en organismen (VONK, 1987).

Mobiele gechloreerde koolwaterstoffen kunnen uitspoelen naar het grondwater, en/of afspoelen naar het oppervlaktewater (JANSEN, 1987). Op vele plaatsen (met name in de omgeving van oude stortplaatsen) worden hoge concentraties van deze stoffen in het grondwater aangetroffen. In de eerste plaats betreft het de meest mobiele stoffen zoals di- en trichloormethaan, di- en trichlooretheen, trichloorfenol.

Recent zijn enkele voorbeelden van actuele problemen gemeld door drinkwaterleidingbedrijven in Drenthe, waar in waterwingebieden al gehalten tot 10 µg/l van 1,2-dichloorpropaan zijn aangetroffen; dit is 100 maal de maximaal toelaatbare waarde (HOOGSTEEN, 1986). In de provincie Utrecht (Soestduinen) is een te hoog gehalte aan trichlooretheen in het grondwater (dat als drinkwater gebruikt moet worden) aangetroffen (N.R.C., 1987). Ook in wingebied Montferland van de Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland zijn concentraties boven 20 µg/l aangetroffen (F.G. MULDER, Waterleidingsmaatschappij Oostelijk Gelderland; pers. meded.).

Ook stoffen die als vervanging voor inmiddels verboden bestrijdingsmiddelen worden gebruikt - eveneens gechloreerde koolwaterstoffen - blijken milieugevaarlijker te zijn dan was verwacht (endosulfan i.p.v. endrin; lindaan i.p.v. drins) (STARKENBURG & V. LUIN, 1987). Voor waterleidingmaatschappijen vormen bestrijdingsmiddelen, naast de problemen met nitraat, een zorgwekkend aandachtsveld voor de nabije toekomst (MULDER, pers. meded.).

2.2.3. Verontreinigde waterbodems; slibverwerking

Naast lokale verontreinigingen die ontstaan zijn doordat gechloreerde koolwaterstoffen ter plaatse in contact met de bodem kwamen, zijn er ook problemen ontstaan door het opbrengen van verontreinigde grond op schone grond, in de vorm van slib c.q. baggerspecie. Dergelijk verontreinigd slib is afkomstig uit havens en rivieren, maar ook uit regionale watersystemen waar deze stoffen in terecht zijn gekomen en gesedimenteerd/geadsorbeerd. Ook uit zuiveringsinstallaties is veel slib met gechloreerde stoffen afkomstig.

Tot voor kort werd dit slib nog afgezet in de landbouw, en werden er terreinen mee opgehoogd. De gevolgen van een dergelijke maatregel worden geïllustreerd in Tabel 8, aan de hand van het bekendste geval: de Broekpolder. Doordat een aantal stoffen de C-waarde uit de toetsingstabel overschrijden (zie Tabel 9), is deze grond voor veel functies onbruikbaar geworden.

Tabel 8. Maximum concentratie en mediaanwaarden (mg/kg droge stof) aan gechloreerde koolwaterstoffen en EOC1 in opgespoten havensediment in de Broekpolder (vak 7) (naar WEGMAN, 1981)

Stof:	HCB*)		aldrin	dieldrin	endrin	isodrin	C-601*)	C-773*)	EOC1*)
Max.:	1.5	15	40		23	58	1.8	11	168
Med.:	0.40	6.8	18		12	33	0.68	6.9	106
n:	25	25	25		25	25	7	15	15

*) HCB = hexachloorbenzeen

C-601 = 1,2,3,4,7,7-hexachloorbicyclo[2,2,1] heptadien-2,5

C-773 = 1,2,3,4,5,6,7-heptachloorbicyclo [2,2,1] hepteen-2

(bijprodukten van synthese van drins)

EOC1 = somparameter

Slib en waterbodems zijn een grote zorg voor de nabije toekomst, vooral ook omdat het slib nog langdurig vervuild blijft na het nemen van maatregelen. Dit slib kan verwijderd worden door uitbaggeren, maar het probleem verplaatst zich dan met de vraag hoe dit verontreinigd slib moet worden opgeslagen.

Het gaat om enorme hoeveelheden. In de benedenlopen van de grote rivieren heeft zich de afgelopen 30 jaar reeds circa 100 miljoen m³ ernstig verontreinigd slib afgezet, waarin circa 1000 ton gechloreerde koolwaterstoffen zijn geaccumuleerd (MINISTERIE VAN VERKEER EN WATER-STAAT, 1986). Daarnaast behoeven ook de zware metalen in het slib de aandacht. Ook bij de regionale wateren speelt dit probleem, waarvan de omvang momenteel becijferd wordt. Over het effect van deze verontreinigingen op de grondwaterkwaliteit is nog weinig bekend. Wel is reeds gebleken, dat oeverdrinkwaterwinning hierdoor ernstig bedreigd wordt (KELLER & V.D. MEER, 1983).

Het gebruik van verontreinigd slib is reeds aan restricties gebonden. Het zal echter 'ergens heen moeten'. De 'Slufter' op de Maasvlakte is in principe bestemd als deponie voor het meest verontreinigde slib uit de Rotterdamse havens. Voor de verwerking en/of berging van verontreinigde baggerspecie en zuiveringsslib van andere herkomst is nog geen bevredigende oplossing gevonden. Het beleid hieromtrent moet nog nader worden ontwikkeld. De Interimwet Bodemsanering alsmede de Wet Bodembescherming zijn eveneens van toepassing op de waterbodemproblematiek.

2.3. Beleid en normstelling

2.3.1. Inleiding

Het Nederlandse milieubeleid is geformuleerd langs twee sporen: effectgericht en brongericht beleid. Tussen deze twee sporen kunnen dwarsverbanden worden gelegd vanuit verschillende invalshoeken.

Het *e f f e c t g e r i c h t* beleid moet duidelijk maken aan welke kwaliteit het milieu moet voldoen (normen, kwaliteitseisen), en welke taakstellingen hieruit voortvloeien voor verschillende doelgroepen. Invalshoeken die veel worden gehanteerd bij deze effectgerichte benadering, zijn te karakteriseren met de trefwoorden 'stoffen', 'gebieden' en 'compartimenten'.

Het *b r o n g e r i c h t* beleid moet duidelijk maken hoe het gedrag van de doelgroepen zal worden 'bijgestuurd' (maatregelen), uitgaande van geformuleerde milieukwaliteitsdoelstellingen en taakstellingen. Invalshoeken hierbij: 'doelgroepen', 'produkten' en 'grensoverschrijdende bronnen'.

Er bestaan 27 wetten die voor het bodemmilieubeleid direct van belang zijn (C.B.S., 1986). Uit dit aantal blijkt dat de bodem betrokken is bij zeer veel verschillende maatschappelijke activiteiten, functies en belangen.

Hoe het beleid van toepassing is op het probleem van gechloreerde koolwaterstoffen, zal nu worden aangegeven.

2.3.2. Effectgericht beleid

Het bodembeschermingsbeleid is in de eerste plaats effectgericht. Een belangrijk 'tastbaar' doel in dit effectgericht beleid is 'het multifunctioneel houden van de bodem'. Voorkomen moet worden, dat in de toekomst de bodem verder/opnieuw aangetast wordt. Het huidige gebruik van de bodem mag de aan de bodem toegekende functies (en daarmee samenhangende gebruiksmogelijkheden die afhankelijk van de natuurlijke bodemgesteldheid aanwezig zijn) niet onomkeerbaar of onherstelbaar aantasten (V.T.C.B., 1986).

Vooruitlopend op een geïntegreerde beleidsaanpak en dito normstelling moest (en moet nu nog) met een 'ad hoc'-normstelling worden gewerkt, die dan ook vooral effectgericht is.

De aanpak van de bodemsanering werd aanvankelijk geregeld in de Interimwet Bodemsanering (IBS), die, uit pragmatische overwegingen, vooruitliep op de Wet Bodembescherming (een kaderwet). Inmiddels is opname in de Wet Bodembescherming een feit. Bij de afweging of een bodem gesaneerd moet worden, en met welke prioriteit, spelen indicatieve richtwaarden een belangrijke, maar niet de enige rol. Ook de bestemming van de grond/gebied is bij die afweging van belang, als mede de verspreidingskansen van de stoffen naar de omgeving.

Indicatieve richtwaarden voor gechloreerde koolwaterstoffen in de bodem zijn weergegeven in Tabel 9. Ter vergelijking zijn in deze tabel ook de grenswaarden uit de Wet Chemische Afvalstoffen (WCA) voor deze stoffen weergegeven.

De gechloreerde koolwaterstoffen vormen in de toetsingstabel een specifieke categorie. Echter, ook in de categorie 'bestrijdingsmiddelen' komen gechloreerde koolwaterstoffen voor. De richtwaarden behoren, samen met die voor de PCK's en aromaten, tot de strengste van de tabel.

Tabel 9. Indicatieve richtwaarden voor gechloreerde koolwaterstoffen in grond en slib, uit de Interimwet Bodemsanering. De "Toetsingstabel". Eenheid: mg/kg droge stof. Bronnen: V.R.O.M. (1983) en WET CHEMISCHE AFVALSTOFFEN (1985)

Richtwaarde:		A Referen- tie waarde	B Toetsingswaarden nader/sanerings- onderzoek	C	Grens- waarde volgens WCA
alifatische chloor-kwst (indiv.)		0.1	5	50	
alifatische chloor-kwst (totaal)		0.1	7	70	
chloorbenzenen	(indiv.)	0.05	1	10	5000
chloorbenzenen	(totaal)	0.05	2	20	
chloorfenolen	(indiv.)	0.01	0.5	5	
chloorfenolen	(totaal)	0.01	1	10	
chloorpck's	(totaal)	0.05	1	10	50
PCB's	(totaal)	0.05	1	10	
EOCl	(totaal)	0.1	8	80	n.v.t.
bestrijdingsmiddelen:					
- org.chloor-	(indiv.)	0.1	0.5	5	
- org.chloor-	(totaal)	0.1	1	10	50-5000
- pesticiden	(totaal)	0.1	2	20	

Ook vanuit andere beleidssectoren zijn richtlijnen of normen t.a.v. concentraties van gechloreerde koolwaterstoffen in de bodem ontwikkeld. Daarbij wordt ook rekening gehouden met diffuse verontreiniging

door deze stoffen. Een voorbeeld hiervan zijn de signaalwaarden van gechloreerde koolwaterstoffen in de bodem in verband met de maximale concentraties die door vee en in land- en tuinbouwgewassen mogen worden opgenomen (LANDBOUWADVIESCOMMISSIE MILIEUKRITISCHE STOFFEN, 1986).

Sommige stoffen overschrijden in de praktijk meer dan andere de opgestelde 'residutoleranties' van dierlijke en/of plantaardige producten. HCH's, drins, PCB's, alsmede DDT, chloordaan en hexachloorbenzeen zijn daarin koplopers (C.B.S., 1986). In verband hiermee werden de genoemde signaalwaarden geformuleerd, waarop hier niet nader wordt ingegaan.

Vanwege het reële risico dat gechloreerde koolwaterstoffen ook in het grondwater, en uiteindelijk daardoor ook in het drinkwater terecht kunnen komen (zie par. 2.2.2), zijn er ook kwaliteitseisen geformuleerd m.b.t. gechloreerde koolwaterstoffen in drinkwater.

Voor "organochloorpesticiden en hun isomeren, () alsmede voor polyhalogene bi- en trifenylen (PCB's e.d.)" is de maximale waarde die in het drinkwater aanwezig mag zijn:

- 0.1 µg/l per afzonderlijke stof;
- 0.5 µg/l voor het totaal aan deze stoffen.

Voor "alle overige gehalogeneerde koolwaterstoffen, geen pesticiden zijnde", is de maximale waarde 1 µg/l per afzonderlijke stof (WATERLEIDINGSBESLUIT, zie N.R.L.O., 1985).

2.3.3. Brongericht beleid

Het bodembeschermingsbeleid met betrekking tot gechloreerde koolwaterstoffen wordt ondersteund door het afvalstoffenbeleid, en door het beleid t.a.v. de verspreiding van milieugevaarlijke stoffen.

Het afvalstoffenbeleid is in principe gericht op preventie: voorkomen dat het (chemisch) afval ontstaat, en voorkomen dat eenmaal ontstane afvalstoffen door een onjuiste behandeling schade toebrengen aan het milieu.

Volgens de WET CHEMISCHE AFVALSTOFFEN (1985) worden de volgende gehalloreerde koolwaterstoffen gerekend tot de zwaarste categorie chemisch afval, bij een gehalte van 50 mg/kg of hoger (=klasse A):
'gehalogeneerde koppels van aromatische ringen, zoals polychloorbifenylen (PCB), polychloorterfenylen (PCT) en derivaten daarvan'.
Overige 'organische halogeenverbindingen' behoren tot klasse B-I; hier is sprake van chemisch afval indien het gehalte 5000 mg/kg of hoger is.

Het moge duidelijk zijn dat gechlloreerde koolwaterstoffen tevens worden gerekend tot de milieugevaarlijke stoffen.

Voor het terugdringen van de verspreiding van deze stoffen (bronggericht beleid) is de volgende aanzet van toepassing. De stoffen die de belangrijkste milieuproblemen veroorzaken komen op een lijst van 'prioritaire stoffen' (zie Tabel 10). Selectie vindt plaats op basis van de volgende stofeigenschappen (CORNET, 1987):

- effectparameters: carcinogeniteit, mutageniteit, zoogdiertoxiciteit en aquatische toxiciteit;
- parameters voor blootstelling: produktievolume, bioconcentratie, verdeling over de compartimenten, afbraaksnelheid in de compartimenten en wijze van gebruik.

De gehalogeneerde koolwaterstoffen nemen circa een derde van het aantal stoffen op de gehele prioritaire-stoffenlijst voor hun rekening. Voor deze stoffen wordt een technisch-wetenschappelijk document opgesteld met alle voor het milieubeleid relevante aspecten: het basisdocument.

Een basisdocument wordt niet opgesteld voor stoffen waarvoor al eerder een toereikend bronggericht beleid was geformuleerd, zoals voor PCB's. Het opstellen van de basisdocumenten duurt langer dan was voorzien, zoals ook blijkt uit Tabel 10.

Tabel 10. Lijst van prioritaire stoffen, onderdeel gehalogeneerde organische verbindingen (bron: CORNET, 1987)

Stoffen	Basisdocument gereed	Stof vluchtig
1. gehalogeneerde aromaten		
- chlooranilines		
- chloorbenzenen		x
- chloorfenolen		
- dioxinen		
- PCB's en PCT's		
2. overige gehalogeneerde verbindingen		
- chloorfluorkoolwaterstoffen ('drijfgassen')		x
- 1,2-dichloormethaan	x	x
- hexachloorcyclohexaan	x	
- methylbromide		x
- tetrachlooretheen		x
- tetrachloormethaan		x
- trichlooretheen		x
- trichloormethaan (chloroform)		x

Er is ook een lijst van 'zwarte stoffen' opgesteld (TWEEDE KAMER, 1985). Zwarte stoffen worden geselecteerd op grond van 'nadelige eigenschappen'. Voor deze stoffen geldt, dat gestreefd wordt naar een zo laag mogelijke emissie door het toepassen van zogenaamde best bestaande technieken (CORNET, 1987). De zwarte lijst is langer dan de lijst van prioritaire stoffen. Het aandeel van gechloreerde koolwaterstoffen op de zwarte lijst is aanzienlijk (zie bijlage 1).

Ook in EG-verband zijn stoffenlijsten opgesteld. In lijst I, die de hoogste prioriteit heeft, behoren 95 van de 129 stoffen tot de gechloreerde koolwaterstoffen (zie POLS, 1986).

De gechloreerde koolwaterstoffen komen merendeels ook voor op de lijst van 'priority pollutants' van de Environmental Protection Agency (EPA) in de Verenigde Staten (V.D. PUTTE et al., 1986).

De zwarte lijst, de prioritaire lijst en het basisdocument zijn eerste aanzetten voor een brongericht beleid, om de doelstelling van een multifunctionele bodem mede te kunnen verwezenlijken. Vanuit het stimuleringsprogramma 'Schone technologie' zijn ondersteunende technische ontwikkelingen mogelijk.

2.3.4. Recente ontwikkelingen

Het uitgangspunt van de Wet Bodemscherming is, zoals reeds aangegeven, dat de multifunctionaliteit van de bodem in principe richtinggevend is voor de bodemkwaliteit die moet worden nagestreefd.

Daarbij is uiteindelijk een geïntegreerde getalsmatige invulling van kwaliteitseisen noodzakelijk. Een dergelijke aanpak is van belang bij de sanering van verontreinigde bodems, maar ook in verband met de opstelling van produkteisen voor bijv. toepassing op of in de bodem van grond, afkomstig van grondreinigingsinstallaties en van bagger, en voor grond die ontstaat bij de verwerking van zuiveringsslib tot zwarte grond. Een aanzet tot een dergelijke geïntegreerde kwantificering wordt gegeven door de V.T.C.B. (1986); er is een (voorlopig) kader geformuleerd voor referentiewaarden voor de bodemkwaliteit.

Belangrijke criteria bij de keuze van parameters voor deze getalsmatige beschrijving van multifunctionele bodemkwaliteit, zijn de toxiciteit, accumulatie in landbouwgewassen en natuurlijke voedselketens, slechte afbreekbaarheid en mogelijke uitspoeling naar het grondwater. Hierin komen de verschillende bodemfuncties impliciet weer tot uitdrukking.

Deze benadering moet leiden tot een keuze van referentiewaarden waarbij differentiatie naar bodemeigenschappen volgens een continu-systeem uitgangspunt is: een systeem waarbij waarden voor één grondsoort worden gegeven (de standaardbodem), met daarbij een aantal vereenvoudigde

formules om waarden van de standaardbodem aan de lokale situatie aan te passen. Voor organische verontreinigingen wordt dan uitgegaan van een sleutelrol van de fractie organische stof ('O.S.-factor').

De standaardbodem bevat 10 % organische stof, vanwaaruit naar afwijkende gehalten in ander bodems lineair kan worden geëxtrapoleerd. Voor de vloeibare fase wordt verwezen naar het Waterleidingsbesluit 1984. Voor de vaste fase zijn geen waarden gegeven voor stoffen waarvan (op grond van verdelings-evenwicht-berekeningen) bij gangbare bepalingsmethoden nauwelijks detecteerbare hoeveelheden te verwachten zijn bij concentraties in het grondwater lager of gelijk aan de normen uit het Waterleidingsbesluit.

Een bodem die niet voldoet aan de (voorlopige) referentiewaarden is als niet-multifunctioneel te beschouwen. Daarbij wordt aangetekend dat ten aanzien van het algemeen beschermingsniveau uitgegaan kan worden van een acceptabele tijdelijke overschrijding van het niveau, waarbij een herstelperiode van 1 jaar haalbaar is (bijv. bij het toepassen van gechloreerde bestrijdingsmiddelen) (V.T.C.B., 1986).

Voor gehalogeneerde koolwaterstoffen in een standaardbodem zijn in Tabel 11 de (voorlopige) referentiewaarden aangegeven. Opvallend is, dat deze (concept-)lijst afwijkt van de andere lijsten die ter sprake kwamen.

Bodemkwaliteitseisen in de zin van grens-, streef- en richtwaarden, zullen voor het effectgerichte beleid nader moeten worden ontwikkeld, na onderbouwing door de basisdocumenten.

Ook voor het formuleren van brongerichte eisen is een getalsmatige uitwerking van de bodemkwaliteit van belang (V.T.C.B., 1986).

Voor puntbronnen zijn vooral de IBC-criteria van toepassing.

Voor diffuse bronnen is er een directe relatie met de gewenste bodemkwaliteit, zodat er brongerichte eisen kunnen worden gaan gesteld. Op basis van de op te stellen basisdocumenten worden kwaliteitsdoelstellingen voor de stoffen geformuleerd, vanuit een risicobenadering.

wordt vervolgens een taakstelling gemaakt voor de verschillende doelgroepen (industrie, verkeer, landbouw etc.), die verder uitgewerkt wordt in het brongerichte beleid (CORNET, 1987).

Tabel 11. Concept-lijst van voorlopige refentiewaarden voor een multifunctionele bodem (Bron: V.T.C.B., 1986).
Voor de opgesomde gehalogeneerde koolwaterstoffen geldt, in een standaardbodem met 10% organische stof, een waarde van 10 µg/kg droge stof, en voor het totaal van de individuele stoffen een waarde van 20 µg/kg droge stof.

Beta- en gamma-Hexachloorcyclohexaan
Parathion (en -methyl), Disulfon
Hexachloorethaan
Hexachloorbutadieen
Heptachloor, Heptachloorepoxide
Dichloorbenzeen, Trichloorbenzeen, Tetrachloorbenzeen
Hexachloorbenzeen
Dichloornitrobenzenen
Tri- en pentachloorfenolen
Dichloorbenzidinen
Aldrin, Endrin, Dieldrin, Chloordaan, Endosulfan, Trifluralin,
Azinfos-ethyl
DDD, DDE, DDT
PCB's

Bij het (diffuus) toepassen van materialen en van afvalstoffen of daaruit vervaardigde produkten op en in de bodem (zoals zuiverings-slib, zwarte grond, grond uit reinigingsinstallaties e.d.), moet nog onderscheid worden gemaakt tussen materialen die eenmalig in grote hoeveelheden worden toegepast, en afvalstoffen die in lagere doseringen herhaald worden toegepast. Daarbij moet onder andere rekening gehouden worden met de aard van het organisch materiaal van de betreffende produkten.

Met betrekking tot de meeste gechloreerde koolwaterstoffen moet een brongerichte aanpak dus nog nader ontwikkeld worden.

2.4. Perspectief

2.4.1. Gecontroleerde verwerking

Naar schatting komt in Nederland nog jaarlijks circa 1 miljoen ton chemisch afval vrij. Ongeveer 30 000 ton hiervan bestaat uit gechloreerde koolwaterstoffen (TWEEDE KAMER, 1984), vooral afkomstig uit de chemische industrie, metaal- en oppervlaktebewerkingsindustrie, verfindustrie en vatenspoelerijen (zie par. 2.1). Het voorkomen van deze afvalproduktie wordt op middellange termijn niet of nauwelijks mogelijk geacht, in tegenstelling tot veel andere categorieën afvalstoffen. Ook met betrekking tot hergebruik van deze afvalstoffen zijn er nog maar weinig perspectieven (SPAANS, 1985). Deze opmerkingen zijn ook van toepassing op de verontreiniging van bagger- en zuiveringsslib met organochloorstoffen.

De afvalstroom van gechloreerde stoffen zal dus voorlopig niet kleiner worden. Dit betekent dat het gechloreerde organische afval dat jaarlijks blijft ontstaan, onschadelijk moet worden gemaakt, of verwijderd.

Voor vloeibare gechloreerde koolwater-afvalstoffen is verbranding bij hoge temperaturen hiertoe de enige mogelijkheid, waarbij overigens nog belangrijke problemen bestaan (m.n. het ontstaan van extreem toxische dioxinen en furanen (HUTZINGER ET AL., 1985)). Vaak vindt verbranding daarom plaats op verbrandingsschepen op open zee. Ook vindt export van het afval plaats (totaal-export van gechloreerde koolwaterstoffenhoudend afval: circa 28 000 ton per jaar; TWEEDE KAMER, 1984). Dergelijke verwerkingsmethoden stuiten echter op steeds meer bezwaren.

Voor vaste gechloreerde koolwater-afvalstoffen blijft vooralsnog op korte en middellange termijn als enige zekere mogelijkheid voor verwijdering over: het storten van het afval op stortplaatsen/deponiën welke hiervoor een vergunning hebben.

2.4.2. Kans op verontreiniging

Zoals al eerder gesteld, neemt de produktie van stoffen waarbij gechloreerde koolwaterstoffen worden gebruikt en/of geproduceerd, nog steeds toe. In de chemische industrie wordt een groot deel van de geproduceerde gechloreerde koolwaterstoffen gebruikt als grondstof of hulpstof voor verdere produktie van verbindingen met een brede maatschappelijke verspreiding en een groot scala van toepassingsgebieden. Ook het gebruik van bestrijdingsmiddelen zal voorlopig niet afnemen (JANSEN, 1987).

Het bekende rijtje van bodembedreigende handelingen met betrekking tot de omgang ('handling') met stoffen, is daarom voor de toekomst met name van toepassing op gechloreerde koolwaterstoffen:

- produktie
- opslag
- transport
- gebruik en/of verwerking
- berging/verwijdering

Elk van deze handelingen brengt een zeker milieu-risico met zich mee, waarvan genoeg voorbeelden uit de praktijk te vinden zijn (bijv. VOLKER, 1986). Beleidsmaatregelen kunnen aan de risico's weinig veranderen.

De in Tabel 1 weergegeven produktiehoeveelheden zijn vanzelfsprekend geen directe maat voor milieuverontreiniging, maar kunnen wel als indicatie voor het optreden van verliezen worden gezien. In schattingsmodellen wordt aangenomen dat de mate waarin verliezen optreden tijdens produktie, overslag, opslag en transport hoogstens enkele procenten per jaar bedraagt. Gezien de milieu-effecten van deze stoffen is dit echter nog een aanzienlijke hoeveelheid. Uit gegevens van C.B.S. (1986) blijkt, dat in de periode van 1980 t/m 1984 milieu-incidenten ('met nadelige gevolgen') met bestrijdingsmiddelen tot de meest geregistreerde gevallen behoren.

3. HET SANERINGBELEID IN DE PRAKTIJK

3.1. Kerndoelstelling bodemsaneringsbeleid

Sanering van de bodem houdt in 'het opheffen of tegengaan van de bodemverontreiniging en de schadelijke gevolgen daarvan. Opheffing wordt bereikt door de verontreinigde stoffen ter plaatse dan wel elders uit de grond te verwijderen. Het tegengaan houdt in, dat de verontreinigende stoffen ter plaatse of elders worden geïsoleerd' (V.R.O.M., 1983). Indien verwijdering en isolatie beide tot de oplossingsmogelijkheden behoren, bestaat in het beleid in principe een voorkeur voor de eerste mogelijkheid. Na verwijdering van de verontreiniging en na herinrichting kan dan een goede bodemkwaliteit, een multifunctionele bodem, worden gerealiseerd.

Het beleidsstreven is er op gericht verontreinigingen te verwijderen door de bodems zoveel mogelijk te reinigen, tot concentratieniveaus die rond de referentiewaarden liggen. Om de reinigingscapaciteit te optimaliseren, wordt in het beleid gepleit voor de beschikbaarheid van een breed spectrum aan reinigingstechnologieën. Het doel van elke reiniging is in beginsel dat de gereinigde grond nuttig kan worden gebruikt (V.R.O.M., 1987). Reiniging zou kunnen plaatsvinden in-situ, of na afgraven van de verontreinigde grond 'on (remote) site'.

Verwijdering van verontreinigingen door reiniging, gevolgd door hergebruik van de gereinigde grond, is dus het beleidsparool. In de praktijk komt dit beslist nog onvoldoende tot uitdrukking, zoals zal blijken uit de volgende analyse.

3.2. Aanpak van de bodemsanering

De aanpak van de bodemsanering kan schematisch worden aangegeven als in Fig. 1.

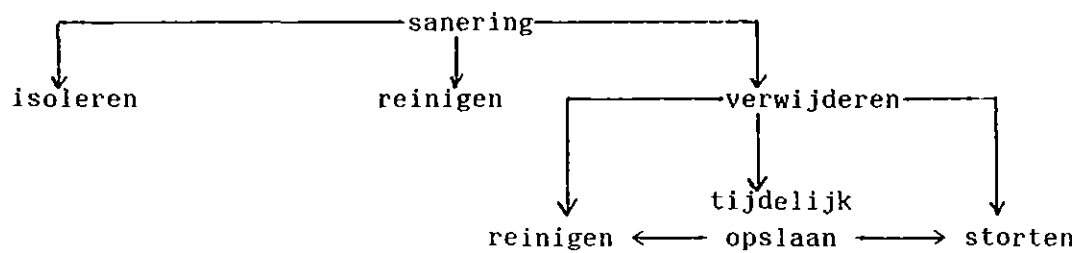


Fig. 1. Schematisatie bodemsaneringsoperatie

Aanvankelijk was het beleid er op gericht om verontreinigde grond te ontgraven en te reinigen zoals bij Lekkerkerk gebeurde. Isoleren werd slechts als een tijdelijke maatregel gezien.

Naarmate het aantal ontdekte verontreinigde lokaties steeg, en daarmee ook de benodigde saneringskosten, werd isolatie steeds meer als een "definitieve, hoewel niet ideale saneringsmaatregel" gezien (V. PELT, 1987).

Als een verontreiniging wel wordt verwijderd, geschiedt dit momenteel meestal door ontgraving van de verontreinigde bodem, waarna elders (en later) verwerking plaatsvindt (zie Fig. 2). In eerste instantie is dit dus alleen nog maar het (letterlijk) verplaatsen van het probleem. In Tabel 12 is aangegeven hoe er vervolgens met de ontgraven grond verder wordt omgegaan.

Tabel 12. Behandeling van afgegraven verontreinigde grond
(stand 1987) - naar gegevens van V.R.O.M. (1987)

Behandeling	Aandeel (vol %)
opslag - projectgebonden	10
opslag - regionaal (T.O.P.)	15
exporteren	5
storten	55
reinigen	<u>15</u>
totaal	100

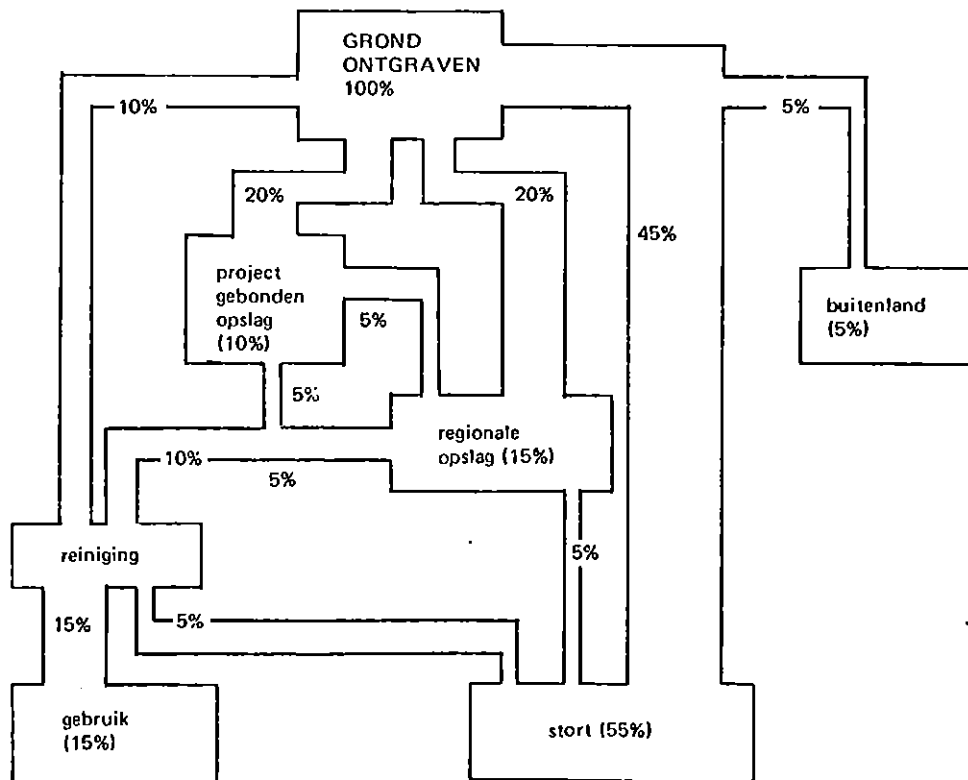


Fig. 2. Schema van de verwachte grondstromen in 1987
(Bron: V.R.O.M., 1987)

Circa 25% wordt (tijdelijk) opgeslagen: projectgebonden opslag en regionale opslag (T.O.P.'s) ontvangen nu resp. 10 en 15% van het volume; deze cijfers zullen naar verwachting voorlopig nog toenemen. 5% verdwijnt naar het buitenland (dit volume neemt nu officieel snel af), terwijl nu nog circa 55% van het ontgraven volume gestort wordt op (IBC-)stortplaatsen. Het beleid wil het te storten volume zien dalen. Momenteel wordt slechts 15% van het ontgraven volume daadwerkelijk gereinigd.

De bodem moet in principe na reiniging weer 'multifunctioneel toepasbaar' zijn. Het beleid pleit daarom voor stimulering van onderzoek ten behoeve van het operationeel maken van geschikte reinigingstechnieken. Reiniging in-situ is feitelijk nog niet operationeel.

Door het huidige gebrek aan geschikte reinigingstechnieken en opslagruimte, zal er dus met name de eerstkomende jaren noodzakelijkerwijs nog veel verontreinigde grond worden geïsoleerd in plaats van verwijderd. Volgens de Meerjarenplanning Bodemsanering (KOSTER & WILS, 1985) zal ruim de helft van de verontreinigde grond worden geïsoleerd (Tabel 13).

Tabel 13. Hoeveelheden te behandelen grond van alle potentieel nog te saneren lokaties (opname 1987, naar KOSTER & WILS, 1987)

Behandelingswijze	Volume (m ³)
- isoleren	8 500 000
- in situ reinigen	700 000
- verwijderen en storten	1 600 000
- verwijderen, (opslaan) en reinigen	<u>3 400 000</u>
totaalvolume	14 200 000

In de praktijk zal de keuze tussen reinigen, opslaan of storten bepaald worden door een aantal factoren; met name:

- de technische mogelijkheden voor reiniging;
- beschikbare opslag- en stortfaciliteiten;
- de kosten.

Een belangrijk criterium bij de keuze tussen de genoemde drie mogelijkheden is de aard en de mate van de verontreiniging (Fig. 3).

- verontreinigde grond
- licht verontreinigd
 - reinigbaar
 - niet reinigbaar
 - matig tot ernstig verontreinigd
 - reinigbaar
 - niet reinigbaar

Fig. 3. Schematisatie aard en mate van verontreiniging in verband met opstellen criteria voor sanering (V. PELT, 1987).

Het ontbreken van eenduidige criteria, die bepalen tot welke categorie de verontreinigde grond behoort, leidt in de praktijk tot problemen. Beslissingen verschillen nu per provincie (V. PELT, 1987).

Het storten van niet-reinigbare grond is niet te vermijden. Men kan zich echter afvragen wat 'niet-reinigbaar' inhoudt: is er geen betaalbare operationele techniek beschikbaar, is er geen techniek in ontwikkeling, of is er geen enkel uitzicht op een mogelijke techniek?

Toegepast wetenschappelijk onderzoek kan hierop in principe antwoorden geven. Hierop wordt in het volgende hoofdstuk teruggekomen. Vooruitlopend daarop, is het in dit verband wellicht handzamer om een milieutechnisch onderscheid te maken in:

- a. technieken waarmee geen 'volledige' reiniging bereikt kan worden;
- b. technieken waarmee wel voldoende reiniging wordt verkregen.

Daarbinnen zijn dan nog verschillende resultaten mogelijk met betrekking tot:

- de gebruikswaarde van het eindprodukt
- kosten
- reinigings(proces)tijd
- neveneffecten op andere milieucompartimenten / risico's
- energieverbruik
- etc.

De in het beleid voorgestane operationalisering van reinigings-technieken die hergebruik van de gereinigde grond mogelijk moeten maken, alsmede een standaardisatie van criteria, is tot op heden minder goed van de grond gekomen dan was verwacht. De oorzaken hiervan zijn volgens V.R.O.M. (1987):

- er bestaat onvoldoende informatie-uitwisseling, overzicht en sturing van de grondstromen;
- het research & development-programma is te beperkt gebleken;
- er ontstonden afzetproblemen van gereinigde grond (o.m. door 'psychische smet', haalbaarheid van eindconcentraties, en materiaal-technische factoren - vooral bij zware metalen en gechloreerde koolwaterstoffen).

De volgende beleidsmaatregelen zijn daarom voorgesteld om beter te kunnen gaan voldoen aan de beleidsuitgangspunten:

1. Oprichting van een 'grondbank' - een beheersorganisatie om sturing van grondstromen (verontreinigd en gereinigd) te versterken, en om de technologie-ontwikkeling te bevorderen. Dit plan is onderzocht en uitgewerkt in KERKHOVEN (1986).

2. Ontwikkeling van éénduidige criteria voor restconcentraties en gebruiksmogelijkheden. Verwijdering van verontreiniging dient zoveel mogelijk te blijven geschieden door reiniging.

Er blijven echter uitzonderingen waarbij verwijdering door storten zal moeten blijven plaatsvinden. Met name:

- Als men voor de betreffende verontreiniging verwacht niet binnen vijf jaar een operationele reinigingstechniek op de markt te hebben, waarvan het eindprodukt aan de te stellen eisen voldoet. Vooral voor zware metalen zijn er beperkingen m.b.t. het bodem-type. Organische verontreinigingen zijn theoretisch echter uit elke bodem verwijderbaar. Wat hierbij de meest geschikte techniek is, moet echter nog nader blijken.
- Als de reinigingsprestatie/efficiency bij de beoogde sanering niet opweegt tegen de kosten en milieubelastende neveneffecten van de saneringswijze. Dit criterium zou financieel moeten worden vertaald in maximale tonsprijzen voor reiniging (te differentiëren naar aard en concentratie van de stoffen). Overigens wordt koppeling aan storttarieven niet aanbevolen, omdat daarin niet alle milieuhygiënische factoren tot uitdrukking worden gebracht. Voor licht verontreinigde grond, waarvoor meestal wordt gesteld dat reiniging niet efficiënt genoeg (vooral als de eindwaarde niet wordt gehaald) en daardoor niet exploitabel is, wordt in het beleid gepleit voor het zoeken naar technieken met lagere reinigingskosten, die in dergelijke situaties wel inzetbaar zijn (daarbij wordt 'landfarming' als voorbeeld bij uitstek opgevoerd) (V.R.O.M., 1987).

Deze voorstellen vormen overigens geen wezenlijke aanscherping van het te voeren beleid; eerder is er sprake van een voorstel tot nadere detaillering/concretisering.

3.3. Onderzoeksbeleid met betrekking tot sanering van chloorkoolwaterstoffen

De belangrijkste (adviezen voor) onderzoeksprogramma's met betrekking tot de sanering van bodems die verontreinigd zijn met chloorkoolwaterstoffen (tevens betrekking hebbend op meer preventie-onderzoek) zijn afkomstig van (achtereenvolgens):

- Raad voor Milieu- en NatuurOnderzoek (zie R.M.N.O., 1985);
- Coördinatiecommissie Bodem van de N.R.L.O. (zie N.R.L.O., 1986);
- Werkgroep Milieubiotechnologie V.R.O.M. (VISSCHER & RULKENS, 1985).

In 'Grond tot zorg' (R.M.N.O., 1985) werden ondermeer de synthetische organische verbindingen als specifieke probleemgroep met betrekking tot de bodembescherming in de breedste zin van het woord in kaart gebracht. Deze globale inventarisatie van de knelpunten op het terrein van 'bodemkwaliteit' (begripsafbakening), bodemfuncties, afvalpreventie, sanering en bestuurlijke aspecten, mondde uit in een reeks aanbevelingen voor een onderzoeksprogramma.

Naast voorstellen die algemeen en voor preventie van toepassing zijn, wordt voor de sanering van met chloorkoolwaterstoffen verontreinigde bodems gesteld dat er behoefte is aan kennisontwikkeling inzake:

- de effecten van prioritaire stoffen, en de aan de grond gebonden residuen hiervan, in relatie tot (plotselinge) wijzigingen in abiotische factoren (temperatuur, vochtgehalte, zuurgraad, redoxpotentiaal, grondwatervariabelen, belasting met organische stof en nutriënten);
- de vraag naar (eventueel) herstel van bodemleven en bodemgenese na verstoring door hoge belasting met chemische verbindingen, alsmede de vraag naar de mechanismen achter dit herstel: uitwendig herstel (rekolonisatie) en/of herstel van binnen uit (adaptatie);
- mate van volledigheid van herstel en de tijdsduur welke hiervoor is benodigd;
- evaluatie van bodemsaneringstechnieken, inclusief kostenoverwegingen en gevolgen voor het milieu.

In het Onderzoeksplan Bodembescherming, Bodemkundige Aspecten (N.R.L.O., 1986) wordt onder het hoofdstuk 'bodemchemisch onderzoek' gepleit voor intensivering van onderzoek, samenhangend met nieuwe

eisen, vooral in relatie met de landbouw. Aangaande de chloorkoolwaterstoffen wordt gesteld:

- Bronnen van verontreiniging: grondontsmettings- en bestrijdingsmiddelen, gebruik van zuiveringsslib, grond uit saneringsobjecten; onderzoek gewenst naar balansstudies voor milieukritische stoffen op diverse agrarische bedrijfstypen; dit moet leiden tot vroegtijdige opsporing van potentiële probleemsituaties en probleemstoffen.
- Processen in de bodem: met betrekking tot de landbouw is vooral het gedrag onder veldomstandigheden van organische bestrijdingsmiddelen in de bodem van belang (adsorptie, oplossing, omzetting, transport, afbraak, stofkarakteristieken in relatie tot bodemparameters); daarom is onderzoek gewenst naar concentratie- en activiteit-regulerende processen van organische bestrijdingsmiddelen, afhankelijk van bodemeigenschappen ten velde (incl. actieve landbehandeling).
- Effecten: specifieke aandacht wordt gevraagd voor effecten van HCH, Aldrin, Dieldrin en andere organische verontreinigingen, op bodemorganismen gewassen en dieren.

In het Onderzoek- en Ontwikkelingsprogramma Milieubiotechnologie van V.R.O.M. (zie VISSCHER & RULKENS, 1985), wordt gepleit voor fundamenteel maar vooral ook toegepast milieubiotechnologisch onderzoek (ontwikkeling van technologieën) met betrekking tot de verwijdering van moeilijk afbreekbare organische verbindingen uit grond. Het betreft hier met name bestrijdingsmiddelen en gechloreerde koolwaterstoffen. In aanmerking komen technieken als landfarming, bio-extractie en bio-reactoren. Naast ontwikkeling van mogelijkheden voor selectie en beschikbaarheid van de juiste micro-organismen, wordt gepleit voor onderzoek naar de vereiste procescondities voor microbiologische afbraak op praktijkschaal; op dit gebied is nog nauwelijks kennis ontwikkeld. Het aandachtsveld krijgt de eerste prioriteit.

Op de concrete stand van zaken met betrekking tot onderzoek naar saneringstechnieken voor met gechloreerde koolwaterstoffen verontreinigde grond wordt in een volgend hoofdstuk ingegaan.

4. SANERINGSTECHNIEKEN

4.1. Benaderingswijze

Elke saneringstechniek is feitelijk als een reinigingsproces met in- en outputs op te vatten. Dit proces is in een kwalitatieve energie- en stoffenbalans als volgt weer te geven (Fig. 4):

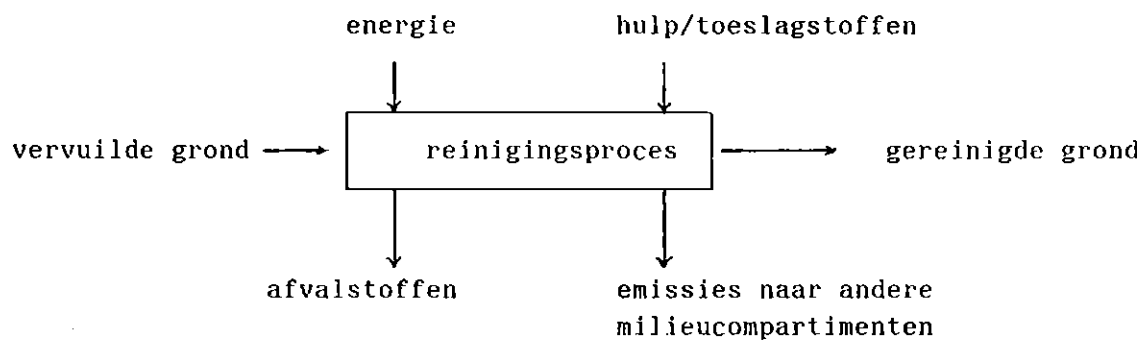


Fig. 4. Schematische voorstelling reinigingsproces

Er bestaat nog geen officiële beoordelingsmethodiek voor het kiezen van een saneringstechniek bij gevallen van bodemverontreiniging. Voor een dergelijk beoordeling zal het reinigingsresultaat een belangrijk criterium moeten zijn. Zoals aangegeven in hoofdstuk 3, is het beleid gericht op reiniging met hergebruiksmogelijkheden ('multifunctionaliteit'). Naast het reinigingsresultaat zouden echter ook andere in-/outputs van het proces moeten worden beschouwd (Fig. 4). Deze verschillen per techniek en per (groep van) verontreiniging(en).

Het is dus van belang een reiniging te bereiken met een maximaal milieurendement; dat wil zeggen tegemoetkomend aan de volgende criteria:

- een maximale reinigingsgraad, met een zo hoog mogelijke herbruikbaarheid van het eindprodukt, gekoppeld aan:
- een minimale hoeveelheid aan energie,
- " " " " toeslagstoffen,
- " " " " afvalstoffen,
- een zo gering mogelijke belasting/verplaatsing van stoffen/effecten naar andere milieucompartimenten (lucht, (grond)water).

Verder zijn de volgende aspecten ook van belang:

- veiligheid van het proces (arbeidshygiene, overlast en risico's);
- kosten per m³ te reinigen grond (incl. kosten voor benodigde opslag)
- tijdsduur van de saneringsoperatie (incl. tijd " " ")

Er bestaan globaal drie groepen technieken, waarmee verontreinigde grond kan worden gereinigd: thermische, extractieve en biologische technieken. De meeste technieken zijn nog in ontwikkeling; een aantal zijn operationeel, doch voor verbetering vatbaar. In theorie is elke techniek zowel 'in situ' als 'on (remote) site' (na afgraving) denkbaar. In de praktijk blijkt de 'in situ' ontwikkeling echter sterk achter te blijven (zie ook hoofdstuk 3); daarom wordt in dit hoofdstuk steeds uitgegaan van saneringstechnieken na afgraven.

Volstaan wordt met een korte schets van de essentie van de verschillende groepen technieken, zonder in detail op de technieken in te gaan (verwezen wordt naar WERKGROEP BODEMSANERINGSTECHNIEKEN, 1984; DIRECTORAAT-GENERAAL VOOR DE MILIEUHYGIENE, 1984; en voor het meest recente overzicht van de 'state of the art': VAN PELT, 1987).

De analyse van de technieken wordt direct vertaald/toegespitst op de inzetbaarheid bij gevallen van bodemverontreiniging met niet-vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen.

4.2. Vergelijking verschillende technieken

4.2.1. Thermische technieken

Uit de groep van thermische technieken (Fig. 5) komt in aanmerking: verbranden/uitdampen boven minimaal 600°C, gevolgd door naverbranding op minimaal 1200°C.

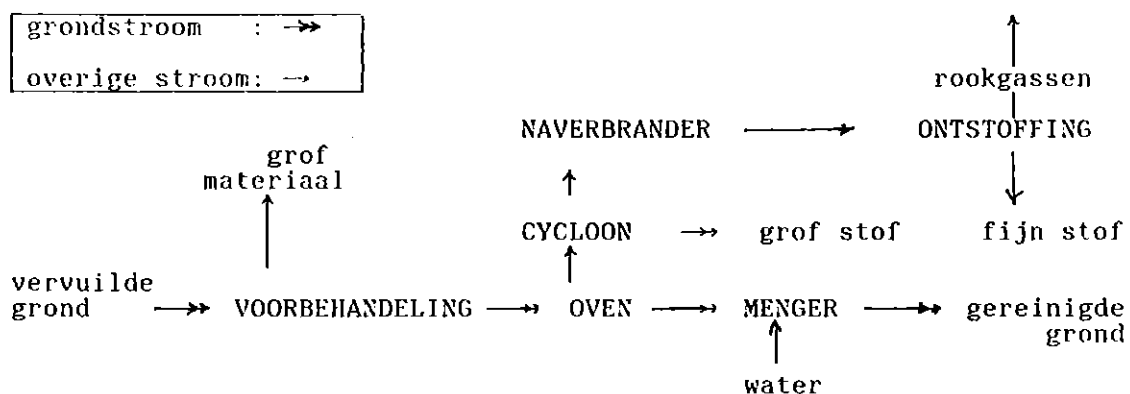


Fig. 5. Schematische weergave van het principe van thermische grondreiniging (Bron: VAN PELT, 1987)

De benodigde temperatuur en het reinigingsrendement is afhankelijk van zowel de verontreiniging als het bodemtype, doch onafhankelijk van de ingangconcentratie (waaraan desondanks toch een maximum is gesteld). Klei en veengronden zijn moeilijker te reinigen.

Thermische installaties kunnen in principe alle soorten verontreinigde gronden verwerken, behalve die met zware metalen (bij thermische reiniging worden metalen gemobiliseerd). Bij thermische reiniging van grond met gechloreerde koolwaterstoffen doet zich echter het specifieke (grote) probleem voor, dat bij de verbranding daarvan mogelijk nieuwe, soms zelfs nog giftiger verbindingen kunnen ontstaan en vrijkomen met de rookgassen. Zelfs dioxinen - een zeer giftige groep ver-

fieke (grote) probleem voor, dat bij de verbranding daarvan mogelijk nieuwe, soms zelfs nog giftiger verbindingen kunnen ontstaan en vrijkomen met de rookgassen. Zelfs dioxinen - een zeer giftige groep verbindingen - zijn hierbij een mogelijk produkt (HUTZINGER, BLUMICH, V.D. BERG & OLIE, 1985). Hieraan wordt wetenschappelijk onderzoek gedaan aan de Technische Universiteit Delft (BAGGERMAN ET AL., 1988), en onderzoek op semi-praktijkschaal bij de NBM; en ook de Grontmij zegt binnenkort een vergunning aan te zullen vragen voor een installatie die chloorkoolwaterstoffen thermisch kan behandelen (V.PELT, 1987). Voorlopig komt deze saneringsmethode volgens bovengeformuleerde criteria echter niet in aanmerking. Thermische installaties zijn verder in gebruik en/of in ontwikkeling bij Ecotechniek, ATM, Broerius, en Boskalis-Esdex.

Een ander blijvend probleem is het hergebruik: door thermische reiniging boven wordt de bodem ontdaan van organische stof die er van nature in zit: de bodem wordt gesteriliseerd en gesinterd en de structuur wordt vernietigd. Daardoor is het eindprodukt niet 'multifunctioneel' te noemen.

4.2.2. Extractieve technieken

Uit de groep van extractieve technieken (fig. 6) komt als enige in aanmerking: extractie met organische oplosmiddelen.

De extractietechniek is inzetbaar op relatief arme zandgronden; sterk humeuze gronden zijn nauwelijks extractief te behandelen, omdat het adsorptievermogen daarvan relatief te groot is; kleigronden leveren problemen omdat stabiele suspensies kunnen ontstaan met het extractiemiddel (adsorptie door klei speelt bij apolaire stoffen een geringe rol).

Het procesverloop wordt, benevens de grondsoort, beïnvloed door: de aard van de verontreiniging en het extractiemiddel, verblijftijd in de menger, aard van het contact, wijze van scheiding, temperatuur. Vooral bij het gebruik van organische oplosmiddelen is het reststoffen en

Operationele extractie-installaties waarmee gechloreerde koolwaterstoffen in zandige bodems kunnen worden gereinigd tot een niveau tussen de A- en B-waarden uit de toetsingstabel (V.R.O.M., 1983), zijn in ontwikkeling bij HWZ, Mosmans/Heidemij ('schuimscheiding') en Iwema(IMU) (VAN PELT, 1987). Ook TNO doet hiernaar onderzoek (VISSCHER & RULKENS, 1985).

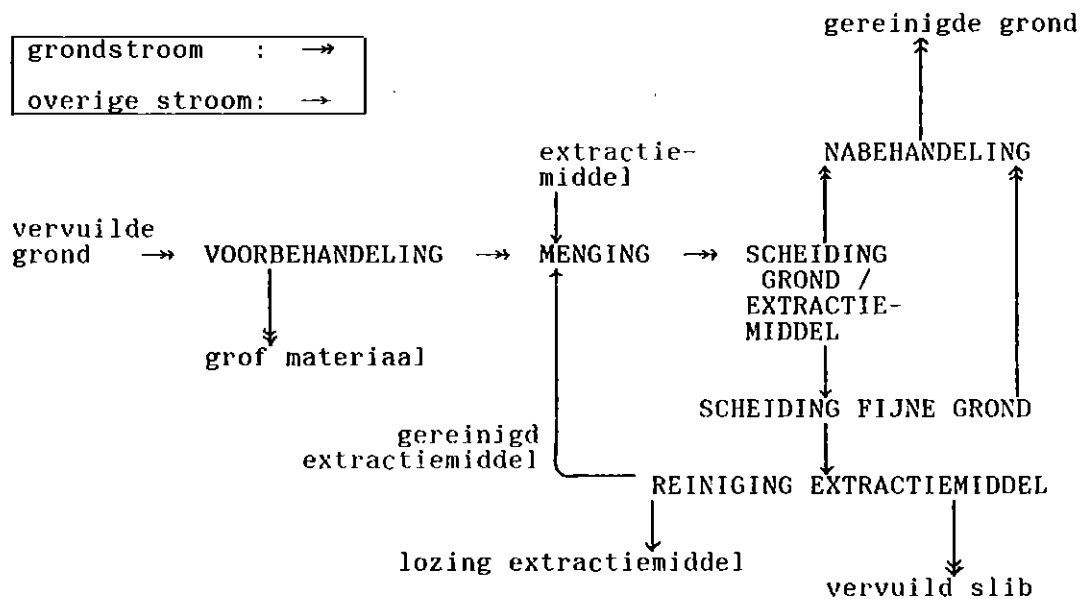


Fig. 6. Schematische weergave van het principe van extractieve grondreiniging (Bron: VAN PELT, 1987)

4.2.3. Microbiologische technieken

Uit de groep van microbiologische (of biotechnologische of biodegradatie-) technieken (Fig. 7) komen in principe alle uitvoeringsvormen in aanmerking.

Op praktisch/veldniveau is er nog nauwelijks wetenschappelijk onderzoek gedaan waarin bodems, verontreinigd met gechloreerde koolwaterstoffen, biologisch werden gereinigd. In Finland is een proefneming geweest van compostering van grond met chloorfenolen (VALO & SALKINOJA-SALONEN, 1986); en het RIN heeft proeven gedaan met alpha-HCH (DOELMAN et al., 1987). Vanwege de resultaten van laboratoriumonder-

toriumonderzoek (o.a. bij het RIN, RIVM, DBW/RIZA, TNO, RUG, LUW en UvA) inzake de microbiologische afbreekbaarheid van chloorkoolwaterstoffen, zijn de verwachtingen echter positief (zie o.a. DOELMAN et al., 1987). Ook praktijkervaringen met biodegradatie-technieken, toegepast bij andere typen organische verontreinigingen (zie SOCZÓ et al., 1986) hebben positieve verwachtingen gewekt.

Saneringstechnieken, gebaseerd op biodegradatie, zijn in ontwikkeling c.q. onderzoek bij: De Ruiter, IWACO, ICW/VAM, Grontmij (i.s.m. Provincie Noord-Brabant), BSN/DSM en TNO/RUG. Het betreft in hoofdzaak landfarming, toegepast op met niet-gehalogeneerde koolwaterstoffen verontreinigde (zandige) gronden.

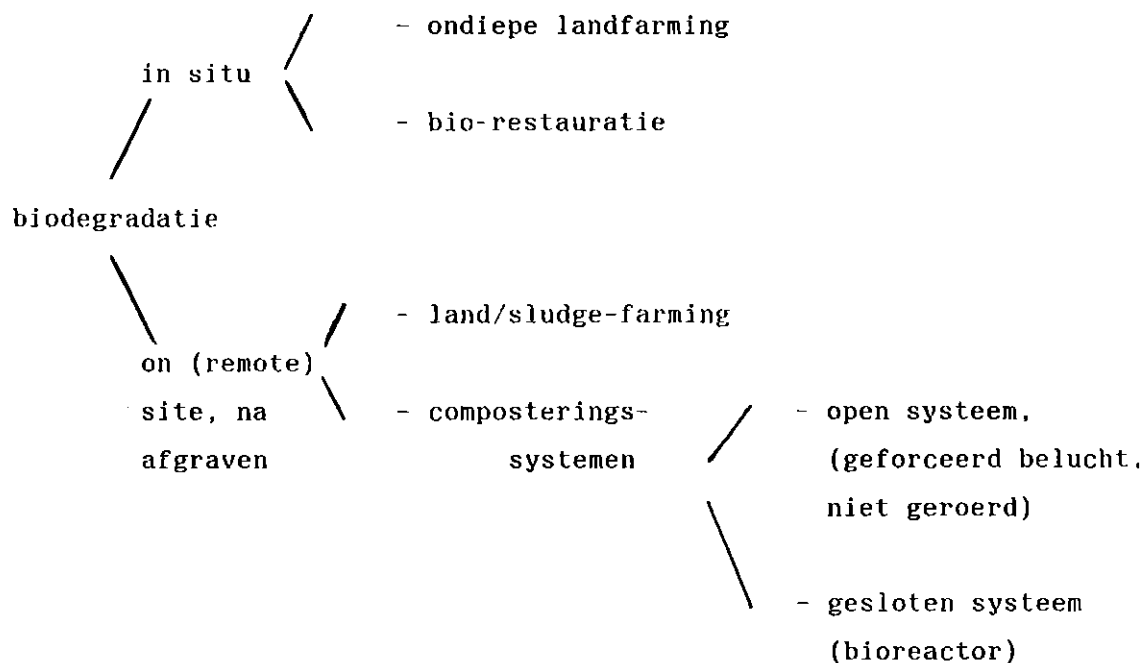


Fig. 7. Principe-indeling microbiologische technieken

Het gaat bij de biotechnologische reiniging feitelijk om de optimalisatie van een natuurlijk proces: de afbraak van organische verbindingen. Het afbraakproces wordt beïnvloed door verschillende factoren. Bij de verschillende technieken uit Fig. 7 zijn deze in meer of mindere mate stuurbaar; gesloten systemen zijn het best beïnvloedbaar, maar ook het duurst.

De factoren zijn:

- aanwezigheid van geschikte micro-organismen (adaptatie of enting);
- chemische en fysische structuur/eigenschappen van de verontreiniging (oplosbaarheid, verdeling door de bodem etc.);
- milieu-omstandigheden (zoals: zuurstofhuishouding, vochtgehalte, temperatuur, nutriëntenvoorziening, remstoffen, pH - dus ook afhankelijk van het betreffende bodemtype).

In theorie is ook een klei- of humeuze grond biologisch te reinigen.

Een nadeel van deze technieken in het algemeen is de lange tijdsduur van het afbraakproces. Daarnaast dient men rekening te houden met emissie naar de lucht (in geval van vluchtige organische verbindingen) en door middel van percolatie naar het grondwater. Voordeel van de techniek is de relatieve eenvoud en de lage kosten.

In het licht van hergebruiksmogelijkheden zijn biologische reinigingstechnieken in principe het aantrekkelijkst, omdat deze het bodemleven in stand houden of zelfs kunnen verbeteren. Na afbraak van de verontreinigingen tot een aanvaardbaar niveau (waarbij geen ecotoxilogische belasting meer wordt geconstateerd) is de bodem weer voor alle functies geschikt. Het bereiken van een voldoende lage eindconcentratie bij biologische afbraak van gechloreerde koolwaterstoffen moet echter nog verder ontwikkeld worden.

Een globale, samenvattende vergelijking van de drie in aanmerking komende reinigingstechnieken, aan de hand van de genoemde criteria, wordt gegeven in Tabel 14.

Geconcludeerd kan worden dat ontwikkeling van (kennis inzake) de praktische toepasbaarheid van microbiologische reinigingstechnieken, voor met gechloreerde koolwaterstoffen verontreinigde bodems, de meeste perspectieven lijkt te bieden.

Tabel 14. Toepassing van criteria op de (in principe) in aanmerking komende saneringstechnieken, in geval van bodemverontreiniging met gechloreerde koolwaterstoffen (globaal overzicht). (Bronnen: V. PELT, 1987; WERKGROEP BODEMREINIGINGSTECHNIKEN, 1984; VISSCHER & RULKENS, 1985).

Techniek:	thermisch	extractief	microbiologisch
- inputs:			
energie	-	+	+
toeslagstoffen	+	o	o
- outputs:			
gereinigde grond, (hergebruikswaarde)	o	o	o
emissies	-	o	o/+
afval/reststoffen	o/+	-	+
- overige aspecten:			
tijdsduur	+	o/+	-
veiligheid/hinder	-/o	o/+	+
toepasbaarheid op meerdere bodemtypen	+/o	o/-	o/+
kosten (gld/m ³ grond)	250-650	160-320	40-160

+ niet problematisch; gunstig

o gematigd negatief of beperkend

- negatief of sterk beperkend

5. SAMENVATTING, CONCLUSIE EN AANBEVELING

Door de aard van gechloreerde koolwaterstoffen (relatief persistent en toxisch) en door de voortdurende veelzijdige toepassingen ervan, blijken deze stoffen voor de bodembescherming een specifieke probleemgroep te vormen, die een eigen benadering vereist in milieubeleid, -techniek en -onderzoek.

Verontreinigingen zijn zowel van lokale als van meer diffuse aard, ontstaan langs zeer verschillende wegen.

De doelstellingen van het bodembeschermingsbeleid met betrekking tot gechloreerde koolwaterstoffen zijn in de praktijk nog lang niet gerealiseerd. De groep der gechloreerde koolwaterstoffen blijft vooralsnog een potentiële bedreiging voor het milieu.

Verontreinigingen met deze stoffen kunnen blijven ontstaan, zodat ook bodemsanering actueel blijft op middellange termijn. Het ontwikkelen van geschikte saneringstechnieken is daarom een noodzaak.

Het bodemsaneringsbeleid kiest in principe voor een verwerking van verontreinigingen door middel van reiniging van de grond. En wel bij voorkeur op een zodanige manier dat het eindprodukt, de gereinigde grond, hergebruikt kan worden.

In de praktijk blijkt echter dat er nog maar weinig lokaties op de voorgestane wijze worden gesaneerd. Een belangrijke oorzaak hiervan is, dat de reinigingstechnologie voor deze groep van stoffen nog niet voldoende is ontwikkeld.

Dit betekent dat toegepast wetenschappelijk onderzoek moet worden opgezet om een betere uitvoering van het saneringsbeleid in de praktijk mogelijk te maken. Volgens de beleidsstukken is dit met name voor organische verontreinigingen aan de orde.

Uit een vergelijking van de mogelijkheden van de verschillende saneringstechnieken blijkt, dat de ontwikkeling van (kennis inzake) de praktische toepasbaarheid van microbiologische technieken voor sanering van met gechloreerde koolwaterstoffen verontreinigde bodems de meeste perspectieven biedt.

Het is daarom aanbevelenswaardig om onderzoek op te zetten waarmee kennis inzake het aangegeven aandachtsveld nader kan worden ontwikkeld. In een vervolgstudie zal door het ICW hieraan gestalte worden gegeven.

LITERATUUR

- BAGGERMAN, T., J.G. V.D. ENDEN, L.DE GALAN & E.W.B. DE LEER, 1988.
Thermische sanering van grond verontreinigd met organochloor-
verbindingen. Conceptrapport voor Reeks Bodembescherming
(V.R.O.M.). Delft.
- C.B.S., 1986. Milieustatistiek 1982-1984. Staatsuitgeverij, Den Haag.
- CORNET, J.P., 1987. Normstelling in het milieubeleid.
Landschap, jrg. 4, themanummer. pp. 11 - 16.
- DIRECTORAAT-GENERAAL VOOR DE MILIEUHYGIENE. 1984. Verslag van het
colloquium 'Ontwikkeling bodemreinigingstechnieken', 5 april
1984 te Ede.
- DOELMAN, P., M. FREDRIX & H. SCHMIERMANN, 1987. Microbiologische
afbraakprocessen van met bestrijdingsmiddelen verontreinigde
gronden. RIN-rapport 87/10, RIN Arnhem. 100 pp. + bijl.
- DORTLAND, R.J., 1987. Milieu-aspecten van bestrijdingsmiddelen buiten
land- en tuinbouw. Chemisch magazine mei 1987, p. 337.
- EDELMAN, Th., 1984. Achtergrondgehalten van een aantal anorganische
en organische stoffen in de bodem van Nederland. Reeks Bodem-
bescherming, Min. v. V.R.O.M.. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage
49 pp. + bijl.
- HOOGSTEEN, K.J., 1986. Micro-verontreinigingen in drie waterwin-
gebieden. H₂O (19) 1986 nr. 3, pp. 48 - 52.
- HUTZINGER, BLUMICH, V.D. BERG & OLIE, 1985. Source and fate of PCDD's
and PCDF's: an overview. Chemosphere 14 no. 6-7 pp. 581 - 600.
- JANSEN, J.E., 1987. Landbouw en waterkwaliteit: bestrijdingsmiddelen.
Notitie voor STORA-project 'Landbouw en waterkwaliteit'.
ICW, Wageningen. 41 pp.
- KELLER, J.R. & J.R. V.D. MEER, 1983. Inventarisatie van problemen met
organische microverontreinigingen bij oevergrondwaterwinning.
Verslag voor RID / LH Vakgr. Bodemkunde & Plantenvoeding.
- KERKHOVEN, P., 1986. Naar een beheersing van de grondstromen in de
bodemsaneringsmarkt. Reeks Bodembescherming nr. 63. Staats-
uitgeverij, 's-Gravenhage. 56 pp.
- KOSTER, P.K. & W. WILS, 1985. Meerjarenplanning bodemsanering -
kernegegevens en resultaten van scenario's. Reeks Bodem-
bescherming nr. 51. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage. 89 pp.

- LANDBOUWADVIESCOMMISSIE MILIEUKRITISCHE STOFFEN, 1986. Signaalwaarden voor de gehalten van milieukritische stoffen in grond met het oog op landbouwkundige gebruiksmogelijkheden van verontreinigde bodems. Min. v. Landbouw en Visserij, 's-Gravenhage. 23 pp.
- MAURER, L., I. SCHEIDL, & W. PFANNHAUSER, 1984. Persistente chlorier-Kohlenwasserstoffe in Böden und Produkten landwirtschaftlicher Nutzflächen unter besonderer Berücksichtigung der alternativen Landbaumethoden. Die Bodenkultur: Journal für landwirtschaftliche Forschung 35(1984)3.
- MINISTERIE VAN VERKEER EN WATERSTAAT, 1986. De vervuiling van de waterbodem. Notitie aan het parlement.
- N.R.L.O., 1985. Verkenning van het onderzoek naar waterkwaliteitsaspecten in waterwingebieden in relatie tot het bodemgebruik. 's-Gravenhage.
- N.R.L.O., 1986. Onderzoekplan Bodembescherming, bodemkundige aspecten. Nota van de Coördinatiecommissie Bodem, 's-Gravenhage, 50 pp.
- PELT, A. V., 1987. Grondreinigingstechnieken- een kritische beschouwing vanuit milieu-optiek. Stichting Nederland Gifvrij, Utrecht; 107 pp.
- POLS, H.B., 1986. Productie, gebruik en voorkomen in afvalwater van de stoffen van lijst I van de E.G. Bureau Procestechnologie, D.B.W./RIZA.
- PUTTE, I. V.D., H.L. DORUSSEN & W.B.A. WASSENBERG, 1986. Operationalisering van de begrippen best uitvoerbare en beste bestaande technieken. Deelrapport afvalstoffen. DBW/RIZA nota nr. 87.025 Min. van V.R.O.M. & Rijkswaterstaat DBW/RIZA. 108 PP.
- P.W.S. UTRECHT et al., 1987. Onderzoek naar bedreigingen in de waterwingebieden Loosdrecht, Veenendaal en Zeist. 42 pp.
- REIJNDERS, L., 1984. Pleidooi voor een duurzame relatie met het milieu. Van Gennep, Amsterdam, 392 pp.
- R.M.N.O., 1985. Grond tot zorg. R.M.N.O.-publicatie no. 12, 99 pp.
- SOCZÓ, E.R., J.J.M. STAPS & K. VISSCHER, 1986. Biotechnologische bodemsanering. Reeks Bodembescherming nr. 59. Staatsuitgeverij 's-Gravenhage. 61 pp.
- SPAANS, L., 1985. Verwerking van chloorhoudend afval. Milieutechniek nr. 11 (1985) pp. 56 - 58.

- STARKENBURG W. V. & A.B. V. LUIN, 1987. Anorganische en organische microverontreinigingen in industrieel afvalwater. *H₂O* (20) 1987 nr. 2, pp. 35 - 38.
- TWEEDE KAMER, 1984. Indicatief Meerjaren Programma Chemisch Afval 1985 - 1989. Vergaderstuk 18603, nr. 2. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- TWEEDE KAMER, 1985. Indicatief Meerjaren Programma Milieubeheer 1986 - 1990. Vergaderstuk 19204, nrs. 1-2. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- VALO, R. & M. SALKINOJA-SALONEN, 1986. Bioreclamation of chloro-phenol- contaminated soil by composting. *Applied Microbiology and Biotechnology* (1986) 25, pp. 68 - 75. Springer Verlag.
- VERSCHUEREN, K., 1983. Handbook of environmental data on organic chemicals. 2nd Ed. V. Nostrand Reinhold Co. Inc. New York, 1310 pp.
- VISSCHER & RULKENS, 1985. Onderzoek- en Ontwikkelingsprogramma Milieubiotechnologie. Publicatiereeks Milieubeheer nr. 29. Min. van V.R.O.M.
- VOLKER, P., 1986. Calamiteit met gechloreerde koolwaterstoffen. *H₂O* (19) 1986 nr. 18, pp. 435 - 441.
- VONK, J.W., 1987. Omzetting van bestrijdingsmiddelen in planten en in de bodem. *Chemisch Magazine*, mei 1987, pp. 334 - 335.
- V.R.O.M., 1987. De verwijdering van verontreinigde grond. Notitie aan de Tweede Kamer, vergaderjaar 1986-1987, nr. 19925 nrs. 1 - 2. 13 pp.
- V.R.O.M., 1983. Leidraad Bodemsanering. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- V.T.C.B., 1986. Advies bodemkwaliteit. Voorlopige Technische Commissie Bodembescherming, Leidschendam.
- WEGMAN, R.C.C., 1981. Gechloreerde koolwaterstoffen in rivier- en havensedimenten. *H₂O* (14) 1981 nr. 16, pp. 359 - 362.
- WERKGROEP BODEMSANERINGSTECHNIEKEN, 1984. Marktaspecten van de bodemsanering. Reek Bodembescherming nr. 32, Min. v. V.R.O.M., Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- WET CHEMISCHE AFVALSTOFFEN, 1985. Kon. Vermande bv., Lelystad.
- WILDENBERG, M. V.D., 1986. Informatievoorziening bodemsaneringsprojecten 1986. Reeks Bodembescherming nr. 62. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage. 80 pp.

BIJLAGE 1

Gechloreerde koolwaterstoffen op de 'zwarte lijst' (TWEEDE KAMER, 1985; POLS, 1986)

Niet bij de zwarte lijst betrokken zijn enkele onbedoelde bijprodukten van div. produktieprocessen (C-601, C-773 etc)

Stof / handelsnaam	Gebruik als /in	Gebruiks- verbod ¹⁾	Zwarte Lijst bodem water	
1. A l i f a t e n				
aldrin	insecticide	x	x	x
chloralhydraat	herbicide		x	x
chloordaan *	insecticide	x	x	x
2-chloorethanol	alg.ind. grondstof		x	x
3-chloorpropeen	prod. epichloorh.		x	x
chloropreen	prod. neopreenrubber		x	x
dichloorethaan	alg.ind. grondstof ³⁾		x	x
dichlooretheen	alg.ind. grondstof		x	x
dichloormethaan	alg.ind. grondstof		x	x
1,2-dichloorpropaan	bijprod.dichloorpropeen		x	x
1,3-dichloorpropeen	fungicide		x	x
dieldrin	insecticide	x	x	x
endosulfan	insecticide			x
endrin	insecticide ²⁾	x	x	x
heptachloor	insecticide	x	x	x
heptachloorepoxide	stabiele omz. heptachloor		x	x
hexachloorbutadieen	bijprod. per en tetra		x	x
hexachloorcyclohexaan (α, β)	insecticide	x	x	x
en (γ) lindaan (HCH's)	insecticide		x	x
hexachloorethaan	bijprod. per en tetra		x	x
monochloorazijnzuur	grondstof voor MCPA		x	x
1,1,2,2-tetrachloorethaan	alg. ind. hulpstof		x	x
tetrachlooretheen	oplosmiddel ('Per')		x	x
tetrachloormethaan	oplosmiddel ('Tetra')		x	x
trichloorethanen *	oplosm., dry cleaning		x	x
trichlooretheen (tri)	oplosm., dry cleaning		x	x
trichloormethaan	alg.ind.hulpstof(chloroform)		x	x
1,1,2-trichloortrifluorethaan	drijfgas		x	x
vinylchloride	grondstof voor PVC ³⁾		x	x

Stof / handelsnaam	Gebruik als /in	Gebruiks- verbod ¹⁾	Zwarte Lijst bodem water	
2. Chloorethers				
bis(2-chloorisopropyl)ether	?		x	x
epichloorhydrine	grondst. harsen/glycerol ³⁾		x	x
3. Monocyclische aromaten				
dichloorbenzenen *	alg.ind.hulpstof		x	x
dichloortolueen	?		x	x
DDT's (incl. DPP en DDE) *	insecticide	x	x	x
hexachloorbenzeen (HCB)	bijprod. per/tetra	x	x	x
monochloorbenzeen	alg.ind.grondstof		x	x
monochloortoluenen *	prod.kleurstoffen(text.)		x	x
1,2,4,5-tetrachloorbenzeen	grondst. bestr.mid.		x	x
trichloorbenzenen *	alg. ind. grondstof		x	x
4. Bi- en tricyclische verbindingen				
monochloornaftalenen *	oplosmiddel		x	x
polychloorbifenylen *	hydr.vloeist., transform.		x	x
polychloorterfenylen *	?		x	x
5. Chloorfenolen				
2-amino-4-chloorfenol	tussenprod.text.kleurst.		x	x
mono-chloorfenolen *	alg.ind.hulp/grondstof		x	x
4-chloor-3-methylfenol	conserveermiddel		x	x
2,4-D (incl. zouten/esters) *	herbicide			x
2,4-dichloorfenol (DCP)	prod. 2,4-D		x	x
dichloorprop	herbicide			x
mecoprop (=MCP)	herbicide			x
MCPA	herbicide			x
2,4,5-T (incl zouten/esters) *	herbicide	x	x	x
pentachloorfenol (=PCP)	fungicide/conserveermiddel			x
trichloorfenolen *	fungicide	x	x	x

NOTA 1856

49

Stof / handelsnaam	Gebruik als /in	Gebruiks- verbod ¹⁾	Zwarte Lijst bodem water
6. N i t r o - a r o m a t e n			
4-chloor-2-nitro-aniline	grondstof v. kleurstoffen	x	x
chloor-dinitrobenzeen	?	x	x
1-chloornitrobenzenen *	alg. ind. hulpstof		x
chloornitrotoluenen *	?	x	x
dichloornitrobenzenen *	?	x	x
7. C h l o o r a m i n e n e n t r i a z i n e n			
chlooranilinen *	tussenprod. pestic/kleurst.	x	x
chloortoluidinen *	tussenprod. kleurstoffen	x	x
chloridazon	herbicide	x	x
dichlooranilinen *	tussenprod. pestic/kleurst.	x	x
dichloorbenzidinen *	tussenprod. kleurstoffen	x	x
monolinuron	herbicide		x
linuron	herbicide		x
propanil	herbicide	x	x
simazin	herbicide		x
2,4,6-trichloor-1,3,5-triazine	?	x	x
8. C h l o o r d i o x i n e n e n - d i b e n z o f u r a n e n			
polychloordibenzodioxinen *	? ³⁾	x	x
polychloordibenzofuranen *	? ³⁾	x	x
9. O v e r i g e v e r b i n d i n g e n			
dichloorvos	insecticide		x
trichloorfon	insecticide		x
dibutyltindichloride	PVC-stabilisatie; katalys.	x	x
trifenylninchloride	alg. ind. bestr.middel		x

¹⁾ alleen van toepassing in geval van bestrijdingsmiddelen

²⁾ ontheffingen voor specifieke of periodieke toepassingen

³⁾ komt ook voor ook op zwarte lijst voor milieucompartiment 'lucht'

*) meerdere isomeren/derivaten van toepassing

BIJLAGE 2

Gechloreerde koolwaterstoffen uit de groep bestrijdingsmiddelen die niet op de 'zwarte lijst' (Bijlage 1) staan, maar die vanuit andere invalshoeken als aandachtsstoffen worden opgevoerd (naar JANSEN, 1987). Toelichting zie JANSEN (1987).

Stof / handelsnaam	Speci- ficatie	lijst Cura- torium Land- bouw-emissie	lijst Water- wingebieden wit / zwart	grens- waarden opp.w.
atrazine	herbicide		(z)	
captan	fungicide	x		
chloorpyrifos	insecticide			x
chloorthalmethyl	herbicide		z	
dichlobenil	herbicide	x		
dichloran	fungicide		w	
dimethachloor	herbicide		w	
diuron	herbicide	x		
metazachloor	herbicide		z	
metolachloor	herbicide		z	
propachloor	herbicide		z	
TCA	herbicide		z	

BIJLAGE 3

Officiële chemische namen van gechloreerde koolwaterstoffen op de zwarte lijst (zie Bijlage 1) en op de lijst van 'aandachtstoffen' (zie Bijlage 2)

Handels- of gebruiksnaam Chemische naam
 (indien van toepassing)

A. STOFFEN VAN DE 'ZWARTE LIJST' (zie Bijlage 1).

1. A l i j f a t e n

aldrin	*	1,2,3,4,10,10-hexachloor-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4-endo,exo-5,8-dimethanonaftaleen
chloralhydraat		trichlooraceetaldehyde (gehydrateerd)
chloordaan	*	1,2,4,5,6,7,8,8-octachloor-3a,4,7,7a-tetrahydro-4,7-methano-indaan
allylchloride		2-chloorethanol 3-chloorpropeen chloropreen (=2-chloor-1,3-butadien) dichloorethaan dichlooretheen dichloormethaan dichloorpropaan dichloorpropeen
dieldrin	*	1,2,3,4,10,10-hexachloor-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-exo-1,4-endo-5,8-dimethanonaftaleen
endosulfan	*	6,7,8,9,10,10-hexachloor-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-6,9-methano-2,3,4-benzodioxanthiepin-3-oxide
endrin	*	1,2,3,4,10,10-hexachloor-6,7-epoxy-1,4,4a,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4-endo-endo-5,8-dimethanonaftaleen

Handels-of gebruiksnaam Chemische naam
(indien van toepassing)

heptachloor	1,4,5,6,7,8,8-heptachloor-3a,4,7,7a-tetra- hydro-4,7-methanoindeen
heptachloorepoxide	1,4,5,6,7,8,8-heptachloor-2,3-epoxy-3a,4,7,7a- tetrahydro-4,7-methanoindeen
α -HCH	hexachloorbutadieen
β -HCH	alfa-hexachloorcyclohexaan
lindaan	beta-hexachloorcyclohexaan
	gamma-hexachloorcyclohexaan
	hexachloorethaan
	monochloorazijnzuur
	tetrachloorethaan
per	tetrachlooretheen
tetra	tetrachloormethaan
	trichloorethanen *
tri	trichlooretheen
chloroform	trichloormethaan
	1,1,2-trichloortrifluorethaan
vinylchloride	chlooretheen

2. C h l o o r e t h e r s

bis(2-chloorisopropyl)ether
epichloorhydrine

3. M o n o c y c l i s c h e a r o m a t e n

	dichloorbenzeen
	dichloortolueen
DDT's (incl. DPP,DDE)*	1,1,1-trichloor-2,2-di(4-chloorfenyl)ethaan
HCB	hexachloorbenzeen
	monochloorbenzeen
	monochloortoluenen *
	tetrachloorbenzeen
	trichloorbenzeen

4. B i - e n t r i c y c l i s c h e v e r b i n d i n g e n

	monochloornaftalenen *
PCB's	polychloorbifenylen *
PCT's	polychloorterfenylen *

Handels-of gebruiksnaam Chemische naam
(indien van toepassing)

5. C h l o o r f e n o l e n

	2-amino-4-chloorfenol
	mono-chloorfenolen *
	4-chloor-3-methylfenol
2,4-D *	2,4-dichloorfenoxiazijnzuur
DCP	2,4-dichloorfenol
dichloorprop	2-(2,4-dichloorphenoxy)propionzuur
mecoprop (=MCP)	2-(4-chloor-2-methylphenoxy)propionzuur
MCPA	2-methyl-4chloorphenoxyazijnzuur
2,4,5-T *	2,4,5-trichloorphenoxyazijnzuur
PCP	pentachloorfenol
	trichloorfenolen *

6. N i t r o - a r o m a t e n

4-chloor-2-nitro-aniline
chloor-dinitrobenzeen
1-chloornitrobenzenen *
chloornitrotoluenen *
dichloornitrobenzenen *

7. C h l o o r a m i n e n e n t r i a z i n e n

	chlooranilinen *
	chloortoluidinen *
chloridazon	?
	dichlooranilinen *
	dichloorbenzidinen *
monolinuron	3-(4-chloorphenyl)-1-methoxy-1-methylureum
linuron	3-(3,4-dichloorphenyl)-1-methoxy-1-methylureum
propanil	N-(3,4-dichloorphenyl)propionamide
simazin	2-chloor-4,6-bis(ethylamino)-1-triazine
	2,4,6-trichloor-1,3,5-triazine

8. C h l o o r d i o x i n e n e n ~ d i b e n z o f u r a n e n

dioxinen	polychloordibenzodioxinen *
furanen	polychloordibenzofuranen *

NOTA 1856

54

Handels-of gebruiksnaam Chemische naam
 (indien van toepassing)

9. Overige verbindingen

dichloorvos (=DDVP)	2,2-dichloorvinyl-0,0-dimethylfosfaat
trichloorfon	dimethyl-(2,2,2-trichloor-1-hydroxyethyl)- fosfonaat
	dibutyltindichloride
	trifenyltinchloride

B. 'AANDACHTSSTOFFEN', NIET OP DE ZWARTE LIJST (zie Bijlage 2)

atrazine	2-chloor-4-ethylamino-6-methoxy-1,3,5-triazine
captan	N-(trichloormethylthio)-3a,4,7,7a-tetrahydro- phtalimide
chloorpyrifos	00-diethyl 0-3,5,6-trichloor-2-pyridylfosfor- thioaat
chloorthalmethyl	methyl-2,3,5,6-tetrachloorterephtaalzuur
dichlobenil	2,6-dichloorbenzonitril
dicloran	2,6-dichloor-4-nitroaniline
dimethachloor	?
diuron	3-(3,4-dichloorphenyl)-1,1-dimethylureum
metazachloor	?
metolachloor	?
propachloor	2'-chloor-N-isopropylaceetanilide
TCA	trichloorazijnzuur

*) meerdere isomeren/derivaten van toepassing