



IBS 4

# Theoriebundel

## Onderzoekstechnieken Onderdeel Bodem

Onderzoeker Natuur & Milieu  
Milieu-inspecteur

auteur: Piet de Jongh  
versie: juli 2017

## **Inhoud**

Hoofdstuk 1: Bemonstering van grond en grondwater BRL 2001 en BRL 2002

Hoofdstuk 2: Grond- en sediment(bagger)bemonstering

Hoofdstuk 3: Verkennend en Nulsituatie onderzoek NEN 5740

Hoofdstuk 4: Bodemchemie

Hoofdstuk 5: Toxicologie

Hoofdstuk 6: Asbestonderzoek

### **Lesmaterialen onderdeel 'Bodem':**

NEN 5725 en NEN5740 (krijg je via email van de vakdocent)

BRL 1001, 2001, 2002, 2003 en 2018 (te downloaden via [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl))

# Hoofdstuk 1 Bemonstering van grond en grondwater

## 1.1 Inleiding

Vakkundig uitgevoerde bemonstering van grond en grondwater staat aan de basis van goed bodemonderzoek. Milieutechnische veldwerkzaamheden mogen dan ook alleen worden uitgevoerd door bureaus of aannemers die daarvoor zijn gecertificeerd.

Typerend voor het onderzoek naar bodemverontreiniging is dat we geïnteresseerd zijn in lage concentraties van stoffen die in het bodemmilieu veranderen. Het is alsof je vist in troebel water: je weet dat er vissen kunnen zijn, maar je ziet ze niet. Je moet nog uitzoeken in welk aas ze bijten en waar je je dobber uitgooit.

Net als vissen is bemonstering ten behoeve van bodemonderzoek een ambacht. Een goed ambachtsman herken je aan zijn kennis van het materiaal (de bodem), zijn gereedschap (de booruitrusting) en de manier waarop hij met zijn gereedschap omgaat. Maar in dit vak komt daar iets bij.

Een milieu technisch vakman zal zeker het belang van de zorg voor de veiligheid inzien. In dit hoofdstuk worden eerst de meest voorkomende en gebruikte gereedschappen behandeld. Daarna gaan we in op het 'vakmanschap': mogelijke foutenbronnen als contaminatie, soorten informatie die nodig zijn en zaken met betrekking tot de veiligheid en milieuzorg.

Besef wel dat voorafgaand aan het boren en bemonsteren normen bestudeerd moeten worden. Voor iedereen die te maken heeft met het veldwerk, zijn de volgende protocollen belangrijk:

- **BRL-PROTOCOL 2001**, plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen.
- **BRL-PROTOCOL 2002**, het nemen van grondwatermonsters

Deze protocollen kunnen bij SIKB worden verkregen (zie [www.sikb.nl](http://www.sikb.nl)).

In Nederland, met zijn voor een rivierdelta typerende bodemopbouw, maakt men gebruik van verfijnde onderzoekstechnieken. Op deze technieken richt dit hoofdstuk zich. Het uitvoeren van een boring in het kader van milieukundig bodemonderzoek kan vier doelstellingen hebben:

1. *Het beschrijven van de bodemopbouw (grondsoort/lagen, doorlatendheid, kleur, geur, etc.);*
2. *Het beschrijven van visueel waarneembare verontreinigingskenmerken;*
3. *Het nemen van een of meer grondmonsters t.b.v. fysisch en/ of chemisch onderzoek;*
4. *Het plaatsen van een peilbuis ten behoeve van het nemen van een grondwatermonster en/ of meten van de grondwaterstand .*

### Vragen 1.1

1. Kun je een drietal voorbeelden geven van situaties waarbij een bodemonderzoek verplicht is?

### 1.2 Boorsystemen

Voor ons type werk onderscheiden we twee soorten boorsystemen.

1. Handboor gereedschap, voor gebruik in een stevige bodem waar het boorgat zonder hulpmiddelen open blijft:
  - Edelmanboor, met verschillende variaties voor de diverse grondsoorten
  - Guts

- Ramguts
- Zuigerboor
- 2. Pulsboor gereedschap voor gebruik in een zandige bodem onder de grondwaterstand:
  - Handpuls
  - Lichte pulsstelling
  - Mechanische pulsinstallatie



Figuur 1.1 Ons gereedschap

### **Achtergrondinformatie bij boorsystemen**

#### Edelmanboren

Edelmanboren zijn geschikt voor cohesieve grond (klei, leem, veen) boven en beneden de waterspiegel en voor niet-cohesieve grond (zand) boven de waterspiegel. De boorkernen zijn weinig geroerd en hebben een relatief grote inhoud.



Edelmanboor

#### Riversideboren

De riversideboren zijn bestemd voor het boren in grind/sintelhoudend, weinig cohesief materiaal boven de waterspiegel.



Riversideboor

### Gutsen

De gewoonlijk gebruikte gutsen zijn vooral bruikbaar in slappe grond (klei, veen) en leveren een duidelijk beeld op van het bodemprofiel. Er kunnen goede monsters worden genomen met het rechte (niet tapse) type, mits het boorsel wordt ontdaan van hoger uit het profiel afkomstig materiaal. De ramguts wordt gebruikt voor vast, stenig en sintelhoudend materiaal dat anders in handkracht niet doorbaarbaar is.

### Pulsboor gereedschap

Alle soorten (hand)pulsen hebben gemeen dat ze het bodemprofiel sterk verstoren. Ze worden alleen bruikbaar geacht in zandige profielen beneden de grondwaterspiegel ter bepaling van de globale korrelgrootte, kleur e.d. Kleine gelaagdheden worden tenietgedaan; klei- en veenlensjes zijn nauwelijks herkenbaar. Het gebruik van werkwater moet zoveel mogelijk worden beperkt.



Pulsboren

### Zuigerboor

De roestvrij metalen zuigerboor levert een reëel beeld van zandige profielgedeelten beneden de grondwaterspiegel op. Er kunnen monsters van goede kwaliteit mee worden genomen. De zandpomp is soms tevens bruikbaar in slappe specie.

### **Sonderen**

Daarnaast wordt ook wel gebruik gemaakt van sondeerboringen. Daarbij drukt men, vanuit een sondeerwagen, mechanisch en met constante snelheid een buis de grond in. Je kunt de benodigde hydraulische druk aflezen die noodzakelijk is om de verschillende bodemlagen te penetreren. Deze druk zegt iets over de draagkracht en 'kleef' van een grondsoort. Op basis daarvan weet je of het klei of veen (lage druk) of zand (hoge druk) is. Ook kun je aan de punt

van de buis enkele metingen doen bijvoorbeeld geleidbaarheid. Het sonderen wordt vaak gebruikt voorafgaand aan bouwprojecten met als doel na te gaan of, en zo ja op welke diepte, een voldoende dikke zandlaag aanwezig is. Op basis hiervan bepaalt men welke en hoe diep men de heipalen moet slaan. Bij sommige sondeersystemen kan men via een 'uitdraaibare buispunt' grond- en/ of grondwatermonsters nemen en zelfs peilbuizen plaatsen. Ook zijn sondeermethoden ontwikkeld waarbij continue metingen worden gedaan aan verontreiniging in de bodem. Daarmee stelt de onderzoeker van een gelaagd opgebouwde verontreiniging exact het concentratieverloop naar de diepte vast. Dit is vooral van belang bij het opsporen van pluimen in grondwater en zak- en drijfslagen.

Dit maakt de sondeertechniek dan ook bruikbaar voor milieukundig bodemonderzoek. Wel is er extra aandacht nodig voor het goed dicht maken van de gaten. Zoals we al eerder zeiden: de verontreiniging mag zich daardoor natuurlijk niet verspreiden.

### **Vragen 1.2**

1. Leg uit dat je beter een profielbeschrijving kunt maken met een zuigerboor dan met een pulsboor.

2. Waarom is een guts beter geschikt voor een profielbeschrijving dan voor het nemen van een bodemonster?

### **1.3 Monsternemingstoestellen voor grondwater**

Om grondwater te kunnen bemonsteren moet je beschikken over:

- een peilbuis (met voldoende grondwater);
- een monsternemingstoestel (inclusief het slangenmateriaal);
- een filtratietoestel.

#### ***De peilbuis***

Een peilbuis is een buis waarvan de onderzijde is geperforeerd. De lengte van het geperforeerde deel is meestal 1 of 2 meter. Als je de peilbuis in een boorgat plaatst, zodat het geperforeerde deel in het grondwater staat, zal het grondwater in de buis terecht komen. Dit grondwater is daardoor met een monsternaming-slangetje bereikbaar en kan bemonsterd worden. Ook het plaatsen van de peilbuis is omschreven in de BRL2001.

Peilbuizen zijn in meerdere diameters verkrijgbaar. De peilbuis is gemaakt van PVC (poly Vinyl Chloride). Nadat bekend werd dat dit PVC-materiaal onder bepaalde omstandigheden (bv. zuur water) lood en zink kan afgeven, is gezocht naar een alternatief. Daarom is momenteel ook PE en HDPE (High Density Poly Ethyleen) beschikbaar. Deze materialen geven minder beïnvloeding van het te onderzoeken water maar zijn duurder. Al deze materialen zijn minder geschikt wanneer onderzoek moet worden gedaan naar hoge concentraties oplosmiddelen (vluchtige aromatische koolwaterstoffen of vluchtige gechlorideerde koolwaterstoffen). Er is dan een risico dat het peilbuismateriaal verweekt (dit geldt vooral voor PVC) of dat de verontreiniging door het peilbuismateriaal dringt (dit geldt vooral bij HDPE). In dat geval wordt bij uitzondering een stalen peilbuis gebruikt. Ook zijn er peilbuizen beschikbaar van HDPE waarin een diffusiedichte folie is aangebracht.

#### ***Grondwatermonsternemingstoestellen***

Pompen waarmee wij werken zijn te verdelen in twee categorieën.

##### **1. Zuigpompen**

- slangenpomp
- vacuümpomp

Slangenpomp en vacuümpompen creëren een onderdruk en kunnen met die onderdruk, van maximaal 1 atmosfeer, theoretisch water van een diepte van maximaal 10 meter omhoog pompen. In de praktijk is een meter of zeven wel het maximum. De slangenpompen worden het meest gebruikt en gaan bij regulier onderzoek tot een grondwaterstand van 5 meter beneden maaiveld. Door hogere onderdruk wordt het water 'ontgast', ofwel de vluchtige componenten vervluchtigen sneller.

Dit maakt het systeem minder geschikt voor bemonstering van grondwater dieper dan 5 meter ten behoeve van een analyse op vluchtige verbindingen.

## 2. Pulsslang (kogelkleppompje)

- De puls slang is erg geschikt voor de monsterneming van grondwater, ook bij een grondwaterstand van meer dan 7 meter. Wel kan de turbulentie die door het gebruik van deze methode veroorzaakt wordt, de representativiteit van het grondwater beïnvloeden.

### *Filtratieapparatuur*

Een net genomen grondwatermonster is vaak troebel. In zo'n grondwatermonster zitten natuurlijk de opgeloste stoffen waarvan we de concentratie willen weten. Maar er zitten ook stoffen in die gebonden zijn aan de kleine deeltjes als kleideeltjes, colloïden of macromoleculen. Het is gebleken dat als een dergelijk grondwatermonster met zuurstof of het voorgeschreven conserveringsmiddel in aanraking komt, een aantal van die stoffen, waaronder zware metalen, vrijkomen van - of juist neerslaan op deze kleine deeltjes. Als het monster in het laboratorium aankomt en geanalyseerd wordt, is het dus niet meer representatief voor het grondwater. Een grondwatermonster moet dus voorafgaand aan het analyseren van stoffen die zich binden of juist loskomen van de opgeloste deeltjes (met name zware metalen), worden gefiltreerd. Dit gebeurt bij het bemonsteren door meteen na de pomp en dus 'inlijn' een filter te plaatsen. In het filtertoestel wordt het grondwater over een papieren of teflon (wegwerp)filter geleid waardoor alle deeltjes die groter zijn dan  $0,45\ \mu\text{m}$  worden opgevangen. Daarna loopt het water in de monsterfles. Op deze wijze wordt het grondwater tijdens de filtratie bijna niet belucht (vervluchtiging).

Grondwatermonsters die geanalyseerd worden op organische verontreinigingen worden niet in het veld gefiltreerd, hoewel de discussies 'erover nog steeds gaande zijn.



Figuur 1.2 Filtratie van grondwater

## **Grondwatermonsters**

Omdat bleek dat in de tijd tussen de monstername en de analyse van een grondwatermonster veel processen plaatsvinden die zorgen dat het monster niet meer representatief is voor het grondwater, zijn er, naast het filtreren in het veld, richtlijnen opgesteld betreffende conservering, de verpakking en de maximale tijd die mag verstrijken tussen de monstername en de analyse. Daarnaast heeft elke analyse een bepaalde hoeveelheid monstermateriaal nodig. Bij een routinematig uitgevoerde bemonstering zullen een aantal hulpmiddelen een rol spelen.

### **Vragen 1.3**

1. Wat is het probleem met kunststof peilbuizen?
2. Wat is het principe waarop een slangenpomp werkt?
3. Waarom is het nodig dat we een grondwatermonster filtreren?
4. Waarom wordt bij monstername voor sommige stoffen vermeld dat je zonlicht moet vermijden
5. Wat is de functie van het filtergrind om de peilbuis heen?

### **1.4 Hulpmiddelen bij de bemonstering**

Bij een routinematige bemonstering zullen een aantal hulpmiddelen een rol spelen.

#### *De visuele waarnemingen*

Vroeger sprak men hier over 'organoleptische' of 'zintuiglijke' waarnemingen. Maar als je tijdens de veldwerkzaamheden verontreiniging ruikt, betekent dat dat je stoffen binnen krijgt. Dat kan behoorlijk gevaarlijk zijn.

Ruiken aan verontreinigde grond mag dus niet meer en daarom zeggen we nu 'visuele waarnemingen'.

De visuele waarnemingen zijn bij de bemonstering erg belangrijk. Als je de natuurlijke bodemopbouw kent, kun je vrij snel zien wanneer een bodem verstoord is door bijvoorbeeld graafwerkzaamheden of in het verleden aangebrachte ophooglagen. In oude steden kun je vaak nog goed de opgebrachte lagen herkennen (antropogene laag). Deze lagen zijn veelal min of meer verontreinigd met zware metalen en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK). Soms is de grens met het oude maaiveld nog te zien. Ook het reliëf in het landschap (oude waterlopen), begroeiing, het grondwaterniveau, bebouwing, aanwezige riolen, etc. kunnen hulpmiddelen zijn bij het inschatten van de situatie en het bepalen van de beste plaats om een monster te nemen.

Bedenk wel dat mensen kleuren en geuren subjectief waarnemen. Kleurwaarnemingen worden daarom geïjkt met een kleurkaart, de zogenaamde Munsell soil color charts. Een hulpmiddel waarmee je op een veilige en eenvoudige wijze olieachtige verontreinigingen indicatief kunt vaststellen is de oliepan. Het principe daarvan is dat je een kleine hoeveelheid opgeboorde grond in contact brengt met water. Als de grond een olieachtige stof bevat vormt deze een film op het water. De mate waarin dat gebeurt is een indicatie voor de sterkte van de verontreiniging. Ervaren veldmedewerkers kunnen aan de hand van de kleur van de film vaststellen om welk type verontreiniging het gaat. Zij kunnen onderscheid maken tussen bijvoorbeeld motorolie, diesel, benzine of carbolineum.

#### *Bodemluchtmetingen*

Verontreinigingen die gemakkelijk vervluchtigen (o.a. oplosmiddelen, lichtere oliecomponenten) zullen bij een boring in de luchtfase te traceren zijn. Maar er kan alleen in



het boorgat of in het monsterpotje worden gemeten. In de buitenlucht zullen de stoffen direct worden verdund. Er zijn verschillende meetsystemen:

- Incidentele detectie met gasdetectiebuisjes. Deze zijn gebaseerd op kleurreacties van de te verwachten verontreinigingen met specifieke chemicaliën in het buisje. De detectiebuisjes zijn ontwikkeld voor veiligheidscontroles in de industrie. Maar daar is exact bekend welke gassen men gebruikt. Bij bodemverontreiniging zijn er vaak diverse verontreinigingen in verschillende concentraties. Daarom is het gebruik tijdrovend en de interpretatie lastig. Gasdetectiebuisjes zijn zinvol voor incidenteel gebruik in situaties waar de situatie redelijk overzichtelijk is, bv. onderzoek naar een lekkende ondergrondse tank. Deze methode wordt steeds meer vervangen door andere en meer nauwkeurige elektronische methoden;
- Continu detectie op brandbare gassen. Er zijn verschillende apparaten op de markt die verschillende gassen detecteren. De explosiemeter is hier een voorbeeld van. Wanneer exact bekend is wat de verontreiniging is, kan deze apparatuur ook wel worden gebruikt bij het afperken van de verontreiniging. Bij saneringen worden ze ook gebruikt om te controleren of er bij ontgravingen geen explosieve mengsels voorkomen. Bij boringen komt deze situatie echter nauwelijks voor;
- Continu detectie op specifieke gassen. Als we weten welke gassen er vrij kunnen komen en, ten behoeve van bijvoorbeeld de veiligheid, het noodzakelijk is te weten of ze vrij komen, kan meetapparatuur worden gebruikt die continu die specifieke gassen meten. Vaak wordt dan met een geluidssignaal kenbaar gemaakt dat de gassen vrijkomen. Op dat moment kan dan worden besloten of wordt doorgewerkt en zo ja met welke veiligheidsmiddelen.
- Het is ook mogelijk om direct bodemlucht te bemonsteren via een in de grond te drukken sonde en ter plaatse te analyseren. Ook kan in het veld een 'headspace-analyse' worden uitgevoerd. Hierbij wordt de lucht boven een watermonster in een flesje afgezogen en direct geanalyseerd.

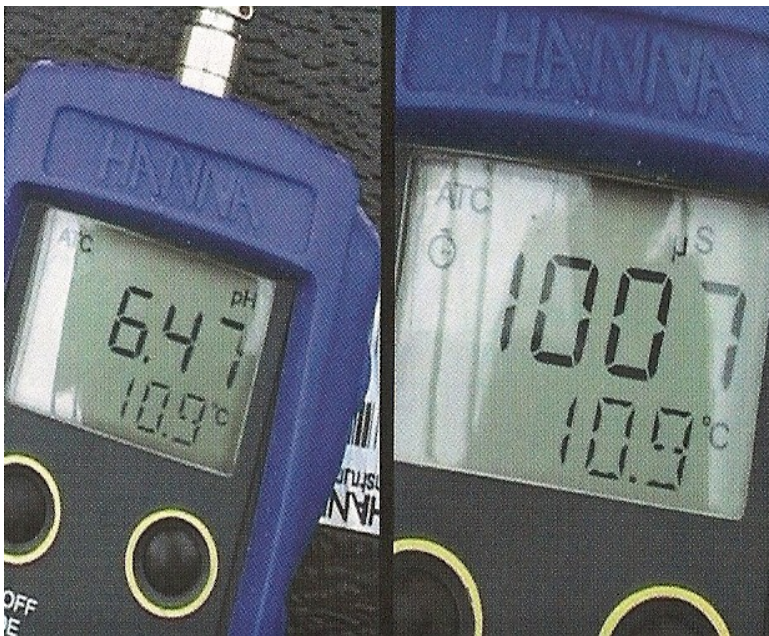
### **pH en EC**

Bij elke grondwatermonsternamen worden de zuurgraad (pH), de geleidbaarheid (EC) en de temperatuur gemeten. Dit zijn indicatieve metingen die iets zeggen over de omstandigheden in de bodem. Daarnaast kunnen de resultaten een indicatie zijn voor bepaalde verontreinigingen. De resultaten moeten altijd worden vergeleken met waarden die in de omgeving van de onderzoekslocatie zijn gemeten. Als de waarden in een peilbuis sterk afwijken van waarden uit de omgeving, is dan aanleiding om extra op de hoede te zijn. En als er in het laboratorium in een grondwatermonster geen verontreiniging is gevonden terwijl de EC en pH wel afwijkend zijn ten opzichte van 'in de omgeving gemeten waarden', kan dat aanleiding zijn om te onderzoeken of het analysepakket wel volledig was en er niets is 'gemist'.

De pH-waarde zegt iets over de zuurgraad. Een pH van 7 is neutraal, een pH van bijvoorbeeld 2 is zeer zuur (vergelijkbaar met de inhoud van de maag) en een pH van bijvoorbeeld 12 is erg basisch (zepig). Van nature kan grondwater in enige omstandigheden soms erg zuur zijn (pH 4-5). Over het algemeen zal de pH van grondwater redelijk neutraal zijn (6,5-7).

De EC (Electrical Conductivity) is de mate waarin het grondwater in staat is een elektrische stroom te geleiden. Deze mate van geleiding wordt uitgedrukt in micro-Siemens per centimeter ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Een EC-meter is dus eigenlijk niets anders dan een meter die de mate van stroomgeleiding bepaald van 1 centimeter water. Voor het geleiden van stroom zijn ionen in de oplossing noodzakelijk. Goed gedemineraliseerd water bevat geen ionen in oplossing en heeft dan ook een EC van  $\mu\text{S} / \text{cm}$ . Nederlands kraanwater kan een geleidbaarheid hebben van 450 tot 650  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Zeewater is zout en heeft dus veel ionen in de oplossing. De EC van zeewater kan dan ook rond de 30.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  liggen.

Grondwater kan van nature een plaatselijk sterk wisselende en ook hoge geleidbaarheid hebben. Veel voorkomende waarden zijn 3000 tot 4000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , maar in 'brak grondwater' (=zout) kunnen natuurlijk veel hogere waarden worden gemeten. Nog steeds een natuurlijke oorzaak omdat het van nature zo kan variëren, vergelijken we bij het interpreteren de waarden altijd met resultaten uit de omgeving. Dan pas kan je iets zeggen over de mogelijk beïnvloeding door een mogelijke verontreiniging.



Figuur 1.3 pH en EC meter

Ook bij het plaatsen van een peilbuis zijn de EC en pH metingen belangrijk. Vlak na het plaatsen moet de peilbuis zo lang te worden schoongespoeld dat een contante zuurgraad en geleidbaarheid wordt gemeten. Hiervoor kan een 'doorstroomcel' worden gebruikt. Zo'n doorstroomcel is een afgesloten potje waar het water na de pomp meteen doorstroomt. Daarin is de meetapparatuur geplaatst. Door deze opstelling wordt de invloed van lucht(zuurstof) uitgesloten.

#### Vragen 1.4

- 1.Hoe werkt een oliedetectiepan, wat is het principe?
- 2.Waarom is het meestal niet zinvol om met een gasdetectiebuisje gassen in een peilbuis te meten?
- 3.De pH en EC metingen zijn alleen relatief ten opzichte van de omgeving te beoordelen. Wat bedoelen we hiermee?
- 4.Hoe kunnen de pH en EC meting een hulpmiddel zijn bij het afpompen van een peilbuis?

## 1.5 Het Vakmanschap

### *Het juiste monster*

Het zal duidelijk zijn dat het uitvoeren van milieutechnisch veldwerk het nodige vakmanschap vereist. Er zijn natuurlijk normen en richtlijnen, maar het nemen van de juiste beslissingen op het goede moment vraagt ervaring en kennis. Kennis van bodem, geohydrologie (waar stroomt het grondwater naar toe: waar kan ik verspreiding verwachten), typen en gedrag van verontreinigingen, toxiciteit, veiligheidsaspecten etc. Een genomen grond- of grondwatermonster wordt representatief geacht voor een groter deel van de onderzoekslocatie. Eén klein foutje tijdens de monstername kan verstrekende (financiële) gevolgen hebben.



1.5 Monsters koel en donker bewaren

### *De bij het monster behorende informatie*

Als dan het goede monster in het goede potje zit, blijkt dit monster toch nog waardeloos als de juiste informatie ontbreekt. Mede op basis van de door de milieutechnisch medewerker beschreven bodemopbouw en waarnemingen tijdens het veldwerk, zal de projectleider monsters selecteren en het analyseprogramma vaststellen. Een zeer goede registratie van waarnemingen en monstergegevens is onontbeerlijk. Tegelijk met de plaats van de boring en de bodemopbouw moeten in het veld de monsternamediepten worden genoteerd of in de veldcomputer ingevoerd. Ook wordt per dag genoteerd welke personen gewerkt hebben en met welke auto de monsters vervoerd zijn. Op de monsters zelf moeten gegevens aanwezig zijn betreffende de locatie (plaats, adres, code, opdrachtgever), de datum van monstername, de boringcode, de monsternamediepte en wie de monsters genomen heeft. Tegenwoordig worden de monsters in het veld veelal al voorzien van een sticker met streepjescode. De gegevens zijn dan direct in de computer voorhanden.

Al deze gegevens staan aan de basis van een goed milieukundig bodemonderzoek. Soms kan het ook nodig zijn om op basis van al deze gegevens een reconstructie uit te voeren omdat de resultaten die zijn gevonden niet stroken met een bepaalde verwachting. Als de gegevens volledig zijn, kan in zo'n geval uitgesloten worden dat er bijvoorbeeld sprake is van een verwisseling van monsters. En vergis je niet, dat gebeurt nog steeds!

### *De zorg voor veiligheid*

Veiligheid gaat voor alles. Kenmerkend voor een goede milieutechnicus is de kennis van - en de bereidheid tot het gebruiken van veiligheidsmiddelen. Het op een warme dag werken met ontbloot bovenlichaam, zoals vaker te zien bij grondwerkers, is natuurlijk uit den boze! Bij milieukundig bodemonderzoek dient altijd met een basisveiligheidspakket te worden gewerkt: een katoenen overall, handschoenen en veiligheidsschoeisel.



1.6 Draag altijd handschoenen

Op basis van de verwachte verontreiniging of waarnemingen in het veld moet dit direct uit te breiden zijn met aanvullende veiligheidsmiddelen: een chemisch resistente overall (wegwerp overall), veiligheidsbril, aangepast type veiligheidslaarzen en handschoenen (overall altijd dragen over de laarzen en handschoenen!), helm en/ of adembescherming. De typen laarzen, handschoenen en adembeschermingsapparatuur moeten verantwoord gekozen kunnen worden op basis van (lucht)meetgegevens of kennis betreffende de aanwezige verontreiniging. Er moeten dus altijd meet- en detectieapparaten aanwezig zijn. Een zeer basale veiligheidsmaatregel is het altijd met twee of meer personen uitvoeren van veldwerk. Dus nooit alleen! Ook hoort er standaard een draagbare telefoon met de daarbij horende alarmnummers aanwezig te zijn.

Het is belangrijk te beseffen dat je bij milieukundig bodemonderzoek met chemische verbindingen in aanraking kan komen die, hoewel soms niet of nauwelijks waarneembaar, zeer gevaarlijk kunnen zijn. Deze stoffen kunnen acute effecten hebben (braken, misselijk, onwel worden) maar ook pas op zeer lange termijn effecten vertonen (carcinogeen, teratogeen, mutageen).

#### *De zorg voor het milieu*

Het mag natuurlijk niet zo zijn dat door het uitvoeren van een milieukundig bodemonderzoek het milieu nadelig wordt beïnvloed. Als, als gevolg van het op meerdere plaatsen doorboren van een slecht doorlatende laag, verontreiniging zich in de diepte kan verspreiden is er iets mis met de kwaliteit van het uitgevoerde onderzoek. Slecht doorlaatbare lagen moeten bij het vullen van het boorgat (ook als er geen peilbuis is geplaatst) worden hersteld met zwellklei. Uit het boorgat afkomstige grond mag niet over de locatie worden verspreid maar dient laagsgewijs terug in het boorgat worden gestopt. Als de opgeboorde grond waarneembaar verontreinigd is, moeten de veldwerkers deze zelfs meenemen. 'Op de zaak' moet men daar dus een verzamelcontainer voor hebben. Ook, ten behoeve van het schoonpompen van een peilbuis, opgepompt verontreinigd grondwater mag men niet zomaar laten weglopen.

#### *Mogelijke beïnvloeding van het monster*

Het is al aan de orde gekomen: er zijn veel handelingen noodzakelijk om te zorgen dat de grond- of grondwatermonsters representatief blijven voor hun bron. Er vinden allerlei processen in de monsters plaats die er niet in plaats zouden vinden als het monster op zijn oorspronkelijke plaats was gebleven. Zuurstof, lucht en zonlicht gaan als tijdens en direct na de monsternamen een belangrijke rol spelen. Hoewel nog niet helemaal doorgrond, kunnen veel van deze processen door allerlei conserveringstechnieken en richtlijnen betreffende de verpakkingen en het vervoer worden tegengegaan of geremd.



Figuur 1.7 Werk snel en doordacht

Maar er zijn meer oorzaken van beïnvloeding, bijvoorbeeld: 'contaminatie'. Contaminatie ofwel het onbedoeld vermengen/verspreiden, kan op veel manieren plaatsvinden. Als met een grondboor eerst in verontreinigde grond is geboord en er daarna schone grond mee wordt bemonsterd, is er grote kans op contaminatie. Als in een boring een verontreinigde laag aanwezig is op een diepte van 1 tot 2 meter beneden maaiveld, is er grote kans dat alle grond die van een grotere diepte gehaald wordt, langs deze laag gevoerd wordt: contaminatie. Als een aantal peilbuizen met dezelfde slang wordt schoongespoeld: grote kans op contaminatie. Ook ter voorkoming van deze grote foutenbron is het belangrijk dat conform de geldende richtlijnen wordt gewerkt.

### Vragen 1.5

1. Geef een drietal mogelijkheden waarom een monster niet geaccepteerd hoort te worden.
2. Geef aan waarom snel doorwerken ook een voorwaarde voor goede monsternamen is.

### 1.6 Tot slot: waarnemingen tijdens het veldwerk

Het is heel belangrijk om te beseffen dat bodemonderzoek een kwestie is van teamwork. De veldwerktechnicus fungeert als de oren en ogen van de projectleider. Alle relevante informatie moet terecht komen bij diegene die het rapport schrijft en de conclusies trekt betreffende de bodemverontreiniging. Er moeten dus duidelijke afspraken worden gemaakt tussen projectleider en de veldtechnici. Als er afwijkingen worden geconstateerd dan moet de veldtechnicus contact opnemen met de projectleider en in overleg kan dan worden besloten het monsternemingsplan anders in te vullen (boringen op een andere plaats, meer boringen of boringen wél voorzien van een peilbuis, etc.).

Een goede milieu technicus denkt dus mee! Hij mag natuurlijk nooit met 'de tekening van de projectleider' in de hand zonder rond te kijken de geplande boorlocaties uitzetten zonder zich af te vragen of deze boorlocaties wel goed zijn gekozen. Het is wel voorgekomen dat een medewerker een boring precies volgens tekening naast een, volgens die tekening aanwezige, tank verrichtte. In geen van de monsters bleek verontreiniging aanwezig.

Naderhand, tijdens de verbouwing van het tankstation, bleek dat de tank 40 meter verderop lag (niet conform die tekening) en dat de grond er omheen zwaar verontreinigd was. Ja oké, de opdrachtgever had moeten zien dat het een tekening uit de 'ontwerpfase' was en de projectleider had een goede veldinspectie moeten uitvoeren. Maar de technicus had ook

kritisch moeten zijn en op de putdeksels moeten letten. Kortom: bodemonderzoek is teamwork.

Voor de goede en kritische milieutechnici een paar zaken waarop ze moeten letten als ze op locatie zijn:

- **klopt de tekening van de locatie**

Liggen tanks ed. conform de tekening, kloppen de maten, etc.

- **gebruik van de locatie**

Als een locatie intensief wordt gebruikt, kan het uitvoeren van het veldwerk soms moeilijk, gevaarlijk of zelfs onmogelijk zijn. Als bijvoorbeeld een deel van de locatie volgens de tekening in gebruik is als parkeerterrein en in werkelijkheid blijkt dat er veel verkeer is, kunnen er zeer gevaarlijke situaties ontstaan. Ook het plaatsen van peilbuizen die later moeten worden doorgespoeld en bemonsterd, op een plaats waar veel drukte is te verwachten, kan leiden tot problemen.

Vaak sneuvelen peilbuizen doordat ze door zwaar materieel kapot worden gereden. Ook kan een boorlocatie zich bevinden op een zeer vandalismegevoelige plaats. De boring( en) moet(en) dan misschien op een andere wijze worden afgewerkt (afsluitbare koker).

Verder moet de veldtechnicus letten op kenmerken boven of op maaiveld die kunnen duiden op bodemverontreiniging. Daarbij kan je denken aan:

- tankontluchtingspijpen;
- vulpunten;
- sintels, slakken, asbest of olievlekken op het maaiveld;
- afval op het maaiveld zoals verblikken, jerrycans of vaten.

- **kabels en leidingen**

Voordat de veldwerktechnicus start met de boorwerkzaamheden moet bekend zijn waar kabels en leidingen liggen die beschadigd kunnen raken. Voorafgaand aan de werkzaamheden moeten de werkzaamheden dan ook worden gemeld via Klic-online. Dit staat beschreven in de Grondroedersregeling en wordt wel de Klic melding genoemd.

Het kadaster is de uitvoerende dienst en stuurt na de melding een pakket op met informatie over de plaatselijk bekende ondergrondse leidingen. Informatie hierover is beschikbaar op [www.kadaster.nl/klic/](http://www.kadaster.nl/klic/).



1.8 Geen Klic melding

- **terreinverharding**

Ook de verharding (type en kwaliteit) moet worden bekeken. Mogelijk moet een speciale boortechniek (bijvoorbeeld diamantboor) worden gebruikt. Onkruid tussen het asfalt wijst op

scheuren: de verharding is niet meer vloeistofdicht en mogelijk is plaatselijk verontreiniging opgetreden.

- **vegetatie**

De kwaliteit van de begroeiing (dor of gezond) en de soort begroeiing (gras of brandnetels/distels etc.) zeggen vaak iets over de kwaliteit van de ondergrond. Het kan zeer nuttig zijn om met dit soort factoren rekening te houden bij het opstellen van het boorplan.

- **oppervlaktewater (sloten e.d.)**

Vaak blijkt dat als op een locatie een sloot of andere waterloop aanwezig is, het grondwater lokaal in de richting van deze waterloop stroomt. De lokale grondwaterstromingsrichting kan dan beduidend anders zijn dan op basis van het vooronderzoek werd verwacht. In het geval dat op een locatie een ondergrondse tank aanwezig is, waarbij een of meer boringen zijn gepland, kan het nuttig zijn de boring(en) aan de tankzijde 'richting sloot' te plaatsen.

- **stortingen**

Soms kun je op een locatie zien of en, zo ja, waar is gestort. Dit kan puin zijn (bouw- en sloopafval), huisvuil, matrassen, etc. Plaatsen waar is gestort, zijn natuurlijk verdacht en moeten in het bodemonderzoek worden meegenomen. In uitzonderlijke gevallen zou je een of meer vaten of drums met chemicaliën kunnen tegen komen. In dat geval zal een projectleider natuurlijk geïnteresseerd zijn in de inhoud. Er kan worden gekeken of er nog etiketten aanwezig zijn, maar wees voorzichtig. Je gaat natuurlijk niet onvoorbereid vaten of drums open maken.

- **gedempte sloten**

In het verleden zijn veel sloten gedempt. Een goede drainage maakte ze overbodig. De sloten werden gedempt met grond, bouw- en sloopafval, vossen en ander afval. Een gedempte sloot is dus altijd verdacht. Gedempte sloten zijn in het veld niet altijd zichtbaar. Met name oude kaarten en luchtfoto's moeten hier in het vooronderzoek uitsluitsel bieden. Toch kan men in het veld vaak sporen ervan zien. Te denken valt aan lichte glooiingen, veroorzaakt door het inklinken van het dempingsmateriaal. Ook als op de aanliggende percelen sprake is van veel sloten kan dit duiden op dempingen op de onderzoekslocatie.

- **ophogingen**

Als in een landelijk gebied een bebouwing wordt gerealiseerd, zal bijna altijd ophoging plaatsvinden. Ook voorafgaand aan de aanleg van wegen en parkeerplaatsen vindt vaak ophoging plaats. Maar let op: een locatie kan ook zijn opgehoogd met als doel het kwijtraken van het ophogingsmateriaal.

Ophogingen hebben in het verleden vaak plaatsgevonden met verontreinigd materiaal. Te denken valt dan aan afvalslakken van de metaalindustrie of, erger nog, slakken van huisvuilverbrandingsinstallaties. Op veel boerenerven zijn sintels en ander afval van gasfabrieken gestort, met alle verontreinigende gevolgen van dien. Er zijn ook gevallen bekend waarbij het ophogen werd aangegrepen om chemisch afval kwijt te raken. Het toepassen van slakken is aan strenge regels gebonden: er moeten certificaten van herkomst zijn en er moet boven de grondwaterstand en onder een afsluitende laag worden gestort. Het is duidelijk dat opgehoogde locaties verdacht zijn.

## **Vragen 1.6**

1. Waarom is het van belang dat je op een locatie de ligging van oppervlaktewater in beeld brengt?

2. Wat zou er op een locatie zijn gebeurd als je vreemde laagten en hoogten aantreft? Er worden drie mogelijkheden genoemd.
3. Een multi sampler of zuigerboor gebruik je bij voorbeeld bij monsternamen beneden de grondwaterspiegel. Leg eens uit hoe deze werkt?
4. Waarom moet je bij een multi-sampler of zuigerboor de zuiger met het wegdrücken evenredig mee naar boven trekken?
5. Zet de voor- en nadelen van het gebruik van een edelmanboor en een guts op een rij.



Fig 1.9 Bodemonderzoek in beeld.

## Extra vragen bij Bodemonderzoek

### Grondboring protocol 2001

1. Wat bedoelen we met de adsorbtiewaarde van de bovengrond? Waar is deze van afhankelijk?
2. Wat bedoelen we met de doorlaatfactor van deze bodem? Leg uit waar deze van afhankelijk is.
3. Verklaar een donkere kleur van de bovengrond. Hoe noemen we deze bovenlaag?
4. Wanneer treedt er in een bodem podzolering op? Noem drie voorwaarden.
5. Hoe merken we aan de kleur van de bodem dat we beneden de grondwaterstand zitten?
6. Hoe ontstaan roestvlekken in de bodem (gley)?
7. Aan welk type verontreiniging denk je bij veel kleuren in het profiel? Metalen, olie, oplosmiddelen, etc.
8. Wanneer zou je monsters nemen met een steekbus?
9. Wanneer kies je voor monsternamen een gutsboor?
10. Wat doe je met een stukje puin bij het nemen van een monster?
11. Wat versta je onder contaminatie van een monster?



12. Wat versta je onder kruisbesmetting?
13. Wat is het verschil tussen veen en humus?
14. Een multi sampler of zuigerboor gebruik je bij voorbeeld bij monsternamen beneden de grondwaterspiegel. Leg eens uit hoe deze werkt?
15. Waarom moet je bij een multi-sampler of zuigerboor de zuiger met het wegdrukken evenredig mee naar boven trekken?
16. Wat doe je als op de boorlocatie een container is geplaatst en boren volgens de tekening onmogelijk is?
17. Waarom wordt van het werkwater de EC bepaald?
18. Hoe plaats je een peilbuis in een onverdachte situatie ten opzichte van de grondwaterstand?
19. Hoe plaats je een peilbuis als er een drijfslag op het freatisch grondwater wordt aangetroffen?
20. Wat doe je met opgeboorde grond die mogelijk verontreinigingen bevat?
21. Wanneer gebruik je bentoniet?
22. Wat versta je onder antropogene bestanddelen en geef een voorbeeld.
23. Waarom nemen we geen monsters met de steekbus uit de bovenlaag van de bodem?

### **Grondwaterbemonstering protocol 2002**

1. Wat verstaan we onder het freatisch vlak?
2. Hoe kun je vooraf opzoeken wat globaal de grondwaterstand op een locatie zou kunnen zijn?
3. Hoe bevindt zich grondwater in de bodem?
4. Hoe ontstaat kwel?
5. Wat versta je onder een schijngrondwaterstand?
6. Hoe breng je op een locatie de grondwaterstromingsrichting in beeld?
7. Wat is een drijfslag en hoe ontstaat deze?
8. Wat is een zaklaag en hoe ontstaat deze?
9. Wat is een snijdend geplaatste peilbuis? Waarom plaatsen we een peilbuis snijdend?
10. Wanneer gebruik je een mantelbuis?
11. Wat verstaan we onder een verloren casing?
12. Waarom meten we van grondwater de EC en pH waarde tijdens het oppompen totdat deze constant blijven?
13. Waarom wordt grondwater gefilterd voordat het monster wordt genomen?
14. Wat verstaan we onder de capillaire zone in de bodem?
15. Verklaar de stinkende zwavellucht in sommige watermonsters?
16. Waarom is er geen streef- of interventie waarde voor ijzer in het water terwijl die er wel is voor bv zink?
17. Hoe werkt een slangenpomp?
18. Wat is het probleem met deze wijze van pompen?

## Hoofdstuk 2 Grond- en sediment(bagger)bemonstering

### 2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk gaan we het hebben over grond en sedimenten. Dit laatste begrip kun je ook lezen als baggerspecie.

*Definities volgens artikel 1 Besluit bodemkwaliteit:*

*Grond: vast materiaal dat bestaat uit minerale delen met een maximale korrelgrootte van 2 millimeter en organische stof in een verhouding en met een structuur zoals deze in de bodem van nature worden aangetroffen, alsmede van nature in de bodem voorkomende schelpen en grind met een korrelgrootte van 2 tot 63 millimeter, niet zijnde baggerspecie.*



2.1 Gronddepot

*Baggerspecie: materiaal dat is vrijgekomen uit de bodem via het oppervlaktewater of de voor dat water bestemde ruimte en dat bestaat uit minerale delen met een maximale korrelgrootte van 2 millimeter en organische stof in een verhouding en met een structuur zoals deze in de bodem van nature worden aangetroffen, alsmede van nature in de bodem voorkomende schelpen en grind met een korrelgrootte van 2 tot 63 millimeter.*



2.2 Baggerspecie

Je kunt grond en baggerspecie bemonsteren als het nog op de locatie ligt, of wanneer het reeds is ontgraven en in een depot is gebracht. In het eerste geval noemen we dit “in situ” en kiezen we voor bemonstering het protocol NEN 5740. In dit hoofdstuk beperken we ons dus tot de bemonstering van depotpartijen en kiezen voor protocol VKB 1001 “Monsterneming voor partijkeuringen Grond en Baggerspecie”.

Dit protocol behandelt de monstername in zeer brede zin. Er wordt stilgestaan bij monstername van een loopband, monstername van grond met veel (tot 20%) puin en monstername onder verhardingslagen. Wij beperken ons tot grond en baggerspecie in depots zonder veel problemen.

Partijen grond en baggerspecie mogen alleen volgens de regels van het Besluit Bodemkwaliteit worden toegepast als er sprake is van een nuttige toepassing. Is dit niet het geval dan wordt de toepassing gezien als een middel om je te ontdoen van afvalstoffen en gelden op grond van de Europese Kaderrichtlijn afvalstoffen strengere regels. Daarom is voor het onderdeel grond en baggerspecie precies aangegeven wat we onder nuttig verstaan.

### **Nuttige toepassingen van grond en baggerspecie (sediment)**

De volgende toepassingen van grond en baggerspecie zijn o.a. een nuttige toepassing:

- a) Toepassing in bouw- en wegconstructies, waaronder wegen, spoorwegen en geluidswallen.



2.3 Grond verwerkt in een geluidswal

- b) Toepassing in ophogingen van industrieterreinen, woningbouwlocaties en landbouw- en natuurgronden, met het oog op het verbeteren van de bodemgesteldheid.
- c) Toepassing voor het afdekken van een saneringslocatie of als bovenafdichting voor een stortplaats, met het oog op het voorkomen van nadelige gevolgen voor mens, plant of dier als gevolg van contact met het onderliggende materiaal.
- d) Verspreiding van baggerspecie uit een watergang over de aan de watergang grenzende percelen, met het oog op het herstellen of verbeteren van de aan de watergang aangrenzende percelen.

### **Vragen 2.1**

- a. Leg met behulp van de definitie uit waarom het plantaardig slootvuil dat bij de jaarlijkse onderhoudsbeurt van watergangen vrijkomt geen baggerspecie is.
- b. Bij toepassing d en afbeelding 2.4 wordt baggerspecie toegepast ter verbetering van de aanliggende gronden. Hoe moeten we deze verbetering zien?



2.4 Verspreiden van slootbagger

## 2.2 Partijdefinitie en vooronderzoek

Een partij is een *hoeveelheid bouwstof, grond of baggerspecie van vergelijkbare milieu hygiënische kwaliteit, die is bedoeld om als geheel te worden verhandeld of toegepast.*

Het volgende geldt hiervoor:

Bodem en waterbodem (in situ) resp. grond en baggerspecie (depots - dus na ontgraving) mogen worden aangemerkt als één partij (tot een maximum van 10.000 ton), indien:

- sprake is van een gelijke samenstelling en korrelgrootte;
- sprake is van aaneengesloten percelen of depots;
- de aangetroffen bijmengingen van de individuele partijen, qua samenstelling en percentage gelijk zijn;
- sprake is van een gelijke milieu hygiënische kwaliteit (vastgesteld aan de hand van een indicatieve partijkeuring, verkennend bodemonderzoek, bodemverwachtingenkaart, waterbodem, historisch bodemonderzoek en/of vastgestelde bodemkwaliteitskaart van gemeente of waterkwaliteitsbeheerder).

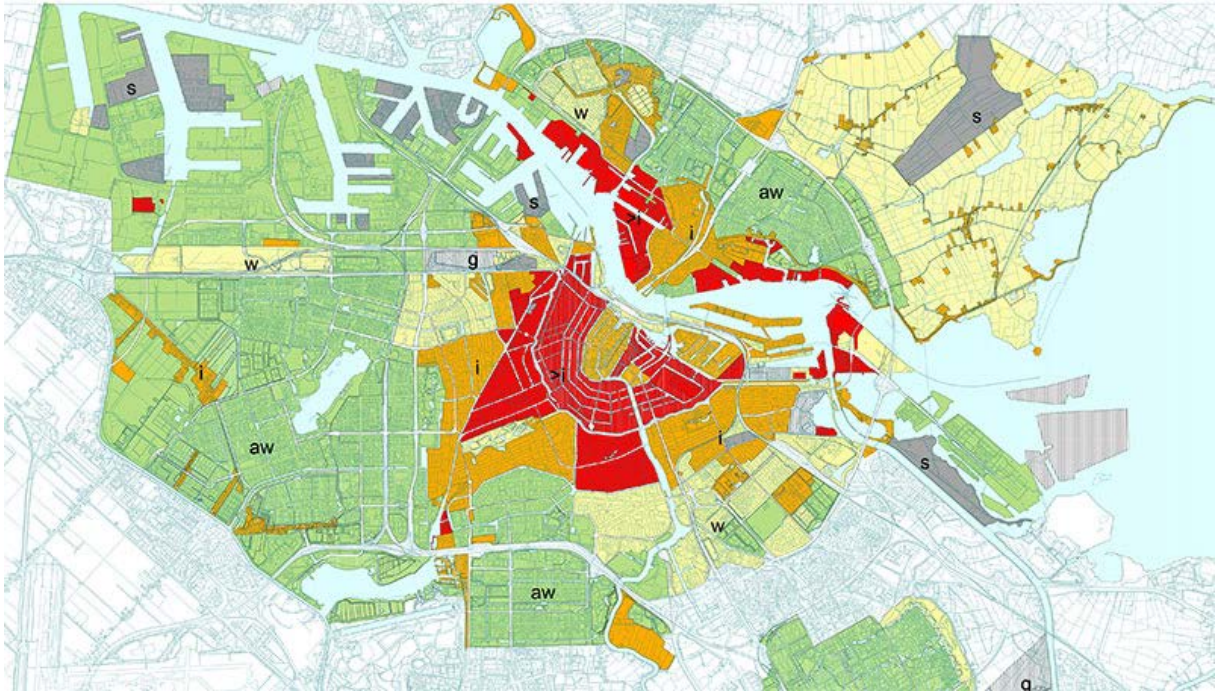
### Het vooronderzoek

In het vooronderzoek wordt de herkomst van de partij vastgelegd door middel van:

- de adresgegevens van de locatie,
- de ligging (xy-coördinaten) en
- de laagdiepte (z-coördinaten) van de partij.

Gecontroleerd wordt of de partij niet afkomstig is van een verdachte- of ernstig verontreinigde locatie.

In het vooronderzoek wordt eveneens nagegaan wat de vermoedelijke kwaliteit van de partij is op basis van de gemeentelijke of provinciale bodemkwaliteitskaart, de waterbodemkwaliteitskaart van waterkwaliteitsbeheerders of op basis van verricht bodemonderzoek.



2.5 De bodemkwaliteitskaart van Amsterdam

Indien de te bemonsteren partij groter is dan 10.000 ton, dan wordt deze in deelpartijen onderverdeeld. Een partij van 10.001 ton wordt dus bemonsterd en gekeurd als twee of meer partijen.

Voor de onderverdeling in deelpartijen is de schatting van het gewicht in het veld door de gekwalificeerde monsternemer maatgevend. Met betrekking tot de vereiste nauwkeurigheid wordt een fout in deze schatting tot maximaal 25% geaccepteerd. Indien nauwkeurige partijgegevens op basis van bijvoorbeeld een geijkte weegbrug beschikbaar zijn, worden deze gebruikt. De bepaling van het gewicht van de partijen geschiedt op basis van (in afnemende voorkeursvolgorde):

1. meting of weging van de partijen;
2. veldwaarnemingen;
3. gegevens van de leverancier, eigenaar of derden.

De partij-indeling dient duidelijk in het monsternemingsplan te worden vastgelegd. Aangegeven wordt hoe eventueel te onderscheiden deelpartijen zijn te herkennen en hoe deze in het veld dienen te worden vastgelegd. Hierbij worden kaarten en/of foto's met de indeling van de partijen (boven- en zijaanzicht) gebruikt. Voorafgaand aan de monsterneming wordt een veldinspectie van de partij verricht om de partij-indeling te controleren en eventuele afwijkingen van het plan - na overleg tussen projectleider en monsternemer - duidelijk vast te leggen. Ook wordt vooraf het volgende nagegaan:

- de toegankelijkheid van de partij, waarbij de veiligheid van de monsternemer en de omgeving (op basis van vooral de stabiliteit van het materiaal) moet zijn gewaarborgd;
- of een duurzaam aaneengesloten verhardingslaag aanwezig is en

- of gehele of gedeeltelijke verplaatsing van de partij noodzakelijk of wenselijk is, waarbij de kosten van monsterneming door boringen ten opzichte van de kosten van verplaatsing van de partij en bemonstering tijdens de verplaatsing tegen elkaar kunnen worden afgewogen.

Deze besliscriteria dienen op basis van een inschatting en gegevens van de opdrachtgever per geval te worden beoordeeld en in het monsternemingsplan of monsternemingsformulier te worden gemotiveerd.

### Vragen 2.2

- Wat vinden we op een Bodemkwaliteitskaart?
- Welk probleem doet zich voor bij een partij van 12.000 ton met een foutenmarge van 25%?

### 2.3 De monstername



2.6 De monstername

### Monsternemingspatroon en greepgrootte

Als monsternemingspatroon voor grond en baggerspecie wordt een systematisch raster gehanteerd van 2 x 50 grepen. Een greep is een hap met een monsternameapparaat uit de (deel) partij. Dit kun je doen met een edelmanboor, een guts of een schep. Als de grond gemengd is met grof materiaal, denk er dan om dat je een apparaat kiest dat ook deze grove delen gemakkelijk mee bemonstert. De minimale mengmonster grootte bestaat in alle situaties uit 9 kg. Dit is gebaseerd op 50 x een greep van 0,18 kg. Deze hoeveelheid komt overeen met de inhoud van een kleine edelmanboor of een steeguts.

### Uitvoering monsterneming

De monsterneming bestaat uit drie onderdelen:

1. Vaststellen of het monsternemingsplan van toepassing is voor de te bemonsteren partij;
2. Nemen van de grepen en monsters conform het plan;

### 3. Rapportage van de werkzaamheden en waarnemingen in het monsternemings-formulier.

In deze toelichting bespreken we alleen de monsterneming van partijen in depot;

#### **Partijen in depot**

De monsternemingslocatie wordt aan de hand van het monsternemingsplan door de monsternemer gecontroleerd. Uitgangspunt is dat het voor derden (zoals degene die de partij gaat afvoeren) duidelijk moet zijn wat wel en wat niet bij de gekeurde partij hoort.

Hiertoe worden de volgende middelen benut:

- minstens 2 foto's, waarbij een vast referentie-object kan worden herkend en;
  
- een situatieschets op schaal, waarbij de ligging van de partij wordt ingemeten ten opzichte van vaste herkenningspunten als gebouwen, terreinafscheidingen etc. De situatieschets wordt tevens voorzien van een noordpijl. Indien de monsternemer exact kaartmateriaal ter beschikking heeft gekregen, dan bestaan deze werkzaamheden alleen uit een vergelijking van de werkelijkheid met de aangeleverde gegevens. Als alleen een globale aanduiding is meegegeven, dan dient de monsternemer zelf een heldere situatieschets te maken.

#### ***Algemene situatie van de partij***

De monsternemer controleert de hoeveelheid aanwezige grond of baggerspecie op basis van een ruimtelijke schatting. Je mag hierbij een fout van maximaal 25% maken.

Indien de geschatte omvang groter is dan het opgegeven maximum van 10.000 ton dan is een indeling in deelpartijen nodig.

Indien de omvang van de partij in het veld geschat dient te worden, vindt dit plaats door de partij op te delen in eenvoudig meetbare blokken, in te meten met een meetlint en de volumes van de blokken bij elkaar op te tellen en het volume om te rekenen naar het gewicht met behulp van de dichtheid van het materiaal. De resultaten van de opmeting en de berekeningen moeten worden gerapporteerd bij het monsternemingsformulier.

De monsternemer controleert of de betreffende partij geheel toegankelijk is. Zo niet, dan dient in overleg met de projectleider een nieuw monsternemingsplan te worden opgesteld, bijvoorbeeld waarbij de partij geheel of gedeeltelijk wordt verplaatst, zodat alsnog een juiste monsterneming mogelijk is.

De monsternemer controleert of de partij mogelijk verontreinigingen bevat op basis van zintuiglijke waarneming. Eventuele bijzonderheden die op mogelijke verontreinigingen duiden, zoals olievlekken, kabeldraad, puin, asfalt, enzovoorts dienen direct te worden doorgegeven aan de projectleider. Op basis hiervan kan worden gekozen een afwijkend deel buiten de te onderzoeken partij te laten of te keuren in een andere partij. In de rapportage moeten zintuiglijke afwijkingen, en zeker de buiten de partij gelaten delen, duidelijk op tekening zijn aangegeven.



2.7 De schrik van iedere aannemer: oeverzwaluwnesten in een gronddepot

### ***Indeling in (deel)partijen***

De monsternemer controleert of de indeling van deelpartijen, die in het monsternemingsplan is aangegeven bruikbaar is in het veld en werkt deze zo nodig verder uit.

De partijen bestaan uit maximaal 10.000 ton. De monsternemer meet de indeling van de partijen en deelpartijen op en legt dit vast op tekening. Dit kan op schaal of door middel van beschrijving van de afmetingen ten opzichte van in het veld herkenbare punten. Eventueel worden hiertoe piketten geplaatst als aanduiding van de verticale scheidslijn. Als de piketten nodig zijn om (deel)partijen te onderscheiden moeten deze blijven staan na de monsterneming.

Uitgangspunt bij de indeling in deelpartijen is dat deze afzonderlijk afgegraven moeten kunnen worden.

### ***Ruimtelijk monsternemingspatroon, aantallen monsters***

Jij als monsternemer controleert of het monsternemingspatroon dat in het monsternemingsplan is aangegeven in het veld bruikbaar is en werkt dit waar nodig verder uit. Als de vorm van de partij beduidend afwijkt van het monsternemingsplan dat vanachter het bureau is opgesteld (hoogte, breedte, lengte), dan maak je hiervan melding en bepaal je in overleg met de projectleider een aangepast monsternemingspatroon.

Er wordt een systematisch patroon gehanteerd, waarbij twee mengmonsters van elk minstens vijftig grepen worden samengesteld (minstens 100 grepen per (deel)partij). De grepen worden genomen uit boringen. Per boring worden de grepen om en om bij een van de beide monsters gevoegd, zodat beide monsters elk representatief zijn voor de gehele partij.





2.8 Eén boorinhoud is één greep

Samenstelling van de mengmonsters vindt direct in het veld plaats. De boringen worden tot aan de onderzijde van de partij doorgezet. Over het hele traject worden per 0,5 m grepen genomen. De greep dient zo te worden genomen dat deze representatief is voor het traject. Indien er aan de onderzijde een restdiepte is kleiner dan 0,5 m, dan moet deze als extra laag worden bemonsterd. Dit kan ook door de trajecten van 0,5 m iets te verkleinen zodat de grepen over het gehele profiel evenredig worden gespreid.

Je moet opletten dat je niet laagsgewijs bemonstert door bij een even aantal grepen uit een boring de eerste greep uit de boringen ook wisselend over beide monsters te verdelen. Beide monsters moeten evenveel grepen bevatten.

De boringen worden in een systematisch raster over de partij verdeeld. Om voldoende grepen te nemen (altijd minstens 100 ongeacht de deelpartijgrootte) is de afstand tussen de boringen afhankelijk van de partijgrootte. Deze afstand dient zodanig te worden vastgesteld dat de gehele partij wordt bemonsterd.

Als hulpmiddel voor bepaling van de afstanden tussen de boringen ( $r$ ) bij een vierkant raster mag je de volgende formule hanteren:

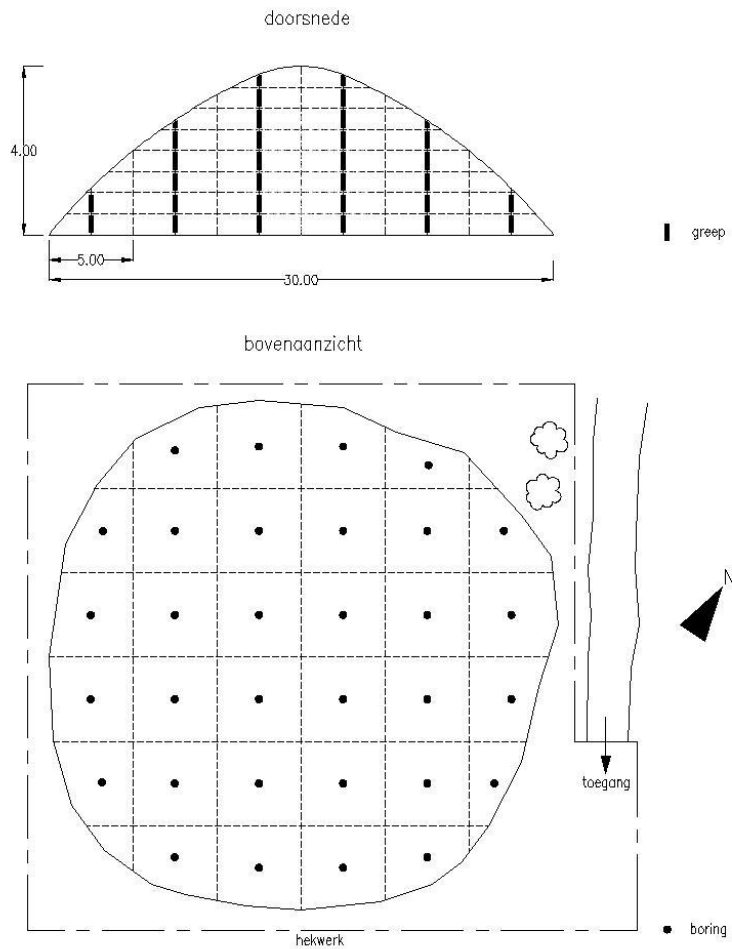
$$r = (\sqrt{V / 100}) / l,$$

waarbij:

$V$  = volume van de partij (in  $m^3$ )

100 = (minimum) aantal grepen;

$l$  = laagdikte (hoogte/diepte van de partij (in m))



2.9 Raster van grepen over een partij in overzicht en in dwarsdoorsnede.

### Vragen 2.3

- Hoeveel grepen neem je uit een partij met een diepte van 1,25 m per boorpunt?
- Waarom is afbeelding 2.7 de schrik van iedere aannemer?
- We bekijken een partij grond van 4000 m<sup>3</sup>. De hoogte is 2 m.
  - Wat is de oppervlakte van de partij?
  - Op hoeveel boorpunten ga je monsters nemen?
  - Wat wordt de afstand van de boringen?

## Hoofdstuk 3 Verkennend en Nulsituatie onderzoek NEN 5740

### Protocol

NEN5740, titel: Bodem - Landbodem - Strategie voor het uitvoeren van verkennend bodemonderzoek - Onderzoek naar de milieuhygiënische kwaliteit van bodem en grond, Nederlands Normalisatie-instituut, januari 2009A1:2016 (aanvulling 1 uit 2016).

We hebben het eerder gehad over de verschillende aanleidingen van onderzoeken. We hebben ook gezien dat de ene aanleiding een totaal andere aanpak van het onderzoek geeft dan een andere aanleiding. Het is hier belangrijk om te beseffen dat de NEN5740 veel toepassingsgebieden kent en wordt gebruikt bij veel aanleidingen. De norm bevat ook veel verschillende strategieën. Ofwel, en dat is erg belangrijk om te beseffen: 'het ene NEN5740-onderzoek' kan compleet anders zijn dan het andere 'NEN5740-onderzoek'. Ofwel: 'NEN5740' op de kaft van het rapport wil nog niet zeggen dat het onderzoek geschikt is.

### Doelstelling

Op hoofdlijnen kan onderzoek volgens de NEN 5740 worden gebruikt in twee situaties. De eerste situatie betreft het vaststellen of de bodem van een terrein verontreinigd is. Dit is wat we verstaan onder het 'normale bodemonderzoek'. In de tweede situatie willen we vaststellen of de milieukwaliteit van de grond van een terrein geschikt is voor toepassing op een ander terrein. Dit laatste noemen we 'in-situ partij-keuring'.

De doelstelling van het bodemonderzoek is afhankelijk van de aanleiding van het onderzoek. Bij een vermoeden van verontreinigingen heeft het verkennend bodemonderzoek het doel om vast te stellen of sprake is van bodemverontreiniging. Als dat zo is, moet het onderzoek inzicht geven in de samenstelling en de globale situering en omvang daarvan. De resultaten geven tevens een indicatie van de ernst (in de zin van de Wet Bodembescherming) van de bodemverontreiniging.

Voor een nulsituatie onderzoek in het kader van een Wm-vergunningen, heeft het bodemonderzoek tot doel een momentopname van de bodemkwaliteit te maken. Deze geldt als nulsituatie en referentie voor toekomstige metingen van de bodemkwaliteit op plaatsen waar bodembedreigende activiteiten plaatsvinden.

### Toepassingsgebied

Zoals al benadrukt kent de NEN5740 een breed toepassingsgebied.

De norm is bedoeld om te worden toegepast bij verkennend bodemonderzoek van bodems in o.a. de volgende situaties:

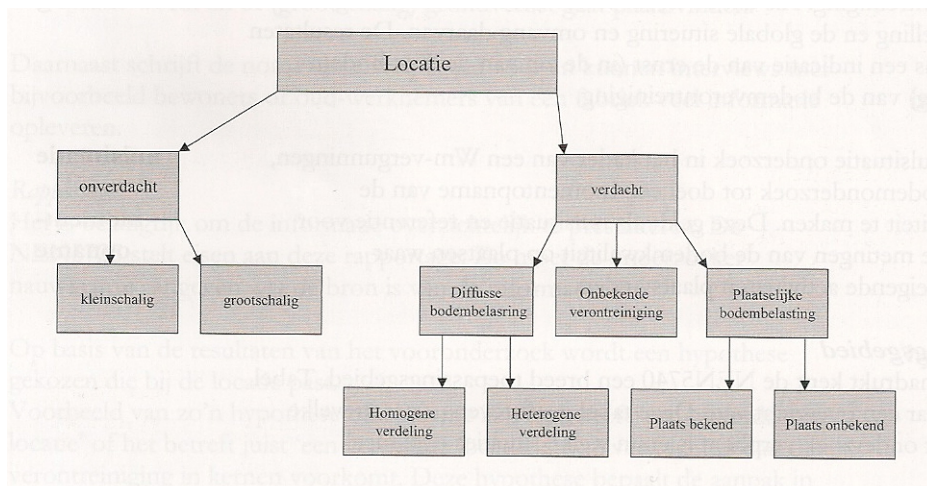
- bij de aanvraag van een bouwvergunning in het kader van de Woningwet;
- bij oprichting, verandering of beëindiging van een inrichting met bodembedreigende activiteiten
- voor de milieu hygiënische verklaring voor de kwaliteit van de bodem en van de toe te passen grond in het kader van het Besluit bodemkwaliteit;

### Opzet en inhoud bodemonderzoek

Het onderzoek bestaat uit de volgende vier stappen:

1. ***Het opstellen van een onderzoekshypothese over de aard, situering en verspreiding van de verontreiniging.***

De hypothese volgt uit de informatie van het vooronderzoek (NEN5725). In het navolgende schema kan je zien welke standaard hypothesen de NEN5740 definieert;



## 2. *Uitvoering van het veldwerk en laboratoriumonderzoek*

De NEN5740 koppelt aan de hypothese een onderzoeksstrategie met boor-, monstername- en analyseplan. Het protocol van de NEN5740 geeft aan hoeveel boringen en peilbuizen per oppervlakte-eenheid of per deellocatie geplaatst moeten worden en tot welke diepte. Het protocol geeft tevens aan hoeveel monsters onderzocht moeten worden en op welke parameters. Voor de uitvoering van het veld- en laboratoriumonderzoek verwijst de NEN5740 naar hiervoor van toepassing zijnde NEN- of vergelijkbare normen;

## 3. *Interpretatie van de resultaten en toetsing van de hypothese*

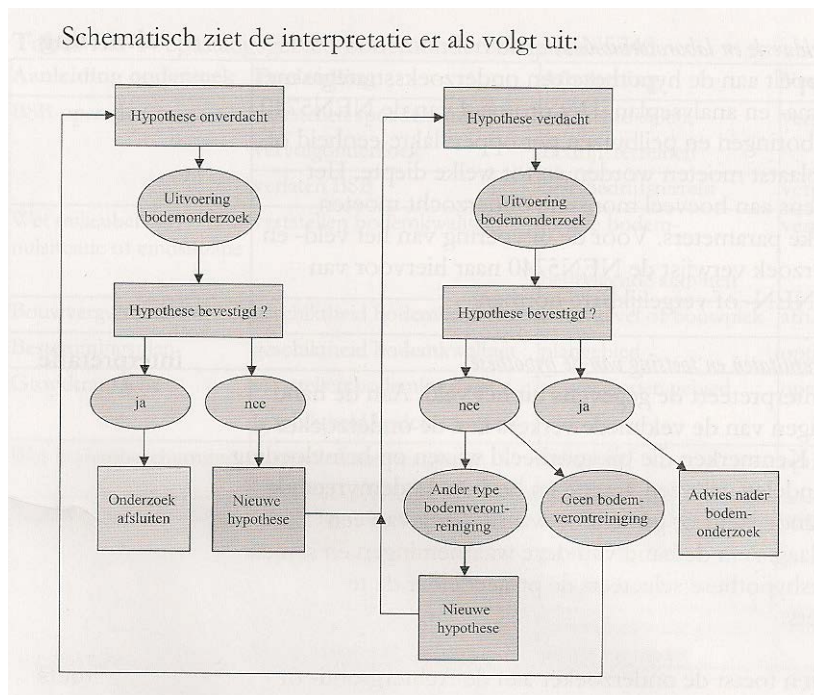
De onderzoeker interpreteert de gegevens uit het veld. Aan de hand van de waarnemingen van de veldmedewerkers kan de onderzoeker al heel veel afleiden. Kenmerken die bij voorbeeld wijzen op beïnvloeding door menselijk handelen, zijn een vergraven bodem, bodemvreemde materialen, afwijkende kleur of geur of de waarneming van een (olie)film of -drijflaag. Aan de hand van deze waarnemingen en samen met de onderzoekshypothese selecteert de projectleider de te analyseren monsters.

De analysesresultaten toetst de onderzoeker aan de Achtergrond- of Streefwaarden (grondwater), Tussenwaarden Bodemonderzoek en de Interventiewaarden uit de Wet Bodembescherming. In de beoordeling toetst de onderzoeker de hypothese door:

1. Na te gaan of sprake is van bodemverontreiniging. Dat betekent overschrijding van de achtergrond, streef- of tussenwaarden, door één of meer van de gemeten stoffen;
2. In geval van een verdachte locatie te toetsen of de ruimtelijk verdeling in overeenstemming is met de hypothese.

Als de hypothese 'onverdacht' is, kan het onderzoek worden afgesloten als geen bodemverontreiniging is aangetoond. Bevestigen de resultaten de hypothese niet dan is een advies voor een vervolgtraject (aanvullend of nader bodemonderzoek) noodzakelijk. Was de hypothese 'verdacht' en bevestigen de resultaten deze hypothese dan is aanvullend of nader bodemonderzoek nodig om duidelijkheid te geven over de omvang en ernst van de verontreiniging en, indien sprake is van ernstige verontreiniging, de urgentie of spoedeisendheid van saneringsmaatregelen.

Wordt de hypothese 'verdacht' niet door het onderzoek bevestigd, omdat er geen verontreiniging is aangetoond, dan is toch aanvullend onderzoek nodig. Dit dan volgens de opzet die hoort bij de hypothese 'onverdacht'. Daarna pas kan onderzoek worden afgesloten.



#### 4. Rapportage

Het rapport beschrijft kort en bondig alle onderdelen die tijdens het onderzoek aan de orde zijn gekomen. De onderzoeker houdt de volgende indeling aan:

1. aanleiding en doelstelling van het onderzoek;
2. een overzicht van de locatiegegevens met een verwijzing naar het rapport van het vooronderzoek volgens NEN5725;
3. een beargumenteerde keuze van de onderzoekshypothese;
4. een beschrijving van de opzet en uitvoering van het veldwerk en laboratoriumonderzoek;
5. een overzicht van de resultaten;
6. interpretatie van de resultaten en toetsing van de onderzoekshypothese;
7. conclusies en aanbevelingen voor de invulling van het vervolgtraject.

#### Vragen H3

1. Wanneer is een bodemonderzoek verplicht?
2. Wat bedoelen we met een gestandaardiseerd onderzoek?
3. Geef het verschil aan tussen een privaatrechtelijke en een publiekrechtelijke aanleiding.
4. Geef een voorbeeld van een puntbron en een voorbeeld van een diffuse bron.
5. Leg uit dat het ene NEN 5740 onderzoek volkomen anders kan zijn dan het andere.
6. Bij welke twee situaties kun je een NEN 5740 onderzoek gebruiken.
7. Wat is het verschil tussen een in-situ partijkeuring en een partijkeuring ex-situ?
8. Wat doen we bij de 3<sup>e</sup> stap van het Verkennend Onderzoek, de toetsing van de hypothese?

9. Waarom moet je als je op een verdachte locatie niets hebt aangetroffen daarna nog een onderzoek doen volgens de strategie “Onverdacht”?
10. Wat is het verschil tussen een homogeen en een heterogeen verdeelde bodemverontreiniging?
11. Welke 5 aspecten komen aan het licht in een vooronderzoek?
12. Wat bedoelen we met freatisch voorkomend brak water?
13. Geef twee redenen waarom je verschillende deellocaties bij een verontreiniging zou onderscheiden.
14. Welke hypothese zijn er mogelijk na uitvoering van het vooronderzoek?
15. Wat verstaan we onder de interactie van een stof met de bodem?

## Hoofdstuk 4 Bodemchemie

### 4.1 Bodemchemie

#### *Wat is Chemie*

Uit de 'alchemie' is de 'chemie' voortgekomen zoals wij die nu kennen. In goed Nederlands noemen we het ook wel scheikunde; de kunst van het onderscheiden van chemische stoffen. Alles op aarde bestaat eigenlijk uit chemische stoffen, van de kauwgom in je mond, de batterij in je MP3 speler tot aan het eten op je bord. Een scheikundige zoekt naar kenmerken van stoffen om ze te kunnen herkennen (bv. kleur, gewicht, smeltpunt etc.) en om het gedrag van de stoffen te kunnen voorspellen. Een scheikundige ontwikkelt ook technieken en analysemethoden om de stoffen te kunnen meten. Dit soort kennis van chemische stoffen is bij bodemverontreiniging erg belangrijk en handig. Zeker als het stoffen zijn die gevaarlijk kunnen zijn voor onze gezondheid en het milieu.

#### *Welke stoffen treffen we aan?*

Een heleboel chemische stoffen zijn al van nature aanwezig in de bodem. Zelfs bijvoorbeeld een stof als arseen. Maar er zijn ook een heleboel stoffen die de mens zelf heeft gemaakt en in de natuur normaal niet voorkomen.

Denk hierbij aan bv. DDT en vinylchloride. Veel van die al dan niet milieuvreemde stoffen zijn door menselijk handelen in onze leefomgeving terechtgekomen.

In het veld kun je daarom geconfronteerd worden met een groot aantal soorten, de bodemkwaliteit beïnvloedende stoffen met uiteenlopende eigenschappen. Deze verontreinigingen kan je op meerdere wijzen in klassen in delen. Dit kun je doen op basis van hun chemische of toxicologische eigenschappen of op basis van gebruik.

Het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM) presenteerde in de Leidraad Bodemsanering (1984) de volgende indeling:

1. zware metalen (anorganische verontreiniging);
2. andere anorganische verontreinigingen;
3. vluchtige aromatische koolwaterstoffen;
4. polycyclische aromatische koolwaterstoffen;
5. gechlloreerde koolwaterstoffen;
6. bestrijdingsmiddelen;
7. overige verontreinigingen.

Voor elk van deze groepen gaan we in op het voorkomen in de bodem, de chemische structuur, de mogelijke herkomst van de verontreiniging en de belangrijkste effecten op mens en milieu.

#### **Vragen 4.1**

1. Geef aan waarom het ondanks dat de stof niet voorkomt in de Wbb toch strafbaar is om een hoeveelheid slaolie in de bodem te brengen.

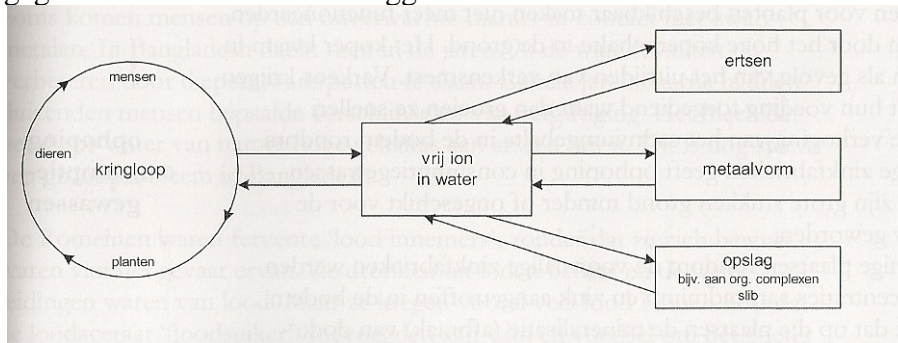
##### **4.1.1 Zware metalen**

#### *Voorkomen en chemische structuur*

Voorbeelden van zware metalen zijn cadmium, chroom, koper, lood, nikkel, zink, kwik, maar ook zilver. Ze danken hun naam aan hun hoge atoomgewicht ten opzichte van de lichte metalen (bv. natrium, kalium en calcium).

Arseen wordt vaak in één adem genoemd met de zware metalen. Feitelijk is dit niet juist. Arseen is een metalloïde. Het wordt wel met de zware metalen met dezelfde methode

geanalyseerd. Voor het gemak wordt het dan nog wel eens op de hoop zware metalen gegooid. Beter is het om te zeggen: zware metalen en arseen".



#### 4.1 Metalen in onze leefomgeving

Zware metalen zijn elementen die in verschillende vormen in het milieu kunnen voorkomen:

- als vrij ion: opgelost in water of vastgelegd aan bodemdeeltjes; gebonden aan of in organische complexe verbindingen;
- gebonden in minerale ertsen of verbrandingsresten (sintels/slakken); in de metaalvorm, zuiver of in een legering.

##### *Herkomst*

Zware metalen komen vrij bij de opwerking van metaalertsen in de mijnbouw. Als ze dan niet rendabel terug zijn te winnen blijven ze als afvalproduct achter. Ook komen metaalionen vrij bij de diverse metaalwerkingsbedrijven, chemische industrie, verfindustrie en via het huishoudelijk afval en verbrandingsafval (batterijen, sintels, vliegafval).

Pottenbakkerijen gebruikten vanaf de vijftiende eeuw tot aan circa 1850 loodglazuur bij het bakproces. Dit heeft tot veel loodverontreiniging geleid in stedelijk gebied.

Verf werd in de 18e en 19e eeuw vaak bereid met loodwit (loodoxide) dat verkregen werd door hete azijn op lood te laten inwerken in speciale loodwitpotten. De pot werd daarbij afgedekt met paardenmest om te broeien. Na gebruik werd de mest verkocht aan boeren. Toen men er achter kwam dat koeien die op bemest grasland graasden vergiftigd werden met lood, raadde men het gebruik van de paardenmest 'op grasland' af. Maar op landbouwgrond kon het géén kwaad ...

Hoedenmakers gebruikten kwikverbindingen bij het maken van vilt. In spiegelabrieken werden spiegels gemaakt met behulp van een oplossing van tin en kwik.

Door de industriële activiteiten in de laatste eeuwen is de hoeveelheid zware metalen die in het milieu is vrijgekomen, vele malen groter dan de hoeveelheid die via natuurlijke processen weer wordt vastgelegd.

Dit vastleggen in immobiele structuren (ertsen) gebeurt van nature vooral op de bodem van de zee. In de landbodem vindt ook vastlegging plaats in de vorm van met name sulfide-neerslagen, maar dit is een geringe bijdrage in de totale vastlegging.

De zware metalen hopen zich dus in onze leefomgeving op, waardoor allerlei ongewenste veranderingen optreden. Bovendien komen ze via het water, de bodem en de voedselketen uiteindelijk bij de mens terecht.



### *Effecten op mens en milieu*

Bij een te hoge concentratie zware metalen in de bodem kunnen toxische effecten optreden, met als gevolg een verschuiving in het ecologisch evenwicht. Ook kunnen zware metalen uit de bodem worden opgenomen door bijvoorbeeld consumptiegewassen.

Als voorbeeld noem ik drie in Nederland bekende gevallen:

1. Er werd een fosfaatgebrek bij maïs geconstateerd doordat de bacteriën die fosfaten voor planten beschikbaar maken niet meer functioneerden. Dat kwam door het hoge kopergehalte in de grond. Het koper kwam in de bodem als gevolg van het uitrijden van varkensmest. Varkens krijgen koper met hun voeding toegediend want dan groeien ze sneller;
2. Een lichte verhoging van het cadmiumgehalte in de bodem rondom voormalige zinkfabrieken geeft ophoping in consumptiegewassen. Hierdoor zijn grote stukken grond minder of ongeschikt voor de landbouw geworden;
3. Op sommige plaatsen rondom de voormalige zinkfabrieken werden hoge concentraties aan cadmium en zink aangetroffen in de bodem. Het bleek dat op die plaatsen de mineralisatie (afbraak) van dode bladeren op de bodem sterk werd geremd. Dit komt voornamelijk omdat regenwormen vrij gevoelig zijn voor cadmium.



### 3.2 Batterijen vormen een bron van zware metalen in het milieu

Zware metalen hebben over het algemeen een sterke neiging zich te binden aan zwavel. En zwavel bevindt zich juist vaak in biologische verbindingen zoals eiwitten, enzymen en het DNA in onze chromosomen.

De sterke zware metaal-zwavel binding verstoort de werking van de biologische systemen. Zo neemt lood de plaats in van calcium in botten waardoor deze minder sterk worden. Cadmium blijft hangen in de nieren waardoor meer suikers en eiwitten worden uitgescheiden.

Zware metalen zijn niet altijd schadelijk voor een organisme. Teveel is niet goed, maar soms is te weinig ook niet goed. Dan is het een essentiële voedingsstof en moet het in lage concentraties in onze voeding zitten (spore-element).

Chroom<sup>6+</sup> is kankerverwekkend en kan tot schade aan de nieren en lever leiden. Maar een tekort aan Chroom<sup>3+</sup> leidt tot hartkwalen en suikerziekte.

Nikkel heeft bij langdurige blootstelling schadelijke effecten op de nieren. Voor mensen en zoogdieren en diverse planten is nikkel echter een essentiële voedingsstof.

In het verleden werden enkele zware metalen veel gebruikt vanwege hun soms gunstige eigenschappen. Zo is zilver vanaf circa 1800 tot aan de ontdekking van antibiotica (rond 1930) gebruikt als zeer effectieve bacteriedoder. Het werd toegepast in oogdruppels, neusdruppels en gezondheidsdrankjes. Mensen die het veel gebruikten kregen een blauwe huid vanwege zilverafzettingen.

In 1900 ontdekte men dat een bepaalde arseenverbinding zeer effectief is en de bacterie die syfilis veroorzaakt. En dan te bedenken dat arseen, in volksmond ook wel arsenicum of 'rattengif', een van de meest giftige zware metalen is! Arseen dan ook vaak toegepast om tegenstanders uit de wereld te helpen.

Soms komen mensen op een onverwachte manier in contact met zware metalen. In Bangladesh dacht men in de jaren '90 de waterkwaliteit te verbeteren door diepere waterputten te slaan. Enkele jaren daarna hadden duizenden mensen bepaalde verschijnselen van vergiftiging. Het bleek dat het diepe water van nature hoge gehalten aan arseen bevat. Dit is nog steeds een groot probleem in Bangladesh.

De Romeinen waren fervente 'lood innemers', zonder dat ze zich bewust waren van het gevaar ervan. Ze dronken uit loden bekertjes en de waterleidingen waren van lood. Maar ze kregen vooral veel lood binnen doordat loodacetaat ('loodsuiker') toevoegden aan wijn en voedsel om het zoeter maken.

Vooraf kinderen zijn gevoelig voor lood. Opname van lood leidt onder andere tot hersenen- en zenuwbeschadiging en steriliteit. Men denkt dan ook wel eens dat het Romeinse Rijk ten onder is gegaan aan loodvergiftiging.

Met name vanwege het gebruik (tot circa 1985) van gelode benzine is er de afgelopen eeuw veel lood in het milieu terecht gekomen. Dit terwijl men al vanaf 1920 wist dat lood slecht is voor de gezondheid en men al goede alternatieven kende als antiklop middel. Lood hoort zich op in water- en bodemorganismen. Via de voedselketen, maar ook via inademing komt lood in het menselijk lichaam en tast de gezondheid aan.

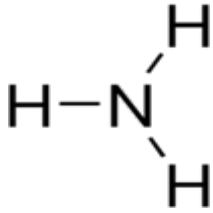
Levende organismen hebben soms een mechanisme om zware metalen onschadelijk te maken. Bij blootstelling aan hoge doses produceren ze een stofje dat zich zeer sterk bindt met de metalen. Die zware metalen kunnen dan niet meer andere biologische systemen onveilig maken.

#### **Vragen 4.1.1**

1. Zware metalen veroorzaken gezondheidsklachten die ontstaan door hun cumulatieve toxische werking. Wat verstaan we hieronder?
2. Leg uit waarom de meeste metalen niet in zuivere vorm in erts aanwezig zijn.
3. Welke metalen kunnen wel in zuivere vorm in de natuur voorkomen?
4. Waarom is het gehalte aan zware metalen vooral in verbrandingsgas of sintels erg hoog?
5. Waar hechten zware metalen zich in de bodem aan vast?

#### 4.1.2 Andere anorganische verontreinigingen

Hieronder vallen stoffen als fosfaat, nitraat, ammoniak, fluor, cyanide etc.



#### 3.3 Structuur van Ammoniak

##### *Chemische structuur en voorkomen*

Fosfaat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ), nitraat ( $\text{NO}_3^-$ ) en ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) worden veel gebruikt als meststoffen in de landbouw. Fosfaat wordt ook toegevoegd aan wasmiddelen. Ammoniak wordt gebruikt als schoonmaakmiddel, maar ook als koudemiddel in koelinstallaties. Nitraten worden gebruikt om voedsel te conserveren.

Fluor hoort chemisch gezien in dezelfde groep thuis als chloor, jood en broom, de zogenaamde halogenen. Het wordt veel toegepast bij oppervlakte behandeling van plastics en metalen (Teflon). Maar het wordt als fluoride ook gebruikt als toevoeging in tandpasta tegen tandbederf. Ook komt het voor in bestrijdingsmiddelen en ook veel pijnstillers bevatten ook fluoride. Fluoride komt met name vrij als afvalproduct bij het smelten van aluminium en in de glasvezelindustrie. In de bodem komt het nogal eens voor bij stortplaatsen waar in het verleden fluorhoudend afval is gestort.

Cyanide is een verbinding van koolstof en stikstof (CN). Als bodem-verontreiniging is cyanide vooral vrijgekomen als afvalproduct van oude gasfabrieken en bij galvaniseerprocessen van de metaalverwerkende industrie. Tegenwoordig worden cyanides veel gebruikt als grondstof voor de productie van PUR schuim.



#### 3.4 Cyaankali is één van de gevaarlijkste gifstoffen

Cyanide kan voorkomen als vrij ion in water, als blauwzuurgas ( $\text{HCN}$ ) of als een zout (natrium-, kalium- of ijzercyanide). Ook kan cyanide in grotere metaalcomplexen gebonden zijn. Het 'Berlijns Blauw' is zo'n metaal-complex. Het komt voor in de bodem bij oude

gasfabrieksterreinen of daar waar afval van deze fabrieken is gestort of toegepast, Deze vorm is overigens niet heel giftig.

#### *Effecten op mens en milieu*

Vooraf door het intensieve gebruik van meststoffen wordt het milieu teveel belast. Verhoogde gehalten van deze stoffen in het oppervlaktewater leiden tot ongeremde groei van algen en kroos. Daardoor dringt zonlicht niet meer door in het water en wordt dit zuurstofarm. Dit wordt eutrofiëring genoemd.

Ammoniak dat vrijkomt uit dierlijke mest leidt bovendien tot verzuring van de bodem. Fosfaat is een belangrijke voedingsstof voor de mens. Een teveel ervan kan echter tot nierbeschadiging en botontkalking leiden.

Een teveel aan nitraat kan tot schildklierafwijkingen leiden. Bovendien kan nitraat in de maag en darmen worden omgezet in nitrosamine en dit is een kankerverwekkende stof.

Fluoride kan weliswaar tandbederf tegengaan, maar in wezen is het een zeer giftige stof. Als je er teveel van binnenkrijgt, geeft dat zogenaamde fluorose van het skelet en de tanden. Dit is een botziekte die kan leiden tot kreupelheid en vlekken en gaatjes (!) in het gebit. Dit zal niet zo gauw gebeuren als volg van blootstelling door bodemverontreiniging.

De meest giftige cyanideverbinding is die van vrij ion. Dit vrije cyanide verhindert een goed zuurstof transport in het bloed. Bij lage concentraties, waarbij geen acuut effect optreedt, heeft cyanide geen blijvend effect. In tegenstelling tot zware metalen accumuleert (ophopen) cyanide niet in het lichaam. Het wordt namelijk vrij snel in het lichaam afgebroken tot het minder giftige thiocynaat en via de urine uitgescheiden.

Hoewel bij bodemverontreinigingen vaak de complexe cyanidevorm wordt aangetroffen, kan door veranderingen in milieuomstandigheden (bv. zuurgraad, temperatuur, zonlicht) wel het zeer gevaarlijke blauwzuurgas HCN) ontstaan.

#### **Vragen 4.1.2**

1. Wat is de voornaamste bron van nitraat, fosfaat en ammoniak?
2. Hoe kun je uit een verontreiniging van cyanideverbindingen gasontwikkeling van blauwzuur (HCN) krijgen.

#### **4.1.3 Koolwaterstoffen**

Koolwaterstoffen zijn chemische verbindingen opgebouwd uit koolstof (C) en waterstof (H). Aan dit skelet kunnen elementen zoals zuurstof (O) en Chloor (Cl) gebonden worden.

Wanneer het skelet uit langgerekte ketens bestaat, spreekt men van alifatische koolwaterstoffen. Bij ringstructuren van 6 koolstofatomen spreekt men vaak van aromatische koolwaterstoffen.

Koolwaterstoffen kunnen worden ingedeeld in vijf groepen, deels op basis van de chemische structuren en deels op basis van de gebruiksfuncties. Deze vijf groepen worden hierna besproken.

#### **Vluchtige aromatische koolwaterstoffen**

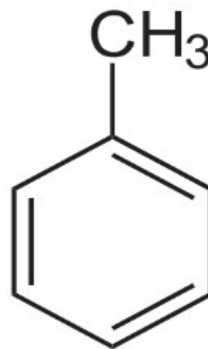
##### *Voorkomen*

In Nederland komen verontreinigingen met vluchtige aromatische kool-waterstoffen, vaak afgekort als 'VAK' of VAI's, relatief veel voor. De verontreinigingen zijn vaak te vinden op plaatsen waar olie, brandstoffen of oplosmiddelen zijn verwerkt of opgeslagen (tankstations,

metaalbewerkingsbedrijven, verffabrieken etc.). Vluchtige aromatische koolwaterstoffen vormen een belangrijk bestanddeel van benzine, verven en bepaalde ontvettingsmiddelen (bv. thinner = toluen). De stoffen waar het dan vooral om gaat zijn benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen. Om deze reden worden VAK ook wel eens aangeduid als BTEX. Deze stoffen worden gewonnen uit aardolie of komen vrij als nevenproduct bij de winning van aardgas.



4.5 Toluene is een prima oplosmiddel



4.6 Structuur van Toluene

Bodemverontreiniging met deze stoffen wordt vooral veroorzaakt door lekkage van (ondergrondse) opslagtanks. Omdat de aromaten vluchtig zijn, worden ze ook aangetroffen in de buitenlucht. Dat komt voornamelijk door de onvolledige verbranding en verdamping van benzine uit motoren. In sigarettenrook is ook benzeen aanwezig. Naar schatting 99% van de in het milieu terechtgekomen benzeen bevindt zich in de lucht. Sinds het begin van de jaren negentig van de vorige eeuw daalt de benzeenconcentratie echter geleidelijk. Vooral dankzij het gebruik van de katalysator in, en technische verbeteringen aan personenwagens.

#### *Effecten op mens en milieu*

De aromatische koolwaterstoffen worden door de longen opgenomen en worden via het bloed verspreid naar met name vetweefsel en het beenmerg. De stoffen kunnen ook worden ingeslikt of worden opgenomen via de huid. Ze worden ook grotendeels weer uitgescheiden en afgebroken. Ophoping in vetweefsel vindt slechts in zeer geringe mate plaats.

Van de aromaten is vooral benzeen een gevaarlijke stof. Het is namelijk een kankerverwekkende stof.

In Nederland mag benzeen niet meer worden gebruikt voor industriële doeleinden. In de schoenindustrie werd tot 1969 benzeenhoudende lijm gebruikt. Dit leidde tot een groot aantal gevallen van leukemie. Na een verbod (in 1969) op het gebruik van benzeen in deze industrie daalde het aantal gevallen van leukemie sterk.

De vluchtige aromaten zijn redelijk goed oplosbaar in water. Eenmaal opgelost in het grondwater verspreiden de aromaten zich snel.

De aromaten kunnen, doordat ze zowel in water als in vetachtige structuren kunnen doordringen, gemakkelijk door diverse bodem- en waterorganismen worden opgenomen en zijn zo voor veel organismen schadelijk. Het als bij de mens worden aromaten zoals benzeen echter na stopzetting van de blootstelling ook weer grotendeels uitgescheiden en afgebroken.

Dit geldt ook voor opname door planten. De bioaccumulatie (ophoping in de voedselketen) van dit soort stoffen is dus gering.

Bij bodemverontreiniging met vluchtige aromaten levert met name de inademing van binnenlucht een bijdrage aan de blootstelling. Ook kunnen duchtige aromaten via de huid (bij douchen) worden opgenomen als sprake van een polyethyleen waterleiding die in de verontreiniging ligt. De aromaten zijn dus in staat dit soort leidingen aan te tasten en te doordringen.

In aanwezigheid van zuurstof kunnen aromaten goed door micro-organismen (bacteriën) in de bodem worden afgebroken. Grondwater is echter vaak zuurstofloos, waardoor natuurlijke afbraak van aromaten zoals in het bijzonder benzeen langzamer plaatsvindt.

### **Polycyclische aromatische koolwaterstoffen**

#### *Chemische structuur en voorkomen*

De groep polycyclische aromatische koolwaterstoffen, vaak afgekort als 'PAK' of 'PAK's', bestaat uit een groot aantal verbindingen. Ze bestaan in feite uit twee, drie of meer benzeenringen aan elkaar geschakeld. Voorbeelden zijn: naftaleen, fenanthreen, chryseen, benzo(a)antraceen en het kankerverwekkende benzo(a)pyreen.

PAK komen vrij bij de verbranding van organisch materiaal, zoals hout, fossiele brandstoffen en tabak. Ook het zwart/bruine laagje op het geroosterd vlees bij barbecueën is PAK-houdend. Als bodem-verontreiniging komt PAK vooral voor in afvalproducten als verbrandingsas, slakken en sintels. Verharding en/ of verhoging met slakken of sintels (erven en wegen e.d.) heeft in Nederland veelvuldig plaatsgevonden.

Op voormalige gasfabrieksterreinen worden vaak ook omvangrijke PAK verontreinigingen aangetroffen. Bij de productie van stadsgas uit steenkool kwam teer vrij als bijproduct. Dat werd ter plaatse in teerputten opgeslagen en verkocht. Deze teer bestaat voor meer dan 75% uit PAK.

In waterbodems wordt PAK ook vaak in verhoogde gehalten waar-genomen. Deze PAK is afkomstig van met creosoot-olie behandelde steigers en beschoeiingen. Ook het vroegere gebruik van teer onder de waterlijn van stalen schepen is een oorzaak van PAK verontreiniging van waterbodems. PAK hechten zich relatief goed aan fijne slibdeeltjes in het water, waardoor een verspreiding over grote afstanden mogelijk is.



4.7 Creosoot is een schimmelbestrijdingsmiddel en ontstaat bij slechte verbranding in o.a. een schoorsteen

Het (her)gebruik van teerhoudende producten is sinds 2001 verboden. Creosootolie mag sinds 2003 niet meer worden gebruikt.

Bij de uitvoering van milieukundig (water)bodemonderzoek wordt over het algemeen gekeken naar een tiental veel voorkomende PAK. Deze zogenaamde PAK 10 VROM worden representatief geacht voor de hele groep stoffen.

#### *Effecten op mens en milieu*

Planten kunnen PAK via de wortels uit de bodem opnemen, maar ook uit de lucht via de bladeren.

Opname van PAK bij bodemverontreiniging zal vooral op kunnen treden via eten van gewassen en het inslikken van verontreinigde grond-deeltjes.

Blootstelling aan PAK is gevaarlijk vanwege de kankerverwekkende eigenschap van sommige verbindingen. Met name de PAK benzo(a)pyreen is hierom berucht. Ook bij relatief lage doses gedurende lange tijd kan deze stof tot kanker leiden.

Mensen zullen niet zo gauw een risico lopen bij een PAK verontreiniging van de waterbodem. Voor water(bodem)organismen kan een PAK verontreiniging in de waterbodem leiden tot een verminderde vruchtbaarheid en het ontstaan van tumoren.

Accumulatie in voedselketens treedt nauwelijks op want PAK verbindingen kunnen door de meeste hogere organismen snel worden afgebroken.

Polycyclische aromatische koolwaterstoffen zijn matig tot slecht oplosbaar. De verspreiding via het grondwater verloopt daardoor over het algemeen langzaam.

Ook de natuurlijke afbraak van polycyclische aromatische koolwaterstoffen gaat langzaam. Onder anaerobe (zuurstofloze) omstandigheden treedt afbraak nauwelijks op. Daardoor blijven PAK relatief lang in het milieu aanwezig.

#### **Gechloreerde koolwaterstoffen**

Afhankelijk van de grootte van de moleculen kunnen deze stoffen in meerdere kleinere groepen worden onderverdeeld. Een gangbare indeling is:

- vluchtige alifatische chloorkoolwaterstoffen (bv. tetrachlooretheen).
- gechloreerde aromatische koolwaterstoffen (bv. pentachloorfenol).
- gechloreerde di-aromatische koolwaterstoffen als PCB (polyChloorBiphenylen), dioxines en chloorbestrijdingsmiddelen (bv. DDT).

#### *Chemische structuur en voorkomen*

De vluchtige alifatische chloorkoolwaterstoffen (VOCI) zijn koolstofverbindingen zonder ringstructuren (zoals benzeen) gebonden met één of meerdere chlooratomen. Zij hebben de volgende belangrijke eigenschappen:

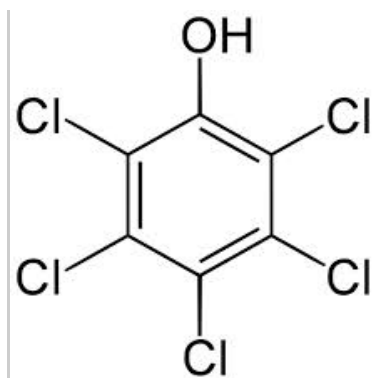
- de stoffen zijn relatief goed oplosbaar (tot 0,5 gram/liter);
- het soortelijk gewicht is aanmerkelijk groter dan water, waardoor dichtheidsstromen kunnen optreden (zinkt in water);
- de vluchtigheid van de stoffen zorgt ervoor dat deze stoffen relatief gemakkelijk uit water zijn te verwijderen.

De VOICI, waaronder trichlooretheen (tri) en tetrachlooretheen (per), zijn vloeistoffen die bij kamertemperatuur gemakkelijk verdampen. In de industrie worden deze stoffen intensief gebruikt als ontvettings- en schoonmaakmiddelen (bv. in chemische wasserijen).

Aanvankelijk werden ze stoffen als onschadelijk beschouwd en er is, naar de huidige maatstaven, zeer onzorgvuldig mee omgesprongen. Op heel veel plaatsen in Nederland zijn daardoor grondwaterverontreinigingen met 'tri' en 'per' aanwezig. Omdat de verbindingen zwaarder zijn dan water, zakken de verontreinigingen vaak tot op grote diepten (onderkant watervoerend pakket). Het saneren van dit soort verontreinigingen is daardoor erg lastig uiterst kostbaar.

De gechloreerde aromatische koolwaterstoffen bevatten een benzeenring met daarin één of meerdere chlooratomen.

Een voorbeeld van deze verbindingen is pentachloorfenol. Het wordt gebruikt om hout te impregneren ter bescherming tegen schimmels, als onkruidbestrijder en als ontsmettingsmiddel in de land- en tuinbouw. Sinds 1998 mag het in Nederland niet meer worden toegepast.



#### 4.8 Structuur van pentachloorfenol

Bodemverontreiniging met PCP vind je in het bijzonder bij houtconserverings-bedrijven en soms ook bij tuinbouwbedrijven. Opgelost in grondwater vertoont PCP bij een neutrale zuurgraad (pH) nauwelijks adsorptie aan bodemdeeltjes. Het is dan dus erg mobiel en kan zich opgelost in het grondwater snel en ver verspreiden in de stromingsrichting. Afbraak in aanwezigheid van zuurstof is mogelijk, in afwezigheid van zuurstof treedt afbraak slechts langzaam op.

De gechloreerde di-aromatische koolwaterstoffen zijn verbindingen waarbij twee benzeenringen al dan niet via een koolstof- of zuurstofatoom aan elkaar zijn verbonden. Bovendien zijn de aanwezige koolstofatomen verbonden met één of meerdere chlooratomen. Beruchte vertegenwoordigers van deze groep zijn de PCB's, de dioxines en DDT.

De PCB's of PolyChloorBiphenylen bestaan uit in totaal 209 verwante stoffen. Ze bestaan uit twee aan elkaar verbonden benzeenmoleculen. Daarbij kunnen één of meer waterstofatomen zijn vervangen door chloor-atomen (op de plaatsen 2 t/m 6 of 2' t/m 6', zie afbeelding). Ze werden geproduceerd vanaf 1930 tot het begin van de jaren tachtig. PCB's werden gebruikt in transformatoren, condensatoren, hydraulische systemen, als weekmaker in plastics, rubber en verf. Ze bezitten een zeer goed elektrisch isolatievermogen, zijn bestand tegen brand en geleiden warmte heel goed. Vanaf de jaren '70 werd duidelijk welke invloed deze verbindingen op mens en milieu hebben.

PCB's lossen gemakkelijk op in vet en hopen zich daarom op in de voedselketen. In 1985 kwam er in de Europese Unie een verbod op de productie en handel van PCB's. Momenteel is er nog een grote hoeveelheid PCB's aanwezig in transformatoren en condensatoren.

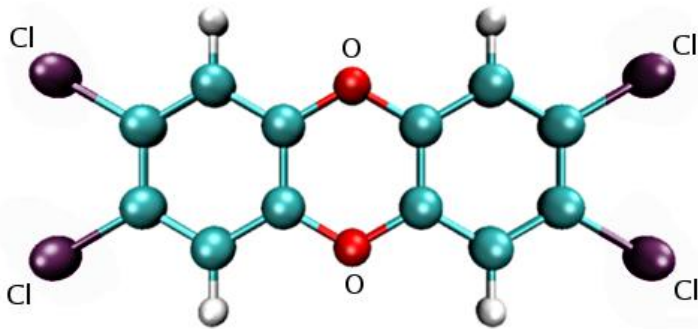


Als gevolg van lozingen op rivieren is veel slib in rivieren en havens verontreinigd geraakt met PCB's. Bodemverontreiniging met PCB's is in Nederland vooral ontstaan daar waar land is opgehoogd met verontreinigd baggerspecie.

Dioxines ontstaan als ongewenst bijproduct bij verbrandingsprocessen. Ze worden dus niet commercieel geproduceerd. Ze bestaan uit twee benzeenmoleculen die via twee zuurstofatomen met elkaar zijn verbonden. Daarbij zijn één of meer waterstofatomen op de benzeenringen vervangen door chlooratomen.

Ze ontstaan bij natuurlijke processen zoals vulkaanuitbarstingen, maar daarnaast bij de productie van staal, verwarming van gebouwen en het autoverkeer. Een grote bijdrage aan de dioxineverontreiniging in de lucht wordt tegenwoordig ook geleverd door de (onvolledige) verbranding van hout in vuurkorven en houtkachels.

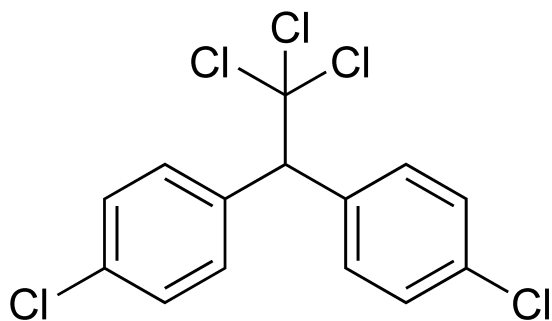
De meest giftige dioxine is de zogenaamde Seveso-dioxine, 2,3,7,8 tetra-chloordibenzodioxine (zie afbeelding). Deze stof kwam vrij in 1976 bij een brand in het Noord-Italiaanse plaatsje Seveso. Dit leidde bij veel mensen tot gezondheidsklachten, o.a. chlooracné. Dit is vaak een uiterlijk kenmerk van inwendige schade aan organen, zoals darm en lever.



#### 4.9 De structuur van Dioxine

Bodemverontreiniging ontstaat eigenlijk vooral doordat de dioxines uit de in stofdeeltjes of met de regen op de bodem neerslaan (depositie). Ze hechten zich gemakkelijk aan de gronddeeltjes. Er is dan sprake van een diffuse verontreiniging. Een puntbron verontreiniging met dioxines wordt nog wel in de grond aangetroffen bij vroegere kabelbranderijen. Hier werd de PVC laag van de kabels gebrand en daarbij ontstonden dioxines.

DDT werd in 1939 ontdekt door de Zwitserse chemicus Paul Müller. In 1944 kreeg hij de Nobelprijs voor zijn vinding.



#### 4.10 De structuur van DDT

Het werd als een wondermiddel beschouwd omdat het allerlei insecten-plagen kon bestrijden. Daarbij leek het onschadelijk voor zoogdieren.

Sinds begin jaren '70 van de vorige eeuw mag er in Nederland geen DDT meer gebruikt worden. In sommige ontwikkelingslanden wordt het nog wel gebruikt tegen malaria.

DDT wordt zeer langzaam afgebroken in de bodem. Daardoor kan het waar het is toegepast (in de land- en tuinbouw) nog lang aanwezig blijven als diffuse bodemverontreiniging.

#### *Effecten op mens en milieu*

In hoge concentraties zijn ontvettingsmiddelen zoals tetra- en trichloor-etheen en oplosmiddelen zoals trichloorethaan (banden solutie) zeer schadelijk voor de gezondheid. Zij kunnen namelijk relatief gemakkelijk de uit vetachtige structuren bestaande celwanden aantasten. Ze hebben bij blootstelling een bedwelmend effect en langdurige blootstelling kan onder andere leiden tot geheugenverlies.

Bij de afbraak van VOCl in de bodem kan het giftige (kankerverwekkende) vinylchloride ontstaan. Deze stof lijkt op tri en per, maar heeft in plaats van 3 (tri) of 4 (per) slechts 1 chlooratoom aan het molecuul. Deze stof is niet zwaarder dan water en erg mobiel en vluchtig. Bij een VOCl verontreiniging moet altijd worden onderzocht of zich vinylchloride heeft gevormd.

Er is weinig bekend over de effecten op het milieu van vluchtige alifatische chloor-koolwaterstoffen.

Bij bodemverontreiniging met vluchtige alifatische koolwaterstoffen levert vooral de inademing van binnenlucht een bijdrage aan de blootstelling. Ook kunnen deze verbindingen via de huid (bij douchen) worden opgenomen.

Bij langdurige en herhaaldelijke blootstelling aan Pentachloorfenol (PCP) kan er schade aan de nier- en leverfunctie optreden, schade aan het centrale zenuwstelsel en allergische reacties.

Bij bodemverontreiniging levert zowel inslikken van bodemdeeltjes als opname via de huid (bij douchen of direct contact met verontreinigde grond) of drinken van leidingwater, een belangrijke bijdrage aan de blootstelling.

PCB's zijn erg gevaarlijk omdat ze gemakkelijk oplossen in vet en daardoor ophopen in de voedselketen. Bovendien breken ze slechts langzaam af. Schadelijke effecten treden behalve bij de mens, vooral op bij roofdieren aan het einde van de voedselketen. Zeehonden kunnen bijvoorbeeld zo vergiftigd raken door PCB's dat dode exemplaren moeten worden behandeld al chemisch afval.

Men verdenkt PCB's ervan dat ze leverkanker kunnen veroorzaken.

Het meest opvallende effect van PCB's is echter dat de vruchtbaarheid van dieren afneemt, omdat PCB's verstrend werken op de hormoonhuishouding. PCB's kunnen namelijk de werking van het vrouwelijke hormoon oestrogeen nabootsen.

In 1980 werd een tijdelijk verkoopverbod van paling uit het stroomgebied van de Rijn ingesteld. Paling uit dat gebied bleek zoveel PCB's te bevatten dat er direct gevaar voor de volksgezondheid bestond.

Onderzoekers ontdekten in 1998 dat een aantal vrouwelijke ijsberen op Spitsbergen een penisachtige vergroeiing blijken te hebben. Onderzoekers vermoeden dat dit wordt veroorzaakt door PCB's. Ook in moedermelk van mensen zit een kleine hoeveelheid PCB.

De belasting met PCB als gevolg van (diffuse) bodemverontreiniging kan wel door inslikken van bodemdeeltjes, als door opname via de huid (bij douchen of direct contact met verontreinigde grond) of door het drinken van leidingwater, als door het eten van gewassen plaatsvinden.

Dioxines zijn evenals PCB's ook vetoplosbare stoffen die onder andere via de voedselketen in het menselijk lichaam terecht kunnen komen. Ze worden bijna niet meer afgebroken.

Dioxines die in/op de bodem terecht zijn gekomen, kunnen door planten worden opgenomen. Via gewasconsumptie kunnen ze dan verder in de voedselketen komen. De laatste tijd zijn dioxines in het nieuws gekomen doordat ze werden aangetroffen in koeienmelk (Likkebaardpolder) en in kippenvlees. Hier bleken de diervoeders met verhoogde gehalten dioxines de boosdoeners te zijn.

Hoogstwaarschijnlijk kan dioxine geboortefwijkingen veroorzaken, kanker bevorderen en de hormoonstofwisseling beïnvloeden.

We krijgen dioxine voornamelijk binnen via ons voedsel door het eten van vlees, zuivel, kip en vis. Een klein gedeelte van de dioxine is afkomstig uit andere bronnen, bijvoorbeeld door roken, het verkeer, minder goede houtkachels en vuurkorven.

Directe blootstelling via de bodem gebeurt met name door huidcontact en het inslikken van bodemdeeltjes.

In de late jaren negentig van de vorige eeuw werd overigens vastgesteld dat de blootstelling aan dioxines, afkomstig van menselijke activiteiten, afneemt. Dit is hoofdzakelijk te danken aan een verbeterde verbrandingstechnologie.

In 1962 werd ontdekt dat vogels die insecten en wormen aten massaal stierven in gebieden waar DDT werd gebruikt. Experimenten toonden aan dat zelfs kleine concentraties DDT de overlevingskansen en het voortplantingsvermogen van sommige soorten konden aantasten. Verschillende vogelsoorten waaronder de roofvogels werden bijna volledig uitgeroeid door DDT, omdat ze zich haast niet meer konden voortplanten. De eierschalen bleken dunner en braken sneller. Nadat het gebruik van DDT werd verboden is de roofvogelstand weer sterk toegenomen.

In de laatste decennia zijn in de chemische industrie veel nieuwe gechloreerde verbindingen gemaakt. De ontwikkeling van een bruikbare analysetechniek (ten behoeve van bodemonderzoek) voor nieuwe stoffen, kan jaren duren. Dergelijke stoffen worden dan ook zelden als bodem-verontreiniging opgemerkt en geïdentificeerd.

### **Vragen 4.1.3**

1. Geef een voorbeeld van een alifatische een cyclo en een aromatische KWS met 6 C-atomen en geef de namen van de stoffen.
2. Wat is de eenvoudigste VAK?
3. Wat is de eenvoudigste PAK? Geef ook de naam.
4. Waar kom je PAK's in een waterig milieu vooral tegen?
5. Noem een voorwaarde voor het ontstaan van PAK's bij een verbrandingsproces.
6. Leg uit waarom je bij een bodemverontreiniging met VAK's deze vaak niet in de bovenste bodemlaag tegenkomt maar wel dieper in het profiel
7. VOCl's geven in grondwater een zogenaamde zaklaag. Wat versta je hieronder?
8. Wat is het verschil tussen tri en per?
9. Tri en per zijn bekende stoffen uit de chemische waterrijen. Wat wordt hier zoal gewassen?

#### 4.1.4 Bestrijdingsmiddelen

De groep van bestrijdingsmiddelen heeft enige overlap met de andere besproken groepen stoffen. Naast de chloor-, fosfor- en stikstofhoudende pesticiden zijn nog vele soorten in gebruik of in gebruik geweest. Bestrijdingsmiddelen zijn tot en met de jaren zeventig op grote schaal gebruikt in de land- en tuinbouw. Aangezien de gevaren verbonden aan deze stoffen niet bekend waren, is hiermee tot de jaren '70 zeer zorgeloos omgegaan. Sindsdien is er in Nederland een streng toelatingsbeleid ontwikkeld voor bestrijdingsmiddelen. Alle bestrijdingsmiddelen zijn/worden door de het College van Toelating van Bestrijdingsmiddelen (CTB) beoordeeld op werkzaamheid en mogelijk schadelijke gevolgen voor mens en milieu. De bekendste (en beruchtste) bestrijdingsmiddelen zijn de zogenaamde 'Drins' (Aldrin, Dieldrin en Endrin) en de reeds besproken DDT. Zij behoren tot de 'Dirty Dozen', de 12 meest giftige verbindingen (waaronder de bestrijdingsmiddelen Lindaan, Chloordaan, Heptachloor, Mirex, Toxafeen).

In 2001 hebben 70 landen een verdrag ondertekend (de Stockholm Conventie) om de Dirty Dozen niet meer te gebruiken en de voorraden en afvalresten te vernietigen.

Drins mogen in Nederland al sinds 1966 niet meer worden toegepast. Ze werden onder andere gebruikt als insecticide en voor de behandeling van teeltgrond en zaaigoed. Ze breken zeer langzaam af en blijven dus lang aanwezig in het milieu. Om die reden kunnen ze nog steeds worden getroffen als diffuse verontreiniging in land- en tuinbouw. Drins lossen gemakkelijk op in vetweefsel en hopen zich dus op in de voedselketen.



#### 4.1.1 Drins zijn gevaarlijke pesticiden

Een bekende grote bodemverontreiniging waar drins een rol speelden was Lekkerkerk. Drins zijn zeer giftig. Bij lage concentraties kunnen ze al de fotosynthese van algen verstoren. Ze hebben een negatieve invloed op de vruchtbaarheid en energiehuishouding van vissen. Bij vogels kan er eierschaalverdunding en mislukt broedsel voorkomen.

Begin jaren 60 vielen jonge Grote Sterns van het eiland Griend uit de lucht en stierven kort daarna. Uit onderzoek bleek dat drins hiervan de oorzaak waren die opgeslagen waren in hun vetweefsel. De drins kwamen vrij tijdens de trek, omdat de vetvoorraad werd aangesproken. Het aantal broedparen daalde van enkele tienduizenden naar een kleine 1000.

De mosselen en vissen langs de kust bleken de oorzaak van de vergiftiging. De bron was een drins producerend bedrijf aan de Nieuwe Waterweg in Rotterdam. Daar lekte dagelijks een klein beetje drins via de afwatering weg dat in het slib en vervolgens in mosselen, vissen en vogels terecht kwam. Ook roofvogels stierven massaal, door het eten van duiven die op hun beurt zaaizaad hadden gegeten dat was behandeld met drins.

Opname van kleine hoeveelheden drins kan bij mensen leiden Tot aandoeningen aan het zenuwstelsel, verstoringen van de hormoonhuishouding van de schildklier, of vermindering van de lever functie.

Bij bodemverontreiniging met drins is inname via voedingsgewassen de belangrijkste blootstellingsroute.

#### **Vragen 4.1.4**

1.HCH staat voor hexa-chloor-cyclohexaan. Geef hiervan de structuurformule.

2.Welke twee chemische stoffen of structuren maken veel bestrijdingsmiddelen zo sterk toxisch?

#### **4.1.5 Overige verontreinigingen**

Onder de overige verontreinigingen vallen stoffen als Pyridine, Styreen, Ftalaten en minerale olie.

Ftalaten zijn weekmakers en worden vooral gebruikt om PVC zacht te maken. Daarnaast worden ze toegepast in cosmetica, verf en lijm.

Ftalaten komen veel voor in kinderspeelgoed van zacht PVC (Scoobidoes!). Het is een groep van verbindingen bestaande uit een benzeencarbonzuur verbonden met (vertakte) koolstofketens (zogenaamde alkylgroepen). De bekendste en meest toegepaste ftalaat is DEHF (Di-Ethyl-Hexylftalaat).

Kinderen kunnen de weekmakers binnenkrijgen door op de speeltjes te sabbelen en te bijten. Bij recent onderzoek van het Amerikaanse Center for Disease Control werden hoge concentraties Ftalaten in het bloed van vrouwen aangetroffen. Vermoedelijk zijn deze afkomstig van cosmetica-producten.

Het slib van vrijwel alle grote Nederlandse rivieren en in het IJsselmeer bevat (te) hoge concentraties Ftalaten. In Nederland wordt naar schatting jaarlijks 300 ton Ftalaten uitgestoten naar het milieu. Het zijn verbindingen die langzaam afbreken in het milieu en ook gemakkelijk oplossen in vetweefsel.

Langdurige blootstelling kan leiden tot nier- en leverbeschadigingen en mogelijk leverkanker (maar hierover zijn de meningen verdeeld). Bovendien wordt in het bijzonder het ftalaat DEHF ervan verdacht een hormoon-verstorende werking te hebben. Deze verstorende werking betreft dan vooral het hormoon oestrogeen. De voortplantingsorganen kunnen daardoor worden aangetast.

De EU heeft in september 2004 het gebruik van een aantal Ftalaten (waaronder DEHF) verboden in speelgoed en verzorgingsproducten voor kinderen.

Minerale olie is een mengsel van koolwaterstoffen en omvat zowel de aardolie zoals die gewonnen wordt (crude-oil) als vele afgeleide producten benzine, kerosine, huisbrandolie etc.).

Bodemverontreiniging met minerale olie komt in Nederland heel veel voor. Het gaat dan voornamelijk om lekkende ondergrondse tanks en leidingen, bijvoorbeeld bij garages, benzinestations, etc. De risico's van een dergelijke verontreiniging worden voor een groot deel bepaald door het percentage in de olie aanwezige aromatische koolwaterstoffen.



#### 4.12 Ook minerale olie is een milieugevaarlijke stof

Minerale olie kan zowel bestaan uit lange ketens alifatische koolwaterstoffen als uit een mengsel van alifaten en aromaten. De alifatische koolwaterstoffen kunnen voorkomen in verschillende molecuullengtes. Korte alifaten zijn bijvoorbeeld octaan (molecuul bevat 8 C-atomen) en hexaan (C6).

Lange alifaten zijn bijvoorbeeld eicosaan (C20) en pentacosaan (C25).

De langere alifaten kunnen in meer of mindere mate vertakt zijn. In het algemeen kan worden gezegd dat alifaten met een korte ketenlengte mobiel en vluchtig zijn, terwijl alifaten met een lange ketenlengte vaak sterk aan de gronddeeltjes zijn gebonden en weinig mobiel en vluchtig zijn. Een sterkere vertakking van de alifaten gaat samen met een eveneens sterkere binding gronddeeltjes. Bovendien zijn de alifaten bij toenemende ketenlengte en vertaktingsgraad moeilijker afbreekbaar. Dit komt omdat langere ketens ook moeilijker oplosbaar zijn. Afbraak door bacteriën kan namelijk alleen maar plaatsvinden in de water fase.

Dat zij een bedreiging voor het milieu kunnen vormen, komt niet alleen door de directe toxiciteit bij relatief hoge concentraties, maar ook door het feit dat olie zich op het grondwater ophoopt (drijfslag). Hierdoor is zuurstofuitwisseling tussen lucht en water niet meer mogelijk waardoor het bodemecosysteem wordt aangetast.

Tot slot wil ik hier nog wijzen op asbest. Ook dat vinden we veel als bodemverontreiniging met soms aanzienlijke risico's.

#### Vragen 4.1.5

1. Wat kun je zeggen van de structuur van stookolie ten opzichte van benzine?
2. Leg uit waarom moleculen met langere ketens minder vluchtig zijn.

#### 4.1.6 Biologische verontreinigingen

Er is nog een groep verontreinigingen waar je niet vaak over leest of hoort spreken. Het zijn de zogenaamde biologische verontreinigingen.

In zo'n geval is de bodem verontreinigd met voor mens, dier of plant schadelijke organismen. Een voorbeeld hiervan zijn de zogenaamde miltvuurbosjes. Tot het eind van de jaren 20 in de vorige eeuw werden met miltvuur (antrax) besmette kadavers van vee diep in de grond begraven. Om te voorkomen dat de grond later weer werd omgewoeld, werden er meestal bomen op geplant. De laatste 80 jaar worden kadavers die besmet zijn met miltvuur, verbrand in een speciale oven.

De miltvuurbacterie kan zeer lang (meer dan 100 jaar) overleven. Als je dus ook nu nog bij graafwerkzaamheden stuit op resten van kadavers, moet het werk worden stilgelegd. De vondst moet dan gemeld worden bij de veterinaire-inspecteur van de regionale dienst van de Keuringsdienst van Waren. Die onderneemt dan verdere actie. Na het treffen van bepaalde veiligheidsmaatregelen wordt de kuil meestal weer toegedekt met grond. Het kost vaak teveel moeite om de aanwezigheid van miltvuurbacteriën aan te tonen.

In de landbouw kan de bodem besmet ('verontreinigd') zijn met organismen die gewas ziekten kunnen veroorzaken. Een voorbeeld hiervan is het aardappelvormende aaltje (een nematode) die aardappelmoeheid veroorzaakt. Als een boer grond nodig heeft om een deel van zijn akker op te hogen, zit die boer natuurlijk niet te wachten op besmette grond. Als er dus grond van een akker naar een andere akker wilt brengen zou je dus niet alleen naar de chemische kwaliteit, maar ook naar de biologische kwaliteit moeten kijken. Er is misschien wat voor te zeggen hier ook in het bodembeheer rekening mee te houden. In het geval van bodemkwaliteitskaarten wordt momenteel alleen rekening gehouden met de chemische kwaliteit van homogene deelgebieden en niet met de voor een boer minstens zo belangrijke biologische kwaliteit.



4.13 Aaltjes die bieten hebben aangetast

#### Vragen 4.1.6

1. Grond werd vroeger met chemicaliën ontsmet voordat je er iets op ging telen. Als je dit niet deed trad er bijvoorbeeld "aardappelmoeheid" op.

a. Waardoor werd deze "moeheid" veroorzaakt?

b. Je kon het bestrijden met wisselteelten. Wat verstaan we hieronder?

c. Een andere techniek was het begassen met methylbromide ofwel broommethaan. Geef de structuurformule van dit voor de ozonlaag schadelijke gas.

## Bijlage

### Chemische stoffen

Formule	naam	eigenschappen
OH <sup>-</sup>	Hydroxide	Loog; basisch
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitraat	Meststof of nutriënt
CN <sup>-</sup>	Cyanide	Giftig
F <sup>-</sup>	Fluoride	Tandversteviger
CL <sup>-</sup>	Chloride	Deel van keukenzout
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Carbonaat	Komt van kalk Geeft hard water
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Waterstofcarbonaat	Zuurbindend deeltje in grondwater
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfaat	Geoxideerde zwavel
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Nitriet	Wordt ooit nitraat
S <sup>2-</sup>	Sulfide	Afbraakstof van zwavel in eiwit Rotte eierenlucht
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fosfaat	Meststof of nutriënt
Zware metalen	Metalen met een soortelijke massa zwaarder dan ijzer	Allen schadelijk of giftig vb kwik, lood, tin, chroom, cadmium
Pos ionen	Deeltjes die één of meer elektronen missen	Algemeen voorkomend in de bodem van Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> en NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Minerale olie	Rechte of vertakte C-ketens Methaan, ethaan, butaan	Aardolieproducten zijn onoplosbaar in water
alkenen	Rechte of vertakte C-ketens met dubbele bindingen	Onverzadigd, grondstof voor plastic Etheen, buteen
HCH	Hexa-chloor cyclohexaan	Insecticide, bestrijdingsmiddel
Vak's; BETEX	Benzeen, toluen, ethylbenzeen, xyleen	Toevoegingen aan benzine, giftige stoffen
Pak's; poly-aromatische koolwaterstoffen	Naftaleen is 2x benzeen	Zit vaak in teer of carbolineum
VOX'S en EOX'S	Vluchtige en extraheerbare organische chloorverbindingen	Tri- en perchlooretheen; chemische wasmiddelen
CH <sub>3</sub> OH	methanol	Spiritus bestanddeel
Benzeen-etheen	styreen	Grondstof voor plastic/rubber
CH <sub>2</sub> O	formaldehyde	Sterk water, lijmoplosmiddel
PCB	Polychloor bifenyl	Warmteafvoer-vloeistof voor transformatoren
PVC	polyvinylchloride	Inert plastic
CH <sub>3</sub> BR	methylbromide	Grondontsmettingsmiddel
NH <sub>3</sub>	ammoniak	Afbraakproduct van eiwit
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	soda	Reinigingsmiddel
NaClO	Natriumhypochloriet chloorbleekloog	Desinfectiemiddel
CaCO <sub>3</sub>	kalk	Schelpenrestant
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	zwavelzuur	Bestanddeel zure regen
HCl	Zoutzuur	Neutraliseert basen
HNO <sub>3</sub>	salpeterzuur	Bestanddeel zure regen
H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	koolzuur	Vormt broeikasgas CO <sub>2</sub>
NaOH	Natronloog Caustic soda	Gootsteenontstopper
CaSO <sub>4</sub>	gips	Onoplosbaar in water
CaHCO <sub>3</sub>	Koolzure kalk	Neutralisatiestof in landbouw



## Hoofdstuk 5. Toxicologie

### 5.1 Inleiding

In de vorige paragraaf is het woord toxisch of giftig al een paar keer ter sprake gekomen. In deze paragraaf gaan we hier dieper op in. De humane toxicologie wordt behandeld, gericht op de mens, en vervolgens de ecotoxicologie, gericht op ecosystemen. Tot slot gaan we nog in op normen. Maar eerst leggen we voor een beter begrip iets uit over de geschiedenis van de toxicologie en wanneer bodemverontreiniging daarbij een rol ging spelen.

#### 5.2.1. Toxicologie en bodemverontreiniging

##### *Geschiedenis van de toxicologie*

De letterlijke betekenis van toxicologie is 'kunde van de vergiften'.

Toxon is het Griekse woord voor boog en daar werden met vergif ingesmeerde pijlen (toxeuma) mee afgeschoten. In de klassieke oudheid, ten tijde van de Romeinen en Grieken, wist men al heel veel over allerlei giftige planten en dieren en hun werking op de mens. Alleen werd die kennis juist vaak gebruikt om mensen te doden.

Ook in de Middeleeuwen kwam het bewust vergiftigen van mensen veel voor. Een berucht voorbeeld hiervan is de Italiaanse vrouw Toffana die make-up (voor mannen) vermengd met arsenicum verkocht aan vrouwen die van hun man af wilden komen. De ook in die tijd levende Catharina de Medici deed 'toxicologisch onderzoek' door vergiften te geven aan zieken en armen. Onder het mom van geneeskrachtige hulp testte ze zo de werkzaamheid van vergiften.

Een meer verantwoorde basis voor de moderne toxicologie werd in de 15e eeuw gelegd door de Zwitserse arts Paracelsus. Eigenlijk heette hij Pilippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim! Hij zocht naar chemische stoffen in planten met een geneeskrachtige werking. Van hem komt ook de uitspraak "dosis sola facit venenum". Het is de hoeveelheid van een stof (dosis) die bepaalt of iets een vergif is. Zelfs water of keukenzout kan giftig zijn, als je er maar genoeg van binnen krijgt. Hoe kleiner de dosis waarbij vergiftigingsverschijnselen optreden, des te giftiger is de stof.

Tabel 5.1 geeft een overzicht van de giftigheid bij opname via de mond van een aantal bekende vergiften, in vergelijking tot het nauwelijks giftige keukenzout.

De moderne humane toxicologie is een tak van wetenschap die midden 19e eeuw als apart vakgebied is ontstaan. Er werden dierproeven gedaan om de verschillende effecten van de toen bekende vergiften te onderzoeken. Ook werd onderzoek gedaan naar tegengiften. In die tijd werden voor het eerst ook analyses ontwikkeld om vergiftiging als doodsoorzaak aan te tonen.

Stof	LD <sub>50</sub>	Herkomst of toepassing
Botuline toxine A	0,0005	N: bacterie
Difterie toxine	0,3	N: bacterie
TCDD (dioxine)	1	N/S: natuurlijke/industriële verontreiniging
Tetrodotoxine	15	N: kogelvis
Amanitine	150	N: vliegenzwam
Curare	500	N: plant
Strychnine	500	N: plant
Aflatoxine B <sub>1</sub>	600	N: schimmel
Aldicarb	900	S: bestrijdingsmiddel
Nicotine	1.000	N: plant (tabak)
Methylkwik	1.000	N/S: delfstof/bacterieel omzettingsproduct
Parathion	3.000	S: bestrijdingsmiddel
Endrin	7.000	S: bestrijdingsmiddel
Blauwzuur	10.000	N/S: plant
Thallium (rattengif)	10.000	N/S: natuurlijk element/bestrijdingsmiddel
Dieldrin	46.000	S: bestrijdingsmiddel
Methylbromide	100.000	S: ontsmettingsmiddel
DDT	113.000	S: bestrijdingsmiddel
Lood	120.000	N/S: delfstof/bewerkt metaal
Tetrachloorkoolstof	570.000	S: oplosmiddel
Keukenzout	4.000.000	N: zeewater, aardkorst

Acute giftigheid van enkele stoffen bij opname via de mond  
LD<sub>50</sub> in µg per kg lichaamsgewicht bij kleine proefdieren (rat, muis, cavia)  
S = van industriële herkomst, N = van natuurlijke herkomst

Tabel 5.1 Giftigheid van stoffen bij opname door de mond

### *De relatie tussen bodemverontreiniging en toxicologie*

Het is natuurlijk leuk om van alles over toxicologie te vertellen, maar je vraagt je natuurlijk af hoe en wanneer de relatie met bodemverontreiniging werd gelegd. Daarom nu eerst het verhaal hoe en wanneer bodemverontreiniging een rol ging spelen in de toxicologie.

Tot in de 19e eeuw (1800 -1900) was het een ongelooflijke rotzooi in de steden. Mensen gooiden hun afval op straat of in de grachten. Uitwerpselen van mensen en dieren werd deels vel werkt tot mest, maar een deel kwam ook op straat en in de grachten terecht. Bedrijven in de steden produceerden lawaai en stank en dumpten hun afval overal. Geen wonder dat er vaak ziekten heersten zoals cholera.

Men had wel door dat er een verband bestond tussen de ziekten en de vervuiling van de omgeving. Rotting van de bodem en de daaruit voortkomende 'kwalijke dampen' werden als oorzaak gezien van bepaalde ziekten. Men ging er vanuit dat die dampen vooral uit met poep verontreinigde bodems kwamen. Dat was de enige bodemverontreiniging die men destijds onderkende.

Aan het eind van de 19e eeuw werd ontdekt dat bacteriën de verwekkers van bepaalde ziekten zijn. Die zaten vooral in het water.

De bodem met zijn 'kwalijke dampen' verdween daardoor uit het zicht. Vanaf dat moment had men eigenlijk alleen nog aandacht voor 'rottende' waterverontreiniging, veroorzaakt door lozing van goed afbreekbare organische stoffen.

De overlast die men verder had van bedrijven leidde aan het eind van de 19<sup>e</sup> eeuw tot de Fabriekswet, de voorloper van de latere Hinderwet (nu Wet milieubeheer). Hoewel verontreiniging met anorganische en slecht afbreekbare organische stoffen nauwelijks aandacht kreeg, had men wel veel aandacht voor arbeidshygiëne. Men wist van veel van dat soort stoffen wat hun invloed was op de gezondheid van arbeiders. Die stoffen kwamen echter ook buiten de fabrieken in de bodem terecht. Maar er was in die tijd geen aandacht voor de risico's die dat met zich meebracht voor de gezondheid van mens en milieu. Dat besef ontstond eigenlijk pas 1950 Vanuit diverse verenigingen die zich inzetten voor natuurbehoud

ontstond toen langzamerhand ook het milieuhygiënische begrip van bodemverontreiniging. Dat leidde overigens pas in 1983 tot de Interimwet Bodembescherming, de voorloper van de huidige Wet bodembescherming (Wbb).

### Vragen 5.2.1

1. Wat is een algemeen kenmerk van giftige stoffen?
2. Wat verstaan we onder bio-activatie?
3. Waarom zijn stoffen die in vet oplossen en niet in water, extra gevaarlijk?

### 5.2.2 Humane toxicologie

In de moderne humane toxicologie onderzoekt men vooral de wijzen waarop schadelijke stoffen het lichaam binnenkomen, zich daarin verspreiden en hun nadelige werking uitoefenen. Ook doet men onderzoek aan proefdieren om effecten op de mens te kunnen voorspellen.

#### *Hoe wordt een stof na blootstelling onschadelijk gemaakt?*

Na inademing of inslikken van, of huidcontact met een schadelijke stof kan het in het bloed terecht komen. Het kan zich dan over het hele lichaam verspreiden. Er hoeft dan nog niet direct schade op te treden. Dat hangt niet alleen af van de giftigheid van de stof, maar ook van de mogelijkheid van het lichaam om de stof onschadelijk te maken of kwijt te raken. Een stof kan via de ontlasting of urine, al dan niet na afbraak door de lever, worden uitgescheiden. Ook kan uitscheiding via de longen of via zweet, nagels of haren plaatsvinden.

De lever is een belangrijk orgaan voor het afbreken van schadelijke stoffen.

Vooraf die stoffen die gemakkelijk in vet oplossen (zoals PCB's en dioxines), Soms is daarbij sprake van bio-activatie. Het door de lever omgezette product is nog giftiger dan de oorspronkelijke giftige stof.

Een voorbeeld daarvan is methanol dat bijvoorbeeld voorkomt in zelf en niet juist gestookte dranken (wodka). Niet het drinken van de giftige methanol veroorzaakt blindheid, maar het hieruit door leveromzetting ontstane formaldehyde.

De nieren kunnen schadelijke stoffen uit het bloed filteren en via de urine uitscheiden. Ze kunnen vooral stoffen uitscheiden die gemakkelijk oplossen in water.

Het lichaam kan schadelijke stoffen ook opslaan in vetweefsel (DDT, Drins, PCB's, dioxines) of in botten (lood). Als het vetweefsel wordt afgebroken (bij vermagering) komen de schadelijke stoffen in grote hoeveelheden in de bloedbaan terecht. Wat dit voor gevolgen kan hebben, hebben we al gezien bij vogels in de jaren 60. Die gingen dood door het tijdens de trek vrijkomen van Drins uit hun vetreserves.

#### *Hoe worden effecten vastgesteld en aangetoond?*

Ten aanzien van het effect dat optreedt na een bepaalde blootstelling aan een bepaalde concentratie wordt onderscheid gemaakt tussen een acuut effect dat optreedt na een hoge enkelvoudige dosis en een lange termijn of chronisch effect dat optreedt na een relatief lage dosis die men gedurende langere tijd binnenkrijgt.

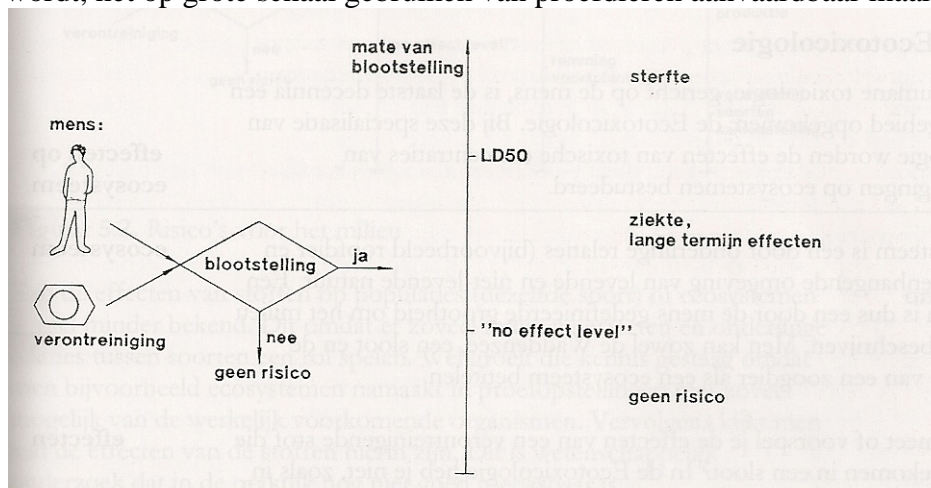
Men heeft, om de acute toxiciteit te kwantificeren en dus in getallen uit te drukken, veel onderzoek gedaan met proefdieren. Voor (zoog)dieren wordt de zogenaamde 'LD50' gebruikt.

Deze LD50 (LD = lethale dosis) is de dosis waarbij 50% van de proefdieren die aan die dosis is blootgesteld, sterft. De LD50 wordt uitgedrukt in microgram ( $\mu\text{g}$ ) per kilogram lichaamsgewicht. Ook bij het bepalen van de risico's voor de mens wordt gebruik gemaakt van de LD50-waarden. Op de LD50 als maat voor de acute toxiciteit is veel kritiek. Het sterven van de proefdieren is immers niet het enige effect dat toxicologisch van belang is. Daarnaast vraagt men zich af hoe men de resultaten naar de mens of andere organismen kan vertalen. Zolang er echter geen alternatief voor de LD50 bepaling is, zal deze de belangrijkste maat voor giftigheid van verbindingen blijven. Daarnaast wordt steeds meer het accent gelegd op het onderzoek naar de chemische reacties die verantwoordelijk zijn voor een bepaald effect (welke enzymen zijn in het lichaam betrokken, welke reacties vinden er plaats).

De lange termijn effecten zijn nog veel moeilijker te kwantificeren. Het zal duidelijk zijn dat het onderzoek bemoeilijkt wordt door de tijdsfactor. Om te bepalen wat de effecten over twintig jaar zijn, zal immers twintig jaar moeten worden gewacht. En wanneer men deze tijd heeft gewacht, is het nog heel moeilijk om de effecten te beschrijven zonder rekening met andere factoren te houden.

De effecten die ontstaan bij langdurige blootstelling worden onderzocht in et zogenaamde chronische toxiciteitonderzoek. Een daarbij vaak genoemde maat is de no observed effect level (NOEL). Dit is de concentratie die, voor zover waarneembaar, nog geen schadelijke effecten veroorzaakt. Bij overschrijding ervan worden schadelijke effecten niet uitgesloten. Deze maat is meestal ontleend aan chronische toxiciteitonderzoek.

Toxicologisch onderzoek met mensen kan natuurlijk niet, het is ethisch niet aanvaardbaar. Gegevens over de toxiciteit bij mensen worden dan ook vaak ontleend aan ongevallen en ziekteverschijnselen bij bepaalde takken van de industrie. Als men echter onderzoek met proefdieren gaat uitvoeren, is het de vraag of de resultaten direct op de mens van toepassing zijn. Tegen het gebruik van dieren die evolutionair gezien het dichtst bij de mens staan apen, varkens, honden ed.) is maatschappelijk ook weerstand. Met name de LD50-bepalingen vragen een groot aantal proefdieren. Het is dan ook de vraag of de informatie die verkregen wordt, het op grote schaal gebruiken van proefdieren aanvaardbaar maakt.



Figuur 5.2 Gezondheidsrisico's

Aantonen van effecten van de bodemverontreiniging op de gezondheid van mensen is erg moeilijk. Mensen kunnen verschillen in gevoeligheid, maar bovendien is het moeilijk andere factoren als oorzaak van bepaalde klachten uit te sluiten. Gevoeliger mensen zijn bijvoorbeeld kinderen. Zij vertonen nog zogenaamd hand-mond gedrag en krijgen dus meer, mogelijk

verontreinigde, deeltjes binnen. Ook lichamelijk zwakkere mensen en zwangere vrouwen zijn gevoeliger voor verontreiniging.

Bepaalde leefgewoontes kunnen de effecten na blootstelling aan een verontreiniging vergroten. Blootstelling aan een bodemverontreiniging hoeft niet te leiden tot overschrijding van een gezondheidsnorm. In combinatie met roken, deelname aan het autoverkeer, omstandigheden op het werk kan echter uiteindelijk wel sprake zijn van een overschrijding van de norm.

We weten wel veel over de schadelijke effecten van individuele stoffen. Over het gezamenlijke effect van verschillende stoffen waar we tegelijkertijd aan worden blootgesteld, weten we nog heel weinig. Dit gezamenlijke effect kan misschien groter zijn dan de simpele optelling van de individuele effecten (synergisme),

Over dat laatste moet je eens goed nadenken. De aanpak van bodem-verontreiniging komt steeds lager op de politieke agenda te staan. We veronderstellen dat de risico's minder zijn dan we in eerste instantie dachten. Maar eigenlijk is over die risico's niet eens zo heel veel bekend. Genoeg reden om voorzichtig om te gaan met bodemverontreiniging.

### **Vragen 5.2.2**

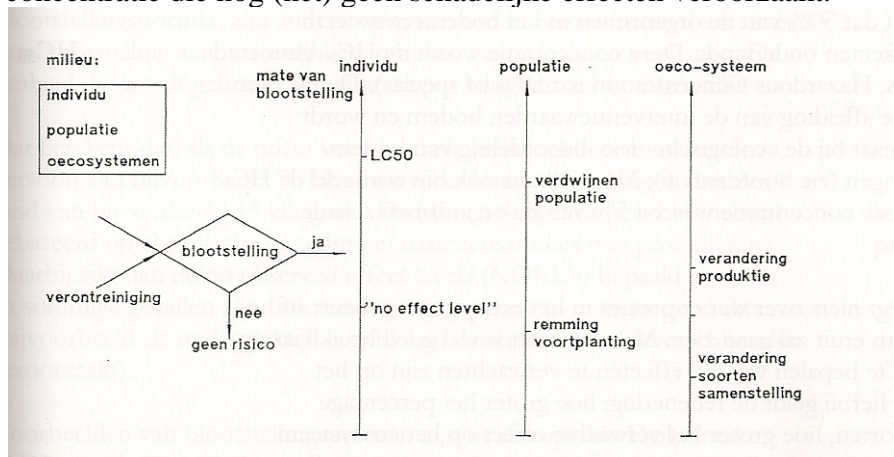
1. Is de LD50 waarde een concentratie of een hoeveelheid aanduiding? Verklaar je antwoord.
2. Wat verstaan we onder chronische toxiciteit?
3. Wat is het tegenovergestelde van chronische toxiciteit?
4. De werking van stoffen op elkaar kennen we als synergisme en het tegendeel, antagonisme. Wat verstaan we onder deze begrippen?
5. Wat is het belangrijkste verschil in de LC50 en de LD50 aanduiding?
6. Hoe kan het dat in figuur 4.2 populaties al verdwijnen vóóordat de LC50 waarde is bereikt?

### **5.2.3. Ecotoxicologie**

Naast de humane toxicologie, gericht op de mens, is de laatste decennia een nieuw vakgebied opgekomen: de Ecotoxicologie. Bij deze specialisatie van de toxicologie worden de effecten van toxische concentraties van verontreinigingen op ecosystemen bestudeerd. Een ecosysteem is een door onderlinge relaties (bijvoorbeeld roofdier en prooi) samenhangende omgeving van levende en niet-levende natuur. Een ecosysteem is dus een door de mens gedefinieerde grootheid om het milieu te kunnen beschrijven. Men kan zowel de Waddenzee, een sloot en de mondholte van een zoogdier als een ecosysteem betitelen. Maar hoe meet of voorspel je de effecten van een verontreinigende stof die terecht is gekomen in een sloot? In de Ecotoxicologie heb je niet, zoals in de humane toxicologie, te maken met 1 organisme (de mens), maar met een ingewikkeld systeem van vele elkaar beïnvloedende organismen. Als de stof giftig is voor watervlooien kan dat bijvoorbeeld betekenen dat er meer algen in de sloot gaan groeien omdat er minder watervlooien zijn die algen eten. De directe effecten van de stof op de watervlo worden gevolgd door een keten van indirecte effecten, die kunnen leiden tot een heel andere soorten samenstelling. Het meeste is bekend van effecten van stoffen op individuele organismen. De testen die hiervoor worden uitgevoerd lijken op de testen uit de humane toxicologie.

In plaats van de LD50 wordt, als maat voor de acute toxiciteit voor organismen in het grond-, lucht- of watermilieu, de LC50 (LC = lethale concentratie) gebruikt. Dit is de concentratie van een stof waarbij, in de toxiciteitstest, 50% van de testorganismen sterft. Voor de toxiciteit bij langdurige blootstelling wordt de 'geen-effect' concentratie als maat gebruikt. De (Engelse)

afkorting hiervan is NOEC (in Engels: No Observed Effect Concentration). Dit is die concentratie die nog (net) geen schadelijke effecten veroorzaakt.



### 5.3. Risico's voor het milieu

Van de effecten van stoffen op populaties (dezelfde soort) of ecosystemen is veel minder bekend. Dit omdat er zoveel indirecte effecten en onderlinge relaties tussen soorten een rol spelen. Wel groeit die kennis gestaag omdat men bijvoorbeeld ecosystemen namaakt in proefopstellingen met zoveel gelijk van de werkelijk voorkomende organismen. Vervolgens kijkt men wat de effecten van de stoffen hierin zijn. Dit is wetenschappelijk onderzoek dat in de praktijk nog niet goed toepasbaar is.

Soms zijn effecten van verontreiniging op een ecosysteem wel indirect zichtbaar. Bij sterke verontreiniging met de zware metalen cadmium en lood de bovengrond kan de afbraak van bladeren geremd worden. Dit wordt veroorzaakt doordat het aantal schimmels en andere voor het omzettingsproces belangrijke organismen sterk in aantal zijn verminderd.

Om toch iets over de mogelijke effecten van een stof op een ecosysteem te kunnen zeggen, worden vereenvoudigingen toegepast. Een voorbeeld van een vereenvoudiging is de methode die voor de ecotoxicologische onderbouwing van normen wordt gebruikt.

In deze methode worden NOEC waarden van een stof voor een klein aantal organismen bepaald. Vervolgens wordt de gevoeligheid voor deze stof van alle organismen in het ecosysteem geschat. Er zijn hiervoor NOEC waarden van minimaal 4 organismen uit verschillende groepen (zoals planten, wormen, schimmels, etc.) nodig. Met een rekenmethode kan vervolgens het percentage soorten in het ecosysteem worden geschat dat wordt aangetast bij een bepaalde concentratie van de stof.

Bijvoorbeeld: bij een concentratie van 12 mg/kgds cadmium in grond wordt geschat dat 50% van de organismen in het bodemecosysteem schadelijke effecten ondervindt. Deze concentratie wordt de HC50 genoemd (in het Engels: Hazardous Concentration for 50% of species). De HC50 is gebruikt bij de afleiding van de interventiewaarden bodem en wordt gebruikt als maat bij de ecologische risicobeoordeling van bodemverontreinigingen. Maar je kunt ook bijvoorbeeld de HC5 kiezen, ofwel de concentratie waarbij 5% van de organismen schade ondervindt.

Deze maat zegt niets over wat er precies in het ecosysteem gebeurt of hoe het ecosysteem eruit zal gaan zien. Maar de maat is wel goed bruikbaar om concentraties te bepalen waarbij effecten te verwachten zijn op het ecosysteem. Hierbij geldt de redenering: hoe groter het percentage aangetaste soorten, hoe groter het verwachte effect op het ecosysteem.

### Vragen 5.2.3

1. Wat zou de verminderde afbraak van bladeren voor effect op een ecosysteem kunnen hebben?
2. Welke concentratie waarde zal het laagst zijn: de HC50 of de HC5?

### 5.2.4. Normen

Milieuhygiënische normen vormen een belangrijk hulpmiddel om de kwaliteit van het milieu te waarborgen.

Normen voor het milieu zijn er in veel soorten. Een gedragsnorm is bijvoorbeeld dat de motor van een auto niet mag blijven draaien als er moet worden gewacht bij een open brug. Er zijn ook productnormen, voor bijvoorbeeld baggerspecie, bouwstoffen en zuiveringsslib. Voor het onderzoek naar verontreinigingen in bodem, lucht en water en de risico's van deze verontreinigingen zijn vooral twee soorten normen belangrijk: de milieukwaliteitsnormen en de blootstellingsnormen.

#### *Milieukwaliteitsnormen*

Milieukwaliteitsnormen zijn er ook weer in soorten en maten. Deze normen geven meestal een concentratiegrens aan die niet overschreden mag worden. Voorbeelden zijn de drinkwaternormen, de warenwetnormen voor groente en andere consumptiegoederen en de Grenswaarden voor de lucht op de werkplek (voormalige MAC). De vroegere MAC-waarden en de warenwetnormen waren/zijn gedeeltelijk gezondheidkundig onderbouwd. Maar bij het opstellen hiervan is ook rekening gehouden met economische afwegingen.

Soms hebben milieukwaliteitsnormen een andere betekenis: dan zijn het signaalwaarden, die aangeven dat er iets aan de hand kan zijn of dat er een vervolgonderzoek moet worden uitgevoerd. Voorbeelden hiervan zijn de C-sigitaalwaarden voor land- en tuinbouwgronden en de T-waarde uit de Wet bodembescherming. Er zijn ook normen die een beleidsdoel aangeven. De huidige streefwaarden (voor grondwater) en achtergrondwaarden (voor grond) zijn hiervan een mooi voorbeeld.

#### *Blootstellingsnormen*

Blootstellingsnormen zijn anders: ze geven een maximaal toelaatbaar niveau van blootstelling aan, via inslikken, opname via de huid en inademen. De eenheid die wordt gebruikt is milligram per kilogram lichaamsgewicht.

Dat betekent dat, als de norm voor het hele leven geldt, een volwassen persoon van bijvoorbeeld 70 kilogram meer binnen mag krijgen dan een van bijvoorbeeld 15 kilogram. De blootstellingsnormen zijn meestal gebaseerd op chronische (langdurige) toxiciteitsstudies met proefdieren.

Daarbij zijn dan de no observed effect levels (NOEL's) bepaald. In sommige gevallen zijn ook toxiciteitsgegevens van mensen gebruikt bijvoorbeeld als in de praktijk is gebleken dat een stof ziekteverschijnselen veroorzaakt).

Voorbeelden van blootstellingsnormen zijn de Acceptable Daily Intake (ADI) van de Wereld Gezondheidsorganisatie en de hiermee vergelijkbare toelaatbare Dagelijkse Inname (TDI) van het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM). De TDI is de hoeveelheid van een stof die iemand zonder schade aan de gezondheid dagelijks kan innemen. Hetzij via de lucht (uitgedrukt in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), hetzij via inname door de mond uitgedrukt in  $\text{mg}/\text{kg}$  lichaamsgewicht).

Zowel de ADI als de TDI wordt afgeleid van de in langdurige toxiciteitsstudies verkregen NOEL's. De NOEL waarde wordt dan gedeeld door een onzekerheidsfactor, In de daaruit verkregen TDI waarde is dan rekening houden met verschillen in gevoeligheid tussen de proefdieren en de mens (verlaging met factor 10). Bovendien is rekening gehouden met verschillen gevoeligheid tussen mensen (verlaging met factor 10). Soms wordt vanwege andere onzekerheden nog een verdere verlaging toegepast.

#### Vragen 5.2.4

1. Hoe komen we aan de Interventiewaarde van bodems als je de humaantoxische waarde en de ecotoxische waarde hebt bepaald?
2. De generieke normen voor bodemkwaliteit zijn vervangen door lokale normen. Wat bedoelen we hiermee?
3. Naast de concentraties van stoffen bekijken we in een risicobeoordeling ook hele goed naar de wijze waarop stoffen door de mens worden opgenomen. Kun je van deze opname wat voorbeelden geven?
4. In jouw buurt ben jij de milieudeskundige, dit betekent o.a. dat jij de aangewezen persoon bent om milieukwaliteitsnormen voor de omgeving op te stellen. Hieronder staat een groot aantal normen die je in het goede milieucompartiment moet plaatsen.
  - a. Deel de normen in volgens chemische, fysische en biologische normen.
  - b. Vul het schema in op toepassingen met + (ja) en – (nee) Je kunt sommige normen meermaals gebruiken.
  - c. Welk compartiment is voor ons het meest kwetsbaar en heeft dus veel normering nodig?

Normen	bodem	water	lucht	geluid
Org. stof%				
Conc. stoffen				
zuurstof%				
doorzicht				
korrelgrootte				
temperatuur				
eco-waarde				
vochtigheid				
geureenheid				
geleiding				
gevelbelast.				
pijngrens				
pH				



### **5.2.5. Nawoord**

We hebben maar enkele van de meest voorkomende stoffen beschreven. Als je dan bedenkt dat er meer dan zes miljoen verschillende organische stoffen beschreven zijn! Dan valt er dus nog heel veel te vertellen. Voor zover er wat te vertellen valt, want van heel veel van die miljoenen stoffen is nog weinig bekend over hun effecten op het milieu. Door invloed van de mens komen nog dagelijks grote hoeveelheden aan (mogelijk) milieuverontreinigende stoffen in onze omgeving terecht. Eigenlijk zou je de daarvan bekende stoffen ook allemaal moeten meten, maar ja, dat kan natuurlijk ook weer niet, dus moet je daarin slimme en vooral verantwoorde keuzes maken. Redenen genoeg dus om scherp toe te blijven zien op de milieukwaliteit van onze leefomgeving. Genoeg redenen ook om kennis te blijven verzamelen over die miljoenen verschillende stoffen die onze gezondheid mogelijk aan kunnen tasten.

## Hoofdstuk 6 Asbestonderzoek

### 6.1 Wat is asbest?

Van asbest hebben we allemaal wel gehoord, Asbest is een van nature voorkomend gesteente. Je kunt het herkennen door de typische vezelstructuren. In Canada, Rusland en Afrika is het in grote hoeveelheden ontgraven, Het werd gebruikt omdat het heel veel prettige eigenschappen heeft. Zo is asbest erg sterk, kan het heel goed tegen hitte en is het bestand tegen zure stoffen (zoals zoutzuur).

Vanwege deze goede eigenschappen is asbest gebruikt in heel veel producten, Denk aan asbestcement golfplaten die nu nog op heel veel bedrijfsgebouwen en landbouwschuren liggen, Maar ook een groot deel van de water-, en gasleidingen in de bodem bestaan uit asbest cement.



Figuur 6.1 Asbest zoals we het goed kennen

In Nederland hebben twee grote fabrieken asbest verwerkt in een groot aantal producten. Een fabriek in Harderwijk (Asbestonia) en een fabriek in Goor (Eterniet). In de omgeving van die fabrieken is het fabrieksafval vaak gebruikt als wegverharding,

### Hoe komt het dat asbest zo gevaarlijk is?

Nadat er over de hele wereld veel met asbest is gewerkt, bleek dat je er ernstige ziekten door kan krijgen. Bepaalde vormen van kanker kunnen ontstaan door het inademen van asbestvezels. De vezels hebben een dusdanig vorm dat ze vast kunnen blijven zitten in de longen, Vezels met een lengte tussen 10-20 urn en een breedte tussen 0,1-0,2  $\mu$ .m zijn het gevaarlijkste. Het lichaam kan de vezels zelf niet of zeer moeilijk afbreken. Tussen het moment dat je met asbest werkt en het moment van ziek worden kan een hele lange periode zitten (de zogenaamde incubatie tijd). Voor asbest kan dit wel 30 jaar zijn.

De kans op ziek worden door asbest hangt onder meer af van de concentratie asbest die je inademt, hoelang je dat doet en om welk type asbest het gaat.

### Welke soorten asbest zijn er en hoe gevaarlijk zijn ze?

Als we het over asbest hebben, wordt er vaak gesproken over een indeling in soorten asbest. Het lastige is dat er twee verschillende indelingen zijn die soms door elkaar worden gehaald.

### ***A. Indeling op mineraaltype***

Dit is een indeling die uitgaat van de vorm van de individuele asbestdeeltjes. Er zijn twee hoofdgroepen, gebaseerd op de vorm van de vezel onder de microscoop:

De hoofdgroep Serpentine kent één mineraalsoort, de hoofdgroep Amfibool kent er vijf. Vanwege de moeilijke namen hebben de mineralen in de praktijk een kleurnaam gekregen. Hieronder zie je de groepen staan met een microscoopfoto en de mineraalnamen.

De drie andere mineraal soorten van de amfiboolgroep zijn in Nederland niet gebruikt. De bruine en blauwe asbestvezels zijn gevaarlijker (deskundigen gaan uit van tien keer zo gevaarlijk) dan de witte asbestvezels.



5.2 Asbestvezels

### ***B. Indeling op hecht gebondenheid***

We hebben al verteld dat asbest in heel veel producten is gebruikt. Een product bestaat bijna nooit uit puur asbest. Meestal worden de asbestvezels gemengd met een andere stof zoals bijvoorbeeld cement of karton.

Bij sommige asbesthoudende producten (bijvoorbeeld spuitasbest, gebruikt als isolatiemateriaal) kun je makkelijk asbestvezels uit het product halen en in de lucht brengen. Er met een bezem langs vegen is genoeg. Bij een nieuwe asbestcementplaat zal dit niet snel lukken. Bij een cementplaat die al 40 jaar op een schuur ligt lukt het misschien wel weer.

Of een asbesthoudend product gevaarlijk is, hangt dus af van de kans dat er een vezel uit los kan raken. We noemen dit de hechtgebondenheid van asbest in een product. De indeling is verder simpel. Er zijn hechtgebonden producten, de vezels zijn door de bijmenging goed gebonden en kunnen niet eenvoudig in de lucht komen en er zijn niet-hechtgebonden producten.

In de bodem treffen we nooit hele producten aan. De mensen op het laboratorium bepalen of een stukje asbesthoudend materiaal hechtgebonden of niet hechtgebonden is.

## Vragen 6.1

1. Waarom is asbest zo gevaarlijk?
- 2a. Welke twee soorten asbestmineralen onderscheiden we?
- 2b. Welke is het gevaarlijkst?
3. Wat verstaan we onder “hechtgebonden asbest”?
4. Door welke eigenschappen zijn we in het verleden asbest gaan toepassen?

## 6.2 Hoe komt asbest in de bodem en is dat gevaarlijk?

Asbest kan op verschillende manieren in de bodem terecht komen. Verreweg het meeste asbest in de bodem komt voor in puinhoudende grond. Dit is gemakkelijk te verklaren. Asbest is veel toegepast in bouwwerken in de periode vanaf circa 1920 tot ongeveer 1980. Op dit moment bevat nog meer dan 50% van de bouwwerken in Nederland in meer of mindere mate asbest. Vanaf 1920 zijn ook veel gebouwen gesloopt. Tot 1993 is het asbest samen met andere bouwmaterialen naar puinbrekers gebracht die het hebben verfijnd tot puingranulaat. Dit asbesthoudende puingranulaat is vervolgens weer gebruikt als verhardingsmateriaal onder wegen, pleinen, parkeerplaatsen etc. Daardoor is een puinhoudende bodem ook verdacht op het voorkomen van asbest. Na 1993 is eerst het asbest uit gebouwen gehaald voor dat ze begonnen met slopen.

Asbest in de bodem komt vaak voor in de vorm van stukjes asbestcement. Je kunt het in het veld ook vaak herkennen aan de typische vezelstructuur. Bij boerenbedrijven heeft men de oude dakbedekking van een schuur vaak hergebruikt door het in brokken te slaan en als verhardingslaag op het erf te brengen. In de omgeving van Goor vind je veel asbest omdat asbestafval van de fabriek gratis werd verstrekt om wegen en erven te verharden. Bij glastuinbouw bedrijven zit er asbest in de kit tussen het glas en waren de plantenbakken vaak asbesthoudend.



5.3 Bij werken met asbest gelden de hoogst mogelijke veiligheidseisen

Asbest komen we ook tegen in de waterbodem. De prettige eigenschappen van asbest maakten het ook tot een geliefd bouw materiaal in de scheepsbouw. In de waterbodem bij (voormalige) scheepswerven komen we dan ook vaak asbest tegen. Daarnaast zijn asbestcement platen gebruikt als oeverbeschoeiing.

Het komt dus voor in brokken maar ook als losse vezels. Die brokken vormen een mengsel van asbest en cement. Het cement houdt de vezels bij elkaar waardoor ze niet makkelijk in de lucht kunnen komen. Deze brokken vormen in de grond ook niet zo'n groot risico. En, zo blijkt uit onderzoeken van TNO, ook de losse vezels worden bij een natuurlijke vochtpercentage goed door de bodem vastgehouden. De blootstellingsrisico's voor mens en ecosysteem vanuit de bodem vallen daardoor dus mee.

### **Normen**

De normen voor asbest in de grond zijn daarom de laatste jaren wat ruimer geworden. De norm is nu 100 mg/kgds asbest (gewogen). Gewogen betekent dat er in de norm rekening wordt gehouden met het verschil in risico tussen Amfibool asbest en Serpentine asbest. Je moet nu de concentratie Serpentine asbest optellen bij tien keer de concentratie Amfibool asbest. Dat getal vergelijk je met de norm.

### **Voorbeeld**

Uit laboratorium onderzoek blijkt dat in de grond de volgende asbestgehalten zijn aangetroffen:

Chrysotiel asbest      76 mg/kg (hoofdgroep Serpentineasbest)

Amosiet asbest      10 mg/kg (hoofdgroep Amfiboolasbest)

Crocidoliet      2 mg/kg (hoofdgroep Amfiboolasbest)

Dan maak ik de volgende berekening

Serpentineasbest 76 mg/kg + (Amfiboolasbest (10 + 2) X 10) =

Serpentineasbest 76 mg/kg + (Amfiboolasbest (120)) = 196 mg/kg

In dit voorbeeld wordt de norm 100 mg/kg (gewogen) dus overschreden

Boven deze norm is er sprake van een ernstig geval van bodemverontreiniging die in principe dient te worden gesaneerd. Maar let op. Deze norm is ook het criterium voor hergebruik. Dus als je net beneden de norm uitkomt mag je de grond in principe zonder beperkingen toepassen.

Nog even dit over de normen. Bij andere stoffen in de bodem heb je de Interventiewaarde, de Streefwaarde met daartussen de 'Tussenwaarde'. Bij asbest kennen we geen S- en T-waarden.

Als uit een verkennend onderzoek blijkt dat er asbest aanwezig is (groter dan 0) moet in principe nader onderzoek plaatsvinden. De resultaten van dat nader onderzoek toets je vervolgens aan de interventiewaarde.

In de normstelling is in de definitie van een geval van ernstige bodemverontreiniging met asbest ook geen volume criterium opgenomen zoals dat bij andere stoffen wel het geval is (25 m<sup>3</sup> grond en 100 m<sup>3</sup> bodemvolume grondwater). Bij een nader onderzoek asbest doe je altijd uitspraken over Ruimtelijke Eenheden (maximaal 1000 m<sup>2</sup>) en niet over individuele bemonsteringspunten. Het volume zit bij asbest dus niet in de norm maar is ingebakken in het nader onderzoeksprotocol.

### **Vragen 6.2**

1. Waarom moet de concentratie Amfibool asbest bij gehalten bepalingen met 10 vermenigvuldigd worden?

### 6.3 Hoe onderzoek je het?

Ook voor het bodemonderzoek naar asbest is een norm geschreven. Zo denk je voor 'gewoon' bodemonderzoek aan de NEN5740. Als je aan asbestonderzoek denkt, denk je aan de NEN5707. In die norm vind je precies hoe een bodemonderzoek moet worden aangepakt. Als je met een dergelijk onderzoek te maken krijgt moet je deze norm zeker aanschaffen.

Op de site van het NNI ([www.nen.nl](http://www.nen.nl), trefwoord 'asbest'), vind je veel informatie. De NEN5707 heeft heel veel raakpunten met de NEN5725 en NEN5740. Deze normen zijn al in dit hoofdstuk besproken.

Dan het onderzoek zelf. Een bodemonderzoek naar asbest heeft een aantal onderdelen. Zo is er het vooronderzoek, de inspectie, de monsterneming en analyse en natuurlijk de toetsing.



6.4 Asbestinspectie

Ik zal hier geen samenvatting geven van de NEN5707. Er zijn wel een paar belangrijke afwijkingen in vergelijking met andere onderzoeksprotocollen. Die zullen we nu bespreken.

#### ***De visuele inspectie***

Allereerst is er de visuele inspectie. Asbest is een stof die eenmaal in de bodem niet mobiel is (zich niet onder invloed van bodemprocessen verplaatst). Dit betekent dat we asbest in het merendeel van de gevallen in de geroerde bovengrond aantreffen. Veel asbestverontreinigingen kenmerken zich door brokken die met het blote oog goed te zien zijn. Daarom beginnen we een asbestonderzoek met het nauwkeurig en systematisch bekijken van de bovengrond. De mate waarin asbestverdachte stukken worden aangetroffen, kan een belangrijk hulpmiddel zijn bij het indelen in ruimtelijke eenheden. De resultaten van een visuele inspectie worden op een plattegrond weergegeven. Let op: als een visuele inspectie niet goed mogelijk is door bijvoorbeeld gewasgroei moet je dat aangeven in het rapport.

#### ***Waarom moet ik bij het bemonsteren gaten en sleuven graven en moet ik de schop of een kraan gebruiken in plaats van de boor?***

Dit heeft te maken met de betrouwbaarheid van het onderzoek.

Met je onderzoek probeer je door een klein deel te onderzoeken, met zoveel mogelijk zekerheid iets te zeggen over de bodem van de hele onderzoekslocatie. In de statistiek noemen we dat een representatieve steekproef. Op die manier zijn het aantal boringen en monsters per oppervlakte eenheid in allerlei bodemonderzoeksnormen tot stand gekomen. Bij asbest hebben we het probleem dat het asbest vaak voorkomt in grote brokken. Hoe groter de brokken hoe groter de steekproef moet zijn om statistisch een betrouwbare uitspraak te doen.

Uit onderzoek is vastgesteld dat de greepgrootte van je monstername apparatuur minimaal drie keer zo groot moet zijn dan de maximale diameter van het grootste deeltje uit je te onderzoeken populatie. Ook je totale monstergrootte is hiervan afhankelijk. Als we onderzoek doen naar bv. zware metalen is dit geen probleem. De chemische verontreiniging uit zich door hele kleine deeltjes. Een representatief monster past in een jampotje. De Edelmanboor of zuigerboor zijn prima monstername middelen voor dit soort onderzoek.



#### 6.5 Opruimen van asbest

Bij asbest geldt dat voor een bodem waarin plaatjes voorkomen van bv. 8 cm diameter je geen edelmanboor zult vinden met voldoende doorsnede. Daarom gebruiken we een schop of vaak een minikraan. In tabel 6.6 is dit toegelicht.

Zoals je kunt zien moet ik voor een bodem waar stukjes asbest voorkomen met een diameter van 8 cm (80 mm) 40 kg per greep verzamelen en in totaal een monster nemen van 2000 kg.

Bij dit soort locaties moet ik werken met een minikraan (40 kg per greep). Je snapt ook dat het naar het laboratorium brengen van 2000 kg grond wat problemen met zich me brengt. Daarom wordt een monster in het veld speciaal behandeld.

Maximale grootte asbesthoudende deeltjes (95%) (mm)	Minimale greepgrootte (kg) <u>zonder</u> monstervoorbehandeling	Minimale monstergrootte (kg) <u>zonder</u> monstervoorbehandeling	Minimale greep- en monstergrootte (kg) <u>met</u> monstervoorbehandeling
<5	0,05	1	Verkennd en nader onderzoek: Greep: 0,5 kg Monster: 10 kg
5-10	0,1	15	
10-20	0,5	50	
20-30	1,5	150	
30-40	3	300	
40-50	6	500	Partijkeuring: Greep: 0,18 kg Monster: 9 kg
50-75	18	1000	
75-100	40	2000	

Figuur 6.6 Minimale greep en monstergrootte

### ***Monstervoorbehandeling in het veld***

We houden ons voorbeeld vast. Er wordt verwacht dat er stukjes asbesthoudend materiaal aanwezig zijn met een diameter van 8 cm. Dit betekent dat we gaten/ sleuven gaan graven met een minigraver (greepgrootte 40 kg) en dat uit deze sleuf minimaal 2000 kg wordt ontgraven.

Uit deze 2000 kg grond gaan we alle stukjes asbestverdacht materiaal verzamelen. Die stoppen we in een speciale monsterzak. De overgebleven grond bevat dan geen asbeststukjes meer die groter zijn dan 15-20 mm. Van deze overgebleven grond nemen we met een boor of schep vervolgens een mengmonster (9 kg = ongeveer een emmer). Zo kunnen we toch een betrouwbare steekproef nemen zonder dat onze veldwerkbuis wordt overladen met materiaal. Om later het gehalte te kunnen berekenen moeten we de lengte breedte en diepte van de sleuf precies inmeten.

Je snapt dat het veel werk is om alle zichtbare asbeststukjes te verwijderen uit 2000 kg grond. Je mag het helemaal uitharken maar dan heb je wel veel ruimte nodig. Het meest praktische is de grond over een zeef te laten lopen met zeefgrootte van 16 mm. Dit is ook de meest betrouwbare methodiek.

### ***Wat gebeurt er daarna met de monsters?***

Het emmermonster wordt in het laboratorium onderzocht. Het wordt daar ook nog gezeefd over zeven verschillende zeefgroottes. In het laboratorium wordt met een lichtmicroscop naar het monster gekeken. De stukjes asbesthoudend materiaal worden geteld en gewogen. Met een lichtmicroscop kan ik individuele respirabele vezels niet waarnemen. Dit kan wel met een elektronenmicroscop. Op basis van de resultaten van het historisch onderzoek en de waarnemingen met de lichtmicroscop wordt besloten of additioneel onderzoek met de elektronenmicroscop noodzakelijk is.

Uiteindelijk krijg je op het analysecertificaat te zien hoeveel asbest er in de bodem zit in stukjes kleiner dan 16 mm.

Op dat laboratoriumcertificaat staat ook nog:

- welk mineraal type asbest voorkomt;
- soortelijk gewicht en organische stof;
- wat het aandeel asbest is in de plaatjes t.o.v, het aandeel cement;
- of er een kans is dat er deeltjes inzitten die inadembaar zijn. In dat geval moet je onderzoek gaan doen met een veel sterkere microscoop;
- of de aangetroffen deeltjes hechtgebonden of niet hechtgebonden zijn,

Zoals we net hebben uitgelegd worden alle verdachte stukjes die we tegenkomen (groter dan 16 mm) (gezeefd) in een apart bemonsteringszakje gedaan (monsterzakje plaatjes).



Van de plaatjes in het monsterzakje wordt bekeken:

- of ze asbesthoudend zijn;
- welk mineraal type asbest **in** de plaatjes voorkomt;
- wat het aandeel asbest is in de plaatjes t.O.V. het aandeel cement;
- of het stukjes hechtgebonden of niet hechtgebonden materiaal betreft;
- het totale gewicht aan asbest in het zakje (uitgesplitst naar mineraal type).

Doordat we de exacte inhoud van de sleuf weten en het soortelijk gewicht kunnen we het totale gewicht aan puur asbest uit het zakje delen door het berekende gewicht van de hele sleuf. Dan hebben we de asbestconcentratie in de grond van asbest dat voorkomt in een deeltjes groter dan 16 mm.

Dan hebben we nog steeds niet de totale concentratie asbest in de bodem. We moeten de concentratie van asbestdelen < 16 mm nog optellen bij de concentratie > 16 mm.

*De totale concentratie asbest = concentratie < 16 mm + concentratie > 16 mm*

Wanneer ik vervolgens wil gaan toetsen moet ik de concentraties Amfibool en Serpentijs asbest nog een wegingsfactor meegeven. Je zult het al begrijpen het is een behoorlijk ingewikkeld onderzoek dat hele goede afstemming vereist tussen veldwerk en laboratorium.



6.6 Het verwijderingsproces voordat je een omgevingsvergunning krijgt.

### Saneren van asbestverontreinigde grond

Asbest wordt gezien als een immobiele verontreiniging. Om blootstelling te voorkomen is het aanbrengen van een afdeklaag (verharding of zand/ grindlaag) meestal voldoende. Het reinigen van asbesthoudende grond kan plaatsvinden door het uitzeven van asbest omdat het vaak in grotere stukjes voorkomt. Het vrijkomende asbest wordt vervolgens op een daartoe ingerichte stortplaats verwerkt. Belangrijk aandachtspunt bij asbestsaneringen zijn beschermende voorzieningen ten behoeve van het betrokken personeel.

### Vragen

1. Wat bedoelen we met een representatieve steekproef?
2. Wat verstaan we onder een greep?
3. Hoeveel grepen van 1,5 kg moet je nemen om de minimale monstergrootte zonder voorbehandeling te krijgen? Zie tabel 6.6
4. Wat houdt de monstervoorbehandeling in het veld in?
5. Hoe bereken je de asbestconcentratie in de grond?