

Aula Paperback 127  
W.J. v.d. Brink e.a.  
**Bodemverontreiniging**



# Bodem- verontreiniging

---

Drs. W.J. van den Brink

Redactie: Dr. ir. D.W. Scholte Ubing,  
Ir. K.A. Warschauer

**AULA**

Uitgeverij Het Spectrum Utrecht/Antwerpen

**Vormgeving: Studio Andries Harshagen**  
**Tekeningen: Eline de Ruiter**  
**Eerste druk 1985**

© 1985 TNO

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

No part of this book may be reproduced in any form, by print, photoprint, microfilm or any other means without written permission from the publisher.

19-0127.01 D 1985/0265/482  
ISBN 90 274 6280 1

CIP

# Inhoud

## Inleiding 8

### 1. Probleemverkenning 13

#### 1.1. Inventarisatie 16

#### 1.2. Indeling leefmilieu 19

##### 1.2.1. Compartimenten 21

##### 1.2.2. Milieus 22

##### 1.2.3. Synthese 22

#### 1.3. De bodem als schakel 23

#### 1.4. Begripsbepalingen 25

##### 1.4.1. Het begrip 'bodem' 25

##### 1.4.2. Het begrip 'verontreiniging' of 'vervuiling' 26

#### 1.5. Specifieke eigenschappen van het bodemcompartiment 31

#### 1.6. Wetgeving 33

#### 1.7. Hoe vindt verontreiniging plaats? 34

### 2. De betekenis van de bodem (bescherming) 37

#### 2.1. Functies, gebruik, bestemming 37

##### 2.1.1. De bodem als leefmilieu voor mens, dier en plant 37

##### 2.1.2. De bodem als bewaarplaats van produkten ván en vóór de mens 44

##### 2.1.3. Steeds meer afval 48

##### 2.1.4. Normen voor bodemkwaliteit 48

##### 2.1.5. Planologische aspecten 50

#### 2.2. Sociaal-maatschappelijke aspecten 51

##### 2.2.1. Emotionele aspecten 51

##### 2.2.2. Openluchtrecreatie 52

##### 2.2.3. Voorlichting 53

#### 2.3. Betekenis bodembescherming 55

##### 2.3.1. Financiële aspecten 55

##### 2.3.2. Culturele en ethische aspecten 56

<b>3. Opsporen en vaststellen van bodemverontreiniging</b>	<b>58</b>
3.1. Opsporen	58
3.1.1. De plaats van de verontreiniging	58
3.1.2. De aard van de verontreiniging	61
3.1.3. De verplaatsing van de verontreiniging	70
3.2. Vaststellen (analyse)	72
3.2.1. Referentiewaarden	73
3.2.2. Analysevragen	74
3.2.3. Analysetechnieken	75
3.2.4. Vervolgonderzoek	77
<b>4. Beoordeling van de situatie</b>	<b>79</b>
4.1. Partijen	79
4.2. Objectieve criteria	87
4.2.1. Toetsingskader	87
4.2.2. Bevolkingsonderzoek	89
4.2.3. Effectmeting	90
4.3. Toe te passen saneringstechniek	91
<b>5. Saneringstechnieken</b>	<b>93</b>
5.1. Afgraving	97
5.2. Verontreiniging ter plaatse laten	100
5.2.1. Isolatie	100
5.2.2. Immobilisatie	102
5.3. Behandeling ter plaatse	102
5.3.1. Reiniging on site	104
5.3.1.1. Extractie	104
5.3.1.2. Thermische reiniging	105
5.3.1.3. Stoomstrippen	106
5.3.1.4. Chemische behandeling	106
5.3.1.5. Microbiële reiniging	107
5.3.2. Reiniging in situ	108
5.3.2.1. Extractie	109
5.3.2.2. Chemische behandeling	110
5.3.2.3. Microbiële reiniging	110
5.4. Afvalverwerking	112
5.5. Grondwaterreiniging	113

<b>6. Internationale aspecten</b>	<b>114</b>
6.1. Nederland	114
6.2. Verenigde Staten	117
6.3. Bondsrepubliek Duitsland	119
6.4. Groot-Brittannië	120
6.5. Andere landen	121
6.6. Internationaal overleg	124
<b>7. Bodembescherming (Preventie)</b>	<b>128</b>
7.1. Afscherming	130
7.2. Technische maatregelen	131
7.2.1. Schone(re) technologie	131
7.2.2. Hergebruik	132
7.3. Wetgeving	134
7.4. Mentaliteit	137
Epiloog	140
Appendix Toetsingskader VROM	142

## Inleiding

Bodemverontreiniging, een onderwerp dat vrijwel dagelijks de krant haalt, was nog slechts enkele jaren geleden een nagenoeg onbekend begrip. De verontreiniging van water en van lucht daarentegen, ja dát was bekend, dat was ook te zien.

In de naoorlogse euforie van een wederoplevende industriële bedrijvigheid was men echter bereid daarvoor ook offers van het milieu te vragen. Of bepaalde stoffen schadelijk waren, en zo ja in welke mate en in welk opzicht, was trouwens dikwijls niet bekend. Men ondernam weliswaar pogingen die verontreinigingen te bestrijden, doch voor bijvoorbeeld de schadelijke uitstoot uit fabrieksschoorstenen kwam men eigenlijk niet zo veel verder dan het hoger maken van de schoorsteen; de verontreiniging kwam daardoor elders en/of verspreid over een groter gebied terecht.

Een boek als *Silent Spring* van Rachel Carson (1963) en ook het Europees Natuurbeschermingsjaar (1970) openden bij het grote publiek de ogen voor de bedreigingen van het milieu. Niet zozeer de schadelijke effecten voor planten, dieren en natuurlijke landschappen en gebieden kwamen daarbij centraal te staan, als wel de mogelijke gevaren voor de eigen gezondheid van de mens.

Het zou echter nog een tiental jaren duren voordat het besef doordrong, dat ook de bodem, dat letterlijk en figuurlijk ondoorgrondelijke deel van het leefmilieu, door verontreinigingen was en werd aangetast. Een plaats als Lekkerkerk, tot dan toe toch niet bepaald een veel besproken gemeente, had er in één klap z'n landelijke bekendheid aan te danken – of liever gezegd: te wijten. 'Lekkerkerk' is wat dat betreft nog steeds een begrip.

In de praktijk wordt onder 'bodemverontreiniging' meestal de aanwezigheid van chemische verbindingen (koolwater-



stoffen, cyaniden, met zware metalen' enz.) in (te) hoge concentraties in de bodem verstaan. Daarover zal het ook in dit boek gaan. Zonder de gevaren van deze gevallen van bodemverontreinigingen te bagatelliseren, moet er toch op worden gewezen dat de betekenis en invloed ervan veelal slechts van lokale betekenis zijn; het is goed zich te realiseren dat 'bodemverontreiniging' in feite veel méér inhoudt. De intensieve veehouderij heeft Nederland niet alleen tot het belangrijkste exportland van agrarische produkten gemaakt, maar ook gezorgd voor een overproduktie aan drijfmest die, in te grote hoeveelheden op het land uitgereden, tot overbemesting leidt: bodemverontreiniging. De zogeheten droge en natte depositie (neerslag) van luchtverontreinigende stoffen, afkomstig van energiecentrales, industriector, wegverkeer en plaatselijk de landbouw, en vooral bekend geworden in de vorm van 'zure regen': bodemverontreiniging. Tal van menselijke activiteiten hebben een vèrgaande, vaak irreversibele invloed op de bodem: bodemverontreiniging. Gelet op het daarbij betrokken gedeelte van de Nederlandse bodem, zijn deze vormen van verontreiniging van veel groter omvang en betekenis dan de gewoonlijk met 'bodemverontreiniging' aangeduide gevallen. Meer aandacht voor deze vormen van bodemverontreiniging zou zeker op zijn plaats zijn, hetgeen uiteraard niet wegneemt dat ook de in dit boek aan de orde komende vormen van bodemverontreiniging van grote betekenis zijn.

Reeds voordat 'Lekkerkerk' en andere affaires de bescherming van het milieu in het middelpunt van de aandacht brachten, werd er door de Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek, oftewel TNO, milieu-onderzoek verricht. In dit verband zij slechts de in het begin van de jaren '50 door TNO ontwikkelde zogeheten Pasveer-sloot voor de reiniging van vervuild afvalwater genoemd. Naast universiteiten, hogescholen, ingenieursbureaus en cultuurmaatschappijen speelt TNO ook nu nog steeds een grote rol bij het opsporen en analyseren van bodemverontreinigingen en het ontwikkelen van technieken om vervuilde bodems te reinigen.

Vanuit die expertise werd dit boek samengesteld. De auteur, wetenschapsvoorlichter bij TNO, werd daarbij terzijde gestaan door een redactiecommissie bestaande uit de heren ir. K.A. Warschauer en dr.ir. D.W. Scholte Ubing, verbonden aan de Hoofdgroep Maatschappelijke Technologie TNO. Zonder hun opbouwende commentaar zou dit boek niet zijn geworden wat het nu is. Commentaar werd verder ontvangen van de heren dr.ir. J.W. van Heuven, ir. J.W. Assink en F.J. Colon, allen eveneens werkzaam binnen dezelfde Hoofdgroep van TNO.

De publikatie van dit boek staat overigens niet alleen: tegelijk met het verschijnen ervan wordt door TNO in Utrecht een internationaal congres over bodemverontreiniging georganiseerd en gaat een Engelstalige film over hetzelfde onderwerp, vervaardigd in opdracht van TNO, in roulatie. Al deze activiteiten illustreren de nauwe betrokkenheid van TNO bij het aanpakken van de bodemverontreinigingsproblematiek.

Het onderwerp bodemverontreiniging kan uiteraard op verschillende wijzen worden besproken. In dit boek is gekozen voor een duidelijk als zodanig door de hoofdstukken lopende rode draad, waarbij eerst wordt beschreven wat het begrip bodem eigenlijk inhoudt en welke relaties de bodem tot de andere zogeheten milieuc compartimenten heeft (hoofdstuk 1), en welke functies, gebruiksdoelen en bestemmingen de bodem eigenlijk zoal voor de mens heeft (hoofdstuk 2). Vervolgens komt aan bod hoe kan worden vastgesteld of een bodem verontreinigd is, en zo ja, in welke mate; daarbij wordt ook aandacht geschonken aan het onderzoek dat moet uitmaken in welke omvang stoffen die mogelijk schadelijk zijn, worden aangetroffen (hoofdstuk 3). De getallen die uit een dergelijke analyse worden verkregen, moeten geïnterpreteerd worden, en dan blijkt dat die waarden wel eens minder objectief zijn dan ze op het eerste gezicht lijken (hoofdstuk 4). In een – helaas groot – aantal gevallen leidt de interpretatie van de analysegegevens toch tot de conclusie dat het desbetreffende terrein moet worden gesaneerd.

Voor dat schoonmaken van de vervuilde grond worden thans diverse technieken ontwikkeld of ze staan reeds ter beschikking; welke daarvan wordt gekozen, is afhankelijk van verschillende factoren. Daarover gaat het in hoofdstuk 5. In hoofdstuk 6 wordt de aanpak en de stand van zaken in Nederland vergeleken met de situatie in enkele andere landen, waaruit een tamelijk rooskleurig beeld omtrent de Nederlandse positie ten opzichte van het buitenland naar voren komt. Het is natuurlijk mooi dat het, althans in de toekomst, niet onwaarschijnlijk is dat vele soorten bodemverontreinigingen zullen kunnen worden gesaneerd, maar het is uiteraard veel beter om te proberen zo weinig mogelijk te dweilen-met-de-kraan-open, met andere woorden: om ervoor te zorgen dat een verdere aantasting van de bodem zo veel mogelijk wordt voorkomen. Over die bodembescherming (preventie) gaat het in het laatste hoofdstuk, dat noodzakelijkerwijs vrij kort moest blijven; het onderwerp is echter van dermate groot belang dat het op zichzelf een heel boek waard zou zijn.

Moge dit boek zijn weg vinden naar bewoners, actiegroepen, ambtenaren, technici, wetenschappelijke onderzoekers en andere geïnteresseerden, die op enigerlei wijze bij de bodemverontreinigingsproblematiek betrokken zijn.

# 1. Probleemverkenning

Begin 1984. De Zellingwijk in Gouderak. Zo op het oog twee normale straten – een kleine wijk langs de Hollandsche IJssel. Een aantal huizen heeft een prachtig uitzicht op de rivier en het op de andere oever liggende Moordrecht.

Bij nadere beschouwing valt het op dat de straten leeg zijn: geen geparkeerde auto's, geen wandelaars of spelende kinderen, niets. Dan pas zie je, dat er bij alle huizen nog wel vitrages voor de ramen hangen, maar dat de woningen verder volkomen leeg zijn. De bewoners zijn naar elders vertrokken – gevlucht voor 'het gif' dat zich in de grond onder hun huizen bleek te bevinden.

Gouderak is niet méér dan zomaar een voorbeeld – één van de zeer vele gevallen van bodemverontreiniging die de laatste jaren in het nieuws zijn gekomen. Andere namen komen

DRS. W.J. VAN DEN BRINK



1.1. De Zellingwijk in Gouderak – verlaten door de bewoners.

in gedachten: Lekkerkerk, de Merwedepolder in Dordrecht, Wierden, de Volgermeerpolder, het Griftpark in Utrecht, de Diemerzeedijk, Stadskanaal . . . De lijst kan nog verder worden uitgebreid. Het lijkt erop dat ook bodemver-

TNO

**Onderzoek van kruipruimte in gifwijk**

Gouderak — De komende twee weken zal TNO uit Delft een kruipruimteonderzoek uitvoeren in de wijk Gouderak in Rotterdam.

**Onderzoek naar 94 giflocaties**

**Volgende maand schoonmaakplan van Provincie Bodemonderzoek in Gouderakse wijk**

**Snel onderzoek bodemvervuiling Deventer bepleit**  
van dit complex, dat met woningen is verbouwd, bevatten onder meer cyanide en lood en andere zware metalen.

Den Haag — De provincie Zuid-Holland is van plan uit te voeren in september de locatietoets aan te wijzen waar de bodem het meest ernstig is verontreinigd. De kosten van de toets worden betaald door de provincie.

Van een onzer verslaggevers  
Nog deze maand zal in de met chemisch afval verontreinigde Zettingwijk in Gouderak een onderzoek beginnen naar de manier waarop de bodem schoon- gemaakt kan worden. Het onderzoek zal duidelijk worden gemaakt.

Onderzoek zal TNO de lucht in de kruip- en leefruimten van de woningen onderzoeken.  
**Waarderapport**  
De 61 eigenaars van de koopwoningen in de wijk Augustus over hun huurverhoging.

**Schoonmaak Rijmond kost 296 mln.**

Dat is volgens de bodemverontreinigingstijd dat was van de provincie. Na van het rapport wachters en bodemverontreiniging. In augustus is begonnen met de huurwoningen.

In het najaar zal de bodemverontreinigingstijd dat was van de provincie. Na van het rapport wachters en bodemverontreiniging. In augustus is begonnen met de huurwoningen.

**Grazende koeien moeten snel weg Zes meter dikke laag gif in polder Oudekerk**

De Juridisch steekspel over aansprakelijkheid

(Van onze verslaggever Ben van Haren)  
**OUDEKERK AAN DE IJSEL** — De Schiedamschen dijk van Oudekerk aan de IJssel is levensgevaarlijk. De vroegere stortplaats ter gade van ongeveer zes meter dik, waarin olie- en andere producten zijn aangetroffen en hoge concentraties zware metalen, aromaten, als drins waar gechloro-

Gouda — De aanpak van de bodemverontreiniging aan de Grootenoverweg heeft ruim 170.000 gulden gekost. Over de vraag wie voor deze kosten moet opdraaien, is een discussie ontstaan in een gemeenteraad van Gouda.

**Gifbelt lekt helemaal niet**

Van een onzer verslaggevers  
**SCHIEDAM** — De provincie heeft onderzoek laten doen naar de gifbelt die aan de dijk van Oudekerk aan de IJssel is aangelegd.

1.2. Bodemverontreiniging is een onderwerp dat letterlijk dagelijks in de media aan bod komt.

ontreiniging een onvermijdelijke factor in ons bestaan is geworden.

Maar hoewel men, niet alleen in ons land, inmiddels met een zeer groot aantal gevallen van bodemverontreiniging is geconfronteerd, is toch nog lang niet altijd duidelijk hoe deze problemen kunnen worden opgelost en hoe ze in de toekomst kunnen worden voorkómen.

In elk geval weten we, na onderzoek ter plaatse, over het algemeen wèl wat er aan verontreiniging in de bodem zit en vaak ook waar dat vandaan komt. In de Gouderakse wijk bijvoorbeeld ging het om 135 000 kilo polycyclische aromaten, 110 kilo benzeen, 13 000 kilo PCB's (polychloorbifenylen) en 14 600 kilo 'drins' (aldrin en dieldrin), die zich als een olie-achtige drijfslaag onder de huizen bevonden. Deze hoeveelheden bevonden zich in een hoeveelheid grond van 150 000 kubieke meter, zodat bijvoorbeeld de concentratie PCB's gemiddeld zo'n 86,7 gram per kubieke meter grond bedroeg.

Een eerste onderzoek naar deze vervuiling werd uitgevoerd in de herfst van 1982 – meer dan twintig jaar na de laatste vuilstort – omdat men vermoedde dat er behalve huishoudelijk afval ook chemische stoffen waren gedumpt. Dat bleek dus inderdaad het geval te zijn!

Een uitgebreider onderzoek, onder andere door TNO dat de lucht in kruip- en leefruimten onderzocht, startte in juni 1983. In augustus van datzelfde jaar werd begonnen met de aankoop door de overheid van de 96 huizen, en geleidelijk vertrokken de circa 350 bewoners naar elders. Eind 1983 was de Zellingwijk leeg . . .

De totale saneringskosten van dit toch vrij kleine gebied werden op dat moment geschat op 110 miljoen gulden, benodigd voor het afgraven van 150 000 kubieke meter grond, de aankoop van de 96 huizen en de sloop van ten minste 34 van deze woningen. Nog niet duidelijk was, waar men met de vervuilde grond naar toe moest en welke reinigingstechniek het beste zou kunnen worden toegepast.

## 1.1. Inventarisatie

Nogmaals, Gouderak is slechts een voorbeeld, dat karakteristiek is voor de problematiek die in dit boek ter sprake zal komen. Er is in het meer of minder recente verleden op zeer veel plaatsen in ons land onzorgvuldig, onnadenkend of onwetend met afvalstoffen omgesprongen – soms bewust (het is goedkoper en gemakkelijker om afval ergens – vaak illegaal – te storten dan om het te laten verwerken of vernietigen), soms ook onbewust (men heeft zich bijvoorbeeld niet gerealiseerd of niet geweten dat het betreffende afval gevaarlijk is voor de gezondheid van mens en milieu).

In de afgelopen jaren is naarstig geïnventariseerd welke omvang de bodemverontreiniging in Nederland heeft aangenomen. Aanleiding voor de provinciale overheden om deze inventarisatie te laten uitvoeren van plaatsen waarvan bekend was of vermoed werd dat er (chemische) afvalstoffen

ANP



*1.3. In Lekkerkerk vond in 1980 Nederlands eerste grootscheepse bodemsaneringsoperatie plaats. De vervuilde grond werd onder de woonhuizen weggegraven, waarna er schoon zand voor in de plaats werd aangebracht.*

zouden kunnen zijn gestort, was de beruchte affaire-Lekkerkerk. In 1980 werden daar à raison van 180 miljoen gulden grote hoeveelheden chemisch afval (tolueen, ethylbenzeen, xyleen en dergelijke) onder een woonwijk van-  
daan gehaald.

De ernst van het probleem moge blijken uit de gegevens in tabel 1.1. De provinciale inventarisaties, waarvan de resultaten begin 1981 beschikbaar kwamen, leverden de aldaar genoemde aantallen gevallen van bodemverontreiniging op.

Tabel 1.1. *Aantal gevallen van bodemverontreiniging (1981)*

Groningen	214
Friesland	115
Drenthe	153
Overijssel	385
Gelderland	647
Utrecht	165
Noord-Holland	354
Zuid-Holland	1066
Zeeland	51
Noord-Brabant	740
Limburg	471

---

Totaal Nederland 4361

Let wel: dit betreft alléén de zogenaamde 'puntverontreinigingen', dus de met huishoudelijk, chemisch of ander industrieel afval verontreinigde locaties. Van deze vervuilde plaatsen werden in 1981 in totaal 382 gevallen aan een oriënterend onderzoek, 51 aan een nader onderzoek, en 3 aan een saneringsonderzoek onderworpen en 32 gevallen gesaneerd. Voor 1982 bedroegen deze aantallen respectievelijk 707, 205, 36 en 99. Daarmee was in 1981 in totaal 71,3 miljoen gulden gemoeid en in 1982 83 miljoen gulden. (Opgaven ontleend aan het Voorlopig Indicatief Meerjarenprogram-





*1.4. Onder minister Ginjaar (op de foto aan het woord in de Tweede Kamer), bewindsman van wat toen nog Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne heette, werd de eerste aanzet gegeven tot een grootscheeps bodemonderzoek- en bodemsaneringsprogramma.*

ma bodem 1984-1988 van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer).

Naar schatting zullen de komende vijf jaar enkele honderden locaties met ernstige vervuiling moeten worden gesaneerd.

Nu we met die onvermoede 'erfenis' aan chemisch en ander afval zitten opgescheept, worden we geconfronteerd met vraagstukken als: hoe gevaarlijk is het precies (hetgeen afhankelijk is van een groot aantal omstandigheden), hoe kunnen we de bodem saneren, waar laten we de verontreinigingen en/of de niet te reinigen grond uiteindelijk, en niet in de laatste plaats: hoe moet dit alles worden gefinancierd? Daarbij is niet alleen veel geld nodig voor te nemen saneringsmaatregelen, maar ook voor het onderzoek naar en het ontwikkelen van de meest geschikte saneringsmethoden. Een vraag die in dit stadium ook aan de orde moet komen, luidt: hoe voorkómen we een dergelijke ontwikkeling in de toekomst?

Op deze plaats zij er nog eens aan herinnerd, dat de bodem in veel meer opzichten en op veel meer manieren wordt verontreinigd dan door het chemisch afval dat momenteel zo sterk in de belangstelling staat. Overbemesting, natte en droge depositie van luchtverontreinigende stoffen, en tal van andere 'gevolgen' van het leven en werken van de mens spelen eveneens een niet te onderschatten rol waar het de aantasting van het bodemmilieu betreft.

Alvorens nader op deze vraagstukken in te gaan, dienen we eerst vast te stellen waaróm het eigenlijk zo ongewenst is wanneer er zich vervuiling in de bodem bevindt. Het antwoord is eenvoudig: de bodem vormt een onderdeel van het leefmilieu van plant, dier en mens. En om in leven te kunnen blijven, hebben al die organismen (onder andere) dit onderdeel van hun leefmilieu nodig. Dat moet daarbij aan bepaalde normen, zeg maar: aan bepaalde kwaliteitseisen voldoen.

## **1.2. Indeling leefmilieu**

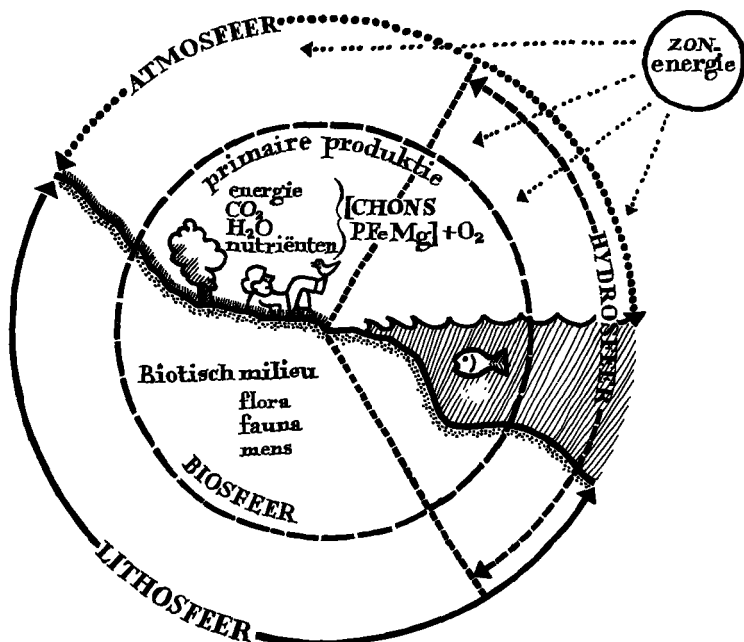
Hoewel ons leefmilieu één geheel vormt, is het in de praktijk vaak makkelijk een zekere onderverdeling in verschillende componenten aan te houden. Dikwijls wordt een indeling in compartimenten dan wel in milieus aangehouden.

### *1.2.1. Compartimenten*

Het leefmilieu van plant, dier en mens op deze aarde wordt voor het gemak vaak in een aantal onderdelen oftewel compartimenten opgesplitst. Eén indeling die vaak wordt gebruikt, maakt onderscheid tussen:

- lithosfeer of geosfeer: de bodem,
- hydrosfeer: het water,
- atmosfeer: de lucht.

Een relatief klein gedeelte van deze sferen vormt het 'gebied' waarin leven mogelijk is oftewel de *biosfeer*: de bovenste zone van de lithosfeer (dus de buitenste lagen van het



1.5. Schematische voorstelling die het verband tussen lithosfeer, atmosfeer, hydrosfeer en biosfeer illustreert.

aardoppervlak), de luchtlagen 'vlak boven' het aardoppervlak en de hydrosfeer, vooral de zich dicht bij het wateroppervlak bevindende zones. Naar verhouding kan slechts een klein gedeelte van de lithosfeer, hydrosfeer en atmosfeer tot de biosfeer worden gerekend. De onderverdeling van de biosfeer in compartimenten (sferen) vindt men ook terug in de wetgevingen die de bescherming van ons leefmilieu beogen.

### 1.2.2. Milieus

Een andere, ook vaak gebruikte indeling maakt geen onderscheid tussen atmosfeer, lithosfeer en hydrosfeer, maar tussen:

- fysisch milieu; hiertoe worden gerekend water, bodem, lucht, licht, geluid, straling, alle overige weers- en klimaatfactoren, maar ook factoren als stroming en snelheid, enzovoort;

- chemisch milieu; dit omvat alle scheikundige elementen en verbindingen die daaruit op natuurlijke en/of kunstmatige wijzen zijn of worden opgebouwd en die als zodanig in het leefmilieu voorkomen;
- biologisch of biotisch milieu; daarmee worden alle (levende) organismen bedoeld dus bacteriën, planten en dieren – inclusief de mens.

### *1.2.3. Synthese*

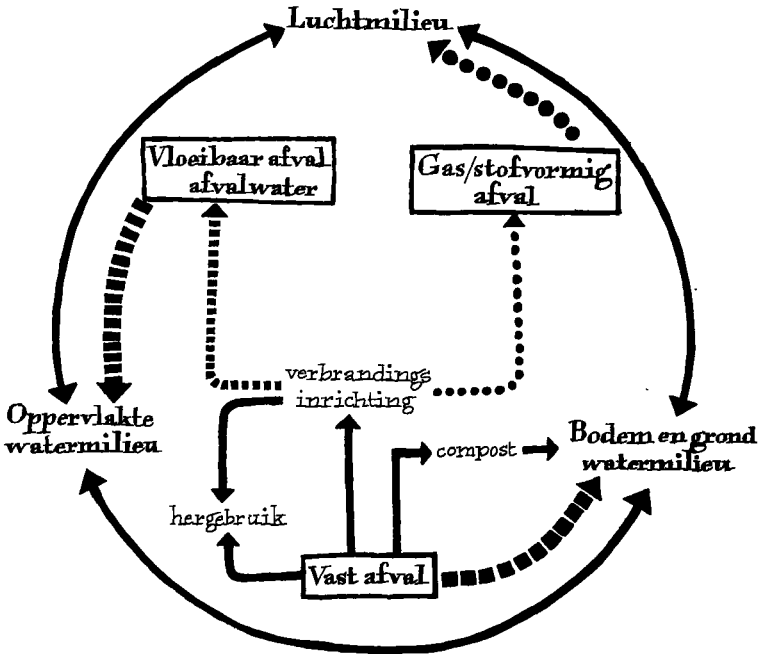
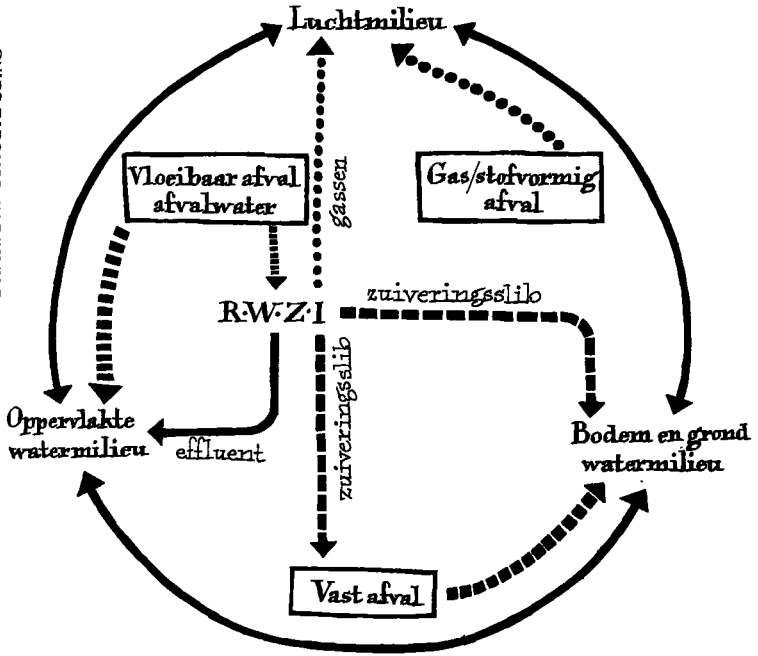
Zowel de indeling in compartimenten (sferen) als de indeling in milieus hebben als nadeel, dat er daardoor in de praktijk vaak geen rekening wordt gehouden met het feit dat er onderlinge verbanden, relaties en interacties (kringlopen) tussen en binnen de compartimenten c.q. milieus bestaan. Enkele algemene voorbeelden maken dat direct duidelijk: een wijziging in de samenstelling van de lucht (fysisch milieu) heeft invloed op het leven van planten en dieren (biotisch milieu); stoffen die zich in de lucht bevinden (atmosfeer) komen via neerslag terecht op en in de bodem (lithosfeer).

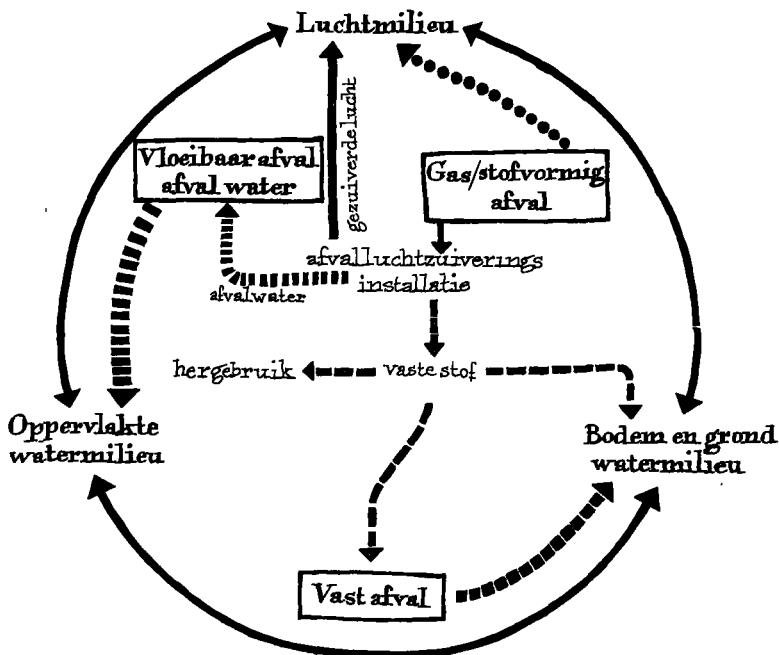
Milieubeheer berust in wezen op een goed inzicht in de factoren die elkaar tussen en binnen de sferen c.q. milieus beïnvloeden. Deze samenhang dient dan ook te allen tijde in het oog te worden gehouden.

### **1.3. De bodem als schakel**

Specifieke aandacht voor bodembescherming en -sanering lijkt op het eerste gezicht met het voorgaande in strijd te zijn. Juist vanwege het bestaan van de genoemde verbanden, relaties en interacties is dat echter niet het geval. Om dit duidelijk te maken, moet eerst worden ingegaan op de vraag wat die relaties precies inhouden.

Zoals zojuist reeds in algemene termen in de voorbeelden werd vermeld, bestaan er talloze interacties tussen de verschillende elementen (sferen c.q. milieus) van het leefmilieu. Dat houdt in, dat er een voortdurende uitwisseling

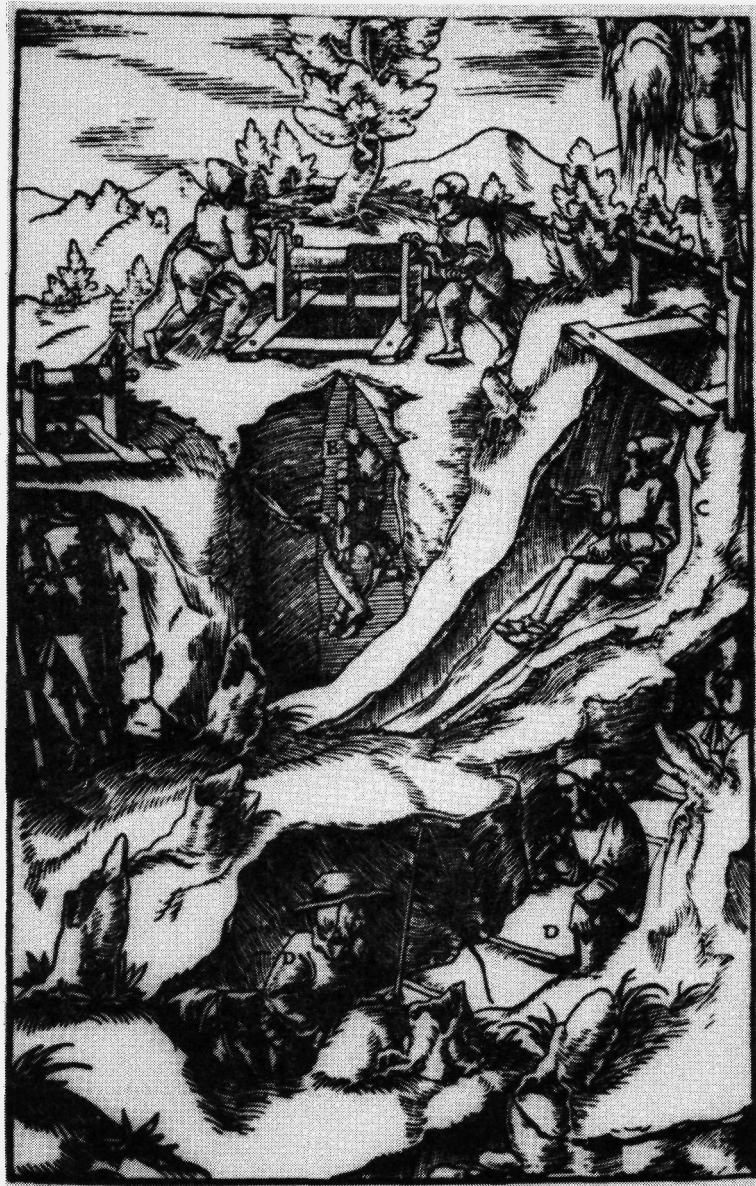




1.6. Schematische voorstelling van de kringlopen van materie, de onderlinge beïnvloeding van milieus en de afvalverwerking gepaard gaande met een verspreiding (= verdunning) van materie over die milieus.

van stoffen (in algemene zin) plaatsheeft tussen de compartimenten, een voortdurende overgang van de ene naar de andere sfeer. (Hetzelfde geldt ook voor de indeling in milieus). Indien er, zo gezegd 'van nature', al dergelijke 'uitwisselingen' tussen de verschillende compartimenten plaatsvinden, dan kan men zich gemakkelijk indenken dat ook een willekeurige vorm van vervuiling als het ware kan verhuizen van het ene naar het andere compartiment. (Het begrip 'vervuiling' is daarbij nog niet nader gedefinieerd, maar dat is op dit moment van minder belang).

De bodem (lithosfeer) is dus één van de schakels in de kringlopen die er bestaan, en een heel belangrijke, aangezien bij *elke* kringloop op een gegeven moment dit compartiment wordt gepasseerd. Maar bovendien is de bodem een heel belangrijk compartiment indien we letten op de verblijftijd van materiaal, zowel van natuurlijke als door de mens ingebrachte materie. De verblijftijd van materiaal in



*1.7. Bodemaantasting is niet een verschijnsel van vandaag of gisteren: de winning van delfstoffen (en de verspreiding daarvan in het milieu) vindt reeds gedurende vele eeuwen plaats.*

de lithosfeer is namelijk veel en veel groter dan die in atmosfeer of hydrosfeer. Binnen de bodem spelen bijvoorbeeld geologische cycli een rol, en naar geologische begrippen is een periode van zeg honderdduizend jaar een zeer kort tijdvak. De 'omloop'-duur van materie bedraagt dan ook vaak een voor de mens moeilijk voor te stellen tijdspanne. Terzijde zij in dit verband opgemerkt dat hiermee dus wel rekening dient te worden gehouden bij het opslaan van stoffen die een 'lange-termijneffect' hebben, zoals bijvoorbeeld radioactief materiaal.

Aan het voorgaande moet worden toegevoegd dat een klein gedeelte van het materiaal dat zich in het bodemcompartiment bevindt wèl snel weer daaruit kan komen; erosie (water en wind) speelt daarbij een rol, maar ook via het grondwater, dat een belangrijk onderdeel van de bodem vormt, kan materiaal uit de lithosfeer verdwijnen of via planten, die met hun wortels voedingsstoffen uit de bodem opnemen.

Uit het voorgaande wordt duidelijk dat de bodem enerzijds niet los kan worden gezien van andere elementen van het leefmilieu en dat een benadering vanuit de wetenschap dat er kringlopen, interacties en dergelijke bestaan, geboden is, maar dat anderzijds de bodem door zijn specifieke eigenschappen een dermate belangrijke rol in die kringlopen en interacties speelt dat speciale aandacht voor (ook) dit compartiment gerechtvaardigd, ja zelfs noodzakelijk is. (Daarmee wil uiteraard niet gezegd zijn, dat bescherming van en aandacht voor lucht en oppervlaktewater niet evenzeer van zeer groot belang zouden zijn!)

#### **1.4. Begripsbepalingen**

We hebben tot nu toe twee begrippen gehanteerd zonder die nog duidelijk te definiëren of te omschrijven, namelijk 'bodem' en 'vervuiling'.

##### *1.4.1. Het begrip 'bodem'*

De bodem vormt in macro-geologische zin slechts het bo-



venste gedeelte van de (zelf ook door verwerking en afzetting gevormde) aardkorst. In feite is de bodem het oppervlak van de continentale aardkorst, en daarover als een dunne huid uitgebreid. De bodem is in het algemeen heterogeen (met andere woorden: er bestaat een grote variabiliteit in samenstelling) en zeer gecompliceerd van aard. Hoewel de bodem zoals gezegd macro-geologisch maar van geringe betekenis is, neemt dat niet weg dat er een enorme invloed van uit gaat: zonder bodem zou er van leven als zodanig niet eens sprake kunnen zijn. Op de diverse functies en bestemmingen van de bodem wordt in het volgende hoofdstuk nader ingegaan.

De bodem wordt gedragen door de zogenaamde *ondergrond* – een component van immense omvang. Hoewel deze ondergrond niet direct tot de biosfeer kan worden gerekend, is de invloed ervan op de biosfeer van niet te onderschatten betekenis. De draagfunctie voor de bodem werd reeds genoemd, maar daarnaast fungeert de ondergrond ook als leverancier van bodemmateriaal (materiaal waaruit de bodem wordt opgebouwd) en als plaats waar zich natuurlijke hulpbronnen als grondwater, aardgas, olie, steenkool, zout, en (andere) grondstoffen bevinden, die dank zij de mens in de biosfeer hun invloed doen gelden. Terzijde kan er nog op worden gewezen dat de ondergrond onder sommige omstandigheden rechtstreeks met hydrosfeer en atmosfeer in contact kan komen; te denken valt aan aardbevingen en vulkaanuitbarstingen.

Naast de term 'bodem' wordt ook het begrip 'grond' gebruikt. Een duidelijke afbakening lijkt er tussen deze beide begrippen niet te bestaan, de termen zijn in veel opzichten synoniem. 'Bodem' zou van oorsprong een germanisme kunnen zijn (Duits *Boden* = grond).

#### *1.4.2. Het begrip 'verontreiniging' of 'vervuiling'*

Ten aanzien van het begrip 'vervuiling' dient het volgende te worden bedacht. Niet alles wat stinkt, is vervuiling, want dan zou ook de stinkzwam tot de milieuvervuilers moeten wor-

DR. IR. D.W. SCHOLTE UBING



DR. IR. D.W. SCHOLTE UBING



*1.8. Twee voorbeelden van een kunstmatig bodemprofiel: een verhard oppervlak van een industriegebied met verontreinigd grondwater (boven) en ploegsporen, zichtbaar in een kunstmatige greppel in een agrarisch gebied (onder).*

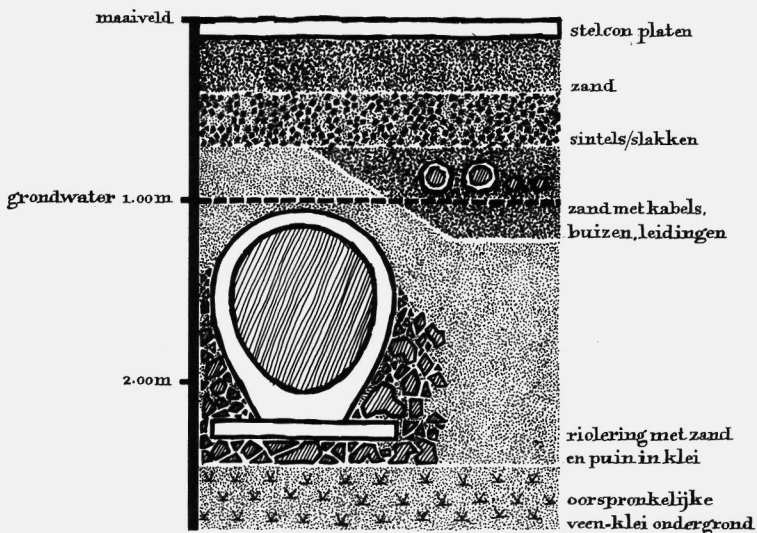
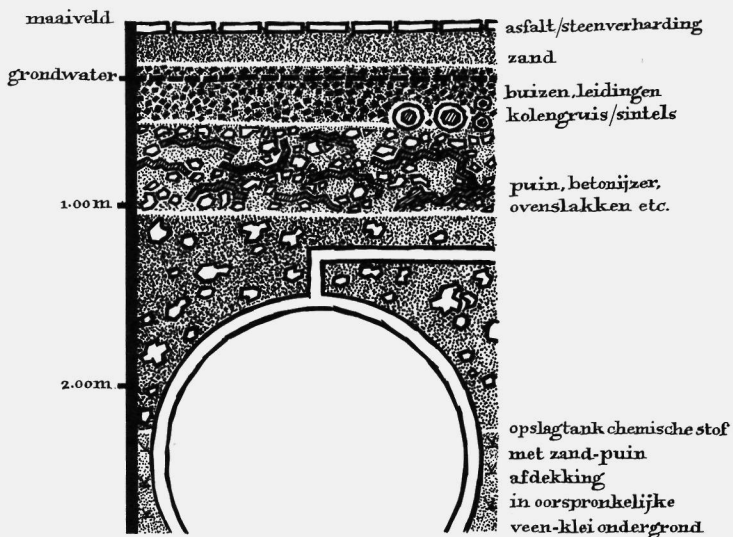
den gerekend. De plaatselijke aanwezigheid van zink in de bodem van Zuid-Limburg *lijkt* evenmin op vervuiling te duiden – er is daar immers zelfs een aan het hoge zinkgehalte aangepaste vegetatie. In dit geval is er echter wel degelijk sprake van bodemverontreiniging als gevolg van de vroegere zinkmijnbouw in het gebied van Moresnet, even ten zuiden van Vaals. Uit dit voorbeeld blijkt dat het begrip ‘vervuiling’ ook een tijdsafhankelijk aspect heeft, en dat de aanwezigheid van een mooie flora niet alles zegt omtrent de desbetreffende bodem!

In algemene zin zouden we van verontreiniging van water, bodem of lucht kunnen spreken *indien door menselijk toedoen een zodanige verandering in samenstelling of hoedanigheid is bewerkstelligd, dat het desbetreffende milieucompartiment dientengevolge ongeschikt of minder geschikt is geworden voor enige functie of gebruiksdoel, waarvoor het in natuurlijke staat had kunnen dienen.*

Verschillende elementen uit deze definitie verdienen een nadere toelichting. ‘Door menselijk toedoen’ impliceert dat natuurlijke oorzaken, zoals bijvoorbeeld de reeds genoemde luchtbeïnvloeding door de stinkzwam, niet tot de in dit boek ter sprake komende (bodem-)verontreiniging mag worden gerekend; het enige probleem dat dan nog blijft, is de vraag in hoeverre de mens als een natuurlijk element van de biosfeer mag, kan of moet worden beschouwd en in hoeverre dus óók ‘menselijk toedoen’ als zodanig moet worden gekwalificeerd.

Een ander element uit de definitie dat toelichting behoeft, is het begrip ‘verandering in samenstelling’; hiermee wordt bijvoorbeeld bedoeld: verhoging of verlaging van concentraties aan bepaalde stoffen of materie (materie-inbreng respectievelijk materie-onttrekking; verrijking respectievelijk verarming); hetzelfde geldt ten aanzien van biotische factoren.

De woorden ‘ongeschikt of minder geschikt’ verwijzen naar normen en criteria. Het is in feite de kern van de definitie, ook al, omdat hieruit duidelijk wordt dat de – van tijd(perk)



1.9. Schematische voorstelling van bodemprofielen in een stedelijk woon/werkgebied, waarbij tot circa 2 meter onder het maaiveld niets meer is terug te vinden van het oorspronkelijke bodemprofiel.

en andere omstandigheden afhankelijke – meningen, beslissingen en keuzen van de mens bepalend zijn voor de vraag of er sprake is van verontreiniging; de mens is dus niet alleen de veroorzaker van milieuverontreiniging, maar ook degene die bepaalt of er al dan niet sprake is van milieuverontreiniging. Het is duidelijk dat de daarbij aan te leggen criteria en normen in een – soms gespannen – relatie staan tot andere belangen van de mens. De problematiek van normen en criteria komt nader ter sprake in hoofdstuk 4.

Ten slotte ‘natuurlijke staat’; dit element in de definitie vraagt naar de kwaliteit van het milieu zoals die zou zijn wanneer er geen invloed van de mens zou zijn (dit wederom voor zover de mens en (de gevolgen van) zijn activiteiten niet als een natuurlijke factor worden beschouwd).

Behalve ‘milieuverontreiniging’ kunnen ook ‘verontreinigende stoffen’ worden gedefinieerd, en wel als *stoffen die in litho-, hydro-, atmo- en/of biosfeer op zichzelf dan wel te zamen of in verbinding met andere stoffen, direct of indirect nadeel voor de gezondheid van de mens of hinder voor de mens kunnen opleveren, of direct dan wel indirect schade kunnen toebrengen aan dieren, planten of goederen, of gevestigde levensgemeenschappen ingrijpend kunnen beïnvloeden.*

Ook in deze definitie kan een aantal elementen nader worden omschreven of gepreciseerd. We beperken ons thans tot een definitie die de Gezondheidsraad wel hanteert voor de gezondheid van de mens: ‘gezondheid is een in principe niet-statische toestand van het organisme (mens), waarvan het functioneren naar eigen oordeel en volgens geneeskundigen niet(s) te wensen overlaat’. Deze definitie moet worden gezien in het licht van:

- de gegeven lichamelijke en geestelijke vermogens, afgemeten aan leeftijd en geslacht;
- de toestand van de bevolking waartoe het individu behoort, getoetst aan inzichten zoals die bestaan afhankelijk van de stand van de wetenschap en de daarop gebaseerde doeleinden van de gezondheidszorg;

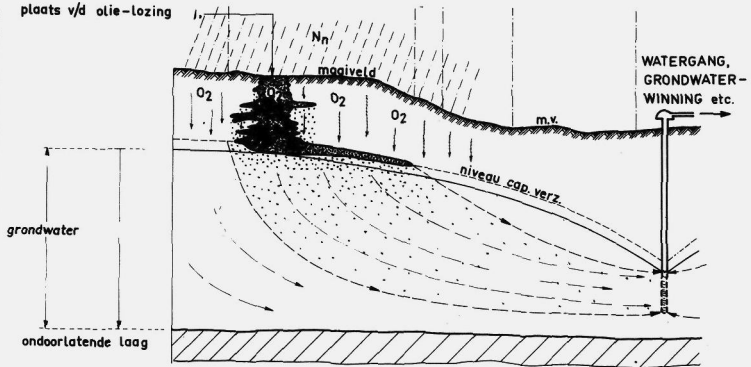
– de ‘tijd waarin men leeft’, het cultuurpatroon en de maatschappelijke opvattingen.

### **1.5. Specifieke eigenschappen van het bodemcompartiment**

In de diverse omschrijvingen van wat milieuverontreiniging en milieuverontreinigende stoffen in feite zijn, worden telkenmale de verschillende milieucompartimenten van de biosfeer genoemd. Hoewel het, zoals werd aangetoond, reëler en tot vruchtbaarder resultaten leidend is om van het leefmilieu in zijn totaliteit uit te gaan (kringlopen-gedachte), blijkt toch zowel in de definities als in de belevingswereld van de mens de onderverdeling in bodem/water/lucht (lithosfeer/hydrosfeer/atmosfeer) zeer populair. Het compartiment bodem verschilt in een aantal opzichten nogal van de beide andere compartimenten, méér dan die onderling.

Heel duidelijk is dat voor wat betreft de chemische samenstelling ervan: de lucht bevat nagenoeg constante en bekende percentages stikstof, zuurstof en overige bestanddelen, en de voornaamste component van water is eveneens eenduidig. Bovendien is visuele observatie en/of meting en bemonstering, en dus ook het constateren van eventuele verontreiniging, van de compartimenten lucht en water in vele gevallen (maar niet altijd) relatief eenvoudig, en hetzelfde geldt dientengevolge ook voor de kwaliteitszorg c.q. regelgeving van de zijde van de overheid.

Aanzienlijk problematischer is het wat dat betreft ten aanzien van de bodem gesteld: de chemische en fysische samenstelling van dit compartiment is uiterst variabel, terwijl het constateren en evalueren van de hoedanigheid ervan veelal niet zonder meer (niet rechtstreeks zintuigelijk) mogelijk is. De kwaliteitszorg en regelgeving door de overheid worden niet alleen door deze kenmerken bemoeilijkt, maar ook door de omstandigheid dat in Nederland de bodem overwegend privaat eigendom is – in tegenstelling tot het (oppervlakte)water dat vooral overheidseigendom is en de (buiten)lucht die van niemand dus van iedereen is.



1.10. Schematische weergave van de verontreiniging van bodem en grondwater na een calamiteit met olie. Doordat het soortelijk gewicht van olie kleiner is dan 1, zakt de olie door de niet met water verzadigde bodem heen en vormt zich op de met grondwater verzadigde zone een olie-'pannekoek'. Vervolgens vindt transport van de fijnverdeelde olie plaats doordat deze met de grondwaterstroom wordt meegenomen. Processen van omzetting, afbraak, oplossing enz. van oliecomponenten kunnen zeer schadelijke gevolgen hebben voor de kwaliteit van grondwater dat voor de produktie van drinkwater wordt gebruikt.



1.11. Ook een vuilstort kan de bodem bedreigen. De vraag kan ook worden gesteld of dit soms een nieuwe bodem wordt.

Hoewel de bodem, zoals we hebben gezien, bepaald niet het minst belangrijke milieucompartiment is, was tot voor kort de aandacht van de zijde van overheid, milieu-organisaties en dergelijke voor de bodemverontreiniging toch veel geringer dan voor lucht- en watervervuiling – ook als gevolg van de zojuist genoemde moeilijke karakterisering en toegankelijkheid van het bodemcompartiment: een verontreinigende stof die in het water wordt geloosd of via een schoorsteen in de lucht wordt uitgestoten, is meestal vrij gemakkelijk te constateren, maar een in de bodem gedeponeerde verontreiniging onttrekt zich verder gewoonlijk aan de waarnemingen. Die onzichtbaarheid van hetgeen zich in het bodemcompartiment bevindt en afspeelt, is in dit verband een uiterst belangrijke factor. Uitdrukkingen als ‘zand erover’, ‘de kop in het zand steken’ en ‘de strijdbijl begraven’ illustreren deze eigenschap van de bodem duidelijk – en óók, dat de mens daarvan vaak dankbaar gebruikt heeft gemaakt.

## **1.6. Wetgeving**

Het tot stand komen van milieuverontreiniging bestrijdende c.q. voorkógende wetgevingen is navenant: in 1969 werd de Wet Verontreiniging Oppervlaktewater van kracht, een jaar later gevolgd door de Wet Luchtverontreiniging. Het gevolg van het van kracht worden van deze wetgevingen was onder meer, dat veel afval (zowel huishoudelijk als chemisch) dat niet meer in hydrosfeer en atmosfeer mocht worden gebracht, in de bodem werd gedeponeerd aangezien een goed hanteerbaar wettelijk beschermingskader voor dit compartiment nog niet bestond.

Het belang van bodembescherming werd voor het eerst pas in de jaren '70 ingezien. Sindsdien is en wordt er hard gewerkt aan een desbetreffende wetgeving. De moeilijkheid daarbij is, dat het onderwerp nog steeds ‘in beweging’ is: er bestaat nog veel onduidelijkheid over tal van aspecten van deze problematiek, bijvoorbeeld over gevaren voor de volksgezondheid en het milieu, saneringsmogelijkheden,



enzovoort. Bodembescherming is, kortom, een onderwerp dat zich – nog – moeilijk in een algemeen bevredigend, wettelijk kader laat 'vangen'.

Sinds 15 januari 1983 is, bij wijze van 'noodverband', de Interimwet Bodemsanering van kracht, die het mogelijk maakt de meest urgente gevallen van bodemverontreiniging aan te pakken zolang de definitieve wetgeving nog niet van kracht is.

Daarnaast zijn er nog verschillende andere wettelijke kaders die in verband met bodemverontreiniging en -sanering onder meer van betekenis zijn, zoals de Wet Afvalstoffen, de Wet Chemische Afvalstoffen, en verder uiteraard allerlei grondwaterverordeningen, drinkwaterwetten en dergelijke.

### **1.7. Hoe vindt verontreiniging plaats?**

Een vraag die tot nu toe nog niet aan de orde is gekomen, is *hoe* de bodem wordt verontreinigd. In principe zijn daartoe twee mogelijkheden: indirect of direct.

Indirecte bodemverontreiniging vindt plaats wanneer een stof via een kringloop in het bodemcompartiment terechtkomt. Zo zorgt de zogeheten droge en natte depositie van stoffen uit de atmosfeer (vooral bekend geworden als 'zure regen') voor een toename van stikstof- en zwaveloxyden ( $\text{NO}_x$  en  $\text{SO}_2$ ) en van ammoniak in het bodemmilieu. Deze produkten zijn respectievelijk afkomstig uit de grote industriële vuurhaarden, de verbrandingsmotoren van het wegverkeer en de agrarische sector. Ook op andere wijze gevormde stoffen in de atmosfeer zullen vroeger of later diffuus op de bodem neerslaan.

Veel gevallen van bodemverontreiniging die momenteel de aandacht van gemeentelijke, provinciale en rijksoverheid, van al dan niet in actiegroepen verenigde burgers, van universiteiten, hogescholen en andere onderzoekinstellingen en van ingenieursbureaus, cultuurmaatschappijen en andere in saneringstechnieken gespecialiseerde bedrijven krijgen, betreffen de directe ('punt'-)verontreiniging. Veelal is che-



1.14. Bemesting van drijfmest kan op sommige plaatsen aanleiding geven tot overbemesting en daardoor tot aantasting van de bodemvruchtbaarheid. Ook kan op deze wijze grondwaterverontreiniging optreden.

misch afval zonder meer op de desbetreffende locatie gestort. Daarnaast blijken ook (voormalige) fabrieksterreinen vaak sterk verontreinigd te zijn, bijvoorbeeld doordat leidingen en opslagtanks hebben gelekt. Depositie van zuiveringsslib (het geconcentreerde, vervuilde restprodukt van waterzuiveringsprocessen) evenals verplaatsing van vervuilde grond (bijvoorbeeld om een aanstaand bouwterrein op te hogen) vormen een andere mogelijkheid van directe verontreiniging.

Bedacht dient te worden, dat in de voorgaande opsomming voorbeelden van bodemvervuiling worden genoemd die 'begonnen zijn' als luchtvervuiling (zure depositie) of als watervervuiling (gebruik zuiveringsslib). Hiermee zijn we de tries-te 'wetmatigheid' op het spoor gekomen dat momenteel nog vaak de sanering van vervuiling in feite neerkomt op een *verplaatsing* en/of *verdunning* ervan. Verderop in dit boek zal nog nader op deze problematiek worden ingegaan, maar het is goed er hier reeds op te wijzen dat er zoiets lijkt te bestaan als wat wel wordt genoemd 'de wet van behoud van ellende' (eigenlijk: wet van behoud van materie). Later zal



*1.15. De restanten van onze welvaart vormen dikwijls een ernstige bedreiging voor de natuurlijke omgeving.*

ook aandacht worden besteed aan de noodzaak deze vicieuze cirkel te doorbreken door de produktie van verontreinigende stoffen zo veel mogelijk te beperken door over te schakelen op zogenoemde schone(re) technologie.

Voor het zover is, zal moeten worden geprobeerd deze 'erfenis' uit het verleden (en heden) zo veilig en efficiënt mogelijk tot aanvaardbare proporties terug te brengen. We kunnen deze erfenis helaas nu eenmaal níet verwerpen . . .

## 2. De betekenis van de bodembescherming

### 2.1. Functies, gebruik, bestemming

De bodem heeft een groot aantal gemeenschappelijke functies en gebruiksbestemmingen (de bodem is multifunctioneel). In verband hiermee is het van essentieel belang dat verontreiniging van de bodem zo veel mogelijk wordt voorkómen, aangezien verontreiniging invloed kan hebben op de gebruiksmogelijkheden en het vervullen van die functies. De beoordeling van de hoedanigheid en de kwaliteit van de bodem hangt echter ten nauwste samen met het gebruiksdoel dat men voor ogen heeft (aan de bodem voor een woonwijk kunnen andere eisen worden gesteld dan aan een industrieterrein). Om deze redenen is het van belang om te bezien welke functies de bodem zoal heeft of kan hebben; in dit hoofdstuk wordt daarvan om te beginnen in het kort een overzicht gegeven.

#### 2.1.1. De bodem als leefmilieu voor mens, dier en plant

Een eerste functie van de bodem waaraan men kan denken, is het *'dragen' van de mens en zijn leefmilieu*. De mens staat, loopt, zit en werkt op de bodem, bouwt er zijn huizen en andere gebouwen, legt er zijn wegen en industrieterreinen aan, maakt er zijn tuinen en parken, plant er zijn voedsel- en siergewassen aan, enzovoort; in de bodem legt de mens allerlei transportsystemen aan, zoals telefoon- en elektriciteitskabels, gasbuizen, rioleringsstelsels, metro's en dergelijke.

Dat alles alleen al zou reden genoeg moeten zijn om de bodem met de nodige 'eerbied' te behandelen.

Er is echter veel méér. De Memorie van Toelichting van de ontwerpwet Bodembescherming gaat uit van een drietal



2.1. De bodem wordt onder meer gebruikt voor de aanleg van allerlei transportsystemen, zoals communicatie-kabelnetwerken, rioleringen of – zoals op deze foto – de metro.

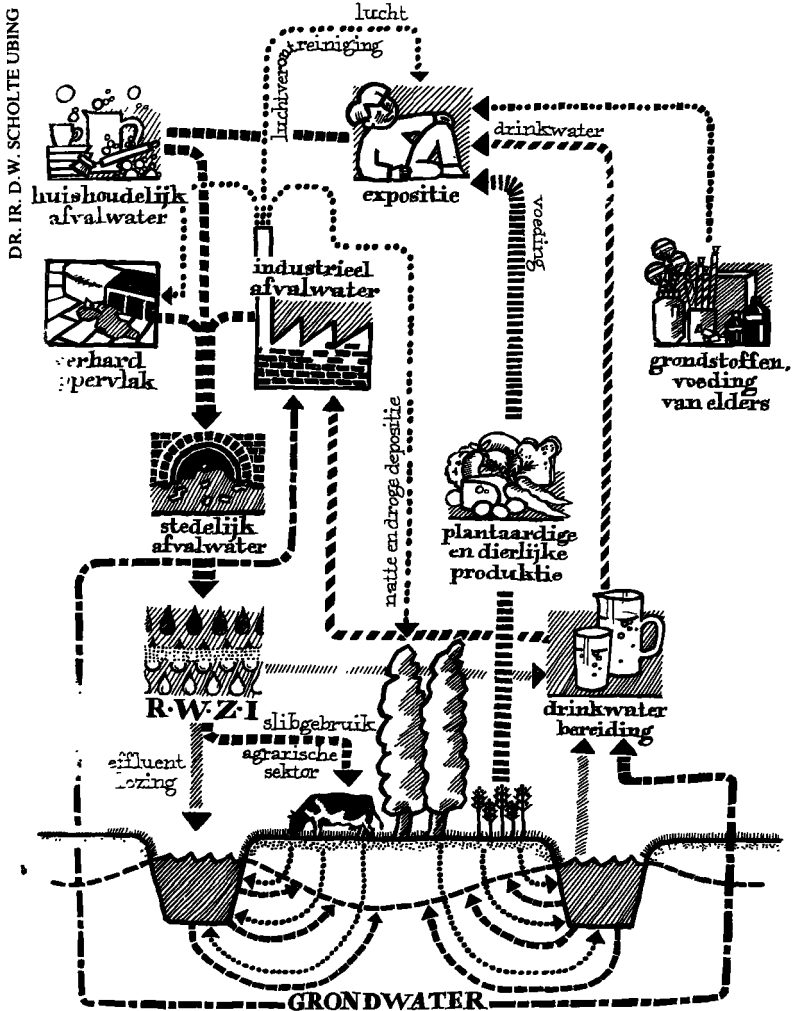
functionele eigenschappen met een direct menselijk gebruiksbelang:

- de betekenis van de bodem voor de voedsel- en gewasproductie ('agrarische functie');
- de betekenis van de bodem als leverancier van zuiver grondwater ('watervoorzieningsfunctie'); en
- de betekenis van de bodem als vind- en winplaats van delfstoffen of voor de energie- en grondstoffenvoorziening ('delfstoffen- en energievoorzieningsfunctie').

Bij deze functionele eigenschappen vervult de bodem een rechtstreeks gebruiksdoel voor de mens.

Het is in dit verband goed zich te realiseren, dat er in zekere zin twee 'soorten' bodems bestaan: natuurlijke en kunstmatige. Natuurlijke bodems bezitten een niet of nauwelijks door de mens beïnvloede geologische opbouw (ze hebben, anders gezegd, autochtone profielen) en hebben uiteraard

geen verhard oppervlak; kunstmatige bodems daarentegen hebben allochtone of zelfs volledig kunstmatige profielen (met andere woorden, de natuurlijke geologische opbouw is door toedoen van de mens in vergaande mate tot geheel



2.2. Schema van een kringloop van zware metalen in en buiten het bodemcompartiment, waaruit de betekenis van de bodem voor dergelijke kringlopen duidelijk wordt.

gewijzigd) en hun oppervlak is veelal verhard. In dit laatste geval kan worden gedacht aan bodems in steden, en aan verkeerswegen, industrieterreinen en allerlei andere, duidelijk antropogene (door de mens gegenereerde) terreinen.

Het merendeel der bodems kan nog tot de eerste, min of meer natuurlijke categorie worden gerekend. Vele bodems hebben dan ook naast de zojuist genoemde gebruiksdoelen ten behoeve van de mens, ook een meer algemene, oecologische functie – bijvoorbeeld als *verblijfplaats voor een groot aantal diersoorten* (waarbij dan even wordt voorbijgegaan aan de vraag of de mens niet, biologisch gezien, óók als een diersoort moet worden beschouwd). Via de talrijke biologische kringlopen die er binnen een oecosysteem<sup>1</sup> bestaan, hebben deze organismen relaties met, en invloed op organismen die niet in de bodem leven; men denke bijvoorbeeld aan de regenwormen, die een belangrijke voedselbron voor vele vogelsoorten vormen. De organismen in de bodem vervullen ook andere functies in de bodem zelf; zo maken de zojuist genoemde regenwormen door hun aanwezigheid aldaar de bodemstructuur lossen, en deze betere doorluchting van de bodem is van veel betekenis voor de plantengroei.

Verontreiniging van de bodem kan tot gevolg hebben dat de bodemfauna anders gaat functioneren doordat bepaalde, voor de desbetreffende verontreiniging gevoelige organismen verdwijnen. Nu is 'de' natuur uiteraard nooit stabiel, en veranderingen zijn er altijd geweest. Op zichzelf hoeven wijzigingen zoals hier bedoeld dan ook niet verontrustend te zijn, ware het niet dat veranderingen door antropogene oorzaken vaak erg ingrijpend en grootschalig zijn. Het is zelfs mogelijk dat een verontreiniging dermate ernstige vormen aanneemt dat alle bodemorganismen verdwijnen.

1. Onder 'oecosysteem' kan worden verstaan het geheel aan levende organismen (planten, dieren, micro-organismen) in een bepaald gebied, met hun onderlinge relaties en de relaties met en beïnvloeding door het 'levenloze' milieu (dus geologische, fysische, chemische, klimatologische, enzovoort factoren); een oecosysteem is een geïntegreerd geheel, een (h)echte levensgemeenschap. De oecologie is de wetenschap die de processen die zich in een oecosysteem afspelen, bestudeert.

In dit verband zij gewezen op een specifieke vorm van bodemverontreiniging, namelijk het toepassen van bestrijdingsmiddelen (zowel tegen 'onkruiden' als tegen insecten, schimmels en dergelijke) in landbouwgebieden; dit kan uiteraard ook een niet-bedoelde invloed op de (overige) bodemfauna hebben.

*De teelt van landbouwgewassen* (zoëven reeds genoemd als de 'agrarische functie' van de bodem) vormt overigens een belangrijke vorm van gebruikmaking van de bodem. Als we bepaalde nieuwe vormen van tuinbouw buiten beschouwing laten (zoals substraatteelt en meerlagenteelt waarbij geen gebruik wordt gemaakt van een bodem), dan kan worden gesteld dat voor alle landbouwprodukten, waar ook ter wereld in de open lucht geteeld, bodem nodig is. Granen, aardappelen, peulvruchten, fruit, enzovoort – alle zijn het planten die wortelen in de bodem. In dit verband moet niet alleen worden gedacht aan plantaardige produktie die voor menselijke of dierlijke consumptie bestemd is, maar ook aan gewassen die niet voor consumptie bestemde produkten leveren, zoals vezelgewassen (jute, vlas, hennep), natuurrubber, en dergelijke.

Indirect is ook de dierlijke produktie (veehouderij) van de bodem afhankelijk – niet alleen omdat de dieren de bodem onder de voeten hebben, maar ook omdat ze op de bodem groeiend plantaardig materiaal consumeren.

Gezien het belang dat de bodem heeft voor de agrarische produktie, kan worden gesteld dat voor de wereldvoedselvoorziening een zo min mogelijk verontreinigde bodem van essentieel belang is.

Mest en kunstmest moeten in dit verband eveneens worden genoemd. Wanneer hiervan namelijk (te) grote hoeveelheden op en in de bodem terechtkomen, dan kan dit tot een overbelasting en een daardoor niet meer optimaal functioneren van de bodem leiden. Anderzijds heeft een te geringe bemesting tot gevolg dat er minder gewas geproduceerd wordt dan onder de gegeven omstandigheden mogelijk zou zijn. Toepassing van mest en kunstmest vereist dus een nauwkeurige afweging van enerzijds hetgeen vanuit pro-



duktie-oogpunt wenselijk is, en anderzijds hetgeen vanuit de instandhouding van een 'gezonde' bodem gezien mogelijk is.

Behalve voor landbouwgewassen heeft de bodem uiteraard ook een functie als *groeiplaats voor wilde plantesoorten* en voor natuurlijke en door de mens aangelegde *bossen*. De natuurlijke (wilde) vegetatie is van een niet te onderschatten belang, aangezien in deze vorm een enorme schat aan genetisch (erfelijk) materiaal is 'vastgelegd'.

Van deze nog grotendeels onbekende genetische eigenschappen zouden vele nog wel eens een belangrijke betekenis voor de mens kunnen hebben, bijvoorbeeld ter verbetering van bestaande landbouwgewassen door de desbetreffende eigenschappen in te kruisen, of voor het verkrijgen van bepaalde medicinale of andere produkten.

De vegetatie is verder van evenmin te onderschatten betekenis aangezien de groene planten door hun vermogen om met behulp van zonlicht en water het koolzuur uit de lucht te binden en die in zuurstof om te zetten (het zogenaamde fotosynthese-proces), een belangrijke voorwaarde zijn voor het leven van mens en dier.

Deze indirecte functie van de bodem heeft echter niet alleen een oecologisch aspect, maar ook voor wat betreft de 'agrarische functie', immers, met name de bossen hebben ook nog een zeer grote economische waarde; hout is sinds onheugelijke tijden één van de belangrijkste bouwmaterialen en brandstoffen voor de mensheid geweest. Het wereldhoutverbruik voor 1985 wordt op meer dan 3 miljard m<sup>3</sup> geschat. Ook wat betreft deze functie is het belang van een niet-verontreinigde bodem evident. Dit kan niet los worden gezien van de momenteel sterk in de belangstelling staande problematiek van de 'zure regen' (verzurende depositie).

Bossen en terreinen met min of meer natuurlijke vegetatie zijn niet alleen om economische of oecologische redenen van belang, maar bijvoorbeeld ook in verband met de *recreatie* van de mens. Op deze en andere sociaal-maatschappelijke aspecten wordt later in dit hoofdstuk ingegaan.

De – van de bodem afhankelijke – vegetatie is verder van

onschatbare betekenis vanwege de invloed op *klimaat* en *waterhuishouding*; de planten hebben immers een grote invloed op de verdamping van het op deze aarde beschikbare water.

Dat de wortels van planten en bomen de bodem 'vasthouden', is van geweldige betekenis voor het tegengaan van *erosie* (met andere woorden: voor het behoud van het bodemprofiel), vooral in niet-vlakke gebieden. Streken waar door toedoen van de mens op grote schaal de natuurlijke vegetatie is verdwenen, hebben veelal ook hun vruchtbare grond verloren en zijn thans onbruikbaar geworden. Dat is indertijd onder andere gebeurd in Spanje, waar men veel hout nodig had voor het bouwen van een onoverwinnelijke vloot, de Armada, met als uiteindelijk resultaat dat grote gebieden in dat land thans volledig geërodeerd zijn (terwijl de Armada, zoals bekend, geen succes was . . .). Een hedendaags voorbeeld vormt de problematiek van de Sahel-landen, die thans worden geconfronteerd met een geweldige verwoestijning en ingrijpende klimaatsveranderingen ten gevolge van grootschalige houtkap die vroeger in dit gebied heeft plaatsgevonden.

Bovendien is er sprake van een wisselwerking tussen vegetatie en bodem: de in de bodem wortelende planten hebben weer een regulerende invloed óp diezelfde bodem doordat ze bijvoorbeeld het zonlicht voor een deel tegenhouden; dank zij de vegetatie ontstaat er een heel ander bodemmilieu (met andere eigenschappen, bodemorganismen en dergelijke) dan het geval zou zijn wanneer er géén planten aanwezig zouden zijn.

De planten en dieren die in de bodem en op het bodemoppervlak leven, moeten òm te kunnen leven, mineralen omzetten, stoffen uit de bodem opnemen en er andere aan toevoegen. Dat betekent dat de – van de bodem afhankelijke – organismen een grote invloed hebben op de chemische samenstelling van die bodem.

Veel van de tot nu toe genoemde bodemfuncties zijn aspecten van één, en wel de in feite belangrijkste functie van de bodem: *het in stand houden van biologische processen*. De

reeds genoemde Memorie van Toelichting stelt dat de waarde van deze functie niet hoog genoeg kan worden getaxeerd.

### *2.1.2. De bodem als bewaarplaats van produkten van en vóór de mens*

Behalve de tot nu toe genoemde functies van de bodem als 'basis' voor het leven van plant, dier en mens, heeft de bodem echter nog een groot aantal andere gebruiksmogelijkheden en functies, waar de mens van weet te profiteren. Zo is de bodem de 'opvangplaats' voor een groot deel van het regenwater, en daardoor een belangrijke *leverancier van drink- en irrigatiewater* (de 'watervoorzieningsfunctie' uit de Memorie van Toelichting). In Nederland is circa 67% van het geproduceerde drinkwater van oorsprong regionaal regen(grond)water, de overige 33% is afkomstig van voornamelijk grensoverschrijdend rivierwater.

Het voor drinkwater gebruikte grondwater kan kwalitatief nadelig worden beïnvloed door bodemverontreinigingen zoals chemisch afval en overbesteding in de agrarische sector. De EG heeft als norm ten aanzien van de drinkwaterkwaliteit gesteld dat een nitraatgehalte van maximaal 50 milligram per liter toelaatbaar is, maar beveelt de helft daarvan als maximum aan. In ons land benadert het nitraatgehalte de EG-norm op sommige plaatsen ten gevolge van overbesteding al bedenkkelijk; niet moet worden uitgesloten dat soms reeds overschrijding optreedt. Het gevaar van verontreiniging van grondwater is overigens niet alleen, dat daardoor lokaal de drinkwatervoorziening wordt bedreigd, maar vooral ook dat de verontreiniging zich via het grondwater gemakkelijk naar elders kan verspreiden en aldus grote gebieden kan bedreigen.

In de bodem vinden overigens talloze processen plaats die een stabiliserend of zuiverend effect hebben. Bij deze bodemfuncties kan men denken aan omzetting, afbraak en opbouw van materie, filtering, neerslag (binding) van stoffen en dergelijke.



2.3. De bescherming van het grondwater is van essentiële betekenis, onder meer voor de drinkwatervoorziening.

Een andere belangrijke gebruiksfunctie van de bodem is de *winning van delfstoffen*, waarbij voor wat betreft Nederland de nadruk ligt op aardolie, aardgas en steenzout ('delfstoffen- en energievoorzieningsfunctie'). Genoemd kan verder worden de winning van steenkool, bruinkool, aluinaarde, klei voor de grofkeramische industrie, mergel en dergelijke. Ook in dit opzicht wordt door de mens een niet weg te cijferen gebruik van de bodem gemaakt.

Ten slotte wordt de bodem door de mens gebruikt om er *materiaal in op te bergen* dat hij kwijt wil, waarbij het vaak de bedoeling is dat die opslag een definitief karakter heeft. Te denken valt daarbij aan allerlei huishoudelijk en industrieel afval, met alle risico's van bodemverontreiniging van dien. Deze bodemfunctie heeft overigens haar goede kanten: de archeologie maakt er dankbaar gebruik van dat de mensheid de bodem hiervoor al van oudsher heeft gebruikt; juist afvalstortplaatsen vormen een belangrijke informatiebron omtrent de leefwijze van vroegere bewoners. De archeologische betekenis van deze bodemfunctie kan overigens voor de huidige afvalberging nauwelijks als argument gelden, aangezien er tegenwoordig voldoende (en veiliger) conservatiemethoden bestaan.

Het *begraven van overledenen* en het verstrooien van crematie-as zijn wel heel speciale vormen van bodemgebruik, waarbij een zeer specifiek bodemmilieu wordt gecreëerd; dit is overigens niet per se als een onnatuurlijk proces aan te merken.



2.4. Archeologen zijn juist zeer dankbaar voor het feit dat ook onze voorouders de bodem gebruikten om er hun afval in te deponeren.



2.5. *Het begraven van doden is een zeer speciale, niet onnatuurlijke vorm van bodemgebruik.*

### *2.1.3. Steeds meer afval*

Vooraf in de jaren sinds de zogeheten Industriële Revolutie is de afvalstroom, ook in ons land, enorm toegenomen. Belangrijkste oorzaken daarvan zijn de bevolkingstoename, de voortgaande industrialisatie, het toenemend gebruik van milieuvreemde (dat wil zeggen: niet van nature in het milieu voorkomende) stoffen, en het creëren van nieuwe producten, produktie- en consumptiewijzen. Door dit alles is de afvalstroom ook qua samenstelling veranderd. Een belangrijk deel van dit voortdurend in omvang toenemende afval wordt 'verwerkt' door het op of in de bodem te storten. Tabel 2.1, ontleend aan het 'Voorlopig indicatief meerjarenprogramma Bodem 1984-1988', geeft een overzicht van de soorten afvalstoffen en een schatting van de in 1982 geproduceerde hoeveelheden (in tonnen).

Het is interessant deze getallen uit 1982 te vergelijken met cijfers uit 1984. Bij kantoor-, winkel- en dienstenafval gaat het nu om 4 000 000 ton, de overige waarden (voor zover beschikbaar) verschillen niet of slechts weinig van de in 1982 geproduceerde hoeveelheden.

In totaal komt er in Nederland per jaar 4,6 miljoen ton afvalstoffen uit particuliere huishoudens vrij en 23,3 miljoen ton bedrijfsafvalstoffen. Daarnaast komt er nog 30 miljoen ton havenslib vrij.

### *2.1.4. Normen voor bodemkwaliteit*

Gezien de hier gegeven korte opsomming van gebruiksdoelen en functies van de bodem zal het duidelijk zijn dat het van belang is, eerst het gewenste gebruiksdoel of de beoogde functie te definiëren, alvorens te beslissen welke normen van bodemkwaliteitsbeoordeling moeten worden aangelegd. Het eerste zal veelal geen probleem zijn, maar de crux in de bodembeschermingsproblematiek is het vaststellen van reële, relevante normen ter beoordeling van de bodemkwali-

Tabel 2.1. *Overzicht van de soorten afvalstoffen en schatting van de in 1982 geproduceerde hoeveelheden (in tonnen)*

Huishoudelijke afvalstoffen	4 100 000
Grof huisvuil	550 000
Veeg-, markt-, plantsoen-, drijfafval, roostervuil	900 000
Bagger, putmodder, beer	140 000
Autowrakken	530 000
Kantoor-, winkel- en dienstenafval	2 500 000
Industrie-afval (exclusief hoogovenslakken, staal- slakken en gieterijzand)	2 000 000
Bouw- en sloopafval	6 000 000
Zuiveringslib	5 900 000
Agrarisch afval	1 300 000
Ziekenhuisafval	150 000
Verbrandingsresten van afvalverbrandingsinstallaties	700 000
Idem, van met kolen gestookte installaties	600 000
Autobanden	39 000
Havenslib, baggerspecie	48 000 000
Afvalgips	2 000 000
Afgewerkte olie (Wet Chemische Afvalstoffen)	68 000
Chemisch afval (idem)	300 000
Hoogovenslakken	1 300 000
Staalslakken	300 000
Gieterijzand	300 000

teit, het gebruiksdoel of de bodemfunctie in aanmerking genomen.

In opdracht van de overheid heeft een projectgroep van TNO een systeem van kwaliteitskenmerken opgesteld aan de hand waarvan kan worden nagegaan in hoeverre de gangbare beoordelingen van de bodemkwaliteit bruikbaar zijn voor bodembescherming. Als nuttige criteria zijn daarbij al in een vroeg stadium naar voren gekomen: het complex van biologische processen waarbij dood organisch materiaal wordt afgebroken, en de diversiteit aan organismen (een



grote rijkdom aan soorten kan op ongestoorde omstandigheden wijzen).

De behoefte aan normen en kwaliteitseisen ter beoordeling van het bodemmilieu wordt vertaald in vragen zoals:

- kan van de bodem een milieuhygiënische hoedanigheid en/of kwaliteitsbeoordeling worden gegeven (bijvoorbeeld: is de bodem wel of niet verontreinigd)?;
- wat zijn de gevolgen voor hoedanigheid en kwaliteit van de bodem bij invoering, gebruik en toepassing van bepaalde stoffen, dan wel het uitvoeren van bepaalde handelingen of activiteiten, met, op of in de bodem?;
- bij welke hoedanigheid van de bodem komen gevaren, op korte of lange termijn, voor de gezondheid van de mens of voor planten en dieren in het geding?; en welke hoedanigheden van de bodem leiden tot de uitspraak: ‘kwaliteit onaanvaardbaar, maatregelen (bijvoorbeeld sanering) noodzakelijk’?;
- op welke wijze kan een als onaanvaardbaar gekarakteriseerde situatie van de bodem worden gesaneerd of onschadelijk gemaakt zonder andere ‘onderdelen’ van het milieu daardoor te schaden?

### *2.1.5. Planologische aspecten*

De problematiek van een klein, dichtbevolkt land als Nederland is, dat op een relatief klein oppervlak een groot aantal functies en gebruiksdoelen van de bodem plaats moet (kunnen) vinden. Dit vergt een strak beleid op het gebied van de *ruimtelijke ordening*. Dat betekent dat het gebruik maken van de bodem (voor welk doel of welke functie dan ook) duidelijke planologische aspecten heeft. Dat geldt zeker niet in de laatste plaats ten aanzien van het gebruik van de bodem voor de gecontroleerde opslag van chemisch en huishoudelijk afval, alsook voor het bepalen van nieuwe bestemmingen voor afgewerkte bergplaatsen. De beleidsmatige aspecten zijn bij bodembeschermingsvraagstukken dan ook zwaarwegend.

De relatie tussen bodembescherming en ruimtelijke ordening is tweeledig: enerzijds is het milieubeheer slechts één van de deelbelangen waarmee de planologie rekening te houden heeft, anderzijds vormt de ruimtelijke ordening een belangrijk middel om verbreiding van verontreiniging tegen te gaan (de planologie als ordeningsfactor ten behoeve van een leefbaar milieu). De bodembeschermingsdeskundige geeft aan welke doelstellingen moeten worden gerealiseerd en hoe dat moet geschieden, de planoloog geeft aan waar dat moet plaatsvinden.

Nadat aldus keuzen en afwegingen zijn gemaakt, is het in geval van afvalbergplaatsen beperkt mogelijk een nieuwe planologische bestemming aan afgewerkte bergplaatsen te geven; voor bergplaatsen van stedelijke (huishoudelijke) afvalstoffen zou onder bepaalde, strikt na te komen voorwaarden aan een bestemming als recreatie-, landbouw- of bosbouwterrein kunnen worden gedacht. De ervaring heeft geleerd dat uiterste voorzichtigheid te allen tijde geboden blijft.

## **2.2. Sociaal-maatschappelijke aspecten**

Eveneens van groot gewicht bij de onderhavige problematiek zijn de sociaal-maatschappelijke aspecten. Men moet er begrip voor kunnen opbrengen dat bodemverontreiniging door de direct betrokkenen geheel anders wordt ervaren dan door een bestuurder of een ambtelijke instantie, die er emotioneel veel verder van af staat en die bovendien nog met allerlei andere factoren rekening moet of zal willen houden.

### *2.2.1. Emotionele aspecten*

Bodemverontreiniging is een voor de betrokkenen uiterst emotionele aangelegenheid. Wanneer zich onder woningen 'gif' blijkt te bevinden, dan wordt dit als een sluipende, niet direct zichtbare bedreiging van het bestaan beschouwd – in

zekere zin vergelijkbaar met een kwaadaardige tumor die langzaam maar zeker het organisme te gronde richt. Dat bodemverontreiniging iets geheimzinnigs, iets ongrijpbaars is, hangt ongetwijfeld samen met de in het vorige hoofdstuk vermelde constatering dat wat er zich in het bodemmilieu afspeelt, grotendeels aan onze waarneming onttrokken is.

Niet ten onrechte is wel gesteld dat de vrees voor bodemverontreiniging goeddeels wordt veroorzaakt door onkunde; verondersteld kan worden dat men zich minder ongerust zou maken over sporen benzeen en toluen in de kruipruimte onder de nieuwbouwwoning wanneer men zou weten dat dit normale bestanddelen van benzine zijn en er zich in een volle tank in de auto al gauw zo'n twee liter van deze verbindingen bevindt.

Angst voor bodemverontreiniging, hoewel misschien vaak inderdaad onterecht, is echter niet iets om te bagatelliseren. De betrokken bewoners moeten, mèt hun al dan niet vermeende probleem, serieus worden genomen. Het is nu eenmaal geen leuk idee wanneer men altijd groenten uit eigen tuin heeft gegeten en nu te horen krijgt dat het misschien maar beter is dat voorlopig niet meer te doen, of wanneer men zich realiseert dat de kinderen bij het buitenspelen misschien wel met hun handen in ernstig vervuilde grond hebben zitten wroeten.

Ondanks het feit dat een verontreiniging soms een geringe omvang heeft en geen gevaar voor de volksgezondheid oplevert, wordt daarom in bepaalde gevallen toch tot rigoureuze saneringsmaatregelen besloten; men spreekt in dat geval wel van 'psycho-sociale redenen' voor sanering.

### 2.2.2. *Openluchtrecreatie*

Een ander aspect dat in dit verband moet worden genoemd, is de *recreatie* in de open lucht. Wanneer de 'natuur' als mooi wordt ervaren, dan geeft dat rust en ontspanning. Een duidelijk door verontreiniging en degradatie aangetaste natuur geeft die sensatie niet.

Een bodem die als gevolg van verontreiniging niet geschikt wordt geacht voor woningbouw, krijgt, al dan niet na sanering, nog wel eens een bestemming als park of recreatieterrein. De gedachte hierachter is dat het verblijf op het terrein in dat geval een veel minder permanent karakter heeft en dat dus de eventuele schadelijke invloed van de verontreiniging dan geen rol zal spelen. Deze redenering kan op zichzelf juist zijn, maar ook daarbij wordt voorbijgegaan aan het emotionele aspect: hoe ervaart de mens het om op een verontreinigd terrein te recreëren? De (al dan niet kunstmatige) 'natuur' wordt geassocieerd met schoon en zuiver, en in dat beeld past niet de wetenschap dat er bodemverontreiniging is geconstateerd.

Min of meer in natuurlijke staat gebleven terreinen werden vroeger vaak juist als heel geschikt beschouwd om te dienen als afvalbergplaats. Het beroemdste voorbeeld daarvan in Nederland is ongetwijfeld het Naardermeer – een uniek natuurgebied dat de gemeente Amsterdam aan het begin van deze eeuw als stortplaats voor het (hoofd)stedelijk afval in gebruik wilde nemen. Tegenwoordig is men terecht zuinig(er) op dergelijke gebieden. Zolang er nog, bij gebrek aan voldoende alternatieven, afval gestort moet worden, zal men moeten bedenken dat voorkómen beter is dan genezen. Hier wordt dus het belang van een goed ruimtelijk orderingsbeleid wederom duidelijk – evenals de positieve rol die 'actiegroepen' zoals de natuurbeschermingsorganisaties kunnen spelen (het dreigende gevaar voor het Naardermeer was aanleiding tot de oprichting van de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten).

### *2.2.3. Voorlichting*

Er werd reeds op gewezen dat de constatering 'gif in de grond' bij de betrokken bewoners angst en ongerustheid oproept. Deze gevoelens zijn enerzijds gebaseerd op het feit dat men niet weet wat de term 'gif' inhoudt, niet op de hoogte is van de chemische hoedanigheden van de gevonden

stoffen, en niet vertrouwd is met kenmerken, eigenschappen en hoedanigheden van de bodem en de zich daarin afspelende biologische, chemische en fysische processen, terwijl men anderzijds, goeddeels onbewust, wel het gevoel heeft dat de bodem van essentieel belang is: iedereen wil letterlijk en figuurlijk vaste grond onder de voeten hebben.

Wanneer de autoriteiten of wetenschappelijke onderzoekers dan de geruststellende mededeling doen dat het allemaal wel meevalt, dat men er heus niet ziek van zal worden, en dat bodemverontreiniging tot op heden nog nooit mensenlevens heeft geëist, dan is dat duidelijk niet voldoende.

Het komt er met name op aan, hoe de resultaten van het onderzoek aan de betrokken bewoners worden gepresenteerd. Men dient zich daarbij te realiseren dat het 'gezag' van het wetenschappelijk onderzoek de laatste tijd soms – en dat niet altijd ten onrechte – ter discussie staat. 'Men' weet bovendien wel dat ook zeer serieuze onderzoekers zich wel eens hebben vergist doordat ze met te voorbarige conclusies kwamen.

Het is daarom van belang dat in geval van geconstateerde bodemverontreiniging van tevoren goed wordt overwogen op welke wijze de bewoners hiervan in kennis worden gesteld, en hoe de onderzoekresultaten worden gepresenteerd. Met dit laatste wordt niet bedoeld dat bepaalde gegevens zouden moeten worden achtergehouden, maar wel dat men de bewoners, die op het desbetreffende gebied veelal leken zijn, niet onverhoeds met voor hen nietszeggende maar angstaanjagend uitziende termen en getallen confronteert.

Er dient een duidelijk en eenduidig voorlichtingsbeleid te worden uitgestippeld, waarvan de betrokken bewoners niet de indruk krijgen dat het is bedoeld om de ernst van de situatie te bagatelliseren. Van de in de bodem aangetroffen verontreinigende stoffen dient niet alleen de gevonden concentratie te worden bekendgemaakt, maar ook wat normaal is, wat de nog toelaatbaar geachte concentratie is, waarop die norm is gebaseerd, en wat het betekent wanneer die norm wordt overschreden. Het lijkt geen bezwaar om toe te

geven dat er eigenlijk nog maar relatief weinig bekend is over schadelijke effecten en over de meest geëigende saneringsmethoden.

Bewoners die in een dergelijke onaangename situatie terecht zijn gekomen, zijn meestal niet erg voor 'rationele' argumenten zoals kansberekening en risico-analyse vatbaar; er is verontreiniging geconstateerd, en die moet liefst vandaag nog worden verwijderd.

### **2.3. Betekenis bodembescherming**

Wat is nu de betekenis van de bodembescherming? De belangrijkste reden werd reeds in het begin van dit hoofdstuk genoemd: mens, plant en dier zijn in veel opzichten van de bodem afhankelijk, dan wel de bodem speelt in bepaalde opzichten een essentiële rol in hun bestaan. Bodemverontreiniging kan die functies en gebruiksdoelen in gevaar brengen. Via de in het vorige hoofdstuk besproken kringlopen kunnen ook andere compartimenten worden aangetast, en ook daarom dient men over de bodemkwaliteit te waken.

#### *2.3.1. Financiële aspecten*

Er zijn bij het beschermen van de bodem nog andere aspecten in het geding. Om te beginnen is er het *financiële* aspect: sanering van verontreinigde bodems vergt waarlijk gigantische bedragen. Er is wel eens geschat dat voor een sanering van alle in ons land gevonden gevallen van bodemverontreiniging (en daarmee zijn dan uitsluitend de 'puntlocaties' bedoeld met chemisch of ander afval als verontreiniging) in totaal enkele miljarden guldens nodig zouden zijn. Zelfs indien alleen de meest urgente gevallen worden gesaneerd, is daarmee nog een bedrag van meer dan een miljard gemeoid. Bodembescherming is dus financieel gezien een zaak van zeer grote betekenis.

Nauw hierbij sluit aan dat de kennis die in Nederland inmid-

dels omtrent bodemverontreiniging en bodemsanering is opgebouwd, een goed *export-‘artikel’* kan worden en daarmee een niet oninteressante bron van inkomsten. Voor de export van de in Nederland opgebouwde know-how op het gebied van de bodemreiniging zal namelijk zeker een goede markt bestaan. Aldus kan wellicht een deel van de nu voor bodemreiniging benodigde gelden weer worden terugverdiend.

Macro-economisch gezien is dat ongetwijfeld een prettig vooruitzicht, maar het is voor bewoners die het advies krijgen de zelf geteelde boontjes maar liever niet meer te consumeren omdat de grond verontreinigd is, wellicht toch een ietwat wrange gedachte dat zij deze bijdrage aan de economie moeten leveren.

### 2.3.2. *Culturele en ethische aspecten*

Vermeld moet ook worden het *culturele* aspect. De huidige bodem is niet alleen het resultaat van verscheidene gecompliceerde geologische, fysische, chemische en biologische processen gedurende lange perioden, maar ook van de invloed daarop van de mens. Hoewel die menselijke invloed in bepaalde opzichten als negatief moet worden gewaardeerd, en men ook het verontreinigen van de bodem tot ‘cultuur’ zou moeten rekenen, is anderzijds toch de positieve invloed die de mens onmiskenbaar óók op de wordingsgeschiedenis van de bodem heeft gehad, een argument dit deels natuurlijke, deels culturele erfgoed zo goed mogelijk te beschermen. Dat geldt vooral voor een ‘man-made country’ als Nederland, waar de bodem voor bijna 100% één stuk cultuur(techniek) is! Voltaire zei immers reeds dat God de wereld schiep, maar dat de Nederlanders hun eigen land hebben geschapen . . .

Nauw hierbij sluit aan de betekenis van bodembescherming om *morele, ethische en religieuze* redenen. Dit aspect vestigt er de nadruk op dat de mens is aangesteld als rentmeester van de schepping; de mens mag de bodem, planten en dieren wel gebruiken, maar niet misbruiken. Zoals het

een goed rentmeester betaamt, moet de mens alleen leven van de rente die het kapitaal (= de schepping) hem oplevert, maar het kapitaal zelf onaangetast laten.

Zeker dit laatste aspect is van betekenis, omdat de omtrent bodemreiniging opgebouwde know-how niet alleen kan worden geëxporteerd, maar bovendien kan worden aangewend om in de toekomst soortgelijke aantastingen te voorkómen. Dit vereist ook het op grote schaal invoeren van zogeheten 'schone(re) technologie' (zie hoofdstuk 7).



### **3. Opsporen en vaststellen van bodemverontreiniging**

In een aantal gevallen is het zonder meer duidelijk dat er sprake is van bodemverontreiniging; bij een vuilstortplaats van ná de Industriële Revolutie bijvoorbeeld is dat veelal onmiskenbaar. In andere gevallen is dat echter niet op voorhand te constateren. Dat is, algemeen gesproken, een gevolg van het feit dat de bodem, zoals beschreven, tamelijk 'ontoegankelijk' is en zich goeddeels aan de waarneming onttrekt (tenzij de verontreiniging zich bijvoorbeeld in de groei van de vegetatie manifesteert). Indien men in een dergelijk geval wil weten of de desbetreffende bodem al dan niet verontreinigd is, of een vermoeden in die richting bevestigd wil zien, dan is onderzoek noodzakelijk.

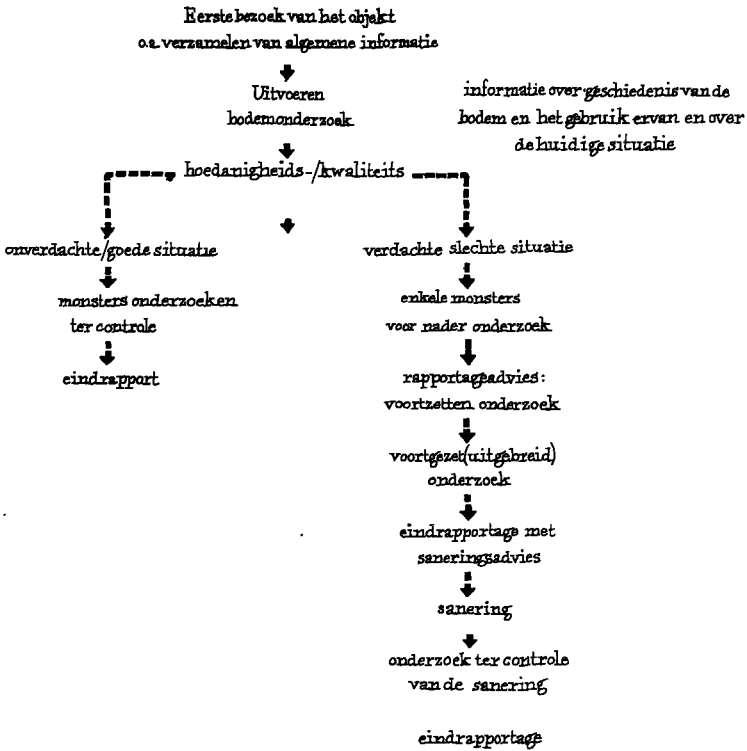
De eerste vraag die dus beantwoord moet worden, is òf er stoffen aanwezig zijn die mogelijkwerwijs een verontreinigend effect hebben, en zo ja, waar precies. In tweede instantie moet worden vastgesteld of dat in zodanige concentraties is dat er inderdaad sprake is van bodemverontreiniging. Deze twee vragen komen achtereenvolgens in dit hoofdstuk aan de orde.

#### **3.1. Opsporen**

Er zijn verschillende methoden om er achter te komen waar er sprake is van bodemverontreiniging. Afzonderlijk of in combinatie toegepast kunnen die tot de gewenste antwoorden leiden.

##### *3.1.1. De plaats van de verontreiniging*

Als methoden om de vermoedelijke *plaats* van verontreiniging op te sporen kunnen de volgende genoemd worden.



3.1. Schema dat de 'ideale' gang van zaken aangeeft tijdens een onderzoek naar de aanwezigheid van bodemverontreiniging.

– *Informatie door (oudere) mensen.* Vaak weten mensen die al lang in de desbetreffende buurt wonen of werken, nog goed wat er indertijd met het te onderzoeken terrein is gebeurd: er is vroeger een tijdje een opslagterrein geweest, er is vroeger een keer een aantal vaten neergezet, er is vroeger eens een vrachtauto een hoeveelheid grond komen storten, enzovoort. Illustratief is wat één van de TNO-onderzoekers eens meemaakte: hij arriveerde bij een te onderzoeken terrein met een dragline-machinist, die precies wist te vertellen wáár er gegraven moest worden omdat hij indertijd, vele jaren geleden, zèlf de vrachtauto had bestuurd die

het thans op te sporen materiaal was komen storten. Ook in het geval van de verontreinigde Zellingwijk in Gouderak, waarmee dit boek begon, was het de plaatselijke bewoners reeds tientallen jaren bekend dat er op de desbetreffende plek vuilstort had plaatsgevonden. Overigens moet er rekening mee worden gehouden dat het geheugen en het waarnemingsvermogen bepaald niet onfeilbaar zijn.

– *Opsporing vanuit de lucht.* Beter dan vanaf de grond is verontreiniging soms vanuit de lucht waar te nemen. Door middel van directe observatie of aan de hand van systematisch gemaakte luchtfoto's kunnen stortplaatsen vrij gemakkelijk worden geconstateerd. Een dergelijk onderzoek, uitgevoerd door de Provincie Zuid-Holland, bracht in 1983 niet minder dan 700 illegale stortplaatsen en -plaatsjes aan het licht – en dat terwijl slechts een deel van de provincie op deze wijze werd verkend.

– *Gegevens uit kadasters* vertellen veel over vroegere bestemmingen van het te onderzoeken terrein. Wanneer uit het kadaster bijvoorbeeld blijkt dat zich op de desbetreffende plaats vroeger bijvoorbeeld een fabriek of een opslagplaats heeft bevonden, dan maakt dat de kans op het vinden van een verontreiniging heel wat reëler. Men mag er namelijk op rekenen dat er in dergelijke gevallen wel bij-, rest- of afvalprodukten in de bodem terecht zijn gekomen als gevolg van lekken in leidingen of in vaten voor al dan niet tijdelijke opslag van afvalstoffen, of lozing. De aard van het ter plaatse uitgeoefende bedrijf, en niet te vergeten van de daarin (destijds) toegepaste werkwijzen en produktieprocessen, geeft ook al een indicatie van de te verwachten en in de analysefase op te sporen stoffen.

– *Gemeentelijke archieven* bevatten eveneens vaak informatie over vroegere gebruiksbestemmingen van een bepaald terrein; een terrein waarop woningbouw is gepland, kan vroeger bijvoorbeeld als stortplaats hebben gefungeerd, of sloten in het terrein kunnen met afval zijn opgevuld. Ondanks afgraven van zo'n stortplaats tot een op het oog schoon terrein kan nog de nodige verontreiniging in de bodem zijn achtergebleven. De beschikbare 'historische'

gegevens kunnen dan aanleiding zijn een nader onderzoek in te stellen.

– De *vegetatie* kan ook een aanwijzing geven dat de samenstelling en aard van het natuurlijke bodemmilieu veranderingen hebben ondergaan. Men kan zich voorstellen dat dit ertoe leidt dat bepaalde soorten geen geschikte groeiplaats meer vinden en – letterlijk – het veld moeten ruimen voor andere, minder hoge eisen stellende soorten. De praktijk geeft vaak juist een heel ander beeld te zien: op vuilstortplaatsen vindt men vaak de fraaiste vegetatie, en er schijnt in Nederland ook een met vlieggas verontreinigd terrein te bestaan waarop de prachtigste, beschermde orchideeën groeien. Is soortenrijkdom en weelderigheid dus kennelijk niet zo'n goede maatstaf, planten met ziekteverschijnselen zijn waarschijnlijk een betere indicator.

### 3.1.2. De aard van de verontreiniging

Wanneer het vermoeden is verkregen dat een bepaald terrein mogelijkverwijst verontreinigd is, dan moet dat nog worden bewezen, en moeten aard en omvang van de verontreiniging worden bepaald. Het is, met andere woorden, nodig om monsters van de bodem te nemen teneinde die op de aanwezigheid van verontreinigende verbindingen te kunnen onderzoeken (analyse; zie § 3.2).

Bij het nemen van monsters is het van het grootste belang dat die *representatief* zijn. Dat wil zeggen dat de genomen monsters een goede afspiegeling zijn van de samenstelling en eigenschappen van de bodem, en dat men er ook inderdaad alle op te sporen stoffen in kan aantreffen. Een objectief onderzoek van monsters is altijd mogelijk, maar een objectieve interpretatie van de resultaten van dat onderzoek is alleen mogelijk indien de onderzochte monsters representatief waren.

Als stelregel dient de monstername dan ook door de – objectieve – onderzoeker te worden uitgevoerd, en niet door een anderszins betrokken partij, die er bijvoorbeeld, om



3.2. Oriënterend bodemonderzoek met een handboor op een industrieterrein.



3.3 Een zogeheten Edelman-handboor, opgehaald en gevuld met een klei. De handboor is ontworpen voor bemonstering van de bodem ten behoeve van grondsoort-kartering; boor en boormethode zijn niet altijd geschikt voor bodemontsluiting en -bemonstering ten behoeve van milieuhygiënisch bodemkwaliteitsonderzoek.



*3.4. Bij het onderzoek van een voormalig fabrieksterrein werden een ernstig verontreinigde bodem en dito grondwater aangetroffen.*

welke reden dan ook, belang bij heeft dat er géén of juist véél verontreiniging in de bodem wordt aangetroffen. Een verontreiniging hoeft namelijk niet homogeen over of in een terrein verspreid te zijn, maar kan zich op bepaalde plaatsen concentreren: een opslagterrein van vaten chemisch afval bijvoorbeeld kan bestaan uit een gedeelte waar de vaten daadwerkelijk worden opgeslagen en uit een gedeelte waar zich de administratie bevindt en waar de voertuigen parkeren en manoeuvreren; het zal duidelijk zijn dat bij monsternamen op het laatstgenoemde gedeelte van het terrein een veel geringere verontreiniging zal worden aangetroffen. Met dit voorbeeld is duidelijk geïllustreerd dat ook de plaats op het terrein waar de monsters worden genomen, bepalend is voor een representatieve monsternamen. Hierbij dient dus rekening te worden gehouden met de (vroegere) indeling

DR. IR. D. W. SCHOLTE UBING



3.5. Een gedegen kwaliteitsonderzoek van de bodem op verdachte locaties vereist vaak ook ontsluiting van de bodem tussen en onder funderingen van (voormalige) bedrijfsgebouwen. Dit voormalige fabriekscomplex werd mede ten behoeve van bodem- en grondwateronderzoek afgebroken. De afvoer en verwerking van het daarbij vrijkomende puin en dergelijke is overigens een verhaal apart.



van het terrein, en verder ook met de aanwezigheid van leidingen, buizen, kabels, goten, zinkputten en dergelijke (die ook tot de verspreiding van een verontreiniging kunnen bijdragen) en met zaken als bedrijfsvoering, productieprocessen, de opslag van stoffen, de afvoer van afvalstoffen en eventuele calamiteiten die in het verleden hebben plaatsgevonden.

Deze informatie kan worden verkregen door gesprekken met beheerders van het desbetreffende object of met derden (bijvoorbeeld omwonenden, (oud-)werknemers), het bestuderen van bodemkaarten, bouwtekeningen en plattegronden, en niet te vergeten een rondgang door de onderzoeker over het terrein, waarbij hij of zij ogen, oren en neus goed de kost geeft. In dit laatste geval wordt ook op de aanwezige plantengroei gelet.

Belangrijk voor een representatieve monstername is verder

DR. IR. D. W. SCHOLTE UBING



*3.6. Vaak kan de bodem goed, snel en relatief goedkoop worden ontsloten met behulp van mechanische graafapparatuur, waarna de bodemlagen en het grondwater kunnen bemonsterd ten behoeve van het kwaliteitsonderzoek. Op deze foto is zo'n mechanisch gegraven profielkuil te zien, waaruit zonodig verder onderzoek kan plaatsvinden.*

het aantal monsters dat wordt genomen (de dichtheid van de monstername) en de diepte waarop wordt bemonsterd. Dit laatste staat in verband met de eventuele verspreiding van de verontreiniging in de bodem, hetgeen afhankelijk is van de aard van de verontreiniging, de aard van de bodemstructuur en -samenstelling (al dan niet doorlatende lagen en dergelijke), het grondwater, enzovoort.

Een vraag die in dit stadium tevens moet worden beantwoord, is of uitsluitend grond wordt verzameld, of grond plus water, biologisch materiaal, bodemlucht, enzovoort.

De monsters worden verzameld met behulp van een grondboor, waarmee kleine cilindervormige monsters uit de bodem kunnen worden gestoken, of met behulp van draglines wanneer grotere hoeveelheden materiaal benodigd zijn en bodemprofielen moeten worden bestudeerd. In het eerste geval krijgt men een 'geroerd' monster waarin de oorspronkelijke structuur van de bodem goeddeels verloren is gegaan; in het tweede geval een minder of niet geroerd monster.

Naast deze directe en indirecte aanknopingspunten bestaat er zonodig nog een aantal fysische opsporingsmethoden. Wat dat betreft kunnen de volgende methoden worden genoemd.

– *Geo-elektrische metingen.* Op een bepaalde afstand van elkaar worden twee elektroden in de grond gebracht.

Vervolgens wordt met een generator een elektrisch veld in de bodem opgewekt, waarvan de vorm (configuratie) afhankelijk is van de aard van de bodem en de geleidbaarheid van het grondwater. Aan het bodemoppervlak ontstaan hierdoor potentiaalverschillen die worden gemeten. Door de afstanden tussen de spanningselektroden te variëren, kan een indruk worden gekregen van de variatie in de geleidbaarheid van de bodem in relatie tot de diepte. De geleidbaarheid wordt beïnvloed door eventueel aanwezige verontreinigende stoffen in de bodem.

– *Elektromagnetische metingen.* Bij deze methode wordt gebruik gemaakt van een zender die elektromagnetische golven uitzendt met een frequentie van enkele honderden



3.7. Met elektromagnetische meettechnieken wordt de omvang van de verontreiniging in de grond vastgesteld, zonder dat er boringen voor nodig zijn. Door de spoelen wordt een wisselstroom gestuurd die elektromagnetische velden opwekt. Naarmate de 'schijnbare' weerstand lager is, moet een grotere verontreiniging worden verwacht.



3.8. Geofysisch boorgat-onderzoek.

Hz. Het primaire magnetische stralingsveld induceert wer-  
velstromen die op hun beurt een magnetisch wisselveld op-  
wekken. De mate waarin dat gebeurt, hangt onder meer  
sterk af van de geleidbaarheid van het grondwater, en deze  
methode is dan ook bij uitstek geschikt om de horizontale  
verspreiding vast te stellen van anorganische verontreini-  
gingen die de geleidbaarheid van het grondwater beïnvloe-  
den. Bij deze en de voorgaande methode dient men overi-  
gens goed op de hoogte te zijn van het verloop van eventuele  
kabels en leidingen in de te onderzoeken bodem, aangezien  
die een verstoring van de meetresultaten kunnen veroor-  
zaken.

– *Geothermische metingen.* Bij deze methode wordt de  
temperatuurverhoging van het grondwater gemeten (met  
een nauwkeurigheid van circa 0,02 °C) die het gevolg is van  
de warmteproductie van bacteriologische omzettingen in  
organisch afvalmateriaal.

– *Fysische boorgat-metingen* ten slotte kunnen bij een bo-  
ring precies vaststellen op welke plaats een grondmonster  
moet worden genomen, doordat ze een beeld geven van de  
opbouw van de bodem en van het eventuele verloop van de  
verontreiniging daarin.

### 3.1.3. De verplaatsing van de verontreiniging

Bodemverontreiniging kan zich onder invloed van geologi-  
sche processen, door toedoen van het grondwater of door  
ingrijpen van de mens verplaatsen. Geologische processen  
zijn over het algemeen te langzaam van aard om op de  
verplaatsing van de toch relatief recente verontreinigingen  
van invloed te zijn. Ingrijpen van de mens is een soms  
moeilijk ‘grijpbare’ factor, waarvan het traceren vaak het  
verzamelen van veel informatie vergt.

Het grondwater is een belangrijk medium voor de verplaat-  
sing van bodemverontreiniging. Een opsporingsonderzoek  
mag dan ook niet voorbijgaan aan het vaststellen van grond-  
waterstromen en de invloed die deze op de verspreiding van

de verontreiniging hebben. Dergelijk onderzoek is niet alleen van belang voor het vaststellen van de verplaatsing van de verontreiniging en van de beste manier om de verontreiniging op te heffen, maar ook van grote betekenis in verband

DR. IR. D. W. SCHOLTE UBING

		PPM (d.s)	Kg/ha tot 0,5 m diepte
ijzer	(Fe)	20.000-50.000	90.000-225.000
Titanium	(Ti)	3000-5000	73.500- 22.500
mangaan	(Mn)	500-1000	2.250- 4.500
Zirkonium	(Zr)	200- 300	900- 1.350
zink	(Zn)	20- 200	90- 900
Chroom	(Cr)	75- 200	68- 900
Vanadium	(V)	10- 150	45- 675
Nikkel	(Ni)	10- 100	45- 450
Cerium	(Ce)	50- 90	225- 405
Neodymium	(Nd)	40- 50	780- 225
yttrium	(Y)	30- 50	135- 225
koper	(Cu)	8- 60	36- 270
Lanthanium	(La)	20- 40	90- 180
Gallium	(Ga)	15- 30	68- 135
Zood	(Pb)	10- 25	45- 113
kobalt	(Co)	1- 25	5- 113
Arseen	(As)	2- 20	9- 90
molybdeen	(Mo)	1- 7	5- 32
ytterbium	(Yb)	3- 4	14- 18
Tin	(Sn)	3	14
Selenium	(Se)	0,1- 5	0,5- 22,5
Antimoon	(Sb)	0,1- 0,5	0,5- 2,3
Cadmium	(Cd)	0,05- 0,5	0,2- 2,3
kwik	(Hg)	0,02- 0,5	0,1- 2,3
Zilver	(Ag)	0,07- 0,2	0,3- 0,9

3.9. De aanwezigheid van zware metalen is niet louter beperkt tot verontreinigde bodems; ook van nature komen zij in de bodem voor. Deze tabel vermeldt het in de literatuur vermelde natuurlijke voorkomen van een aantal zware metalen in niet-verontreinigde bodems in Europa en de Verenigde Staten, in ppm (delen per miljoen delen droge stof) en in kilogrammen per hectare tot een diepte van 0,5 meter.

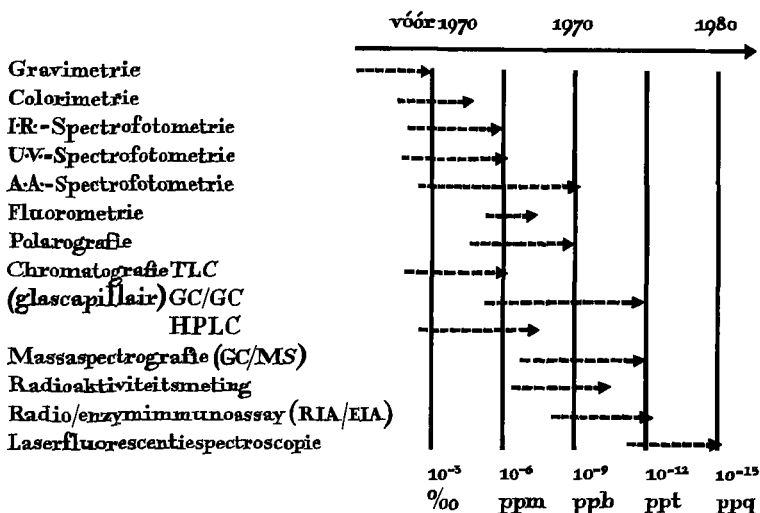
met de in hoofdstuk 2 geschetste bodemfunctie als drinkwaterleverancier.

Door TNO wordt een systematisch inzicht in de geohydrologische (grondwater-) gesteldheid van Nederland opgebouwd; deze expertise is van belang bij het vaststellen van de mogelijke verplaatsing van de bodemverontreiniging ten gevolge van geohydrologische processen.

### 3.2. Vaststellen (analyse)

Wanneer bodemmonsters zijn genomen, dienen deze te worden geanalyseerd teneinde vast te stellen in hoeverre er van een normale dan wel afwijkende bodemsamenstelling sprake is. Er moet, met andere woorden, een karakterise-

DR. IR. D. W. SCHOLTE UBING



3.10. In de loop der jaren zijn de analyse-technieken steeds nauwkeuriger geworden; dit schema geeft aan hoe de minimale concentraties die kunnen worden opgespoord, zijn verkleind van milligrammen tot femtogrammen, dus van 1/1000 gram per liter tot 1/1 000.000.000.000.000 gram per liter. In dergelijke lage concentraties zal een verbinding overigens zelden of nooit gevaar opleveren; er kán dus in de analyse een nauwkeurigheid worden bereikt die zelden nodig is. (Ontleend aan: Hoehst - 'Neue Wege finden'.)

ring plaatsvinden door middel van chemische of biologische analyse. In het eerste geval wordt de aanwezigheid van chemische verbindingen in het grondmonster onderzocht, in het tweede geval wordt gekeken naar de aantallen en de soortensamenstelling van de aangetroffen bodemorganismen. Bij een goed onderzoek vindt analyse óók plaats in het geval dat er geen verdenking van een verontreiniging bestaat!

### *3.2.1. Referentiewaarden*

Om te kunnen vaststellen in hoeverre er sprake is van een niet-normale situatie, moet uiteraard bekend zijn hoe de normale situatie is – er moeten met andere woorden referentie- of normaalwaarden zijn. Daarbij moet worden bedacht dat er in ons land nauwelijks of geen bodem is die nog geheel in natuurlijke staat en onberoerd door de mens is; in die zin is er altijd sprake van een zekere mate van verandering in samenstelling – en soms is dat in zodanige mate dat er sprake is van ‘verontreiniging’.

Tot op heden is vaak nog niet duidelijk te zeggen wat onder ‘normaal’ en ‘afwijkend’ moet worden begrepen; er zijn tal van eigenschappen en processen te noemen die de bodemkwaliteit kenmerken, zoals bijvoorbeeld het organische stofgehalte, pH, porositeit, mineralisatie, diversiteit, stikstofmetabolisme, bodemademhaling, de voor de desbetreffende grondsoort in het algemeen kenmerkende flora en fauna, en de volumefractie van de lucht, maar welke ‘waarde’ daarbij aan de afzonderlijke parameters moet worden toegekend, is (nog) niet duidelijk.

Een op zichzelf bruikbaar criterium met betrekking tot referentiewaarden is de aanwezigheid van stoffen die:

- van nature niet voorkomen, maar uitsluitend bestaan dank zij produktie door de mens (bijvoorbeeld kunststoffen en bestrijdingsmiddelen);
- in veel hogere concentraties voorkomen dan ze ooit onder natuurlijke omstandigheden werden aangetroffen;



– in een zo hoge concentratie aanwezig zijn dat ze het leven van (bodem-) fauna, plant of mens bedreigen of aantasten. Hieruit kunnen al met al geen exacte referentiewaarden worden afgeleid, doch het is wel een aanwijzing dat er sprake van verontreiniging zou kunnen zijn.

### *3.2.2. Analyse vragen*

Wanneer tot analyse van de genomen monsters wordt overgegaan, wordt de onderzoeker direct weer met een aantal vragen geconfronteerd: op welke parameters moet worden onderzocht, hoe, en met welke nauwkeurigheid?

De te hanteren parameters hangen samen met de zojuist genoemde referentiewaarden, maar daarnaast ook met bijvoorbeeld het gebruiksdoel van de grond (aan een terrein voor woningbouw worden immers andere eisen gesteld dan aan een industrieterrein). Het 'hoe?' verwijst naar de toe te passen analysetechniek, aangezien de diverse technieken alle hun mogelijkheden en beperkingen hebben, hetgeen van invloed kan zijn op de resultaten; welke analysemethode men kiest is dus ook weer afhankelijk van het gewenste resultaat dan wel van de eigenschappen van het te onderzoeken materiaal en/of de op te sporen stoffen.

Een laatste vraag van belang is de nauwkeurigheid waarmee de analyse moet worden uitgevoerd; met de huidige technische mogelijkheden kunnen stoffen in concentraties van desnoods picogrammen ( $10^{-12}$  oftewel één miljoenste van één miljoenste gram) worden vastgesteld, maar het is de vraag of het altijd zo nauwkeurig hoeft. Het vooraf vaststellen van de noodzakelijke nauwkeurigheid van de analyse (detectiegrens) is dus van belang, ook al omdat de simpele regel 'hoe verfijnder de analyse, des te duurder het onderzoek' geldt. Een voor het desbetreffende doel te nauwkeurige analyse is gewoonweg veel te duur. Algemeen gesproken kunnen met behulp van de analysetechnieken die ons vandaag de dag ten dienste staan, stoffen in zodanig lage concentraties worden opgespoord dat daarmee de hoedanig-

heid van de situatie mede kan worden gekarakteriseerd; technisch gezien zijn veelal ook (veel) lagere concentraties te detecteren.

### 3.2.3. Analysetechnieken

Afhankelijk van de soort verontreiniging kunnen verschillende analysemethoden worden toegepast. Organisch en anorganisch afval kan redelijk gemakkelijk worden geanalyseerd, waarbij de werkzaamheden dank zij apparatuur



3.11. Met behulp van analyse-apparatuur (zoals deze gaschromatograaf massaspectrometer) kunnen monsters worden onderzocht op de aanwezigheid van giftige (toxische) verbindingen, bijvoorbeeld (sporen van) toxische vormen van dioxine (dioxine-isomeren).

voor continue analyses aanzienlijk zijn versneld; dit laatste is van grote betekenis voor de snelheid van het onderzoek omdat aldus wordt voorkómen dat de analyse van de verzamelde monsters de bottle-neck in de procedure is.

Aanzienlijk lastiger is de analyse van stoffen als dioxine. Enerzijds zijn enkele vormen daarvan zeer gevaarlijk zodat er dus niets mag misgaan in het laboratorium, anderzijds zijn die vormen vaak in slechts zeer lage concentraties in de monsters aanwezig; ook wat dat betreft mag er dus niets misgaan, want dan is men de desbetreffende stof uit de monsters kwijt en kan analyse een geheel verkeerd beeld van de werkelijke situatie geven. Ze komen, als gevolg van die lage concentraties, vrijwel nooit 'spontaan' in een analyse boven water, maar er moet altijd speciaal naar worden gezocht – althans als er aanleiding bestaat te vermoeden dat de desbetreffende stoffen aanwezig zouden kunnen zijn.

Hoewel 'dioxine' berucht is, dient te worden bedacht dat van de circa 120 verschillende isomeren (vormen) er slechts 3 à 4 zeer toxisch (giftig) zijn, 10 eveneens toxisch maar in geringere mate, terwijl een groot aantal niet of nauwelijks giftig is. In het geval van bodemverontreiniging heeft men altijd te maken met een mengsel van dioxine-vormen, en het is de kunst dat mengsel in zijn geheel (dus zonder verlies van bijvoorbeeld één van de giftige vormen) uit het bodemonster te halen. Een methode die wel wordt toegepast om te controleren of dat al dan niet gebeurt, bestaat in het maken van niet-giftige identieke chemische verbindingen (analoga) die verder wel dezelfde eigenschappen hebben als de zeer toxische; deze worden aan het monster toegevoegd, en wanneer men deze analoga tijdens de analyse weer terugvindt, betekent dat dat de eventueel aanwezige toxische vormen tijdens het analyseren van het monster ook niet verloren zijn gegaan.

Met name om financiële redenen is het gewenst dat het aantal analyses dat moet worden uitgevoerd, zo veel mogelijk wordt beperkt.

De vele technieken die ter beschikking staan, hebben ieder

voor zich hun voordelen en mogelijkheden bij het vaststellen van bepaalde typen verontreiniging. Wanneer men in de voorfase van het onderzoek zo veel mogelijk gegevens omtrent de 'geschiedenis' van de te onderzoeken bodem verzamelt (zie de in § 3.1.1. van dit hoofdstuk opgesomde mogelijkheden), dan valt daardoor al een heel stel mogelijke verontreinigingen af, waardoor het aantal uit te voeren analyses sterk wordt beperkt. Wanneer men bijvoorbeeld te weten is gekomen dat op het te onderzoeken terrein vroeger een stadsgasfabriek heeft gestaan, dan is het wèl zinvol om naar cyanides te gaan zoeken, maar heeft analyse op bijvoorbeeld toluene géén zin – kennis omtrent de aard van het uitgeoefende bedrijf maakt het opsporen van een groot aantal van de mogelijke verontreinigingen overbodig. Wanneer aldus met beleid en inzicht een analyseprogramma wordt opgesteld, dan levert dat een aanzienlijke besparing aan tijd en kosten op.

#### *3.2.4. Vervolgonderzoek*

Wanneer de analyseresultaten bekend zijn, worden deze gegevens in de vorm van een rapport, vergezeld van aanbevelingen, ter beschikking gesteld aan de instantie (vaak de overheid) die opdracht tot het onderzoek had gegeven. Uit het rapport kan bijvoorbeeld blijken dat de kwaliteit van de onderzochte bodem geschikt is voor het voorgenomen gebruiksdoel; het rapport heeft dan min of meer de functie van een 'goedkeuringscertificaat'.

Anders wordt het, wanneer de analyse aan het licht heeft gebracht dat de desbetreffende bodem níet aan de gestelde eisen voldoet. De aanbevelingen kunnen in dat geval betrekking hebben op de te nemen saneringsmaatregelen, of wijzen op de noodzaak van een meer gedetailleerde voortzetting van het onderzoek. Ook kan aan de hand van de aanbevelingen worden overwogen de desbetreffende grond een andere functie c.q. gebruiksbestemming te geven.

Wanneer op advies van het rapport tot sanering wordt be-

sloten, dan dient de uitvoering daarvan technisch en beleidsmatig te worden begeleid. Belangrijk is ook een controle – eveneens door de onderzoeker – op de effectiviteit van de sanering, met andere woorden of de bodem na sanering wèl aan de gestelde eisen voldoet; dit vereist wederom monstername en analyse. Er moet in dit verband ook voor worden gewaakt dat de bodemsanering ongewenste effecten heeft op andere onderdelen van het milieu (er bestaan immers, zoals beschreven, allerlei kringlopen en relaties tussen de verschillende compartimenten!), zodat achteraf zou blijken dat slechts voor een schijnoplossing is gekozen.

## 4 Beoordeling van de situatie

Nadat een bodem is onderzocht (zie hoofdstuk 3), moet de kwaliteit daarvan worden beoordeeld: er moet worden bepaald in hoeverre de aangetroffen situatie schadelijk is, gelet op het gebruiksdoel van het desbetreffende terrein.

Strikt genomen kan men eigenlijk pas daarna van een eventuele 'milieuverontreiniging' of van 'verontreinigende stoffen' spreken – immers, een bepaalde, in de bodem aangetroffen verbinding is pas dan een milieuverontreinigende stof als het effect ervan op mens of plant, dier, bodemgesteldheid, grondwater, enzovoort als negatief wordt beoordeeld: stof X in de bodem is op zichzelf geen verontreiniging, maar wordt dat pas wanneer het bodemmilieu of één van de gebruiksbestemmingen of functies van de bodem door de aanwezigheid van die stof X in gevaar komen of worden aangetast. Let wel: het hoeft dus niet per se een aantasting van een menselijk gebruiksdoel te zijn voor we van bodemverontreiniging spreken, ook een aantasting van 'natuurwaarden' is als zodanig reden tot deze vaststelling.

### 4.1. Partijen

In het voorgaande hoofdstuk is reeds besproken dat de kwaliteitseisen die aan een bepaalde bodem, en dus ook aan de 'toegestane' mate van beïnvloeding van die bodem, worden gesteld, afhankelijk zijn van het gebruiksdoel c.q. de functie van de desbetreffende bodem. Het blijkt in de praktijk echter niet zo te zijn, dat aan de hand van die gegevens een duidelijke beoordeling van de bodemkwaliteit kan worden gegeven. Dat hangt namelijk vaak vrij sterk af van de, wat we zullen noemen: betrokkenheid bij de desbetreffende situatie. In de meeste gevallen zijn er vier verschillende betrokken partijen: de burgers/bewoners die zich recht-



*4.1. Bodemverontreiniging in een woonwijk is een voor de betrokken bewoners zeer ingrijpende gebeurtenis, zowel emotioneel als materieel.*

streeks gedupeerd of bedreigd voelen; de – plaatselijke – overheid die de zorg voor de bodem kan hebben en die dan ook wordt geacht maatregelen te treffen en die soms eigenaar van het desbetreffende grondstuk is; de wetenschappers die de mate van verontreiniging en de risico's voor volksgezondheid, grondwater en dergelijke moeten vaststellen, en het bedrijfsleven dat een technische bijdrage in de vorm van een sanering moet leveren. Tussen deze partijen bestaan veelal boeiende relatiepatronen.

De bewoners voelen zich, zoals eerder beschreven, al dan niet terecht bedreigd door de geconstateerde aanwezigheid van de verontreiniging. Zij eisen dan ook van de overheid dat maatregelen worden getroffen die tot een schone bodem leiden, en wel direct en voor de volle 100 procent – begrijpelijk. Dat kost evenwel tijd en geld, en men ziet dan ook in sommige gevallen dat de direct betrokken overheid de ernst van de situatie (soms terecht en soms niet terecht) probeert te relativiseren; veelal wordt dat ook gedaan met de gedachte om aldus geen nodeloze ongerustheid te wekken. Het tegen-

deel is dan echter het resultaat: hoe geruststellender de autoriteiten zijn, des te meer raken de bewoners ervan overtuigd dat er kennelijk iets te verbergen valt (en des te minder vertrouwen in de overheid krijgen ze).

Gelukkig voor beide partijen is er het wetenschappelijk onderzoek. Dat is immers objectief en onaanvechtbaar? Een mooie gedachte, maar in de praktijk blijken de resultaten van dat wetenschappelijk onderzoek in verschillende richtingen te kunnen worden geïnterpreteerd. Een overheid die geneigd is tot sussen, zal geneigd zijn om op grond van de onderzoekresultaten te constateren dat het inderdaad allemaal wel meevalt; de bewoners zullen op grond van diezelfde onderzoekresultaten het tegendeel concluderen. Met andere woorden: in dit geval gaan de bewoners er van uit dat de situatie gevaarlijk is totdat het tegendeel is bewezen ('worst case'-benadering), terwijl de overheid er van uitgaat dat de situatie veilig is totdat het tegendeel is bewezen ('best case'-benadering).

De verschillen in benadering spreken ook al uit de gebruikte terminologie: de overheid zal geneigd zijn om op z'n hoogst

ANP



4.2. In de Merwedepolder in Dordrecht werden 106 woningen gesloopt nadat daar in september 1981 bodemverontreiniging was geconstateerd.





4.3. Niet aan duidelijkheid te wensen overlatend opschrift in Lekkerkerk, 1980.

van 'verontreiniging' te spreken, terwijl de getroffen bewoners al snel het woord 'gif' in de mond nemen. De wetenschap zal zich neutraal opstellen en zich beperken tot het uitvoeren van analyses, het bepalen van concentraties en het vergelijken van de gevonden resultaten met norm-waarden. De interpretatie van de gegevens is evenwel alweer subjectief, óók indien dat gebeurt op basis van 'objectieve' normen!

De voorgaande alinea's hebben niet de bedoeling de houding van één van de partijen af te keuren; zowel overheid als bewoners worden geconfronteerd met enerzijds een verschillende persoonlijke betrokkenheid (emotionaliteit) bij het probleem, en anderzijds een gebrek aan feitenkennis omtrent risico's en 'gedrag' van 'bijzondere' of verontreinigende stoffen in de bodem. Dat de resultaten van het te hulp geroepen wetenschappelijke onderzoek (dat door z'n objectieve benadering toch de nodige duidelijkheid zou moeten kunnen verschaffen) verschillend worden geïnterpreteerd,

GROENHOVEN  
COMITÉ  
1/17/85

aan en op  
blansen bij  
het verd  
zoeken  
de gro  
groep  
wacht  
alho  
hust  
ang  
groen  
plaat  
groe  
zouden  
oefen  
de c  
vonden  
De groen  
gram, d  
men te  
van to  
doende  
dare  
is gro  
Olig  
een  
va  
. B

# Twijfels over aanpak bodemverontreiniging aan de Groenhovenweg

Gifgroep bezorgd

Gouda -- De Gifgroep Geluidwal heeft ernstige twijfels over de maatregelen op de Groenhovenweg. De Gemeente en het Stadsbestuur. De Betrokken

4.4. De diverse betrokken partijen hebben vaak een verschillende interpretatie van de feiten.

hangt weer samen met de specialistische, moeilijk toegankelijke informatie die het onderzoek oplevert en het feit dat in veel gevallen nog niet goed duidelijk is wat een bepaalde gevonden waarde nu eigenlijk waard is. Ook de neiging van wetenschappers om zich voorzichtig (wetenschappelijk verantwoord) uit te drukken en eventuele leemten in kennis niet met natte-vinger-werk te omzeilen, is daar debet aan. Wetenschappelijke resultaten kunnen zo tot gevolg hebben dat de onzekerheid (zowel bij de bewoners als bij de autoriteiten) juist nog wordt vergroot. Het tegendeel dus van wat werd beoogd toen het wetenschappelijk onderzoek bij het probleem werd ingeschakeld.

Wanneer in of nabij een woonwijk een geval van bodemverontreiniging is geconstateerd, dan wordt door de betrokken bewoners al snel tot oprichting van een bewonerscomité of actiegroep overgegaan teneinde gestructureerd overleg met de overheid mogelijk te maken en de belangen van de bewoners te kunnen behartigen. In de praktijk is gebleken dat het voor zo'n bewonerscomité of actiegroep van belang is om een deskundige in de gelederen te hebben die in staat is de resultaten van het onderzoek te interpreteren en voor de achterban te vertalen. Niet alleen omdat deze deskundige de discussie kan voeren met de deskundige van de autoriteiten en met de onderzoekers, maar ook om namens de bewoners zonedig met alternatieven voor sanering te komen. Het

risico voor de actiegroep is daarbij overigens, dat de discussie tussen de diverse deskundigen zich op een dermate abstract niveau gaat bewegen, dat de leiding van de actiegroep het contact met de achterban verliest. Het is duidelijk dat de reeds in hoofdstuk 2, par. 2.2.3. aan de orde gestelde voorlichting inderdaad van zeer veel belang is.

Naast deskundigheid in de eigen gelederen van het bewonerscomité is in de praktijk ook nog de aanwezigheid van een andere functionaris nuttig gebleken: een sociaal raadsman of raadvrouw. Hij/zij houdt geregeld een spreekuur waar de betrokken bewoners met al hun vragen en problemen (op medisch, technisch en financieel gebied) terecht kunnen. De behoefte aan iemand met zo'n praatpaalfunctie blijkt in sommige, met name in de meer ernstige gevallen van bodemverontreiniging, groot te zijn. Niet alleen voor het daadwerkelijk oplossen van problemen, maar ook omdat deze persoon een vast punt vormt voor de bewoners. Die hebben immers in de voor hen onbekende en dus beangsti-

ANP

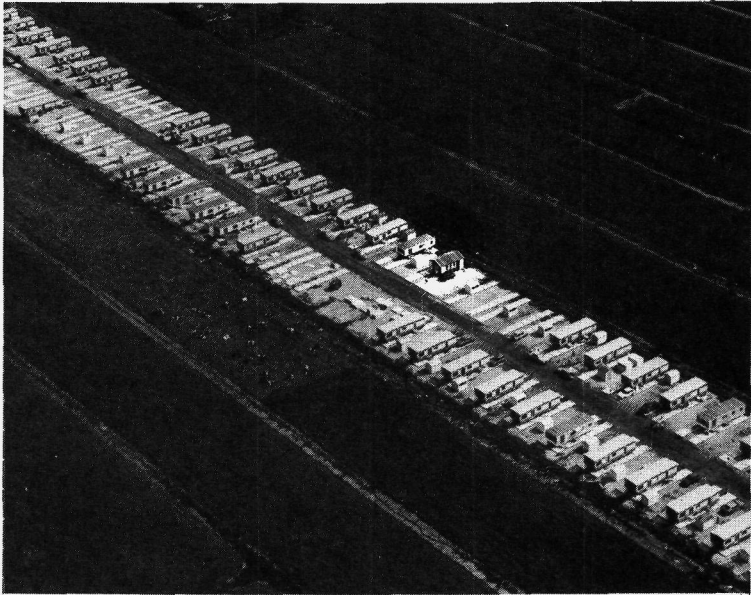


4.5. In Lekkerkerk werd voor de bewoners van de 'gifwijk' een verhuis- en informatiecentrum ingericht, waarop aan de betrokkenen informatie over hun positie werd verstrekt.

gende en verwarrende situatie al gauw het gevoel dat er te weinig aandacht aan hun problemen wordt besteed.

De rol van het bedrijfsleven, dat de know-how en de apparatuur voor de daadwerkelijke sanering moet leveren, is in de voorgaande beschrijving van de interacties tussen betrokken partijen nog niet aan de orde gekomen. In dialoog met enerzijds het wetenschappelijk onderzoek en anderzijds de tot overeenstemming over de te nemen maatregelen gekomen overheid en bewoners, ontwikkelt het bedrijfsleven een geschikte saneringsmethode of voert de sanering volgens een reeds bestaande techniek uit. Het is een goede zaak wanneer ook het bedrijf dat de sanering uitvoert de betrokken bewoners informeert over het hoe, wat en waarom van de werkzaamheden en het vorderen van de sanering. In een aantal gevallen vindt dergelijke voorlichting reeds plaats.

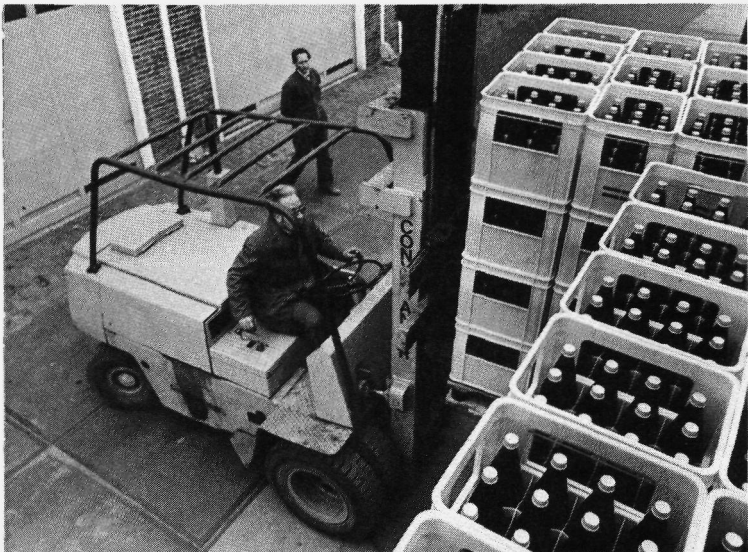
ANP



4.6. Voor de Lekkerkerkers die vanwege de saneringswerkzaamheden hun woning moesten verlaten, werd een tijdelijke huisvesting in stacaravans georganiseerd.

In het voorgaande werd gesuggereerd dat er nogal eens wat getouwtrek plaatsvindt tussen bewoners en autoriteiten over de ernst van de verontreiniging; er zijn tal van voorbeelden op te sommen waarin een dergelijke confrontatie inderdaad een feit was. (In de volgende paragraaf zal worden gezien in hoeverre er objectieve criteria bestaan waaraan de resultaten van het wetenschappelijk onderzoek kunnen worden getoetst). In dit verband moet erop worden gewezen dat zich dergelijke problemen nauwelijks of niet voordoen indien de verontreiniging de drinkwatervoorziening aantast of bedreigt; wanneer de volksgezondheid op een zo duidelijke wijze direct in het geding is, worden nagenoeg altijd zonder veel dralen maatregelen getroffen, al is het maar het beschikbaar stellen van flessen drinkwater (zoals in april 1980 in Lekkerkerk gebeurde). Dit probleem is dermate evident, dat er dan geen sprake is van wat wel 'bestuurlijke onzekerheid' wordt genoemd.

ANP



4.7. Nadat in Lekkerkerk verontreiniging van het grondwater was geconstateerd, werd drinkwater in flessen beschikbaar gesteld.

## 4.2. Objectieve criteria

Op grond van het voorgaande kan men zich afvragen of het mogelijk is om – waar de interpretatie van de onderzoekresultaten zo divers kan zijn – toch objectieve maatstaven aan te leggen voor de beoordeling van de situatie bij bodemverontreiniging. In deze paragraaf komen enkele mogelijkheden ter sprake.

### 4.2.1. Toetsingskader

Het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) hanteert een tabel waarin van de meest voorkomende soorten verontreiniging zogenaamde indicatieve richtwaarden zijn aangegeven. Aan de hand van dit ‘toetsingskader’ kan de ernst van de in het onderzoek aangetroffen situatie worden beoordeeld. De tabel kent drie soorten waarden.

– A-waarden: referentiewaarden. A-waarden worden op verschillende plaatsen aangetroffen zonder dat daar sprake van duidelijke bodemverontreiniging is; in natuurgebieden komen overigens wel lagere waarden voor. Men zou kunnen stellen dat deze waarden een ‘normale’, niet-verontreinigde situatie aangeven.

– B-waarden: toetsingswaarden ten behoeve van nader onderzoek. Ligt de aangetroffen concentratie boven de B-waarde, dan wordt nader onderzoek (bijvoorbeeld naar de verdere verspreiding van de betrokken stof) gewenst geacht.

– C-waarden: toetsingswaarden ten behoeve van saneringsonderzoek. Overschrijdt de aangetroffen concentratie de C-waarde, dan is dat een signaal om op korte termijn een onderzoek in te stellen naar de beste wijze van sanering.

De tabel van het ministerie van VROM geeft zowel richtwaarden voor de aanwezigheid in grond en slib (waarbij de concentraties worden uitgedrukt in milligrammen per kilo droge stof) als voor grond- en oppervlaktewater (uitgedrukt in microgrammen per liter). Uitsluitend bij wijze van voor-

beeld volgen hieronder enkele richtwaarden uit het toetsingskader van VROM:

	in grond/slib			in (grond-)water		
	A	B	C	A	B	C
chromium	100	250	800	20	50	200
cyanide	5	50	500	10	50	200
tolueen	0,05	3	30	0,5	15	50
PCB's	0,05	1	10	0,01	0,2	1
fluor	200	400	2000	300	1200	4000

De complete tabel is opgenomen in de Appendix achterin dit boek.

Tussen de verschillende potentieel vervuilende stoffen bestaan dus grote verschillen in richtwaarden. De verschillen tussen 'droge' en 'natte' waarden (soms de ene, dan weer de andere categorie hoger) hangen samen met verschillen in oplosbaarheid en daarmee de kans op spoedige verdunning en verspreiding in het milieu.

Het is van belang te onderstrepen dat het toetsingskader geen absolute normen bevat, doch richtwaarden – bruikbaar als hulp bij het beoordelen van de situatie. De waarden kunnen dan ook nooit als op zichzelf staand worden gehanteerd, doch moeten altijd in samenhang met de bestemming of het gebruiksdoel van het desbetreffende grondstuk worden gebruikt.

De richtwaarden van het toetsingskader zeggen uiteraard niet alles (er blijkt bijvoorbeeld niet uit of bij een vervuilde bodem het grondwater wordt bedreigd of reeds is aangeast), maar men heeft hiermee wel een simpele, snel toepasbare indicatie van de ernst van de situatie (die, zoals gezegd, mede afhankelijk is van bestemming/gebruiksdoel, wijze van bebouwing, enzovoort).

Vanuit het buitenland blijkt dan ook veel interesse voor dit Nederlandse systeem te bestaan.

#### **4.2.2. Bevolkingsonderzoek**

In hoeverre de situatie van een bodemverontreinigingsgeval ernstig is, valt, naar men soms hoopt, af te lezen uit een gezondheidsonderzoek van de betrokken bewoners. Of zo'n bevolkingsonderzoek inderdaad de gewenste informatie oplevert, is niet altijd bij voorbaat met zekerheid te zeggen, maar er wordt door de ongeruste bewoners toch vaak op aangedrongen. Misschien is uitvoering van een bevolkingsonderzoek alleen al voor de gemoedsrust van de bewoners een nuttig gebeuren; het 'gevaar' bestaat echter dat de resultaten oninterpreteerbaar of negatief zijn. Dat kan door de 'tegenpartij' dan makkelijk worden vertaald in 'dus niets aan de hand', waarbij erop kan worden gewezen dat het immers juist de bewoners zelf waren die aan zo'n onderzoek grote waarde hechtten.

Wat wordt er bij een bevolkingsonderzoek bekeken? Men onderzoekt of de mensen 'besmet' zijn geraakt met de aangetroffen verontreiniging. Een verontreinigende stof kan alleen dan lichamelijke gevolgen hebben, wanneer er sprake is (geweest) van direct contact. De verontreiniging moet dan aan te treffen zijn in bijvoorbeeld het bloed, de urine, de haren, de uitademingslucht of opgeslagen in het vetweefsel. (Van de hier genoemde lichaamsdelen zijn overigens de haren als betrouwbare indicator zeer discutabel gebleken). Een complicerende factor daarbij is, dat enerzijds de tijd, nodig om een stof in voldoende hoge, als zodanig meetbare concentraties op te bouwen, en anderzijds de tijd gedurende welke het effect van een inmiddels niet meer bestaande verontreiniging nog meetbaar is, voor alle in aanmerking komende stoffen verschilt. De resultaten van een dergelijk onderzoek kunnen worden vergeleken met zogeheten 'normaalwaarden' (wat is er van de betreffende stof normaliter, dus bij iemand die niet met een verontreiniging in aanraking is geweest, in bijvoorbeeld het bloed aanwezig?) of met een controlegroep – personen die onder overigens vergelijkbare omstandigheden leven, alleen geen contact met de verontreiniging zullen hebben gehad. In het laatstgenoemde geval



is het al eens voorgekomen dat een aantal waarden bij de controlegroep hoger bleek te zijn dan bij de mensen die op de vervuilde bodem woonachtig waren! Uit dit laatste voorbeeld blijkt wel, dat men met de interpretatie van gegevens uit bevolkingsonderzoeken zeer voorzichtig moet zijn.

#### 4.2.3. *Effectmeting*

Met een zekere regelmaat breekt in een straat of woonwijk een soort paniek uit: veel bewoners klagen over bepaalde kwalen, er lijken opeens 'verdacht' veel mensen aan kanker te lijden, of iets dergelijks. En waar een jaar of vijf à tien geleden niemand aan die mogelijkheid zou hebben gedacht, komt nu al snel het vermoeden op dat men wel eens op verontreinigde grond zou kunnen blijken te wonen. Wanneer die veronderstelling eenmaal heeft post gevat, dan zal men zich niet gemakkelijk meer door argumenten ontleend aan de statistiek of gebaseerd op mogelijke andere oorzaken laten overtuigen. Begrijpelijk is dit overigens wel: via televisie en krant wordt men met grote regelmaat geconfronteerd met nieuwe 'gif'-vondsten, in wijken die er zo op het eerste gezicht over het algemeen heel fraai en 'gezond' uitzien; zoals reeds eerder beschreven wordt bodemverontreiniging gezien als een sluipende, zich van te voren niet manifesterende bedreiging die iedereen, zonder dat je het vermoedt, kan treffen.

De vraag is nu, of een dergelijk vermoed effect van bodemverontreiniging ook wetenschappelijk kan worden onderbouwd. De vragen die zich daarbij voordoen, en die stuk voor stuk met wetenschappelijke nauwkeurigheid moeten worden gesteld en beantwoord, zijn (niet noodzakelijkerwijs in deze volgorde) de volgende: is er inderdaad sprake van de aanwezigheid van een verontreiniging?; indien ja, is het mogelijk dat daardoor bepaalde ziekten c.q. afwijkingen worden veroorzaakt?; zijn de geconstateerde ziekten en klachten significant afwijkend van de landelijke norm? en ten slotte: indien ja, kan dat dan een gevolg zijn van de

situatie van de bodem? De wetenschap zal dus veel minder snel concluderen dat er sprake is van een positieve correlatie tussen klachten en bodemverontreiniging.

Er zijn overigens wel bepaalde verbanden tussen schadelijke stoffen en gezondheidseffecten vastgesteld; het staat echter geenszins vast dat deze ziekteverschijnselen zich ook daadwerkelijk voordoen bij concrete gevallen van bodemverontreiniging. Vaak is zo'n verband (bijvoorbeeld tussen cyanides en aantastingen van het zenuwstelsel, tussen PCB's en lever- en huidandoeningen) geconstateerd in de laboratoriumsituatie, met proefdieren en veel hogere doses van blootstelling.

Ook andere effecten kunnen, eveneens al dan niet ten onrechte, het vermoeden doen ontstaan dat er bodemverontreiniging in het spel zou kunnen zijn, bijvoorbeeld slecht gedijende planten, een onaangename lucht of borrelend slootwater (methaangasvorming). In al deze en soortgelijke gevallen geldt, dat alleen op grond van wetenschappelijk onderzoek en niet op basis van dergelijke verschijnselen de uiteindelijke conclusie mag worden getrokken.

### **4.3. Toe te passen saneringstechniek**

Nadat objectief is vastgesteld dat sanering van de verontreinigde bodem moet plaatsvinden, bijvoorbeeld met behulp van het in par. 4.2.1. genoemde toetsingskader, dan moet vervolgens worden beoordeeld welke saneringstechniek daartoe in aanmerking komt. Dit is uiteraard afhankelijk van een aantal factoren; wat dat betreft kunnen onder meer worden genoemd:

- het soort verontreiniging; afhankelijk van de chemische en fysische eigenschappen van de aangetroffen stoffen en hun mate van binding aan bodemdeeltjes (niet alle verontreiniging zit 'netjes' in een vat!) dient een bepaalde methode te worden toegepast;
- in hoeverre de verontreiniging bereikbaar is; moeten er huizen worden gesloopt, of is het afgraven van een opper-

vlakke grondlaag voldoende om de vervuilsbrn te bereiken?;

– hoe snel de verontreiniging moet worden verwijderd; meestal is haast geboden doordat het terrein in kwestie voor woningbouw is bestemd, of doordat er reeds bebouwing op staat, of doordat het grondwater wordt bedreigd;

– is het echt nodig de verontreiniging te saneren door de bron te verwijderen, of is het voldoende de vervuilsbrn af te schermen (isoleren)?;

– als een bepaalde saneringsmethode wordt gekozen, welke effecten voor het milieu heeft dat dan, met andere woorden: wordt niet een nieuw, misschien nog ernstiger milieuprobleem gecreëerd, bijvoorbeeld in de vorm van lucht- of watervervuiling?;

– indien meerdere saneringsmethoden in aanmerking komen: welk ‘prijskaartje’ hangt er aan de diverse technieken? Al deze vragen spelen een rol bij de beoordeling van de toe te passen saneringstechniek. Deze afweging staat uiteraard los van de beoordeling betreffende de kwaliteit van de bodem.

Op de in aanmerking komende saneringstechnieken zal in het volgende hoofdstuk nader worden ingegaan.

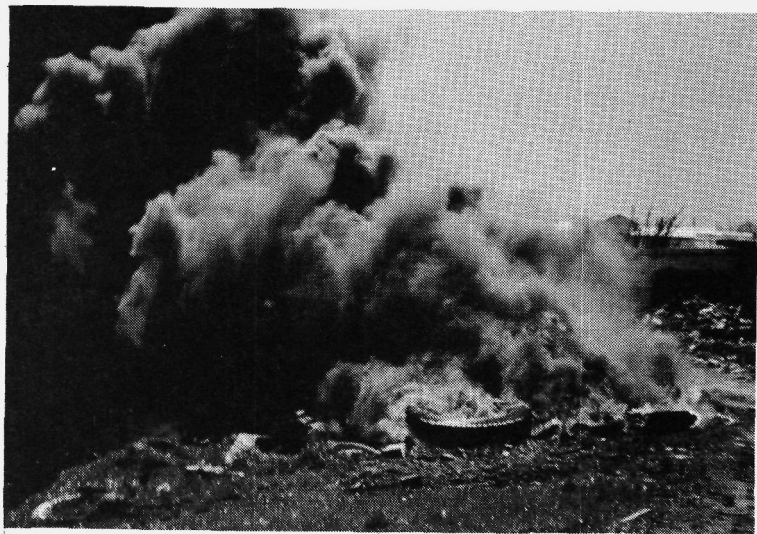
## 5. Saneringstechnieken

Wanneer uit het bodemonderzoek en de beoordeling van de bodemkwaliteit duidelijk is geworden dat op een bepaald terrein de concentraties aan voor het milieu schadelijke stoffen te hoog zijn, met andere woorden: indien er inderdaad sprake is van een onaanvaardbare bodemverontreiniging, dan moet vervolgens worden besloten hoe in deze situatie verbetering moet worden gebracht. Anders gezegd: hoe kan men het beste (trefwoorden: goedkoop, veilig, efficiënt) de bodem zodanig behandelen dat de invloed van de verontreinigende stoffen wordt uitgeschakeld, althans tot aanvaardbare proporties wordt teruggebracht?

Dat is, zoals eerder werd uitgelegd, van belang wegens de strijdigheid van bepaalde concentraties stoffen met de functie of het gebruiksdoel van de bodem, zoals bijvoorbeeld de bedreiging van de drinkwatervoorziening. Zonodig kan met behulp van computermodellen worden nagegaan of de verplaatsing van het grondwater problemen op zal gaan leveren en hoe groot de uitbreidingssnelheid van de verontreiniging is. In dit verband wordt wel het 'bron-pad-object'-model gehanteerd, waarin de vervuilingsbron, de verspreidingsroutes van de verontreiniging en het te beschermen object in hun onderlinge samenhang worden beschouwd.

Afhankelijk van de aard en de plaatselijke omstandigheden moeten verschillende methoden worden toegepast. Daarbij kunnen verschillende typen saneringstechnieken worden onderscheiden, die in de volgende paragrafen nader ter sprake komen.

Het ontwikkelen van saneringsmethoden voor specifieke verontreinigingen is momenteel in volle gang. Sommige methoden zijn echter reeds in de praktijk bruikbaar, andere verkeren nog in het experimentele stadium of worden op hun haalbaarheid onderzocht. Men kan wel stellen dat vaak voor verschillende soorten verontreiniging aparte sanerings-



*5.1. Voorbeelden van zeer ongewenste en gevaarlijke vormen van verwerking van vaste afvalstoffen: vrije verbranding onder niet-gecontroleerde omstandigheden en storten in het oppervlaktewater.*

methoden moeten worden ontwikkeld. Dat verklaart mede, dat nog niet voor alle situaties een pasklaar technisch antwoord beschikbaar is. In veel gevallen is ook nog te weinig praktische ervaring opgedaan. Dat neemt niet weg dat *in principe* wel technieken (vaak afkomstig uit de civiele techniek) ter beschikking staan; het knelpunt is in veel gevallen wellicht niet zozeer het ontwikkelen van nieuwe technieken, als wel het vaststellen welke techniek in welke situatie op welke wijze moet worden toegepast. Overigens ontbreken voor enkele situaties nog geschikte saneringstechnieken, bijvoorbeeld voor sommige verontreinigingen in klei- en veengrond.

Ook is nog lang niet voor alle gevallen de vraag opgelost wat met het sterk geconcentreerd vervuilde restant dat na reiniging overblijft, kan worden gedaan. Deze zogeheten restproblematiek vormt het cruciale punt in het gehele saneringsproces.

Een punt van aandacht bij het inzetten van civieltechnische apparatuur voor de 'nieuwe' toepassing: bodemsanering, is het feit dat in weg- en waterbouw en dergelijke het werken zonder 'morsen' geen strikte voorwaarde is; wanneer een pomp lekt, dan is dat meestal geen al te groot probleem – men moet op z'n hoogst wat langer pompen. In het geval van bodemreiniging is het uiteraard echter ongewenst indien vervuiling onopgemerkt zou 'terugvloeien'.

Een juiste keuze van de techniek is van groot belang vanwege de zeer hoge kosten die in het algemeen gepaard gaan met de verwijdering van verontreinigingen uit de bodem, alsook om ervoor te zorgen dat de gekozen aanpak niet averechts werkt en het probleem er alleen maar ernstiger op wordt. Voor het maken van de juiste keuze is vaak experimenteel vooronderzoek nodig. Zulk saneringsonderzoek kan zich uitstrekken van laboratoriumschaal tot een (semi-)technische fase, uitgevoerd ter plaatse.

De reinigingstechnieken kunnen worden ingedeeld naar de *plaats* waar de behandeling plaatsvindt of naar het *soort* methode (technisch gezien). Sommige van de te bespreken technieken hebben een definitief karakter, andere zijn als



5.2. 'Schoon' zuiverings-slib (het restprodukt dat bij waterzuivering in rioolwaterzuiveringsinrichtingen oftewel RWZI's overblijft) kan worden (her)gebruikt als meststof en/of voor de structuurverbetering van bodems (kringloop-gedachte). De foto toont een bijna tot 'grond' gedroogd zuiverings-slib op een zogenaamd droogveld van een RWZI. Naast nuttige elementen in geschikte concentraties kan zuiverings-slib ook componenten uit het oorspronkelijke afvalwater bevatten in de hoge, verontreinigende concentraties; voortdurend moet dus ook hierbij de vraag worden gesteld wat 'schoon' en wat vervuilend is voor de bodem.

tijdelijke maatregelen bedoeld (bijvoorbeeld om verspreiding van de verontreiniging te voorkomen totdat een definitieve sanering wordt uitgevoerd).

Onderscheid kan ook worden gemaakt tussen saneringsmethoden met een *laag* dan wel met een *hoog technisch risico*. Een laag technisch risico houdt in, dat de methode technisch gezien een in principe eenvoudig proces behelst, bijvoorbeeld afgraven van verontreinigde grond. Een hoger of hoog technisch risico wordt gevormd door meer verfijnde of meer specifieke technieken of combinaties van saneringsmethoden. Een voorbeeld daarvan is het slaan van damwanden rond een vervuilsbron, gevolgd door het inpompen van schoon (grond-)water waardoor de vervuiling geleidelijk via het uitstromende (afgepompte) grondwater wordt verwijderd. Verbranding vormt in zoverre een hoger technisch risico, doordat er verbrandingsresiduen overblijven met een hoge concentratie van het niet-brandbare deel van de verontreiniging (reststoffenprobleem).

Voor de reiniging van vervuild *grondwater* bestaan andere technieken; daarop wordt in § 5.5 nader ingegaan.

Bij alle hierna te bespreken saneringsmethoden is één vraag van cruciaal belang, namelijk wat toepassing van een bepaalde methode voor gevolgen heeft voor de achterblijvende, gereinigde grond. De vraag welke saneringsmethode wordt gekozen, is namelijk tevens afhankelijk van het toekomstig gebruiksdoel van de gereinigde grond; na chemische behandeling bijvoorbeeld houdt men een biologisch volledig dode grond over, en van het voorgenomen gebruiksdoel hangt af in hoeverre dat acceptabel is.

## 5.1. Afgraving

Een voor de hand liggende (en in de praktijk ook vaak toegepaste) methode is afgraven van de verontreinigde grond en het aanbrengen van een nieuwe – nu hopelijk wél schone – toplaag. Op zichzelf is dat een geschikte werkwijze, maar er zijn wel problemen aan verbonden.



Een nadeel is om te beginnen dat soms de verontreinigde grond niet rechtstreeks bereikbaar is doordat er bebouwing op staat. Weggraven van grond onder huizen die blijven staan, vereist diverse, vaak gecompliceerde bouwtechnische maatregelen, zoals stutten, handhaving van het verband tussen boven- en normaliter ondergrondse gedeelten van het gebouw, controle van de grondwaterstand, enzovoort. Dit is een zeer dure aangelegenheid; als men grond moet afgraven, is het dan ook vaak goedkoper eerst de desbetreffende huizen af te breken. Verscheidene huizen in Nederland zijn door die oorzaak reeds 'gesneuveld', zoals in de Zellingwijk in Gouderak en de Merwedepolder in Dordrecht.

Het grote probleem bij afgraving is, waar men met de vervuilde grond heen moet. De 'gemakkelijkste' oplossing, namelijk het elders deponeren van de vervuilde grond, is in feite alleen maar een verplaatsen van het probleem, ook indien dat naar een plaats is waar de desbetreffende vervuiling op zichzelf minder kwaad kan doordat het terrein in kwestie een andere gebruiksbestemming heeft of minder gevaar voor grondwaterverontreiniging oplevert. Voorlopig kan – goed gecontroleerd – deponeren elders een oplossing zijn, terwijl men op zoek is naar een definitieve saneringsmethode. Er zijn in Nederland evenwel nog geen legale mogelijkheden voor definitieve opslag van dergelijk afval. Om de zojuist genoemde redenen komt afgraven vooral in aanmerking in gevallen waarin de verontreiniging geconcentreerd op een beperkt gebied wordt aangetroffen (zoals vaten met chemicaliën), wanneer er sprake is van lage concentraties giftige stoffen, of bij terreinen waarvan slechts een klein gedeelte verontreinigd is. Ook voor situaties die niet aan deze kwalificaties voldoen zal afgraving evenwel veelal de best-mogelijke oplossing zijn. Op de verwerking van de afgegraven grond wordt in § 5.4 van dit hoofdstuk nader ingegaan.



*5.3. Bodemsanering betekent vaak óók het verwijderen van soms nog volle, soms lekkende of lege ondergrondse opslagtanks voor olie, chemicaliën en dergelijke.*

## 5.2. Verontreiniging ter plaatse laten

Het is niet in alle gevallen nodig om de verontreiniging uit de grond te verwijderen. Het zal duidelijk zijn dat het laten zitten van de verontreiniging goedkoper is dan afgraven of op andere wijze verwijderen ervan, maar het kosten-aspect mag in deze géén rol spelen: de enige reden om een verontreiniging niet te verwijderen is het feit dat deze geen gevaar oplevert voor milieu en/of mens, of het feit dat de aanwezige concentraties dermate laag zijn dat ze met de thans ter beschikking staande methoden niet kunnen worden verwijderd. Overigens zal men 'om psycho-sociale redenen' vaak min of meer 'verplicht' zijn om verontreiniging onder woonwijken wél te verwijderen, ook als deze uit wetenschappelijk oogpunt geen gevaar voor milieu en/of mens oplevert en het dus wat dat betreft verantwoord zou zijn de verontreiniging te laten zitten.

Wanneer het aanvaardbaar is voor de plaatselijke situatie om een verontreiniging niet te verwijderen, dan kunnen soms toch nog voorzorgsmaatregelen noodzakelijk zijn om te voorkómen dat de verontreiniging zich naar elders kan verplaatsen.

Wanneer deze oplossing noodzakelijk is, dan kunnen in feite twee verschillende principes worden toegepast: *isolatie* en *immobilisatie*.

### 5.2.1. *Isolatie*

Isolatie houdt in dat de verontreiniging in de bodem geen contact meer kan hebben met andere, nog niet verontreinigde gedeelten van de bodem, inclusief het grondwater of de lucht boven het grondoppervlak.

Door in de bodem bijvoorbeeld verticale schermen te plaatsen, terwijl de 'vloer' van de zo ontstane put gevormd zou kunnen worden door een ondoordringbare, afsluitende geologische laag, kan een verontreiniging worden geïsoleerd, zodat deze geen negatieve invloed meer vermag uit te oefen-

nen op de omgeving. Een dergelijke volledig afsluitende laag komt echter slechts sporadisch voor. Slecht doorlatende lagen komen in de Nederlandse bodem echter wel voor, gewoonlijk op zo'n 10 tot 40 meter diepte. Indien er voor wordt gezorgd dat de grondwaterstand in de aldus gevormde 'bak' lager blijkt dan in de omgeving, zodat er wel water van onderaf de bak in kan stromen, maar geen water met eventueel verontreiniging ongecontroleerd eruit kan komen, dan is er ook een hydrologische isolatie gecreëerd. Het bij de *bronnering* uit de bak afgepompte grondwater moet uiteraard worden gereinigd alvorens het kan worden geloosd.

Dergelijke verticale schermen, zoals bijvoorbeeld de zogeheten Ecoschermen, zouden relatief snel na de ontdekking van een verontreiniging kunnen worden aangebracht. Een waterdicht 'Ecoscherm' wordt door middel van spuit-triltechniek in de grond gebracht; een zogenaamde spuitlans, waaraan het scherm is bevestigd, spuit met behulp van water de grond weg (waarbij er hopelijk voor wordt gezorgd dat dit geen vervuilde, eigenlijk te isoleren grond is), waardoor het scherm langzaam maar zeker in de grond kan wegzakken. Nadat alle schermen zijn geplaatst, worden de spuitlansen teruggetrokken. Het water dient niet alleen om de weg voor het scherm vrij te maken, maar ook om de wrijving tussen scherm en grond te verkleinen.

Naast Ecoschermen wordt er ook wel over gedacht gebruik te maken van schermen van bentoniet-cement. Deze worden als diepwand in de grond geplaatst. Er wordt een sleuf gegraven, waarin een bentoniet-cement-mengsel wordt gestort; dit verhardt na enige tijd. Als dikte van een dergelijke water-remmende wand wordt meestal 80 cm aangehouden, maar ook dunnere wanden kunnen worden vervaardigd. De wanden zijn plastisch: ze kunnen vervormingen in de grond meemaken zonder dat scheuren ontstaan. Waarschijnlijk zijn er met deze isolatietechniek hoge kosten gemoeid.

Civiele technieken voor de isolatie van bodemverontreiniging kunnen verder nog het afdekken van de grond tegen neerslag en horizontale afscherming aan de onderzijde van de verontreiniging omvatten. Beide mogelijkheden beogen

een uitspoeling van de verontreiniging naar het grondwater tegen te gaan.

In alle gevallen is een regelmatige controle op de deugdelijkheid van de getroffen maatregel noodzakelijk.

### 5.2.2. *Immobilisatie*

Immobilisatie houdt in dat met behulp van chemische en/of fysische methoden de verontreiniging op haar plaats wordt gehouden. Dat gebeurt door de verontreinigende stoffen aan andere chemicaliën in de grond te binden, of door de waterdoorlatendheid van de grond te verlagen. Over de toepassingsmogelijkheden van immobilisatietechnieken (duurzaamheid en effectiviteit) is in de praktijk nog niet zo veel bekend. Voor grote terreinen is het inbrengen van (wederom!) chemicaliën in de grond in elk geval een dure oplossing, waarbij er bovendien voor moet worden gezorgd dat het middel niet erger is dan de kwaal!

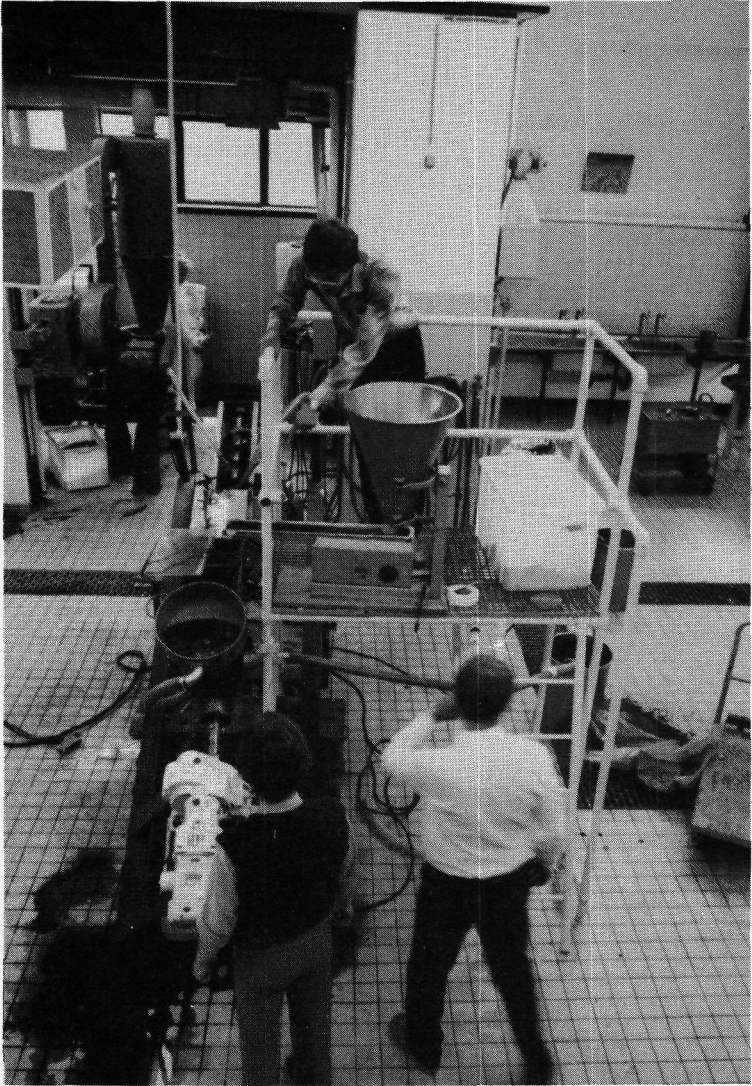
### 5.3. **Behandeling ter plaatse**

Wanneer wordt besloten de verontreiniging niet ter plaatse te laten zitten, maar tot reiniging van de grond over te gaan, dan zijn er in principe drie verschillende mogelijkheden:

- de grond wordt afgegraven en elders gereinigd (bijvoorbeeld uitgloeien);
- de grond wordt opgegraven, ter plaatse behandeld en veelal teruggestort ('on site'); of
- men laat de grond liggen ('in situ') en voert de behandeling daar rechtstreeks op uit.

Vaak worden de zojuist genoemde termen 'on site' en 'in situ' gebezigd. Voor 'on site' bestaat een goede Nederlandse omschrijving: 'ter plaatse'. Desondanks komt men, overigens om onduidelijke redenen, over het algemeen de Engelse term tegen.

Wanneer voor 'on site' of 'in situ' reiniging wordt gekozen, is



5.4. Proefopstelling voor het verwijderen van broom-verbindingen uit de grond. Dit onderzoek levert vrijwel alle gegevens op die nodig zijn om het proces in de praktijk te kunnen uitvoeren.

het vaak wenselijk veiligheidsmaatregelen te treffen om te voorkomen dat de verontreiniging zich tijdens het saneringsproces verder uitbreidt.

Als algemene opmerking, voorafgaand aan de hierna volgende bespreking van een aantal reinigingstechnieken, moet nog worden opgemerkt dat het merendeel van de genoemde methoden op papier of aan de tekentafel is uitgedacht. In de praktijk blijkt het over het algemeen allemaal veel minder mooi te werken dan men op voorhand zou vermoeden. Het betekent niet, dat er onder de beschreven technieken geen (potentieel) goede zouden zijn, maar de toepasbaarheid valt tot nu toe nog te vaak tegen.

### *5.3.1. Reiniging on site*

Reiniging ter plaatse houdt, zoals de naam al aangeeft, in dat de grond wordt afgegraven en dat reiniging ervan in principe op het terrein zelf plaatsvindt. Hiertoe wordt veelal van mobiele reinigingsinstallaties gebruik gemaakt. In aanmerking komen in principe de navolgende technieken: extractie (uitloging); thermische behandeling; stoomstrippen; chemische behandeling; microbiologische behandeling.

#### *5.3.1.1. Extractie*

Bij toepassing van het extractieproces wordt de verontreinigde grond intensief gemengd met een extractiemiddel – gewoonlijk warm of koud water waaraan chemicaliën zoals zuur, loog of zogeheten oppervlakte-actieve stoffen (“zeep”) zijn toegevoegd. Het extractiemiddel wordt geacht ervoor te zorgen dat de binding tussen de verontreinigende stoffen en de bodemdeeltjes wordt verbroken (hetgeen bij klei- en veengrond, die uit zeer fijne deeltjes bestaan, overigens vaak moeilijk gaat), zodat de te verwijderen stoffen zich hechten aan het extractiemiddel. Het extractiemiddel raakt aldus verontreinigd en moet worden gezuiverd door verontreiniging en extractiemiddel van elkaar te scheiden. Het extractiemiddel kan hierna in principe opnieuw worden ge-

bruikt, terwijl de verontreiniging als een sterk verontreinigd slib achterblijft. De gereinigde grond wordt nog met schoon extractiemiddel nagewassen.

Voor deze saneringsmethode denkt men gebruik te kunnen maken van apparatuur die wordt gebruikt in de chemische procesindustrie, bij afvalwaterzuivering en bij grondbewerkingen, zoals mengers, opstroomkolommen, schroefextractors (extractie-apparatuur), hydrocyclonen, bezinkers, indickers, centrifuges, adsorptiekolommen (afvalwaterzuiveringsapparatuur) en specifieke apparatuur voor het reinigen van grind en zand. Voor een effectieve scheiding en nawassing zou een cascade van apparatuur goede diensten kunnen bewijzen, waarbij dus meerdere opstroomkolommen en dergelijke aaneen worden geschakeld.

Aangenomen wordt dat het extractieproces vooral geschikt zal zijn voor het reinigen van grond die hoofdzakelijk bestaat uit zanddeeltjes, aangezien die de verontreiniging gewoonlijk niet al te sterk absorberen. Verontreinigingen die voor deze sanering in aanmerking zouden komen, zijn – algemeen gesproken – met name zware metalen, cyaniden, koolwaterstoffen en gehalogeneerde koolwaterstoffen. Het is wel een nogal dure methode.

### *5.3.1.2. Thermische reiniging*

Voor de thermische reiniging van grond komt in principe een drietal processen in aanmerking: uitdampen van de verontreiniging met behulp van een hete gasstroom die de verontreiniging meeneemt en afvoert (directe warmte-overdracht); uitdampen middels indirecte warmte-overdracht via een warmtewisselaar; verbranding ('thermische destructie') van de verontreinigingen in een roterende oven bij temperaturen van 700 tot 1200° C. De bij deze processen vrijkomende gasstroom zal meestal nog een nabehandeling moeten ondergaan om de verontreiniging eruit te verwijderen, hetzij door verbranding, hetzij door deze af te scheiden.

Natuurlijk betekent 'verbranding' niet, dat de grond zelf wordt verbrand, maar dat de in die grond aanwezige veront-



reinigende stoffen door verbranding worden omgezet. De thermische bodemreiniging biedt diverse mogelijkheden, afhankelijk van de gekozen methode; zo kan uitdampen met behulp van een hete gasstroom of via een warmtewisselaar worden toegepast voor de verwijdering van sommige al dan niet gehalogeneerde koolwaterstoffen. Verbranding komt in aanmerking wanneer de verontreiniging niet door uitdampen kan worden verwijderd.

Operationeel is inmiddels alleen nog maar een mobiele installatie voor het uitdampen via directe warmte-overdracht met behulp van een gasstroom. Uiteraard kan directe verbranding van verontreinigde grond ook plaatsvinden in installaties die zijn ontworpen voor de verbranding van chemisch afval; de capaciteit van dergelijke installaties is veelal echter te klein voor het grondaanbod.

Een nadeel van thermische processen is, dat er een hoog energieverbruik plaatsvindt, hetgeen niet alleen vanuit het oogpunt van energiehuishouding (oftewel -besparing) een minpunt is, maar ook qua daardoor veroorzaakte luchtverontreiniging.

#### *5.3.1.3. Stoomstrippen*

Stoomstrippen houdt in dat in plaats van een gas waarmee verontreiniging wordt uitgedampt (§ 5.3.1.2.) stoom wordt gebruikt. De uittredende gasstroom (stoom plus verontreiniging) wordt volledig gecondenseerd (dat wil zeggen: gas wordt vloeistof), waarna de verontreinigingen uit het condensaat worden verwijderd met behulp van diverse afvalwaterbehandelingsmethoden. Stoomstrippen lijkt vooral geschikt voor de verwijdering van organische stoffen met een relatief hoge vluchtigheid ten opzichte van water, zoals peren trichloorethyleen.

#### *5.3.1.4. Chemische behandeling*

Wanneer het mogelijk is (maar vaak is het dat niet) om de verontreinigende stoffen in de bodem te doen reageren met toegevoegde chemicaliën, waarbij het daarbij ontstane reactieproduct een positief effect heeft op het milieu, dan kan

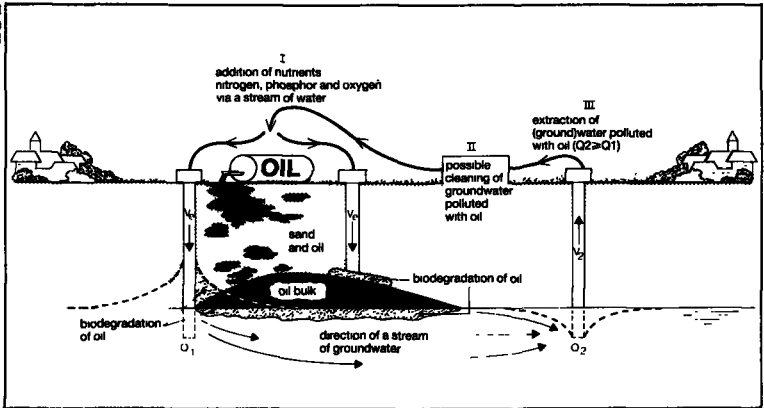
men spreken van een geslaagde chemische behandeling. Men kan de chemicaliën zowel in droge vorm als opgelost in water aan de grond toevoegen. Voor de chemische behandeling van verontreinigde grond komen verschillende chemicaliën in aanmerking, zoals chloor, zuren, loog, ozon, waterstofperoxyde, chloorkalk, natriumhypochloriet en kaliumpermanganaat. Men moet zich hierbij overigens afvragen of en in hoeverre het toelaatbaar c.q. gewenst is om de grond met nog weer méér chemicaliën te belasten.

Bij droge behandeling worden grond en chemicaliën over het algemeen simpelweg gemengd; bij toepassing van een waterstroom worden alle componenten aan een meng-/reactor toegevoegd. Na het proces worden de verschillende componenten gescheiden, gereinigd en zo mogelijk hergebruikt.

Deze methode is niet geschikt voor het verwijderen van zware metalen, maar wel voor de omzetting van bepaalde typen cyaniden en een groot aantal al dan niet gehalogeneerde koolwaterstoffen. Na een chemische behandeling is de grond biologisch volledig dood; in hoeverre dat acceptabel is, hangt af van het toekomstige gebruiksdoel ervan. Eventueel is reactivering door menging met schone, biologisch 'normale' grond mogelijk.

#### *5.3.1.5. Microbiële reiniging*

In principe kan een groot aantal organische verontreinigingen ook in de bodem worden afgebroken en omgezet in andere verbindingen (uiteindelijk wellicht tot kooldioxyde, water en restprodukten) met behulp van micro-organismen. Genoemd kunnen onder andere worden: benzeen, toluen, xyleen, fenol, alkanen, polycyclische aromaten, cyaniden, aardolieprodukten, dichloormethaan en dichloorethaan. Deze zogeheten *biodegradatie* kan in principe onder gunstige omstandigheden in de bodem zeer snel plaatsvinden. Onder ongunstige (natuurlijke) bodemgesteldheden kan worden gedacht aan stimulering van dit proces door bijvoorbeeld zuurstof en/of water toe te voegen, de tempera-



5.5. Schema van in onderzoek zijnde 'in situ' microbiologische reiniging van olieverontreiniging in de bodem. Uiteraard is het zaak éérst het lekkende olievat te verwijderen; de tekening illustreert namelijk in feite twee verschillende stadia: de verontreiniging en de sanering.

tuur aan te passen, voor de micro-organismen belangrijke voedingsstoffen zoals fosfor en stikstof toe te voegen, en misschien zelfs (maar dat is op dit moment nog toekomstmuziek) aan het inbrengen van speciaal voor dit doel geselecteerde en 'gekweekte' bacteriën. Verlaging van de concentratie van de verontreiniging door de desbetreffende grond met schone grond te mengen (verdunnen van de verontreiniging), werkt eveneens bevorderend op het procesverloop. In Noord-Amerika wordt wel gebruik gemaakt van mobiele reactorvaten, waarin zich het reinigingsproces door de bacteriën voltrekt, en die in het veld mee opschuiven gelijk met het vorderen van het reinigingsproces.

Toepassing van micro-organismen bij behandeling van de bodem ter plaatse verkeert momenteel nog in een onderzoekstadium, en het valt dan ook nog niet te zeggen wanneer microbiële reiniging op grote schaal toepasbaar zal zijn.

### 5.3.2. Reiniging in situ

'In situ' houdt in, dat de handeling (in dit geval de sanering) van de verontreinigde grond geschiedt zonder dat deze

wordt afgegraven of verwijderd. Het reinigingsproces wordt direct in de vervuilde bodem toegepast.

Verschillende technieken en methoden dienen zich bij in situ reiniging aan. Welke daarvan wordt gekozen is wederom afhankelijk van de omstandigheden (soort verontreiniging, bodemtype, vereiste mate en snelheid van sanering, enzovoort). De drie mogelijkheden die zich in principe aandienen, zijn: extractie (uitloging) van de grond, chemische behandeling of microbiologische reiniging (biorestauratie in situ). Deze behandelingsmethoden zijn merendeels nog volop in ontwikkeling. Op zichzelf verschillen de in situ behandelingstechnieken niet veel van andere saneringsmethoden; principieel onderscheid is het feit dat de bodem zelf als 'reactorvat' dienst doet, en er dus geen 'dure' afgraverij hoeft plaats te vinden. De reactiesnelheid (het tempo van het saneringsproces) zal niet hoog zijn (het is namelijk veel moeilijker om in de bodem de ideale reactie-omstandigheden te creëren) zodat deze saneringsmethoden met name in aanmerking komen in gevallen waarin met de reiniging geen haast is geboden.

De drie genoemde in situ processen zullen nu kort worden besproken.

#### *5.3.2.1. Extractie*

Het principe van het extractieproces houdt in dat een aantal putten in de te reinigen grond wordt aangebracht, waarin pompen worden geplaatst. Op het oppervlak wordt een geschikt extractiemiddel versproeid, dat de grond binnendringt. De aanwezige verontreinigingen worden daarbij door dit middel geëxtraheerd, dat wil zeggen: het middel maakt de verontreinigende stof(fen) los van de bodemdeeltjes door er zelf een binding mee aan te gaan. Vervolgens wordt het middel opgepompt via de putten en afgevoerd naar een reinigingsinstallatie, waar extractiemiddel en vervuiling worden gescheiden; het extractiemiddel kan daarna weer opnieuw worden gebruikt. Extractiemiddelen op waterbasis, al dan niet met toevoeging van zogenaamde oppervlakte-actieve stoffen ('zeep'), verdienen de voorkeur boven

organische oplosmiddelen, omdat er reeds van nature water in de bodem aanwezig is, terwijl een organisch oplosmiddel na afloop van het reinigingsproces weer uit de grond verwijderd moet worden. Belangrijke voorwaarden om extractie te kunnen toepassen, zijn uiteraard dat de desbetreffende grond voldoende doorlatend is voor het extractiemiddel en dat de verontreiniging in kwestie voldoende in water oplosbaar is te maken. Naar het zich laat aanzien zal deze methode vooral bruikbaar zijn voor de verwijdering van cyaniden, en sommige organische verbindingen zoals aceton, fenol en dergelijke.

#### *5.3.2.2. Chemische behandeling*

Voor reiniging van een verontreinigde grond via een chemische behandeling zouden in principe twee methoden in aanmerking komen: de benodigde chemicaliën zouden hetzij opgelost in een vloeistof (meestal water), hetzij in min of meer droge vorm aan de grond kunnen worden toegevoegd. In het eerste geval wordt de vloeistof op het oppervlak versproeid of via putten ingebracht, in het tweede geval is over het algemeen een intensieve menging van grond en chemicaliën noodzakelijk. Deze methode lijkt vooral aantrekkelijke perspectieven te bieden voor die gevallen waarin de reactie tussen de verontreiniging en de toegevoegde stof slechts zeer langzaam plaatsvindt; voorbeelden zijn de afbraak van cyaniden met behulp van natriumhypochloriet of chloorkalk en de oxydatie van organische verbindingen met bijvoorbeeld waterstofperoxyde.

#### *5.3.2.3. Microbiële reiniging*

Wanneer men in plaats van met chemicaliën met micro-organismen (bacteriën) gaat saneren, dan is er sprake van microbiologische reiniging oftewel biorestauratie in situ. Willen de micro-organismen de verontreiniging kunnen afbreken (bio-degradatie), dan moeten niet alleen de verontreinigende stoffen biologisch afbreekbaar zijn, maar dienen ook de omstandigheden daarvoor optimaal te zijn. Indien dat laatste niet het geval is, dan moet worden getracht de

omstandigheden in de bodem voor de micro-organismen te optimaliseren, bijvoorbeeld door het toevoegen van zuurstof, water en/of voedingsstoffen (nutriënten) voor de bacteriën. Zuurstof kan bijvoorbeeld worden toegevoegd door de grond te vermengen (ploegen). Een groot aantal typen verontreinigingen zou in principe op deze wijze kunnen worden afgebroken, mits micro-organismen voorhanden zijn en de omstandigheden zodanig zijn dat deze micro-organismen zich kunnen handhaven.

Opmerkelijk is dat in de voorgaande alinea wel werd gesproken over het zo nodig toevoegen van zuurstof, water en nutriënten, maar niet van micro-organismen. De aantallen en de verscheidenheid aan micro-organismen is namelijk van nature zó groot, dat eigenlijk altijd wel de voor de desbetreffende sanering geschikte typen aanwezig zijn. De toevoer van andere stoffen geschiedt, zoals gezegd, uitsluitend om de omstandigheden voor hen zo optimaal mogelijk te maken.

Is dus het toevoegen van micro-organismen niet nodig, de moderne genetische technieken (genetische manipulatie, recombinant-DNA techniek) zullen het in de toekomst wellicht mogelijk maken om bacteriën te maken die aan zeer specifieke eisen ten aanzien van hun inzetbaarheid bij bodemsanering voldoen. Het desbetreffende onderzoek kan veelbelovend zijn, maar verkeert in feite nog in het beginstadium. Qua principe is biorestauratie in situ in elk geval wél veelbelovend.

Microbiologische reiniging is 't eerst operationeel geworden bij de sanering van grond verontreinigd met olieprodukten. In dat geval wordt de oliehoudende grond in een dunne laag uitgespreid, bijvoorbeeld op een ondergrond waarin de voor afbraak benodigde micro-organismen aanwezig zijn. Beide lagen worden daarna met elkaar vermengd, een proces dat van tijd tot tijd herhaald dient te worden. Dergelijke zogeheten 'oil farming' is in de Verenigde Staten een veel toegepaste methode voor de reiniging van met olieprodukten verontreinigde grond.

Voor wat betreft de in situ reinigingstechnieken lijkt de

microbiologische de meeste perspectieven te bieden, indien de vrij lange behandelingsduur geen probleem is en/of de – vele – benodigde ruimte beschikbaar is.

#### **5.4. Afvalverwerking**

De verwerking van de bij het saneringsproces vrijkomende chemicaliën (of dat nu de geconcentreerd-vervuilde restanten van gereinigde grond of grondwater zijn, of dat het stoffen betreft die voor het reinigingsproces zijn toegevoegd) is een wezenlijk onderdeel van de sanering. Hoe dit afval kan en mag worden verwerkt, is afhankelijk van de vraag of het qua samenstelling chemisch afval is in de zin van het Stoffen- en Processenbesluit van de Wet Chemische Afvalstoffen (WCA).

Verwerking is normaliter in principe mogelijk in de speciale installaties die bestemd zijn voor de verwerking van chemisch afval. Dergelijke installaties zijn echter ontwikkeld voor de vernietiging van uit de industrie afkomstig sterk geconcentreerd chemisch afval, en niet zozeer voor de vaak *relatief* lage doses in vervuilde grond. Daardoor bieden de bestaande installaties slechts beperkte mogelijkheden voor de verwerking van afgegraven grond.

In dit verband is vermeldenswaard dat TNO een elektrolysecel ontwikkelde, waarmee tegen een relatief lage kostprijs zeer sterk giftige verbindingen kunnen worden afgebroken tot onschadelijke bestanddelen. Met behulp van dit zogeheten elektrochemische detoxificatieproces kunnen tal van geconcentreerde verontreinigingen worden behandeld.

Ook verbranding van afgegraven grond is in veel gevallen een goede oplossing. Er dient echter voor gezorgd te worden dat de juiste temperaturen worden aangehouden (dat wil zeggen: 900 tot 1200° C); bekend is bijvoorbeeld dat er bij verbranding van met pesticiden vervuilde grond bij temperaturen onder de 800° C dioxine-achtige stoffen kunnen worden gevormd.

Zoals reeds vermeld, zijn er in Nederland (nog) geen moge-

lijkheden voor tijdelijke en/of definitieve opslag van verontreinigde grond. Wel zijn er, onder meer door ingenieursbureaus, studies verricht naar de vereiste inrichting van gecontroleerde stortplaatsen voor chemisch afval. Het daadwerkelijk aanleggen van zo'n depot is echter vers twee: zonder goede voorlichting en begeleiding zal de publieke opinie zo'n depot waarschijnlijk als 'gevaarlijk' classificeren, en er zal onder die omstandigheden dan ook vrijwel geen gemeente te vinden zijn die een dergelijk 'riskant' object graag binnen haar grenzen heeft!

Een andere mogelijkheid om afgegraven vervuilde grond of het geconcentreerde afval dat na een saneringsoperatie overblijft te verwerken, is opslag en berging in andere landen, waar men wel over goede voorzieningen voor opslag en verwerking ervan beschikt.

## **5.5. Grondwaterreiniging**

Voor de eventuele reiniging van verontreinigd grondwater staan in principe dezelfde technieken ter beschikking als voor de reiniging van afvalwater.

In Nederland zijn reeds diverse zuiveringstechnieken voor huishoudelijk en industrieel afvalwater en ten behoeve van de drinkwaterbereiding tot ontwikkeling gebracht. Veel van deze technieken kunnen geheel of gedeeltelijk voor de zuivering van grondwater worden toegepast. Vanwege de relatief lage concentraties aan verontreinigende stoffen in het grondwater zijn dan vaak wel bijzondere aanpassingen noodzakelijk.

In eerste instantie ligt het dan ook voor de hand om te bezien of het mogelijk is om voor de afvoer van het vervuilde grondwater aansluiting te verkrijgen op een bestaand rioolstelsel of een reeds in bedrijf zijnde waterzuiveringsinstallatie, uiteraard na overleg met de beheerder daarvan.

Het afpompen van verontreinigd grondwater kan worden gecombineerd met de infiltratie van nieuw, schoon water ter vervanging van het afgepompte.



## **6. Internationale aspecten**

Zonder overdrijving kan men stellen, dat nagenoeg alle landen ter wereld te maken hebben met bodemverontreiniging. De westerse, 'ontwikkelde' landen hebben wat dat betreft onmiskenbaar en onloochenbaar een erfenis in hun bodem, gevolg van de industriële ontwikkeling van enkele eeuwen. De ontwikkelingslanden, hoewel nog minder vergaand geïndustrialiseerd, hebben, in veel gevallen zonder het al te weten, eenzelfde probleem – ongetwijfeld ook als gevolg van de minder nauwkeurig gecontroleerde productieprocessen, de gebrekkiger wetgeving en controle op de naleving daarvan, de nonchalance van westerse bedrijven, enzovoort.

Vroeger of later krijgt men dus overal ter wereld met het probleem van bodemverontreiniging te maken. Tot nu toe echter lijkt de – mogelijke – omvang van het probleem pas tot slechts enkele landen te zijn doorgedrongen. Bodemverontreiniging wordt momenteel in Nederland, de Verenigde Staten, West-Duitsland, Groot-Brittannië en Japan als een ernstig milieuprobleem gezien. In mindere mate is men zich ook in België, Denemarken en India van de situatie bewust. Van een aantal van de genoemde landen zal in dit hoofdstuk een indruk van de situatie met betrekking tot de bodemverontreinigingsproblematiek worden gegeven, waarbij ter vergelijking met Nederland wordt begonnen.

### **6.1. Nederland**

Lekkerkerk. Men mag wel stellen dat het in 1980 daarmee allemaal is begonnen. Vervuilde grond onder een woonwijk was een nieuw verschijnsel. Lekkerkerk leek bovendien uniek: dergelijke problemen trof je elders in Nederland niet aan, of op z'n hoogst in enkele gevallen. Dat dacht men

toen; we weten inmiddels dat dat wat anders is uitgekapt. De gemeente Lekkerkerk pakte de situatie met grote voortvarendheid aan, ook publicitair, en wist zodoende te bewerkstelligen dat er een grootscheepse, uiterst grondige sanering werd uitgevoerd. Iedereen is het erover eens, dat in de huidige situatie, gezien de inmiddels opgedane ervaringen en tevens rekening houdend met het thans bekende aantal te saneren locaties, de bodemverontreiniging in Lekkerkerk op een goedkopere maar op zich niet minder doelmatige wijze zou zijn aangepakt. Men heeft er echter kunnen profiteren van het feit dat deze verontreiniging op dat moment uniek was.

De zaak-Lekkerkerk heeft echter wel de stoot gegeven tot een grootscheepse inventarisatie van mogelijke andere verontreinigingsgevallen. De verwachting werd wel uitgesproken dat met 1 miljard gulden Nederland na 10 jaar 'schoon' zou zijn. De ware omvang van het probleem werd niet veel later duidelijk; de lijst van verontreinigde of verdachte locaties wordt trouwens nog steeds langer. De geweldige afmetingen die het probleem bleek te hebben zijn er de oorzaak van geweest dat in een aantal gevallen te snel tot maatregelen werd besloten – zonder dat eens rustig op een rijtje was gezet wat nu eigenlijk de beste aanpak en de werkelijke ernst van de situatie in kwestie was.

In tegenstelling tot veel andere landen speelt in Nederland, waar betrouwbaar zoet water schaars is, uiteraard de bedreiging van het zoete water, met name het grondwater, een uiterst belangrijke rol. Dat schept risico's en problemen die andere landen veelal vreemd zijn.

In een eigenlijk verwonderlijk korte tijd is in Nederland een redelijk hechte samenwerking gegroeid tussen overheid, onderzoekinstellingen en bedrijfsleven. De overheid heeft via het ministerie van VROM een voortvarend beleid ontwikkeld (al gaat dat sommigen uiteraard niet ver genoeg), en het voor elkaar weten te krijgen dat het bedrijfsleven, zonder dat dit de onderlinge concurrentieverhoudingen al te zeer aantast, in onderling overleg blijft, én met onderzoekinstel-

lingen en de overheid zelf. Het stimulerend overheidsbeleid heeft geleid tot de snelle ontwikkeling van opsporings- en saneringstechnieken.

De bedrijven, die zich met het desbetreffende werk gingen bezighouden, waren met name de ingenieursbureaus en de cultuurmaatschappijen, en daarnaast ook bijvoorbeeld een bedrijfstak als de wegenbouwbedrijven, die immers als geen ander ervaring hebben met het afgraven en transporteren van grond. Bovendien zagen zij hierin een welkome uitbreiding van hun werkterrein in een tijd dat de overheidsmiddelen voor aanleg en onderhoud van wegen sterk terugliepen. Een aantal bedrijven die apparatuur voor bijvoorbeeld waterzuivering leverden, zag in bodemsaneringsapparatuur eveneens expansiemogelijkheden. Men kan stellen dat alle mogelijke instellingen en bedrijven snel en effectief op het 'nieuw-ontdekte' arbeidsveld hebben ingespeeld, mede dank zij het van het begin af aan stimulerende en coördinerende overheidsbeleid in deze.

De organisatie TNO verricht reeds lang allerlei milieu-onderzoek, en kon en kan vanuit die expertise ook een bijdrage leveren aan het opsporings- en saneringsonderzoek.

De overheid speelt overigens niet alleen een rol waar het het stimuleren, coördineren en financieren van opsporing en sanering betreft. Ook aan de psychosociale aspecten van de bij een verontreinigingsgeval betrokken bewoners wordt de nodige aandacht besteed. Zo organiseert het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM) in daartoe geëigende gevallen speciale bijeenkomsten met de huisartsen in de desbetreffende wijk, en geeft hun de benodigde toxicologische informatie: wat is het effect van de in de bodem aangetroffen stoffen op de gezondheid, hoe komt de aantasting tot stand, enzovoort. De bedoeling is dat de huisartsen deze informatie vervolgens aan hun patiënten, de bewoners van de verontreinigde wijk, kunnen overdragen. Zo'n aanpak van dit aspect van de materie wordt elders ter wereld (nog) niet aangetroffen.

Dat Nederland inzake bodemverontreiniging een helaas 'vooraanstaande' plaats inneemt, had weliswaar Lekkerkerk

als aanleiding, maar de oorzaak ervan is in wezen uiteraard dat ons land klein en dichtbevolkt is (en daarnaast ook nog sterk geïndustrialiseerd is en een zeer intensieve agrarische produktiesector bezit). De kans dat je op een verontreiniging woont, is daardoor relatief groot. Andere landen beschikken gewoonlijk over meer ruimte, en daar kan bodemverontreiniging dus ook langer voortbestaan zonder dat het als een probleem wordt ervaren. Door deze situatie is Nederland wel één van de 'gidslanden' op dit gebied geworden, en dat schept zeker mogelijkheden voor de export van de inmiddels in ons land opgebouwde 'know-how'; het wachten is nog op de bewustwording van het probleem elders. Dan echter zal het mogelijk zijn dat onze erfenis tot bruidsschat wordt.

## **6.2. Verenigde Staten**

Zoals Nederland z'n Lekkerkerk heeft, zo hebben de Verenigde Staten hun Love Canal. Het is eigenlijk in grote lijnen hetzelfde verhaal: er wordt in de jaren '50 chemisch afval gestort, en later wordt er een woonwijk op de afgedekte belt gebouwd. In 1977 kwamen bepaalde chemicaliën via sijpend water in de woonhuizen en een schoolgebouw terecht. Nadat er een aantal ziektegevallen in de wijk was geconstateerd, werd een bodemonderzoek ingesteld. De situatie bleek zeer riskant: in de monsters werden hoeveelheden van maar liefst 5-30 microgram dioxine per kilo grond aangetroffen (ter vergelijking: in de Volgermeerpolder bij Broek in Waterland werd 1 microgram/kilo gevonden). De wijk bij Love Canal werd tot 'public health disaster' ('volksgezondheidsrampgebied') verklaard en de bewoners moesten verhuizen. De hoge schadeclaims die in Noord-Amerika gebruikelijk zijn, maakten deze gebeurtenis in Europese ogen extra spectaculair: er werd voor een bedrag van zo'n 15 miljard dollar aan claims ingediend.

Love Canal is niet de enige plaats in de VS met een ernstig verontreinigde bodem. Geschat wordt dat er in het hele land

30 à 50 duizend stortplaatsen van chemisch afval zijn. Daarvan waren er tot begin 1984 meer dan 17 000 gevonden die mogelijk een gevaar voor milieu, grondwater of volksgezondheid opleveren. Circa 550 van deze locaties werden wegens hun mogelijke gevaarlijkheid op een nationale prioriteitenlijst geplaatst. De naar schatting bijna 60 miljoen ton chemisch afval in de Verenigde Staten omvatten een breder scala aan stoffen dan bij ons, en uiteraard zijn ook de hoeveelheden veel groter. Men rekent erop, dat totale sanering 25 à 55 miljard dollar zal gaan kosten.

De Amerikanen hebben in elk geval één voordeel in vergelijking met ons land: hun grondoppervlak is veel groter, men woont dus minder gauw direct op een afvalberg, met uiteraard talloze locaties à la Love Canal als uitzondering op deze regel.

In vergelijking met de meeste andere landen, voert de overheid in de Verenigde Staten middels de Environmental Protection Agency (EPA) een voortvarend milieubeleid. Er wordt veel energie gestoken in wetgeving, ontwikkeling van opsporings- en saneringstechnieken en dergelijke. In 1980 werd de 'Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act' van kracht, beter bekend onder de naam 'Superfund'. Met de invoering van het Superfund werden niet alleen de volmachten van de EPA vastgelegd, maar werd tevens een fonds voor het uitvoeren van saneringen gecreëerd van 1,6 miljard dollar, opgebouwd uit belastingen op chemische grondstoffen en algemene staatsmiddelen. De EPA heeft meer dan 70 miljoen dollar uitgetrokken voor direct noodzakelijke maatregelen; het bedrijfsleven moet met circa 300 miljoen dollar aan saneringen bijdragen. In grote lijnen zijn de Verenigde Staten en Nederland ongeveer even ver waar het de know-how betreffende de aanpak van het bodemverontreinigingsprobleem betreft. Er bestaan echter duidelijke verschillen ten aanzien van waar de zwaartepunten in de aanpak worden gelegd: waar Nederland zich met name op het ontwikkelen van saneringstechnieken heeft toegelegd, gaat de aandacht in de Verenigde Staten vooral uit naar 'risk assessment' (oftewel het beoordelen van de

mogelijke gevaren van een bepaalde verontreinigde situatie) en naar het onder gecontroleerde omstandigheden opslaan van verontreinigde grond.

### **6.3. Bondsrepubliek Duitsland**

Ook in de Duitse Bondsrepubliek is bodemverontreiniging als een belangrijk milieuprobleem erkend. In dit land zijn er naar schatting zo'n 30 000 tot 50 000 oude stortplaatsen, waarvan er 1000 tot 2000 als problematisch worden beschouwd. Bij deze getallen zijn dan nog niet voormalige fabrieksterreinen inbegrepen, die vaak 'rijke' vindplaatsen van allerlei chemisch afval vormen. Bovendien is van veel stortplaatsen nog niet bekend welke soorten en hoeveelheden afval er liggen en in hoeverre die hun invloed al op het omringende milieu hebben doen gelden. De overbemesting van agrarische bodems en de daaruit voortvloeiende belasting van het grondwater met nitraten is in West-Duitsland op veel plaatsen, evenals in Nederland, een probleem.

Het Westduitse overheidsbeleid is erop gericht om in eerste instantie een zo volledig mogelijk beeld te krijgen van verontreinigde locaties inclusief de voormalige fabrieksterreinen, en alle relevante gegevens daarvan te verzamelen. Belangrijk wordt verder geacht het verkrijgen van criteria om de risico's van een verontreiniging te kunnen vaststellen, en het bepalen aan de hand van zulke criteria welke locaties inderdaad gevaar kunnen opleveren; op grond daarvan kunnen dan prioriteiten ten aanzien van een landelijk saneringsprogramma worden gesteld. Ten slotte wordt uiteraard veel waarde gehecht aan het ontwikkelen van zowel saneringstechnieken als productieprocessen die minder milieubelastend zijn.

Van alle Westduitse verontreinigde terreinen is de stortplaats Georgswerder nabij Hamburg ongetwijfeld de bekendste, liever gezegd: beruchtste. Hier bevindt zich, dicht bij woonhuizen, een afvalberg met een oppervlak van 42 ha en een hoogte van 40 meter. In deze in 1979 buiten gebruik

gestelde belt zijn in de loop der jaren alle soorten chemisch afval, waaronder ook 2,3,7,8-TCDD (het gevaarlijke, uit het Italiaanse Seveso beruchte dioxine, zie par. 6.5) gedeponeerd. Alles is bovendien door elkaar gestort, zodat er sprake is van één gigantische chemische afvalberg. In totaal bevat de belt 7 miljoen m<sup>3</sup> afval, waarvan 1/3 bestaat uit grond en puin. Er is 150 000 m<sup>3</sup> (dus 150 miljoen liter) vloeibaar chemisch afval aanwezig, dat deels in een tiental poelen, deels in 50 000 vaten is gestort. De belt van Georgswerder vormt een directe bedreiging voor het grondwater, dat op sommige punten inderdaad reeds is aangetast. Het dioxine is wel in de belt zelf, doch (nog) niet in het grondwater aangetroffen. Men weet nog niet, op welke wijze deze stortplaats het beste kan worden gesaneerd – eigenlijk niet eens, of het wel mogelijk is, gezien de gecompliceerde toestand van de belt. Een totale sanering zou bovendien naar schatting 1 tot 2 miljard Duitse mark kosten, en ook daar zit men, zoals te begrijpen is, mee in de maag.

Bodemsanering is in West-Duitsland nog geen onderwerp van nationale aanpak, maar vooral nog van de afzonderlijke deelstaten. Van deze Länder zijn met name Hamburg en Nordrhein-Westfalen erg actief.

#### **6.4. Groot-Brittannië**

Hét voorbeeld van bodemverontreiniging in het Verenigd Koninkrijk is Thamesmead Arsenal te Londen. Het gebied, in totaal zo'n 650 ha, dat zich over een lengte van 5,5 km langs de zuidoever dan de Thames uitstrekt, was bestemd voor woningbouw. Op 400 ha van dit terrein was vroeger een deel van het 'Royal Arsenal' gevestigd, waar wapens en munitie voor het Britse leger werden getest en geproduceerd. Het gebied verloor na de Tweede Wereldoorlog aan betekenis, al werd er toen nog wel afval van bommen en andere munitie gestort en werden overschotten van explosieven verbrand. In de periode 1939-1945 viel er bovendien een groot aantal bommen op het terrein. Met het afval van

de talrijke hier uitgevoerde experimenten en van de productieprocessen plus van elders aangevoerd en hier gedeponeerd bouwafval leidde dit tot een ernstig vervuild terrein. In de loop van de jaren '60 werd het terrein in een aantal fasen aan de stad Londen overgedragen, met de bedoeling er na afbraak van de resterende gebouwen een woonwijk voor zo'n 60 000 mensen neer te zetten. De ware omvang van de verontreiniging werd pas rond 1975 duidelijk. Een groot-scheeps onderzoek, dat overigens pas in het najaar van 1985 voltooid is, bracht de ernst en de gecompliceerdheid van deze locatie aan het licht. Het is overigens niet zozeer de intensiteit van de verontreiniging alswel de omvang van het terrein en de grote verscheidenheid in soorten vervuiling die dit terrein zo in de aandacht hebben gebracht.

In Groot-Brittannië wordt momenteel veel aandacht besteed aan het onderwerp bodemverontreiniging. Er wordt intensief onderzoek gedaan naar methoden voor het opsporen, vaststellen en saneren van verontreinigde bodems. Er worden normen opgesteld voor de maximaal toelaatbare concentraties van zware metalen voor verschillende gebruiksbestemmingen van de bodem; ook voor andere potentieel verontreinigende stoffen worden criteria gezocht.

## **6.5. Andere landen**

Behalve de in het voorgaande besproken landen, waar de vervuiling van de bodem als een ernstig milieuprobleem wordt beschouwd, hebben zich ook in andere staten kleinere of grotere gevallen van bodemverontreiniging voorgedaan. Over het algemeen worden dergelijke gebeurtenissen als incidenteel beschouwd, en leidt zo'n situatie niet tot het uitvoeren van een inventarisatie, het ontstaan van een adequate wetgeving of het nemen van andere maatregelen die dergelijke problemen in de toekomst moeten voorkomen. In een aantal gevallen is een adequate wetgeving in potentie wel aanwezig, maar is er in de praktijk een slechte controle op de naleving daarvan.



Een aantal landen heeft zo z'n 'beroemde' voorbeeld à la Lekkerkerk, Love Canal, Georgswerder of Thamesmead Arsenal. Men denke bijvoorbeeld aan Seveso in *Italië*, waar in 1976 in een chemische fabriek het productieproces voor onkruidbestrijdingsmiddelen uit de hand liep; bij de hierdoor ontstane explosie kwam 2-3 kilo van de verbinding 2,3,7,8-TCDD (beter bekend als dioxine, oftewel de meest giftige van de dioxines) vrij die zich in een wolk over een oppervlak van enkele vierkante kilometers verspreidde. In het getroffen gebied stierven planten en dieren, werden mensen ziek (vergiftigingsverschijnselen; chlooracné), steeg het aantal miskramen, en werd de bodem ernstig met dioxine vervuild. De reiniging van deze grond bleek zeer problematisch; dioxinehoudende grond begon, opgeborgen in een aantal vaten, een zwerftocht door Europa, en kon pas na lange en intensieve zoekacties in verscheidene landen worden teruggevonden.

Hoewel het ongeluk in Seveso zeer veel aandacht kreeg in de Italiaanse en buitenlandse media en in het Italiaanse parlement, krijgt men toch niet de indruk dat milieuverontreiniging in het algemeen of bodemverontreiniging in het bijzonder in dit land thans een belangrijk onderwerp van onderzoek of wetgeving is geworden.

Informatie omtrent de situatie ten aanzien van bodemverontreiniging in *Japan* blijkt moeilijk te achterhalen. Een rapport van het Bureau voor Milieubescherming van de stad Tokyo over een geval van chroomverontreiniging vermeldt dat deze grootschalige verontreiniging in een dichtbevolkt gebied dagelijks door de media breed werd uitgemeten. De firma die verantwoordelijk was voor het storten van de chroomhoudende slakken, moest de kosten van sanering betalen (het 'de vervuiler betaalt'-principe). Het bedrijf in kwestie verzette zich tegen deze eis van het stadsbestuur, doch ten slotte kwamen de beide partijen toch tot overeenstemming. De bevolking in het betrokken gebied werd ondertussen ongerust aangezien er geen definitieve doch slechts tijdelijke tegenmaatregelen waren genomen.

Het hier beschreven geval van bodemverontreiniging is on-

getwijfeld niet uniek: in de periode 1974-1978 werd op niet minder dan 71 plaatsen binnen de gemeente een onderzoek ingesteld naar de aanwezigheid van chroom, kwik en andere zware metalen. Men mag wel aannemen dat, gezien de hoge bevolkingsdichtheid en de vergaande industrialisatie van Japan, er zeker van de nodige gevallen van bodemverontreiniging sprake zal zijn.

In *Canada* verkeert het onderzoek naar de verontreiniging van de bodem nog in een relatief vroeg stadium. Er is wel een aantal verontreinigde locaties bekend, doch die bevinden zich alle voldoende ver van de bewoonde gebieden. De uitgestrektheid van het land, de geringe bevolkingsdichtheid en de jonge industriële bedrijvigheid zijn wat dat betreft ongunstige (want niet spoedig tot maatregelen of een ander beleid nopende) factoren. De wetgeving en het opstellen van standaards is geen staatszaak, doch wordt overgelaten aan de verschillende provincies; op nationaal niveau vindt alleen coördinatie en stimulatie plaats. De provincies Ontario en Quebec zijn met een eerste inventarisatie van verontreinigde locaties begonnen. Er bestaat in Canada nog nauwelijks praktische ervaring met saneringstechnieken.

In *Denemarken* zou naar schatting 250 miljoen Deense kronen nodig zijn voor een ingrijpen op vijf tot tien locaties, waar zulks dringend nodig werd geacht.

De *Oosteuropese* landen hebben soms een slechte naam waar het de zorg om het milieu betreft. Hoewel dat in een aantal concrete gevallen misschien niet ten onrechte is, moet er toch ook op worden gewezen dat de zorg voor het milieu in deze landen in toenemende mate aan belang wint. Zo heeft de Tsjechische Academie van Wetenschappen in 1984 in opdracht van de regering een rapport samengesteld, waarin de schade aan het milieu als 'zeer ernstig' werd gekwalificeerd. De zorg die uit dit rapport spreekt, heeft inmiddels een vertaling gevonden in plannen voor een grootscheepse aanpak van het probleem. En de DDR, vaak gezien als een soort nonchalante vergaarbak voor alle gevaarlijke afval dat het Westen (tegen forse betaling) kwijt wil, beschikt in werkelijkheid over een zeer goed opgezette en gecontro-

leerde opslag voor chemisch afval, waar wat dat betreft niets op is aan te merken.

## **6.6. Internationaal overleg**

In internationaal opzicht verschilt bodemverontreiniging in zekere zin van lucht- en waterverontreiniging. Met name luchtverontreiniging, en in mindere mate ook waterverontreiniging, vertonen vaak een zogenaamd grensoverschrijdend karakter: in het ene land geproduceerde luchtverontreiniging wordt gemakkelijk naar andere landen getransporteerd alwaar men dan de gevolgen ervan bespeurt in bijvoorbeeld de verzuring van meren en rivieren. En de lozing van allerlei chemisch en ander afval door verschillende landen in de Rijn stelt de drinkwatervoorziening in Nederland voor grote problemen. Een ander aspect van water- en luchtverontreiniging is, dat vaak niemand als 'eigenaar' van het desbetreffende stukje van het milieucompartiment kan worden aangemerkt: een schip dat midden op de oceaan olie loost, kan daarop niet of nauwelijks middels een nationale wetgeving worden aangesproken.

Ten aanzien van de bodem ligt dat anders: verontreiniging in de bodem is vaak minder mobiel en kan alleen in grensgebieden via het grondwater een grensoverschrijdend karakter hebben. Bovendien is het eigendomsrecht van de bodem op een enkel betwist gebied na overal op aarde vaststaand. Deze factoren hebben tot gevolg dat het maken van internationale afspraken op het gebied van bodemsanering en bodembescherming minder prioriteit krijgt dan met betrekking tot lucht- en waterverontreiniging het geval is.

Desalniettemin is met name op instigatie van de landen die bodemverontreiniging als een milieuprobleem hebben leren kennen, ook in internationaal verband de bodem aan de orde gesteld.

De OECD, Organization for Economic Co-operation and Development (Organisatie voor Economische Samenwerking en Ontwikkeling, OESO) heeft in haar onderbouw een

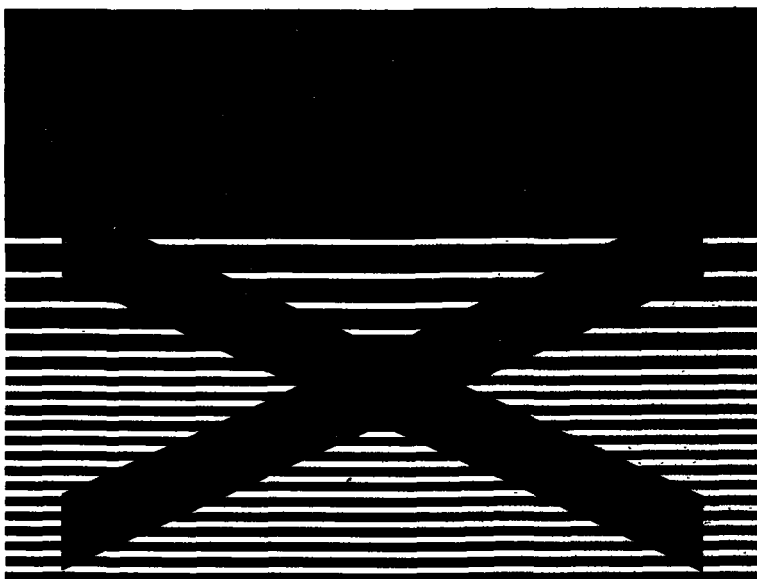
milieucomité, waaronder de zogeheten Waste Management Policy Group ressorteert. In dit overlegorgaan worden de diverse onderwerpen van het afvalprobleem bediscussieerd. Tevens worden geregeld bijeenkomsten van deskundigen georganiseerd.

Binnen de NAVO houdt sinds 1980 op voorstel van Groot-Brittannië het Committee on the Challenges of Modern Society (NATO-CCMS) (in een NATO-CCMS-publikatie vertaald als 'Comité voor de Uitdaging van de Moderne Samenleving') zich eveneens met de bodemverontreinigingsproblematiek bezig. In dat jaar werd een internationaal studieproject gestart ('on contaminated land') dat medio 1985 werd voltooid. Doel van het project is het geven van een overzicht van de theoretisch mogelijke, de op grond van experimenten veelbelovende en de reeds beschikbare saneringsmethoden voor verontreinigde grond. Aan deze pilot-studie werd deelgenomen door de Bondsrepubliek Duitsland, Denemarken, Frankrijk, Canada, de Verenigde Staten, Nederland en Groot-Brittannië, welk laatstgenoemde land tevens de leiding van het project had. Het project viel uiteen in zeven deelprojecten, te weten (met tussen haakjes het land waarin het desbetreffende deelonderzoek wordt uitgevoerd): het lange-termijn-effect van de saneringsmaatregelen (West-Duitsland), de behandeling van verontreinigde bodems na afgraven of 'on site' (Nederland), 'in situ'-behandeling van verontreinigingen (Verenigde Staten), in-kapselingsmethoden (Groot-Brittannië en Canada), hydraulische maatregelen voor grondwaterzuivering (Canada), giftige en brandbare gassen (Verenigde Staten) en snelle 'on site'-bepalingsmethoden (Verenigde Staten). Een voorlopige, algemene conclusie van de pilot-studie 'on contaminated land' is, dat nog slechts weinige van de in de studie beschreven technieken in de praktijk hun bruikbaarheid hebben bewezen.

De Wereld Gezondheidsorganisatie (World Health Organization, WHO) ontplooit eveneens activiteiten met betrekking tot de verontreiniging van de bodem. Het regionaal kantoor voor Europa van de WHO organiseert eveneens

bijeenkomsten van deskundigen en geeft handleidingen uit. De Europese Gemeenschap ontplooit eveneens diverse activiteiten, en wel via het European Environmental Bureau (EEB) en door middel van fondsen voor onderzoekactiviteiten in de lidstaten. Binnen de EG is het milieubeleid ondergebracht in het Directoraat-Generaal voor Milieu, Consumentenaangelegenheden en Nucleaire veiligheid (DG-XII). Van belang in het kader van de bodemverontreiniging is de door de EG opgestelde drinkwaternorm (50 milligram ni-

TNO



# *Contaminated Soil*

*6.1. Embleem van de First International TNO Conference on Contaminated Soil, welke van 11-15 november 1985 te Utrecht werd gehouden.*

traat per liter drinkwater), die in Nederland in enkele landbouwgebieden ten gevolge van overbemesting dicht wordt benaderd of soms misschien zelfs al wordt overschreden.

Een belangrijke vorm van internationale samenwerking en overleg is ten slotte het bijeenbrengen van deskundigen op internationale congressen en symposia. In een aantal landen gebeurt wat dat betreft reeds zeer veel op nationale schaal; in Nederland is er bij wijze van spreken iedere week wel ergens een congres dat één of meer aspecten van bodemverontreiniging en/of -sanering tot onderwerp heeft, en ook in bijvoorbeeld de Verenigde Staten vinden veelvuldig conferenties over de bodemproblematiek plaats. Een eerste internationale bijeenkomst waarop alle aspecten van het desbetreffende onderwerp uitgebreid aan bod komen, is de 'First International TNO Conference on Contaminated Soil' (11-15 november 1985 te Utrecht).

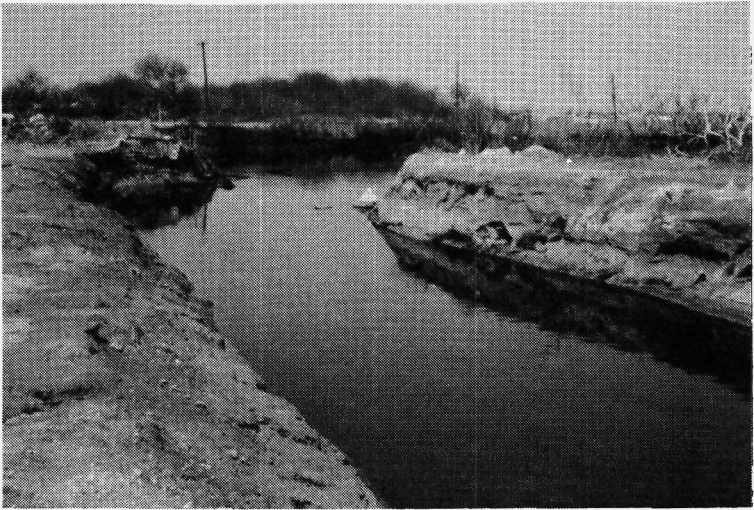
Voor buitenstaanders zijn de resultaten van internationale bijeenkomsten en samenwerkingsovereenkomsten misschien niet zo spectaculair; ze geven de deskundigen echter een goed beeld van de stand van zaken in andere landen ten opzichte van de situatie in hun eigen land. Voor de ontwikkeling van het onderzoek en van saneringsmogelijkheden zijn dergelijke activiteiten derhalve zeer nuttig. Bij zo'n internationale confrontatie wordt ook duidelijk dat de ontwikkelingen zich in de diverse landen in een verschillend stadium bevinden, en dat er soms vrij principiële verschillen in aanpak zijn: de juridische, financiële, sociale en technische (sanering) benadering verschilt van land tot land, en ook de normstelling en het preventieve beleid vertonen grote onderlinge verschillen. Tijdens zulke bijeenkomsten blijkt vaak overigens dat Nederland in veel opzichten een voorsprong heeft ten opzichte van andere landen wat betreft de stand van het opsporings- en saneringsonderzoek. Die voorsprong hebben we overigens goeddeels te danken aan het feit dat er een overhaaste aanpak, zonder consistente onderbouwing ten aanzien van normen of voor wat betreft de noodzaak tot saneren is geweest.

## 7. Bodembescherming (Preventie)

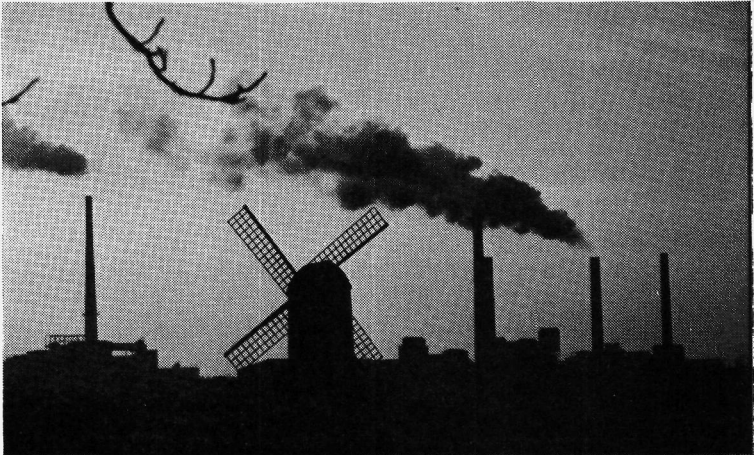
Wanneer men de berichten over bodemverontreiniging hoort en leest, dan krijgt men al snel de indruk dat zo ongeveer het gehele land uit vervuilde grond bestaat. Het kan iedereen overal en altijd overkomen, en de kans dat er met de grond onder jouw huis niets aan de hand is, is klein. Zo erg als het misschien wel lijkt, is de situatie echter bepaald niet: al met al is er misschien nog niet 1% van de Nederlandse bodem verontreinigd. Let wel: we hebben het dan uitsluitend over het percentage bodem dat is verontreinigd door de 'puntbronnen' zoals die in dit boek centraal staan; wordt ook het door allerlei menselijke activiteiten, waaronder de landbouw met zijn overbesteding, aangetaste areaal erbij betrokken, dan moet een veel en veel groter percentage van de Nederlandse bodem als verontreinigd worden gekwalificeerd.

En, hoewel die ene procent misschien op het totaal gezien niet zo veel is – het is toch altijd nog 1% te veel. Het is niet alleen zaak om die ene procent schoon te krijgen of te voorkomen dat de daar aanwezige verontreiniging zich verder verspreidt, maar ook om er voor te waken dat nog meer van onze bodem vervuild raakt.

Nu vindt een deel van die verontreiniging z'n oorsprong in de industriële bedrijvigheid, maar het stilleggen daarvan ten einde vervuiling (ook van de lucht en het water) tegen te gaan, is bepaald geen reëel alternatief. We moeten dus een zodanige werkwijze weten te bereiken dat de vele, op het milieu van invloed zijnde menselijke activiteiten enerzijds, en het schoonhouden van het milieu anderzijds tot hun recht komen. Dat hoeft niet per se te betekenen dat het milieu beslist onveranderd moet blijven: zo lang de mens op aarde voorkomt, heeft hij invloed op het milieu uitgeoefend, en iedere verandering hoeft niet per definitie een verslechtering te zijn; men denke aan het in hoofdstuk 1, par. 4.2. genoem-



*7.1. Door onkunde en/of onnadenkendheid is er in het verleden soms geproduceerd op een wijze die zeer schadelijk bleek te zijn voor het leefmilieu. De foto toont een situatie in het buitenland, waar de plantengroei geheel is verdwenen en het water nagenoeg dood is; het natuurlijke milieu is hier vrijwel geheel vernietigd.*



*7.2. Elke vorm van bedrijvigheid heeft invloed op het milieu – in het ene geval is die echter ingrijpender dan in een ander geval. Voortdurend zullen dan ook afwegingen moeten worden gemaakt omtrent wat nog wel en wat niet meer acceptabel is vanuit het oogpunt van milieubescherming.*



de zinkvioletje dat zijn voorkomen te danken heeft aan de zinkwinning in het voormalige Moresnet. (Dat neemt niet weg dat in veel gevallen de belasting van de bodem wel degelijk een apert negatieve invloed heeft, en dat ook het zinkvioletje misschien wel een indicatie van een verslechtering van het milieu is – we vinden het in dit concrete geval echter juist wel mooi.)

Behalve het in de voorgaande hoofdstukken beschreven saneren van verontreinigde grond speelt er dus nog een tweede streven dat van minstens zo groot belang is: het tegengaan van nieuwe verontreiniging (preventie), omdat anders sprake is van ‘dweilen met de kraan open’ en aldus het probleem van de bodemverontreiniging nooit opgelost raakt. We moeten het één doen (saneren) en het ander niet laten (preventie).

Er is een aantal mogelijkheden om, ondanks voortgang van de industriële produktie en andere vormen van menselijke bedrijvigheid, toch een verdere, onaanvaardbare aantasting van bodem, water en lucht tegen te gaan. In dit hoofdstuk wordt een indruk gegeven van manieren waarop zulks ten aanzien van de bodem kan worden gerealiseerd.

### **7.1. Afscherming**

De meest voor de hand liggende wijze om een verdere uitbreiding van een ergens aanwezige verontreiniging tegen te gaan, is de reeds in vorige hoofdstukken ter sprake gekomen afscherming van een vervuilingsbron van zijn omgeving. De hiervoor beschikbare technieken en methoden helpen uitbreiding van bestaande verontreinigingen te voorkomen, doch leveren uiteraard geen bijdrage aan het tegengaan van nieuwe verontreinigingsbronnen, zoals dat in dit hoofdstuk centraal staat. Volledigheidshalve dienen afschermingstechnieken in dit kader echter toch te worden genoemd.

## 7.2. Technische maatregelen

Op preventief gebied, dus om verdere (nieuwe) aantasting van de bodem door verontreiniging tegen te gaan, kunnen binnen de industriële productie bepaalde maatregelen worden getroffen. Die hebben als belangrijkste doelstelling het verminderen van de ter beschikking komende schadelijke afvalstoffen; immers, hoe minder afval dat moet worden opgeslagen of verwerkt, des te minder belasting voor het milieu en des te minder kans op bodemverontreiniging. Het voorgaande geldt ook, en in niet geringere mate, ten aanzien van de agrarische sector.

Men kan in dit kader aan twee verschillende wijzen van aanpak denken, die overigens ook in combinatie kunnen worden toegepast. Enerzijds kan het beschikbaar komen van afval worden tegengegaan door het toepassen van zogenoemde schone(re) technologie, anderzijds kan de hoeveelheid geproduceerd afval worden verminderd door middel van recycling oftewel hergebruik. Deze beide principes hebben overigens veel met elkaar te maken; hergebruik kan een onderdeel vormen van schone(re) technologieprocessen.

### 7.2.1. Schone(re) technologie

Onder 'schone(re) technologie' verstaat men zodanige productieprocessen dat er weinig of geen afval, van welke aard ook, wordt geproduceerd. Kenmerkend is vaak ook dat het productieproces weinig energie vraagt, terwijl het dikwijls ook mogelijk is een zuiniger gebruik van grondstoffen te maken. Anders gezegd: schone(re) technologie beoogt een zodanige technische toepassing van apparaten, processen en productie, dat met minimale emissies (uitstoot van afvalstoffen), een minimaal gebruik van energie en grondstoffen en een optimaal gebruik van bijprodukten en afvalstoffen op praktijkschaal wordt geproduceerd.

### 7.2.2. Hergebruik

Zoals gezegd, vormt hergebruik (recycling) vaak een onderdeel van het schone technologieproces. Men kan daarbij denken aan aspecten als het hergebruik van het in het proces gebruikte water, bijvoorbeeld koelwater of waswater dat na reiniging opnieuw als reinigingsvloeistof in het productieproces wordt gebruikt, restwarmte die in een ander deel van de produktieketen als energieleverancier dient, of vrijkomende bijprodukten die tot een ander eindprodukt worden verwerkt. Vrijkomende warmte en water kunnen bijvoorbeeld ook elders in het bedrijf, buiten de produktieketen waarin ze beschikbaar komen, worden ingezet.

Een andere vorm van hergebruik, van veel belang in het kader van de bodembeschermingsproblematiek, is het hergebruik van afval, zonder dat er sprake is van een directe koppeling met het productieproces. Kwik, een belangrijk bestanddeel van bepaalde soorten batterijen, kan bijvoorbeeld een zware belasting van het milieu vormen indien 'lege' batterijen worden weggegooid; inzameling van gebruikte batterijen, gevolgd door terugwinning van het kwik daaruit, is in dit geval de aangewezen oplossing. Hergebruik van het aldus teruggewonnen kwik zal de kwikbelasting van het milieu (met name van het oppervlaktewater) aanzienlijk terugdringen. In 1969 werd in de Verenigde Staten al 14% van het gebruikte kwik gerecycled, en dat percentage is zowel daar als in andere landen sindsdien nog toegenomen. Veel onderzoek is en wordt ook verricht naar het hergebruik van kunststoffen. De afbreekbaarheid van deze verbindingen is vaak slecht, en men is geneigd te denken dat ze daardoor een ernstige belasting van het milieu vormen. Maar onafbreekbaar kunststof is vooral een vorm van visuele vervuiling; kunststoffen die afbreekbaar zijn tot kleinere polymeren kunnen in die vormen veel schadelijker blijken te zijn. Onder meer het Kunststoffen en Rubber Instituut TNO houdt zich bezig met onderzoek dat moet leiden tot de productie van kunststoffen met een zodanige chemische structuur dat afbraak ervan tot kleine, onschade-



7.3. Experimentele huisvuilscheidingsinstallatie van TNO. Door het huisvuil in verschillende componenten te scheiden, kunnen bepaalde soorten afvalfen weer voor hergebruik (recycling) in aanmerking komen. Dit leidt tot een verkleining van de afvalstromen die in het milieu terecht komen. Een zeker zo belangrijk aspect is, dat het publiek zich ervan bewust wordt dat het meestal nutteloos geachte afval vaak nog heel waardevol is en mede via dergelijke installaties weer bruikbaar gemaakt kan worden.

lijke 'bouwstenen' onder bepaalde omstandigheden mogelijk is. Zulke verbindingen, die na gebruik gemakkelijk kunnen worden gescheiden tot of ontleed in hun 'basisstoffen', kunnen dan opnieuw voor de vervaardiging van kunststof worden gebruikt.

Voorbeelden van hergebruik vindt de Nederlander dicht bij huis: de inmiddels welbekende glasbak zorgt ervoor dat een

flink percentage van het gebruikte glas weer beschikbaar komt voor de fabricage van nieuw glas; het alternatief zou zijn geweest het storten op een vuilnisbelt en dus een extra milieu- (want: ruimte-) belasting. Het huishoudelijk afval kan nog verder worden gescheiden in verschillende fracties: naast glaswerk kunnen bijvoorbeeld papier, plastic en keukenafval (schillen) apart worden ingezameld en weer verwerkt. Het aanbrengen van een scheiding tussen de verschillende soorten huishoudelijk afval kan zowel aan de huishoudens worden overgelaten alsook in speciale huisvuilscheidingsinstallaties worden gerealiseerd. Onder andere de organisatie TNO houdt zich bezig met het ontwikkelen van apparatuur voor de scheiding van huishoudelijk afval. Grootste probleem blijkt daarbij niet de scheiding als zodanig te zijn (die is uiteindelijk goed geslaagd), doch wel het vinden van afzetmogelijkheden voor de diverse fracties . . . Het lijkt op het eerste gezicht misschien ietwat banaal om zo veel nadruk te leggen op de huisvuilscheiding en bewoners te vragen hun afval gescheiden aan de daar speciaal voor toegeruste reinigingsdienst aan te bieden terwijl diezelfde bewoners wellicht anderzijds met allerlei 'enge' stoffen als hexaan, cyanide of benzeen in de grond onder hun huizen worden geconfronteerd. De aanpak van het ene milieuprobleem hoeft echter die van een ander niet in de weg te staan. En de 'strijd' moet op alle fronten worden aangegaan.

### **7.3. Wetgeving**

Oplossingen op het gebied van schone technologie en hergebruik worden in Nedeland van harte ondersteund door de overheid. Vaak ook worden initiatieven in deze richting door het bedrijfsleven zelf ontplooid omdat de besparingen (op grondstoffen, energie, lozingsheffingen of afvalverwerkingskosten) evident zijn. Waar dergelijke maatregelen niet mogelijk of niet 'spontaan' te verwachten zijn, dient een adequate wetgeving ervoor te zorgen dat bescherming van het (bodem-) milieu zo goed mogelijk gewaarborgd is.

Een wettelijk kader ter bescherming van de bodem kan enerzijds een beleid aangeven ter sanering van verontreinigde gronden, en anderzijds waarborgen bieden voor een (betere) bescherming in de toekomst. Een voorbeeld daarvan vormt de eind 1984 ingevoerde interimwet die de uitbreiding van varkens- en pluimveebedrijven in bepaalde regio's aan banden legt met de bedoeling aldus de enorme overproductie aan dierlijk mest in te dammen. Veel van deze drijfmest wordt geloosd door hem op het (akkerbouw- en gras-)land

ROBERT SCHEERS



7.4. Bescherming van het grondwater is één van de belangrijkste aspecten van de bodembescherming.

uit te rijden, hetgeen tot overbemesting leidt en daardoor een ernstige aantasting van de grond (met name een flinke belasting met stikstof, fosfor en zware metalen) vormt.

Een groot aantal wetten heeft in meerdere of mindere mate, direct of indirect met de bescherming van het bodemmilieu van doen. De vanouds bestaande *Hinderwet* (die het zonder vergunning oprichten, in werking brengen en uitbreiden van bedrijven verbiedt) kan een beperking geven aan het veroorzaken van schade en/of hinder aan de omgeving. De *Wet op de Ruimtelijke Ordening* kan eveneens handvatten bieden voor het tegengaan van verontreinigende situaties. Van meer direct belang voor de preventie zijn respectievelijk de *Afvalstoffenwet* en de *Wet Chemische Afvalstoffen*, die betrekking hebben op de verwijdering van achtereenvolgens het 'gewone' en het chemische afval. Het storten van afval of het aan verwerkingsbedrijven afgeven van chemisch afval is nu alleen nog onder gecontroleerde omstandigheden mogelijk.

De Wet Bodembescherming is nog niet gereed, en daarom is momenteel de Interimwet Bodemsanering van kracht. Het verschil in benaming (bescherming versus sanering) geeft reeds aan waar het zwaartepunt in beide gevallen ligt. De Interimwet maakt het mogelijk saneringsoperaties uit te voeren, waarbij de nadruk vooral op grotere gevallen ligt; dat vormt voor de uitvoering van kleine saneringsoperaties wel eens een handicap, waar het vaak niet nodig is de hele reeks oriënterend onderzoek, nader onderzoek, saneringsonderzoek en sanering, te doorlopen. Bovendien biedt de Interimwet niet het kader om te komen tot een preventief beleid. Artikel 65 van de toekomstige Wet Bodembescherming voorziet in een jaarlijks door de minister van VROM op te stellen vijfjarig 'programma van maatregelen, gericht op de bescherming van de bodem'. Een voorloper daarvan, nu de wet in kwestie er nog niet is, wordt gevormd door het zogeheten 'Voorlopig Indicatief Meerjarenprogramma Bodem 1984-1988' (V-IMP) waarin het in de toekomst te voeren beleid wordt verwoord.

In het V-IMP wordt het doel van de bodembescherming als

volgt omschreven: 'het handhaven van een voor de verschillende potentiële functies van de bodem goede bodemkwaliteit. Deze doelstelling geldt vanzelfsprekend ook voor de kwaliteit van het grondwater als onderdeel van de bodem, conform de definitie van bodem in het wetsontwerp bodembescherming. Dit doel zal nagestreefd worden zowel door een kwaliteitsbenadering, in dit verband een stoffen-aanpak (het aangeven van kwaliteitsdoelstellingen, normen) als door de eerder genoemde doelgroepenbenadering'. Bij het V-IMP is een tweetal lijsten gevoegd, een 'zwarte lijst' die stoffen bevat waarvan het brengen op of in de bodem zo veel mogelijk moet worden voorkomen (organische halogeen-, fosfor- en tinverbindingen, stoffen met kankerverwekkende eigenschappen, minerale oliën en koolwaterstoffen, cyaniden en een aantal metalen en metaalverbindingen daarvan, te weten kwik, cadmium, lood, arsenicum, antimoon, tin, beryllium, uranium, thallium, tellurium en zilver), en in de tweede plaats een 'grijze lijst' die stoffen bevat die uitsluitend onder strikte voorwaarden op de bodem mogen worden gebracht (zink, koper, nikkel, chroom, selenium, molybdeen, borium, vanadium, kobalt, barium en titaan en hun verbindingen, biociden, stoffen met een schadelijke werking op smaak en/of geur van het grondwater of verbindingen die anderszins het grondwater ongeschikt voor menselijke consumptie kunnen maken, toxische of persistente organische siliciumverbindingen, anorganische fosforverbindingen, elementair fosfor, ammoniak, nitrieten en nitraten, chloriden, bromiden, fluoriden en sulfaten). Een aantal van de op deze beide lijsten voorkomende stoffen zal in het kader van het interimbeleid bodembescherming prioriteit krijgen.

#### **7.4. Mentaliteit**

Wettelijke maatregelen, hoe nuttig en belangrijk ook, zullen op zichzelf geen afdoende bescherming aan het bodemmilieu kunnen bieden. Een goede controle op de naleving ervan is uiteraard een eerste vereiste. Maar dan nog kan er



het nodige misgaan. Voor een effectieve bescherming van de bodem, en meer in het algemeen van het gehele leefmilieu, het totale ecosysteem, is méér nodig dan een wettelijk kader, de ontwikkeling van saneringstechnieken en wetenschappelijk onderzoek.

Wat er voor de toekomst misschien wel op de eerste plaats moet komen, dat is een mentaliteitsverandering. Het produceren van afval waarbij men ter wille van de winstmarges net binnen (of net buiten) het wettelijke kader blijft, zou moeten worden omgezet in een produktiewijze waarbij welbewust ernaar wordt gestreefd om zo weinig mogelijk afval te produceren en die tevens zo optimaal mogelijk te verwerken. Industriële bedrijvigheid zonder afvalproduktie is welhaast zeker een utopie, maar er kan ongetwijfeld nog heel wat gebeuren om méér in die richting te geraken. Daarbij dient te worden bedacht dat de geproduceerde afvalstroom

ROBERT SCHEERS



*7.5. Bodembescherming is niet alleen een zaak van bedrijfsleven en overheid, maar óók een mentaliteitskwestie, waaraan iedereen een bijdrage kan leveren. Ook dít is bodemverontreiniging!*

niet per se gelijk nul hoeft te worden, maar dat het criterium moet zijn dat het milieu het afval moet 'aankunnen'.

Er is overigens geen reden om alleen een beschuldigende danwel belerende vinger in de richting van de produktiesector te heffen: ook veel 'gewone' burgers kunnen in hun gedrag en huishouden nog heel wat ten goede verbeteren. Enkele voorbeelden zijn makkelijk te bedenken; luchtvervuiling? het nodeloos laten draaien van de automotor voor een geopende brug of bij de 'koude start' op winterochtenden, het stoken van daartoe ongeschikt afval in zogeheten 'allesbranders' of, op kleinere schaal, het roken; bodemverontreiniging? het niet in de prullebak maar op straat gooien van afval, het olie-verversen van de auto in de natuur, het met het huishoudelijk afval weggooien van oude medicijnen, batterijen, enzovoort. Enig zelfonderzoek voordat we bijvoorbeeld de industrie als uitsluitende boosdoener bestempelen, kan heel verhelderend zijn!

## Epiloog

Is bodemverontreiniging een onoplosbaar probleem? De voorgaande hoofdstukken hebben die indruk misschien zo af en toe wel gewekt. Een definitief antwoord op die vraag is echter op dit moment nog niet te geven – het wetenschappelijk onderzoek en de ontwikkeling van saneringstechnieken is immers nog in volle gang.

Als het daarbij tegen zit, dan zullen we een deel van de verontreinigingen die zich nu in ons milieu bevinden, kunnen verdunnen oftewel oplossen in water of lucht, verplaatsen, vastleggen op een plaats waar we er geen last van (denken te) hebben, of proberen ermee te leren leven. De trieste realiteit is dan, dat een totale verdwijning van de verontreinigende stoffen misschien niet in alle gevallen te realiseren is en in elk geval zeer veel tijd en geld zal gaan kosten.

Als het allemaal méé zit, dan moet weliswaar worden erkend dat een aantal schadelijke stoffen op dit moment nog niet uit het milieu kan worden verwijderd. Maar daaraan kan worden toegevoegd dat het niet onwaarschijnlijk is dat zulks in de toekomst zeker mogelijk zal worden – namelijk door deze stoffen om te zetten in verbindingen die voor het milieu niet schadelijk zijn of, beter nog, door ze middels een bewerking geschikt te maken om als nieuwe grondstoffen te worden gebruikt. Bovendien zullen preventieve maatregelen ter beperking van de verdergaande aantasting van de bodem en andere onderdelen van het milieu steeds belangrijker worden.

Hét knelpunt bij het ontwikkelen van saneringstechnieken is dan niet zozeer van technische, alswel van financiële aard: er moet bij overheid en bedrijfsleven de wil bestaan een daadwerkelijke bijdrage (met name financieel) te leveren aan het oplossen van het milieuprobleem. De onderzoekwereld zal

dan op termijn zeker wel in staat zijn tot de technische realisatie daarvan.

Is het dus nog enigzins de vraag in hoeverre het probleem van de bodemverontreiniging al dan niet oplosbaar zal blijken te zijn, duidelijk is in elk geval wèl dat ook nu al moet worden getracht om nieuwe verontreinigingen van het milieu zo gering mogelijk in aard en omvang te doen zijn. En waar op dit moment begrijpelijkerwijs de bodemsanering in het middelpunt van de belangstelling staat, zullen in de toekomst het beleid en de onderzoekinspanning veel meer op bodembescherming gericht (moeten) zijn.

# Appendix. Toetsingskader VROM.

(TOETSINGSKADER voor de beoordeling van de concentratieniveaus van diverse verontreinigingen in bodem en water.)

Indicatieve richtwaarden: A – referentiewaarde B – toetsingswaarde t.b.v. (nader) onderzoek C – toetsingswaarde t.b.v. sanering(-sonderzoek)						
Komponent/niveau	Voorkomen in:			grond- en oppervlaktewater		
	grond en slib (mg/kg droge stof)			grond- en oppervlaktewater (microgram/liter)		
	A	B	C	A	B	C
<b>Metalen</b>						
chrom (Cr)	100	250	800	20	50	200
cobalt (Co)	20	50	300	20	50	200
nikkel (Ni)	50	100	500	20	50	200
koper (Cu)	50	100	500	20	50	200
zink (Zn)	200	500	3 000	50	200	800
arsen (As)	20	30	50	10	30	100
molybdeen (Mo)	10	40	200	5	20	100
cadmium (Cd)	1	5	20	1	2,5	10
tin (Sn)	20	50	300	10	30	150
barium (Ba)	200	400	2 000	50	100	500
kwik (Hg)	0,5	2	10	0,2	0,5	2
lood (Pb)	50	150	600	20	50	200
<b>Anorganische verontr.</b>						
ammoniak (NH <sub>4</sub> ) (als N)	–	–	–	200	1 000	3 000
fluor (F) (totaal)	200	400	2 000	300	1 200	4 000
cyanide (CN) (als vrij ion)	1	10	100	5	30	100
cyanide (CN) (totaal complex)	5	50	500	10	50	200
zwavel (S) (totaal sulfiden)	2	20	200	10	100	300
strontium (Sr) (totaal)	20	50	300	100	500	2 000
fosfaat (PO <sub>4</sub> ) (als P)	–	–	–	50	200	700
<b>Aromatische verbindingen</b>						
benzeen	0,01	0,5	5	0,2	1	5
ethylbenzeen	0,05	5	50	0,5	20	60
tolueen	0,05	3	30	0,5	15	50
xylenen	0,05	5	50	0,5	20	60
fencelen	0,02	1	10	0,5	15	50
aromaten (totaal)	0,1	7	70	1	30	100
<b>polycyclische koolwaterstoffen</b>						
naftaleen	0,1	5	50	0,2	7	30
anthraceen	0,1	10	100	0,1	2	10
fenanthreen	0,1	10	100	0,1	2	10
fluoranthreen	0,1	10	100	0,02	1	5
pyraen	0,1	10	100	0,02	1	5
benzo(a)pyraen	0,05	1	10	0,01	0,2	1
PAK's (totaal)	1	20	200	0,2	10	40

Indicatieve richtwaarden: A – referentiewaarde

B – toetsingswaarde t.b.v. (nader) onderzoek

C – toetsingswaarde t.b.v. sanering(-sonderzoek)

Komponent/niveau	Voorkomen in:			grond- en oppervlaktewater		
	grond en slib (mg/kg droge stof)			(microgram/liter)		
	A	B	C	A	B	C
<b>gechloroerde koolwaterstoffen</b>						
alifatische chloor-kwst(indiv.)	0,1	5	50	1	10	50
alifatische chloor-kwst(totaal)	0,1	7	70	1	15	70
chloorbenzenen (indiv.)	0,05	1	10	0,02	0,5	2
chloorbenzenen (totaal)	0,05	2	20	0,02	1	5
chloorfenolen (indiv.)	0,01	0,5	3	0,01	0,3	1,5
chloorfenolen (totaal)	0,01	1	10	0,01	0,5	2
chloorpck's (totaal)	0,05	1	10	0,01	0,2	1
PCB's (totaal)	0,05	1	10	0,01	0,2	1
ED C1 (totaal)	0,1	8	80	1	15	70
<b>bestrijdingsmiddelen</b>						
org. chloor- (indiv.)	0,1	0,5	5	0,05	0,2	1
org. chloor- (totaal)	0,1	1	10	0,1	0,5	2
pesticiden (totaal)	0,1	2	20	0,1	1	5
<b>overige verontreinigingen</b>						
tetrahydrofuran	0,1	4	40	0,5	20	60
pyridine	0,1	2	20	0,5	10	30
tetrahydrothiofeen	0,1	5	50	0,5	20	60
cyclohexanon	0,1	6	60	0,5	15	50
styreen	0,1	5	50	0,5	20	60
benzine	20	100	800	10	40	150
minerale olie	100	1 000	5 000	20	200	600