

Ref.nr. : 85-04525  
Dossiernr. : 8722-13059  
Datum : maart 1985  
NP

Titel  
EERSTE OPZET VOOR EEN STANDAARD METHODIEK  
TEN BEHOEVE VAN DE EVALUATIE VAN BODEM-  
REINIGINGSTECHNIEKEN

Auteur(s):  
Ir. J.W. Assink  
Dr.Ir. W.H. Rulkens

Bestemd voor:  
Werkgroep 6, Overleg OBB

| <u>INHOUDSOPGAVE</u>                                       | <u>Pag.</u> |
|------------------------------------------------------------|-------------|
| 1. INLEIDING                                               | 3           |
| 2. CRITERIA VOOR SELECTIE VAN GESCHIKTE SANERINGSPROJECTEN | 6           |
| 3. BENODIGDE GEGEVENS                                      | 7           |
| 3.1 Benodigde gegevens voor de integrale evaluatie         | 7           |
| 3.2 Benodigde gegevens voor de individuele evaluatie       | 9           |
| 4. SCENARIO'S INDIVIDUELE EVALUATIE                        | 13          |
| 5. UITVOERING INDIVIDUELE EVALUATIE                        | 16          |
| 6. UITVOERING INTEGRALE EVALUATIE                          | 21          |
| 7. KOSTEN                                                  | 23          |
| 7.1 Individuele evaluatie                                  | 23          |
| 7.2 Integrale evaluatie                                    | 26          |
| 8. CONCLUSIES                                              | 27          |
| 9. AANBEVELINGEN                                           | 30          |

BIJLAGE 1 t/m 9



## 1. INLEIDING

### Probleemstelling

- Er bestaat momenteel nog vrij weinig ervaring met bodemreinigings-technieken. De gloei-installatie van Ecotechniek is sinds 1982 operationeel en heeft inmiddels ruim 100.000 ton grond behandeld, maar de andere methoden en installaties bevinden zich nog steeds in het ontwikkelingsstadium of zijn pas recentelijk operationeel geworden.

Praktijkgegevens met betrekking tot bijvoorbeeld reinigingskosten in relatie tot de reinigingsmethode en tot de haalbare reinigingsgraad of restconcentratie aan verontreinigingen zijn voor derden niet toegankelijk of ontbreken voor een belangrijk deel.

In tegenstelling daarmee bestaat er bij zowel overheid als bedrijfsleven maar ook bij bevolking en vergunningverleners behoefte aan informatie waarmee in concrete gevallen van bodemverontreiniging onder andere kan worden aangegeven welke reinigingsmethode het meest geschikt is, wat de kosten zijn van de toe te passen reinigingsmethode en wat de diverse "milieu-consequenties" zijn van de reinigingsmethode.

- De mogelijkheid om door middel van separate proefreinigingen (met de momenteel operationeel zijnde technieken) de gegevens te verkrijgen die voor een evaluatie noodzakelijk zijn wordt onder andere vanwege de hoge kosten niet haalbaar geacht (conclusie vergadering Overleg OBB, werkgroep 6, 15 juni 1984). Verder kunnen als nadelen van een dergelijke aanpak worden gezien:
  - De eenmalige proefopzet verschaft slechts informatie over de op dat moment ontwikkelde technieken;
  - Ieder geval van bodemverontreiniging is anders (qua omvang, ligging, type grond, type verontreiniging, etc.) zodat de resultaten niet zonder meer naar andere lokaties kunnen worden vertaald.

Wat wel haalbaar wordt geacht, zijn individuele evaluaties van praktijksaneringen (reinigingen). Deze zullen over meerdere jaren

gespreid, volgens een bepaalde standaardmethodiek, dienen plaats te vinden. Aan de hand van de verschillende individuele evaluaties van reinigingsgevallen kan een integrale evaluatie van de verschillende bodemreinigingstechnieken worden uitgevoerd.

Doel en opzet van de te ontwikkelen standaard evaluatiemethodiek

Het doel van de evaluatie van bodemreinigingstechnieken is om in de toekomst in concrete gevallen van bodemverontreiniging aan te kunnen geven:

- Welke reinigingsmethoden, met inbegrip van de toe te passen procescondities, in principe geschikt zijn en/of welke methode het meest geschikt wordt geacht voor de reiniging van een bepaald type verontreinigde grond.
- Wat de kosten zijn van een toe te passen reinigingstechniek in relatie tot het bereikte restgehalte aan verontreinigingen of de bereikbare reinigingsgraad.
- Wat de diverse "milieu-consequenties" (aard en hoeveelheid reststoffen, lucht- en waterverontreiniging, veiligheid, kwaliteit van de gereinigde grond e.d.) zijn van de verschillende reinigingstechnieken.

De evaluatie van de bodemreinigingstechnieken zal moeten worden uitgevoerd via de reeds genoemde individuele evaluaties en de daarop gebaseerde integrale evaluatie(s)

Om tegen relatief geringe kosten de gegevens te verzamelen die nodig zijn voor deze evaluaties, zal parallel lopend aan een aantal geselecteerde saneringsprojecten, separate meet- en monsternamprogramma's moeten worden uitgevoerd. Gestreefd dient daarbij te worden naar een standaardmethodiek (of programma van eisen), zodat de projecten op een gelijkwaardige wijze worden geëvalueerd en in principe de mogelijkheid tot onderlinge vergelijkingen wordt geschapen.



Doel en opzet studie

Het doel van de studie is te komen tot een eerste opzet van een standaardmethodiek voor de evaluatie van bodemreinigingstechnieken en het oriënterend aangeven welke kosten de toepassing van een dergelijke standaardmethodiek met zich meebrengt.

In de volgende hoofdstukken wordt ingegaan op:

- De criteria die moeten worden aangelegd bij de keuze van te evalueren saneringsprojecten.
- De gegevens die benodigd zijn voor een adequate evaluatie; uitgesplitst naar gegevens voor de integrale evaluatie van meerdere projecten en - daarvan afgeleid - de benodigde gegevens voor een individuele evaluatie van een saneringsproject.
- Een aantal mogelijke scenario's voor de individuele evaluatie en de praktische uitvoering van zowel de individuele als de integrale evaluatie. Daarbij wordt kort ingegaan op de wijze waarop en hoe de verkregen gegevens kunnen worden gebruikt en wie de gebruikers zijn.
- Een globale indicatie van de kosten voor een evaluatie.
- Belangrijkste conclusies en aanbevelingen.

## 2. CRITERIA VOOR SELECTIE GESCHIKTE SANERINGSPROJECTEN

Een voor de evaluatie geschikt saneringsproject dient aan de volgende criteria te voldoen:

- Het saneringsproject moet betrekking hebben op grondreiniging, met andere woorden de verontreinigingen worden verwijderd of vernietigd (zowel in-situ als na afgraven).
  - De verontreinigingssituatie dient voldoende nauwkeurig omschreven te zijn. Dit houdt in dat het "Nader Onderzoek" en "Saneringsonderzoek" volgens de intentie van de Leidraad Bodemsanering moeten zijn uitgevoerd. Daarbij moet een redelijke indruk (of een schatting) zijn verkregen over:
    - De aanwezige type(n) grond en de homogeniteit van de bodem.
    - Variaties in gehalten en typen verontreinigingen. Per deelpartij grond zijn hierin bij voorkeur geen extreme fluctuaties; in bijlage 7 zijn hiervoor nadere eisen uitgewerkt;
- Verder is voor een anorganische verontreiniging en soms ook organische verontreinigingen informatie wenselijk over de oorsprong van de verontreiniging en/of de wijze waarop de verontreiniging in de grond aanwezig is.
- Type grond en type verontreiniging dienen voor Nederland niet uitzonderlijk te zijn. Als voorlopige indicatie wordt gesteld dat duidelijk meer dan 5 lokaties met een gelijk type verontreinigde grond moeten zijn aangetroffen (zie bijlage 1 voor de meest voorkomende typen).
  - Nog niet eerder of hooguit eenmaal eerder is een soortgelijk geval (combinatie van reinigingsmethode/installatie en type verontreinigde grond) aan een individuele evaluatie onderworpen.
  - De volledige medewerking van betrokken instanties en uitvoerder moet kunnen worden verkregen.
  - Het saneringsproject moet voldoende vroeg zijn aangemeld zodat bij (het voorbereiden van) de feitelijke sanering rekening kan worden gehouden met de eisen of voorwaarden voor een individuele evaluatie.
  - Bij in-situ reinigingsprojecten mogen de omgevingsfactoren zoals bebouwing, geohydrologische situatie niet een dusdanige invloed op de uitvoering van de sanering hebben dat daardoor de representativiteit verloren gaat.



### 3. BENODIGDE GEGEVENS

#### 3.1 Gegevens benodigd voor de integrale evaluatie

Om tot realisering van de doelstellingen te komen, moeten bij een integrale evaluatie van bodemreinigingsmethoden de volgende aspecten naast elkaar én in samenhang worden beschouwd:

- Restconcentratie en/of reinigingsgraad per type grond en type verontreiniging;
- Toepassingsgebied van een methode of installatie (onder andere het voor de behandeling maximaal toelaatbare gehalte aan verontreinigingen waarbij nog een voldoende reiniging wordt verkregen);
- Reinigingskosten\* per ton grond en een globale opbouw van deze kosten;
- Effectieve capaciteiten van de installaties, per type verontreinigde grond;
- Aard en omvang van de reststoffen, (incl. puin en dergelijke);
- Emissies en eventuele overlast (afgassen, afvalwater, geluid, stank en stofoverlast);
- Produkt-kwaliteit (met name de gereinigde grond, eventueel andere produkten), in het bijzonder een chemische beoordeling, maar ook een (micro) biologische en een fysische beoordeling;
- Veiligheidsaspecten, arbeidshygiëne en voor zover mogelijk en nodig ook ernstige onregelmatigheden (bijna ongelukken, langdurige storingen) en de oorzaken hiervan;

De integrale evaluatie moet in principe worden gebaseerd op gegevens die bij de afzonderlijke saneringen en de bijbehorende individuele evaluaties zijn verzameld.

In de volgende paragraaf en de hoofdstukken 4 en 5 wordt nader ingegaan op welke wijze deze gegevens kunnen worden verzameld. In het kader van deze studie kon echter een aantal aspecten niet tot in detail worden uitgewerkt.

—  
\*

Onder deze kosten worden verstaan de kosten die voor de feitelijke reiniging worden gemaakt. De kosten voor grondtransport, aankoop en inrichting van het terrein en kosten gemaakt voor de evaluatie(s) vallen hier dus niet onder.

Belangrijke aspecten die een nadere uitwerking behoeven alvorens tot een integrale evaluatie en dus ook een individuele evaluatie kan worden overgegaan, zijn:

- Het kwantificeren van of het vinden van een beoordelingsmaatstaf voor een aantal van belang geachte grootheden, bijvoorbeeld "milieuvriendelijkheid" van de methode of installatie of "good cleaning practice", kwaliteit gereinigde grond en het specificeren van een aantal onderdelen in de kostenplaatjes.
- Het op de juiste wijze beoordelen van het bereikte reinigings-effect in relatie tot:
  - . Het type grond (bijvoorbeeld in afhankelijkheid van humusgehalte, klei- of slibgehalte (of CEC-waarde), puinfractie, verzadigde of onverzadigde grondzone, etc.);
  - . De wijze waarop de verontreinigingen in de grond zijn gebonden (welke type verbindingen, hoe geadsorbeerd, etc.).

Met betrekking tot deze aandachtspunten dienen op korte termijn nader afspraken te worden gemaakt. Aanbevolen wordt dit in overleg te doen met de OBB (waarin zowel aannemers/uitvoerders als overheid zijn vertegenwoordigd) en met instanties die deskundig zijn op de desbetreffende gebieden. In het bijzonder het referentiekader voor "good cleaning practice" en de "kwaliteit" van gereinigde grond\* zal nog veel aandacht behoeven.

De verwachting is dat een integrale evaluatie, met het doel om tot een onderlinge vergelijking van reinigingstechnieken te komen, pas op middellange of lange termijn resultaten zal opleveren, omdat:

- Er nog weinig methoden/installaties volledig operationeel zijn;
- De werkgebieden (qua type verontreinigde grond) van de installaties vaak slechts een kleine overlap vertonen (met uitzondering van olie-houdende zandgronden);
- Er nog weinig praktijkervaring is met reinigingsmethoden en deze slechts in een langzaam tempo wordt opgedaan.

---

\* Vooralsnog wordt ervan uitgegaan dat de "kwaliteit" van gereinigde grond kan worden beschreven door een chemische analyse (op verontreinigingen), een uitloogtest en een eenvoudige bio-assay uit te voeren.



Vooraf in de beginfase dient de integrale evaluatie zich derhalve niet primair te richten op een onderlinge vergelijking (om in een bepaald geval van bodemverontreiniging de meest geschikte methode aan te kunnen wijzen), maar dient in het bijzonder een voorlichtend karakter te dragen ten aanzien van de tot dan bereikte resultaten met de diverse reinigingsmethoden en hierbij zonodig en zo mogelijk kritische kanttekeningen te plaatsen. Na verloop van tijd echter zullen de resultaten van de integrale evaluatie naar verwachting steeds breder, diepgaander en betrouwbaarder worden.

### 3.2 Gegevens, benodigd voor de individuele evaluatie

Uitgangspunt bij de individuele evaluatie is dat bij deze evaluatie de gegevens voor de integrale evaluatie worden verzameld (zie paragraaf 3.1), maar waarmee het derhalve ook mogelijk is om de reinigingsmethode voor het betreffende saneringsproject te beoordelen.

Voor een adequate evaluatie van een individueel saneringsproject zijn gegevens nodig over zowel de gang van zaken gedurende de gehele periode van de sanering als de (stationaire) situatie op een aantal gekozen tijdstippen tijdens het eigenlijke reinigingsproces. Het karakter van de te bepalen gegevens maakt dit onderscheid noodzakelijk.

#### 1) Gegevens over het gehele saneringsproject:

- Algemene gang van zaken (continuïteit en onregelmatigheden, bijhouden van een logboek);
- Veiligheid, arbeidshygiëne (zo nodig in overleg met BGD en arbeidsinspectie);
- Kosten (in belangrijke posten uitgesplitst, volgens informatie van de aannemer).

#### 2) Gegevens te verzamelen tijdens enkele perioden met relatief constante of stationaire procescondities. Dan dienen gegevens te worden verzameld inzake:

- Globale omvang van in- en uitgaande massastromen, zo nodig de overall massabalansen (in het bijzonder gericht op de verontreinigingen);
- Reinigingseffect (bij voldoende nauwkeurig vastgestelde procescondities);
- Zonodig emissies (afgassen, afvalwater) en/of overlast (stof, geur, geluid).

Daarnaast kan het nodig zijn additionele informatie te verzamelen vóór de uitvoering van het project (de "nulfase"), bijvoorbeeld met betrekking tot de wijze waarop de verontreinigingen in de grond zijn gebonden, een nadere karakterisering van de type(n) grond en een voldoende beschrijving van het reinigingsproces.

Ten behoeve van de periodiek te verzamelen gegevens dient een bemonstering- en meetprocedure te worden opgezet, welke van saneringsgeval tot saneringsgeval kan verschillen.

Bij elk saneringsproject zal in ieder geval een beoordeling (c.q. evaluatie) van de reinigingsmethode moeten plaatsvinden bij standaard (of optimale) procescondities en bij de behandeling van niet-extreem verontreinigde grond. Daarnaast kunnen beoordelingen plaatsvinden van een relatief zeer sterk verontreinigde hoeveelheid grond, van andere aangetroffen grondtypen (grondlagen) of van de situatie waarbij verschillende procescondities worden opgelegd. Het doel hiervan is onder andere om met zo min mogelijk saneringsprojecten en derhalve zo laag mogelijke kosten een maximale hoeveelheid informatie te verzamelen, zoals het toepassingsgebied van de installatie of methode. In hoofdstuk 4 wordt nader ingegaan op deze verschillende mogelijkheden.

Om praktische redenen worden de verschillende reinigingstechnieken onderverdeeld in een aantal categorieën, en wel:

- I Thermische methoden (verbranden en uitdampen);
- II Extractieve methoden (flotatie, extractie, classificatie en hoge druk extractie);
- III Microbiologische methoden (bio-extractie, compostering en landfarming);
- IV Andere methoden (b.v. stoomstrippen, CN-ontgifting met chemicaliën).



In bijlage 2 wordt voor de eerste drie categorieën globaal aangegeven welke specifieke gegevens periodiek, tijdens stationaire procescondities, zouden kunnen worden verzameld ten behoeve van de individuele evaluatie.

De reinigingsmethoden uit de vierde categorie zijn momenteel nog niet voldoende ontwikkeld of nog slechts zeer beperkt inzetbaar zodat deze categorie niet is uitgewerkt.

In voorkomende gevallen moeten voor deze technieken, evenals voor nieuw op de markt verschijnende technieken, de benodigde gegevens nader worden bepaald, waarbij analogieën kunnen worden gezocht met de technieken uit de categorieën I, II en III.

In bijlage 2 is bij de extractieve en de biologische methoden onderscheid gemaakt tussen methoden na afgraven en in-situ technieken. Hierbij zij opgemerkt dat voor een individuele evaluatie van een in-situ reiniging in vergelijking met een reiniging na afgraven in het algemeen minder eenvoudig gedetailleerde informatie kan worden verzameld. Daarnaast is de verwachting dat het aantal in-situ saneringsprojecten vooralsnog achterblijft bij het aantal saneringen na afgraven, zodat is besloten de in-situ reinigingsmethoden hier niet nader in beschouwing te nemen.

Voor het verzamelen van informatie die betrekking heeft op de gehele periode van een saneringsproject is in bijlage 3 een eerste opzet gegeven.

De aanpak voor de individuele evaluaties, waarvan de eerste opzet in bijlage 2 en 3 is gegeven, dient nog per reinigingsmethode c.q. installatie nader te worden uitgewerkt. Daarnaast kunnen per verontreinigde lokatie die op een gegeven moment wordt betrokken in de evaluatie, specifieke eisen worden gesteld en/of aanpassingen in de vorm of uitvoering van de evaluatie worden doorgevoerd. Voorbeelden hiervan zijn: het bepalen van de bindingsvorm van de verontreiniging (bijvoorbeeld in geval van een zwaar metaal) in de grond, het bepalen van de microbiologische afbreekbaarheid van de verontreinigingen onder laboratoriumcondities, de verspreiding van de verontreiniging naar het grondwater tijdens de sanering en het verzakken van nabij gelegen gebouwen.

Tenslotte nog een opmerking inzake de mogelijkheid bij een reinigingsproject de procescondities te variëren. In het algemeen zal de uitvoerder voor een bepaalde grond naar zijn beste weten de optimale procescondities kiezen en nastreven. Teneinde de hoeveelheid informatie van één saneringsproject te vergroten, kan in principe vooraf bewust worden gekozen voor variatie van de belangrijkste procesconditie tijdens de feitelijke reiniging van grond. Dit betekent echter wel dat extra kosten moeten worden gemaakt, zowel door de evaluerende instantie als door de aannemer. Bovendien is het niet denkbeeldig dat ongewenste emissies zullen plaatsvinden of dat de grond na behandeling onder gewijzigde procescondities nog niet voldoende schoon zal zijn, zodat een tweede behandeling van deze grond nodig is.



#### 4. SCENARIO'S INDIVIDUELE EVALUATIE

Zoals in het voorgaande hoofdstuk is aangegeven kan een individuele evaluatie volgens een aantal scenario's worden uitgevoerd, waarbij de omvang (en betrouwbaarheid) van de verkregen informatie, en vanzelfsprekend ook de kosten van het onderzoek, onderling verschillen.

Bij het opstellen van de verschillende scenario's kunnen voor de reinigingsinstallaties de volgende alternatieven worden overwogen.

- Type grond (voor zover van toepassing):
  - . Grondlagen (grondsoorten) gemengd afgraven;
  - . Grondlagen (grondsoorten) apart afgraven;
- Type en concentratie verontreinigingen:
  - . Partij grond met extreme concentraties verontreinigingen niet meenemen.
  - . Partij grond met extreme concentraties verontreinigingen wel meenemen.
- Procescondities:
  - . Alleen standaard (of optimale) procescondities;
  - . Ook andere procescondities (variatie van de één of twee belangrijkste parameters).
- Homogeniteit van de grond:
  - . Niet-gehomogeniseerde grond;
  - . Grond vooraf gehomogeniseerd op 1000 kg-schaal;
  - . Grond vooraf gehomogeniseerd op 1 kg-schaal;

Op basis hiervan kunnen 24 ( $= 2*2*2*3$ ) of zelfs meer scenario's worden beschreven.

Als basis voor een individuele evaluatie wordt hier gekozen voor niet-extreem verontreinigde grond van een eenduidig grondtype welke onder standaard (of door de uitvoerder als optimaal beschouwde) procescondities wordt behandeld. De grond kan daarbij vooraf zijn gehomogeniseerd of niet. Additionele informatie kan worden verkregen door:

- a) behandeling van extreem verontreinigde grond onder standaard procescondities;
- b) behandeling van niet-extreem verontreinigde grond onder verschillende procescondities;
- c) behandeling van extreem verontreinigde grond onder verschillende procescondities.

Geen rekening houdende met het al dan homogeniseren van de grond en de verschillende te onderscheiden grondtypen bij een te saneren lokatie zijn aldus 4 scenario's te geven.

Daarbij zij enerzijds opgemerkt dat variaties in procescondities veelal impliceert dat een relatief uitgebreid meetprogramma moet worden doorlopen. In tabel 1 is hiervan een voorbeeld gegeven. Zelfs indien voor een zeer sober meetprogramma met verschillende procescondities wordt gekozen, zal bij vele installaties minimaal 4 verschillende procescondities moeten worden geëvalueerd.

Anderzijds kan worden opgemerkt dat alle beoordelingen, dus ook van extreem verontreinigde grond of van een andere bodemlaag (grondtype), in principe analoog verlopen. De statistische beschouwing uit bijlage 7 inzake de bemonstering van in- en uitgaande massastromen gaat immers op voor zowel de standaardsituatie als voor situaties die daarvan al dan niet opzettelijk afwijken.

Homogenisatie van de grond vóór de reiniging moet worden gezien als een hulpmiddel om fluctuaties (de variatie) van de concentraties aan verontreinigingen te verminderen. Als dit op 1 kg schaal wordt gedaan heeft dit een positief effect op de betrouwbaarheid van de gevonden resultaten van de evaluatie (zie bijlage 7). Bij homogenisatie op 1000 kg schaal is het effect waarschijnlijk in een groot aantal gevallen niet merkbaar.



Tabel 1: Hypothetisch meetprogramma bij behandeling onder verschillende procescondities.

Voorbeeld 1: Uitdampingsinstallatie

Belangrijke parameters: verblijftijd uitdamptrommel  $\sigma_1$   
 temperatuur grond  $T_1$   
 temperatuur naverbrander  $T_2$

Te beproeven procescondities (mits in de praktijk realiseerbaar):

- |                                           |                                           |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| a) $\sigma_1 = 10$ in. en $T_1 = 170$ °C  | f) $\sigma_1 = 30$ min. en $T_1 = 300$ °C |
| b) $\sigma_1 = 10$ min. en $T_1 = 230$ °C | g) $\sigma_1 = 30$ min. en $T_1 = 230$ °C |
| c) $\sigma_1 = 20$ min. en $T_1 = 300$ °C | h) $T_2 = 800$ °C                         |
| d) $\sigma_1 = 20$ min. en $T_1 = 230$ °C | i) $T_2 = 750$ °C                         |
| e) $\sigma_1 = 20$ min. en $T_1 = 170$ °C | j) $T_2 = 700$ °C                         |

Totaal: 10 verschillende procescondities.

Voorbeeld 2: Extractieve reinigingsinstallatie

Belangrijkste parameters: verblijftijd/reactietijd  $\sigma_1$   
 verhouding vloeistof/grond  $V$   
 scheidingsgrens deeltjesgrootte  $d$

Te beproeven procescondities (mits in de praktijk realiseerbaar):

|    | $\sigma_1$ (min) | $V$ | $d$ ( $\mu\text{m}$ ) |    | $\sigma_1$ (min) | $V$ | $d$ ( $\mu\text{m}$ ) |
|----|------------------|-----|-----------------------|----|------------------|-----|-----------------------|
| a) | 45               | 2   | 65                    | h) | 20               | 1   | 40                    |
| b) | 45               | 2   | 40                    | i) | 20               | 4   | 40                    |
| c) | 45               | 2   | 100                   | j) | 20               | 1   | 100                   |
| d) | 20               | 2   | 65                    | k) | 20               | 4   | 100                   |
| e) | 90               | 2   | 65                    | l) | 90               | 1   | 40                    |
| f) | 45               | 1   | 65                    | m) | 90               | 4   | 40                    |
| g) | 45               | 4   | 65                    | n) | 90               | 4   | 100                   |
|    |                  |     |                       | o) | 90               | 4   | 100                   |

Totaal: 15 verschillende procescondities of 9, indien van i) t/m n) wordt afgezien.

## 5. UITVOERING INDIVIDUELE EVALUATIE

### Benodigde gegevens

In de voorgaande hoofdstukken en in het bijzonder de bijlagen 2 en 3 is aangegeven welke type gegevens voor een adequate individuele evaluatie zijn benodigd.

### Uitvoerende instantie

De bovenbedoelde gegevens dienen, met uitzondering van de gegevens die op het gehele project betrekking hebben, door een onafhankelijke instantie te worden verzameld. Het opzetten van een meetprogramma, de bemonstering van massastromen en het verzamelen van de andere gegevens ligt bij voorkeur in de hand van één instantie, die voldoende expertise op het onderhavige gebied bezit. Op deze wijze kan een (vrijwel) eenduidige uitvoering worden gewaarborgd. Deze instantie kan dezelfde zijn die de integrale evaluatie uitvoert. Als een andere instantie wordt verkozen dient vóór de uitvoering van de individuele evaluatie de opzet van het meetprogramma of "bestek" te worden getoetst door de uitvoerder van de integrale evaluatie met andere woorden de supervisie ligt bij deze instantie.

Voorwaarde voor meerdere evaluerende instanties is dat deze kunnen beschikken over een "basis-bestek", waarin nog een beperkt aantal details moeten worden ingevuld. Hierdoor kunnen de kosten voor de voorbereiding beperkt blijven.

### Analyses

Analyses van de verzamelde monsters kunnen door een laboratorium of instantie te worden verricht, welke niet dezelfde hoeft te zijn als die de gegevens en monsters verzamelt. De te gebruiken analysemethoden dienen echter erkend en eenduidig te zijn (b.v. volgens DIN- of NEN-voorschrift) en aan de doeleinden te voldoen.

Het verdient de voorkeur dat de monsters van één project door één laboratorium worden geanalyseerd. Wel kunnen in principe, als daar aanleiding toe is, controlemetingen bij andere laboratoria worden uitgevoerd.



Verzamelen en meten van gegevens

Zoals in bijlage 7 is aangegeven, moet onderscheid worden gemaakt tussen de situaties waarbij:

- a) Geen bruikbare informatie voorhanden is of komt via de uitgevoerde onderzoeken aan de verontreinigde lokatie en via de dagelijkse controle (keuringen) op de restconcentraties in de behandelde grond;
- b) Wel bruikbare informatie voorhanden is of komt.

In het laatste geval behoeven de ingaande en uitgaande grondstromen niet te worden bemonsterd en geanalyseerd, zodat de kosten aanzienlijk lager kunnen uitvallen dan in het eerste geval. De verwachting is dat in de toekomst de dagelijkse controle (keuring) van de gereinigde grond gestandaardiseerd zal worden uitgevoerd, zodat in het algemeen voldoende informatie beschikbaar zal komen over de concentraties in de uitgaande grond. De ingaande grond zal dan vaak nog wel een bemonstering behoeven.

Hieronder wordt alleen de eerste situatie (bemonsteren grondstromen noodzakelijk) nader beschouwd.

Als voorlopige indicatie voor een individuele beoordeling wordt de volgende bemonsteringsprocedure gegeven:

- Tijdens het saneringsproject minimaal 8 complete sets gegevens verzamelen onder (vrijwel) stationaire situaties bij standaard (of optimale) procescondities. Deze 8 sets gegevens moeten betrekking hebben op een partij grond of deelpartijen daarvan, waarvoor geldt dat de verhouding tussen standaardafwijking  $\sigma$  en gemiddelde concentratie  $\mu$  van de verontreiniging(en) kleiner is dan 0,5 ( $\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$ ; zie bijlage 7).
- Eén set gegevens bestaat uit:
  - . een (meng-) monster van zowel vuile grond als gereinigde grond;
  - . voor zover van toepassing een monster van of meting aan de afgassen en/of afvalwater.
- Per acht sets gegevens een beoordeling van de kwaliteit van de grond aan de hand van een representatief monster.

- Een globale afschatting van het debiet of grootte van de belangrijkste massastromen (doorzet grond, reststoffen, afvalwater, afgassen e.d.).

De acht sets aan gegevens kunnen bij reinigingsinstallaties in principe worden verzameld op 8, 4, 2 of 1 meetdag(en). De voor- en nadelen van de twee extremen zijn indicatief aangegeven in tabel 2. Weinig meetdagen zijn kostentechnisch aantrekkelijk, maar het is nog onduidelijk of bij 1 en 2 (en mogelijk ook 4) meetdagen de monsters voldoende representatief kunnen worden getrokken.

#### Evaluatie

De individuele evaluatie van de verzamelde gegevens dient bij voorkeur te worden verricht door de instantie die het meetprogramma heeft opgezet en onder wiens verantwoordelijkheid het is uitgevoerd. Dit om onnodige tussenrapportage en verlies of onjuiste interpretatie van de gevonden resultaten te voorkomen.

De bedoelde instantie zal per saneringsgeval in het algemeen overleg dienen te plegen met:

- Zijn opdrachtgever(s)
- Opdrachtgever voor de sanering (b.v. Provinciale Waterstaat),
- Aannemer/uitvoerder,
- Andere deskundige instanties, met name de Arbeidsinspectie, zowel vooraf als gedurende de feitelijke sanering.



Tabel 2: voor- en nadelen van het bemonsteren op 1 of 8 meetdagen.

|                                   | voordelen                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | nadelen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 meetdag met 8 monsters          | <ul style="list-style-type: none"> <li>. <math>\sigma_1/\mu_1</math> zal voor de deelpartij kleiner zijn dan de hele lokatie.</li> <li>. De kosten zijn aanzienlijk lager door minder reiskosten en manuren voor de bemonstering.</li> <li>. Maximale schommelingen in de procescondities zijn vaak kleiner.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>. Grondmonsters zijn vaak niet onafhankelijk. *</li> <li>. Informatie via lokatie-onderzoek (en dagelijkse controle) is waarschijnlijk niet bruikbaar.</li> <li>. Er is slechts informatie over 1 dag; (de gemiddelde concentraties in afvalwater en afgas zijn dus ook slechts betrokken op 1 meetdag?).</li> </ul> |
| 8 meetdagen met 1 monster per dag | <ul style="list-style-type: none"> <li>. Grondmonsters zijn onafhankelijk van elkaar te nemen (at random).</li> <li>. Informatie verdeelt over 8 dagen is betrouwbaarder te vertalen naar gemiddelde situatie over gehele project (of een daarvan gekozen deel).</li> </ul>                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>. Kans op relatief grote (soms ook ongewenste) schommelingen in de procescondities</li> <li>. Kosten zijn relatief hoog door extra reiskosten, meerdere malen voorbereiden, e.d.</li> </ul>                                                                                                                          |

\* Het lijkt zeer wenselijk om tussen twee monsters een interval van minimaal tweemaal de gemiddelde verblijftijd van grond in de installatie aan te houden. Daarnaast zij opgemerkt dat ook de meetwaarden van in- en uitgaande grond "afhankelijk" (kunnen) zijn. In dat geval is een andere statistische onderbouwing noodzakelijk.

Overleg met de uitvoerder is met name van belang voor het verstrekken van informatie (b.v. specificatie van kosten) ten behoeve van de rapportage.

#### Rapportage

Per geselecteerd saneringsproject zal een separaat evaluatierapport worden opgesteld. Het betreffende rapport is in principe openbaar, zeker voor zover het informatie geeft die bij vergunningverstrekkers beschikbaar is of kan zijn. Vertrouwelijke informatie (b.v. kostenopbouw) kan in een los bij te voegen bijlage worden vermeld. De separate rapporten dienen als uitgangspunt voor de integrale evaluatie.

De uitvoerder moet in principe in de gelegenheid worden gesteld commentaar te geven op het concept-rapport. Daarna dient de uitvoerder accoord te gaan met gebruik ervan voor de integrale evaluatie.

Een samenvattend schema van de belangrijkste elementen van de individuele evaluatie is in bijlage 4 gegeven.



## 6. UITVOERING INTEGRALE EVALUATIE

De gegevens die bij de individuele evaluaties zijn verzameld en gerapporteerd dienen als uitgangspunt voor de integrale evaluatie. De integrale evaluatie zal in principe door dezelfde instantie worden uitgevoerd die verantwoordelijk is voor de toetsing van de bestekken voor de individuele evaluaties.

Uitgaande van gemiddeld 1 à 2 geschikte saneringsprojecten per jaar per reinigingsmethode of -installatie en ongeveer 6 tot 8 operationele en geschikte reinigingsmethoden moet rekening worden gehouden met circa 10 individuele evaluatierapporten per jaar.

Een integrale evaluatie met het doel de gevonden resultaten onderling te vergelijken, is pas mogelijk wanneer meerdere individuele evaluatierapporten beschikbaar zijn van soortgelijke verontreinigingsgevallen. De frequentie van een dergelijke integrale evaluatie zal dan naar schatting eens per 1 tot 2 jaar zijn.

Vanwege de geconstateerde behoefte om op een kortere termijn dan 2 jaar over bruikbare informatie te beschikken, wordt voorgesteld om de belangrijkste resultaten van de individuele evaluatierapporten samen te vatten op een informatieblad en deze aan de bij bodemsanering betrokken instanties toe te sturen. Deze instanties omvatten in ieder geval de overheidsinstanties (b.v. PWS, Gemeenten), maar zijn bij voorkeur volledig openbaar. In bijlage 6 is de eerste opzet van een dergelijk informatieblad gegeven.

Daarnaast blijft het natuurlijk mogelijk om frequenter dan eens per 1 tot 2 jaar een integrale evaluatie uit te voeren. Dit kan in het bijzonder van belang zijn voor andere aspecten dan technische of financiële.

De periodieke rapporten betreffende de integrale evaluatie bundelen de essentiële informatie uit de individuele rapporten en geven in een integrale evaluatie aan - voor zover de informatie daartoe voldoende is:

- Welke methoden of installaties voor bepaalde categorieën verontreinigde grond geschikt zijn en/of het meest geschikt worden geacht (zowel qua reinigingseffect, reinigingskosten als qua bijzondere voor- en nadelen);
- Wat de diverse "milieu"-consequenties zijn van de verschillende technieken (reststoffen, emissies, veiligheid, "kwaliteit" gereinigde grond);
- "Witte vlekken", dat wil zeggen verontreinigingsgevallen, waarvoor nog geen reinigingstechnieken beschikbaar is.

De integrale evaluatie dient vanuit drie gezichtspunten plaats te vinden:

- Type grond (welke methoden zijn geschikt voor zand, veen, klei, etc.) en type(n) verontreinigingen, eventueel nader te onderscheiden naar de bindingsvorm (welke methoden geschikt zijn voor olie, CN, etc.);
- Reinigingsmethode (gebleken toepassingsmogelijkheden, bereikbare restconcentratie of reinigingsgraad, kosten, storingsgevoeligheid, milieubelastende factoren, "kwaliteit" behandelde grond, etc.);
- Te constateren knelpunten en daaruit volgend een eventuele bijstelling van de individuele evaluaties en eventueel noodzakelijk (separaat) onderzoek om de evaluatie verder te onderbouwen.

De betreffende rapporten zijn in principe eigendom van de opdrachtgever (Rijksoverheid). Deze kan op basis van de in het rapport vermelde informatie beslissen tot gehele of - in geval van vertrouwelijk geachte informatie - gedeeltelijke publikatie of beperkte verspreiding.

Een schematisch overzicht van de belangrijkste onderdelen van de integrale evaluatie is gegeven in bijlage 5.



## 7. KOSTEN

### 7.1 Individuele evaluaties

De kosten voor het uitvoeren van een individuele evaluatie zijn opgebouwd uit:

- a. voorbereiding (overleg, opstellen planning en gedetailleerd "bestek");
- b. daadwerkelijk meten (circa 8 sets gegevens per variatie);
- c. analysekosten (inclusief beoordeling "bodemkwaliteit");
- d. evaluatie van gegevens (inclusief overleg);
- e. rapportage.

Het is duidelijk dat de kosten per geval kunnen fluctueren. Als indicatie voor een sanering na afgraven kan worden gegeven:

- ad a) 3 à 4 mandagen uitgaande van een goed uitgewerkt "basisbestek"; bij uitbreiding van het standaard evaluatiepakket zal per variatie in een procesconditie, per te onderscheiden type grond, en/of afwijkende (extreme) verontreinigingsgehalten ca. 0,5 tot 1 mandag extra nodig zijn.
- ad b) per set gegevens ca. 1 mandag voor de grond en - voor zover van toepassing - ca. 1 mandag voor de andere massastromen.  
Reis- en materiaalkosten worden geschat op f 2.000,-- à f 3.000,--per meetdag.
- ad c) Chemische analysekosten zijn sterk afhankelijk van de te analyseren verontreiniging(en) en stoffen; veelal zullen deze kosten tussen f 150,- en f 1.000,- per monster\* liggen.  
Bodemkwaliteit: een uitloogtest en een eenvoudige (micro)biologische beoordeling kost inclusief analyses naar schatting f 5000,- à f 10.000,- (eenmaal per 8 sets gegevens).
- ad d) 2 à 3 mandagen; bij uitbreiding van het standaard evaluatiepakket zal per variatie ca. 0,5 tot 1 mandag extra zijn benodigd.
- ad e) ca. 4 mandagen; bij uitbreiding van het standaard evaluatiepakket zal per variatie ca. 1 mandag extra zijn benodigd.

---

\* Hoge analysekosten gelden met name voor pesticiden en voor monsters waarin meerdere typen verontreinigingen worden geanalyseerd.

In het navolgende schema worden de kosten gegeven voor het uitvoeren van de verschillende scenario's (zie hoofdstuk 4). Daarbij zij het volgende opgemerkt:

- De kosten voor de scenario's II, III, IV moeten worden beschouwd als additioneel ten opzichte van scenario I.
- Indien voor gewijzigde procescondities wordt gekozen (scenario III en IV), moet rekening worden gehouden met een verlies van 0,5 tot 1 produktiedag per meetdag. De kosten hiervoor zullen voor de uitvoerder tussen ca. f 5.000.- en f 20.000,- per dag liggen.
- Er is geen rekening gehouden met de eventuele kosten voor het bepalen van stofemissies, geur- en lawaai-overlast, deeltjes-grootteverdeling, analyses van bijzondere componenten zoals dioxine in de afgassen, bepalingen van de bindingsvorm van de verontreiniging in de grond, additionele veiligheidsmaatregelen, homogenisatie vóóraf, extra kosten voor de aannemer inzake de voorbereiding en uitvoering van de evaluatie, etc. Bij elke individuele evaluatie zullen de uit te voeren werkzaamheden anders zijn en derhalve kunnen deze kosten van evaluatie tot evaluatie sterk verschillen.
- Niet zeker is of betrouwbare resultaten kunnen worden verkregen bij slechts 2 meetdagen. Dit zal nader moeten worden uitgezocht.
- Uitgegaan is van f 1.000,-- per mandag.

N.B. Voor in-situ methoden is nog geen calculatie uitgevoerd.



| Scenario (procescondities; aard verontreinigde grond)                                              | Grootheid                                           | Bruikbare informatie via lokatieonderzoek en dagelijkse controle |                                  | Géén bruikbare informatie via lokatieonderzoek en dagelijkse controle |                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| I<br>standaard procescondities;<br>niet extreem verontreinigde grond<br>$\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$  | $n_{an}$                                            | 2 meetdagen                                                      | 4 meetdagen                      | 2 meetdagen                                                           | 4 meetdagen                       |
|                                                                                                    |                                                     | $8 * 1 \text{ à } 2 =$<br>8 à 16                                 | $8 * 1 \text{ à } 2 =$<br>8 à 16 | $8 * 3 \text{ à } 4 =$<br>24 à 32                                     | $8 * 3 \text{ à } 4 =$<br>24 à 32 |
|                                                                                                    |                                                     | $K_{an}$<br>1 à 16                                               | $K_{an}$<br>1 à 16               | $K_{an}$<br>4 à 32                                                    | $K_{an}$<br>4 à 32                |
|                                                                                                    |                                                     | $K_m$<br>10 à 15                                                 | $K_m$<br>14 à 19                 | $K_m$<br>10 à 15                                                      | $K_m$<br>14 à 19                  |
|                                                                                                    |                                                     | $L_r$<br>17 à 22                                                 | $L_r$<br>25 à 30                 | $L_r$<br>17 à 22                                                      | $L_r$<br>25 à 30                  |
|                                                                                                    | $K_{tot}$                                           | 28 à 53                                                          | 40 à 65                          | 31 à 69                                                               | 43 à 81                           |
| II<br>standaard procescondities;<br>extreem verontreinigd (hot spots)<br>$\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$ | $n_{an}$                                            | $8 * 1 \text{ à } 2 =$<br>8 à 16                                 | $8 * 1 \text{ à } 2 =$<br>8 à 16 | $8 * 3 \text{ à } 4 =$<br>24 à 32                                     | $8 * 3 \text{ à } 4 =$<br>24 à 32 |
|                                                                                                    |                                                     | $K_{an}$<br>1 à 16                                               | $K_{an}$<br>1 à 16               | $K_{an}$<br>4 à 32                                                    | $K_{an}$<br>4 à 32                |
|                                                                                                    |                                                     | $K_m$<br>ca. 5                                                   | $K_m$<br>ca. 9                   | $K_m$<br>ca. 5                                                        | $K_m$<br>ca. 9                    |
|                                                                                                    |                                                     | $K_r$<br>11 à 14                                                 | $K_r$<br>19 à 22                 | $K_r$<br>11 à 14                                                      | $K_r$<br>19 à 22                  |
|                                                                                                    |                                                     |                                                                  |                                  |                                                                       |                                   |
|                                                                                                    | $K_{tot}$                                           | 17 à 35 *                                                        | 29 à 47 *                        | 20 à 51 *                                                             | 32 à 63 *                         |
| III<br>Afwijkende procescondities;<br>niet extreem verontreinigd<br>$\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$      | zie II*; kosten per variatie van de procescondities |                                                                  |                                  |                                                                       |                                   |
| IV<br>Afwijkende procescondities;<br>extreem verontreinigd $\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$               | zie II*; kosten per variatie van de procescondities |                                                                  |                                  |                                                                       |                                   |

$n_{an}$  = aantal analyses = aantal sets gegevens maal aantal te bemonsteren massastromen;

$K_{an}$  = analysekosten =  $n_{an} * f$  150 à f 1.000,-- (in duizenden guldens) exclusief bijzondere analyses, zoals bepaling van dioxine gehalten in afgassen;

$K_m$  = materiaalkosten, reiskosten, kosten voor meetwagen en kosten voor beoordeling van bodemkwaliteit (incl. analyses) (in duizenden guldens);

$K_r$  = andere kosten (voorbereiding, evaluatie, rapportage, personeelskosten etc.) (in duizenden guldens);

$K_{tot}$  = totale kosten (in duizenden guldens).

\*) additionele kosten op scenario I; III en IV tevens excl. kosten t.g.v. productieverlies (max. f 5.000,-- f 20.000,-- per dag). Voor variatie van de grondtypen (bodemplagen) gelden dezelfde kosten als bij scenario II is vermeld.

## 7.2 Integrale evaluatie

De werkzaamheden beperken zich in hoofdzaak tot een bureaustudie naar de verkregen resultaten van de individuele evaluaties. Daarnaast enige kosten voor overleg.

Uitgaande van 20 individuele rapporten per integrale evaluatie worden de benodigde inspanningen op ca. 25 mandagen geschat (f 1000,-- à f 1500,- per mandag).

De kosten bedragen dus ca. f 25000,-- à f 40.000,-- per rapport.

De kosten voor het vervaardigen van de zogenaamde informatiebladen worden hier pro memorie opgevoerd. Mogelijk kunnen de kosten hiervoor via "abonnementsgelden" worden doorberekend.



## 8. CONCLUSIES

- a) Voor het kunnen evalueren (beoordelen en vergelijken) van bodemreinigingstechnieken is een eerste opzet van een in de praktijk (zowel technisch als economisch) haalbaar geachte "standaard methodiek" ontwikkeld, welke is weergegeven in bijlage 9.
- b) Volgens de opzet van deze standaard beoordelingsmethodiek verloopt de evaluatie via twee fasen:
  - 1) Een individuele evaluatie van een saneringsproject; uit te voeren via o.a. een bemonsterings- en meetprogramma dat parallel loopt aan een geschikt geachte praktijksanering.
  - 2) Een integrale evaluatie; te baseren op informatie verkregen bij de individuele evaluaties.

Omdat rapporten inzake de integrale evaluatie waarschijnlijk niet frequenter dan eens per 1 à 2 jaar zullen kunnen verschijnen, wordt voorgesteld de belangrijkste informatie van de individuele evaluaties samen te vatten op "informatiebladen" die in principe openbaar zijn.

De verwachting is dat het pas op middellange (of lange) termijn mogelijk is om bij de integrale evaluatie te komen tot onderlinge vergelijkingen van bodemreinigingstechnieken. Derhalve zal de nadruk - zeker in de eerste jaren - dienen te liggen op de individuele evaluaties.

- c) Belangrijke eisen bij de selectie van saneringsprojecten die voor een evaluatie in aanmerking komen, zijn als volgt:
  - Het moet mogelijk zijn een (deel-) partij grond van een eenduidig grondtype (en liefst meerdere deelpartijen met verschillende grondtypen) selectief af te graven;
  - De verhouding tussen de standaardafwijking  $\sigma$  en de gemiddelde concentratie  $\mu$  van de verontreiniging(en) in de betreffende partij(en) grond moet bij voorkeur kleiner dan 0,5 zijn; hierdoor is het mogelijk het aantal te analyseren monsters zeer beperkt te houden en toch een redelijk betrouwbare uitspraak te doen over de prestatie van een installatie of methode. Na afloop van een saneringsonderzoek is vaak reeds een schatting te geven van  $\sigma$  en  $\mu$ .

- Het saneringsproject moet ten behoeve van de evaluatie relevante informatie opleveren inzake de toepassingsgebieden, kosten en "milieuhygiënische" en algemene aspecten van de bodemreinigingstechniek.
  - Het saneringsproject moet gericht zijn op reiniging.
- d) De individuele evaluatie omvat de volgende aspecten:
- Beoordeling van de reiniging, o.a. bepalen van het toepassingsgebied van de installatie, reinigungsgraad en/of restconcentratie, capaciteit (en globale massabalans); eventueel ook als functie van de procescondities en voor verschillende concentraties aan verontreinigingen en/of te onderscheiden grondlagen (grondtypen).
  - Reinigingskosten, voor zover mogelijk gespecificeerd naar een aantal belangrijke kostenposten.  
De informatie hiervoor zal in principe moeten worden aangeleverd door de uitvoerder van de sanering.
  - Milieuhygiënische en algemene aspecten, zoals de continuïteit van de werkzaamheden, emissies, reststoffen, veiligheid, arbeidshygiëne en een kwaliteitsbeoordeling van gereinigde grond.
- e) De kosten van een individuele evaluatie zijn sterk afhankelijk van de analysekosten (per monster), maar ook het aantal meetdagen dat is benodigd (reiskosten e.d.). Als basis voor een evaluatie wordt gekozen voor een niet-extreem verontreinigde partij grond bij standaard (of optimale) procescondities. Naar schatting bedragen de kosten dan:
- Bij 2 meetdagen f 28.000,-- à f 69.000,--.
  - Bij 4 meetdagen f 40.000,-- à f 81.000,--.
- Voor additionele informatie c.q. evaluatiepunten, bijvoorbeeld bij de evaluatie van sterk afwijkende procescondities, sterk afwijkende concentratieniveau's aan verontreiniging(en) en andere typen grond bedragen de extra kosten per variatie naar schatting:
- Bij 2 meetdagen f 17.000,-- à f 51.000,--
  - Bij 4 meetdagen f 29.000,-- à f 63.000,--
- Bij deze kosten is nog geen rekening gehouden met eventuele kosten voor analyses van bijzondere componenten (bijvoorbeeld



dioxine in de afgassen), metingen van geluid- en geuroverlast en stofemissies en de eventuele kosten ten gevolge van produktieverlies bij belangrijke wijzigingen van de procescondities.

Omdat de kosten voor iedere zogenaamde additioneel evaluatiepunt per variatie lager zijn dan voor de eerste "standaard" evaluatie, wordt aanbevolen om zo mogelijk meerdere variaties per saneringsproject te beschouwen. In feite ontstaat dan de situatie dat meerdere individuele evaluaties per saneringsproject worden uitgevoerd.

- f) De kosten voor de integrale evaluatie (indien gebaseerd op 10 tot 20 individuele evaluatie-rapporten) bedragen naar schatting per rapport f 25.000,-- à f 40.000,--.
- g) Mits bij de uitvoering van monsternamen en analyses aan bepaalde eisen wordt voldaan, kan de informatie die beschikbaar is na het saneringsonderzoek en/of bij de dagelijkse controle op de restconcentraties van de gereinigde grond (keuring) van nut zijn bij:
  - selectie van een geschikt saneringsproject en/of;
  - beoordeling van de in- en uitgaande grond van de installatie.Hierdoor kunnen de analysekosten worden verminderd.
- h) De uitvoering van de integrale evaluatie ligt in de hand van één onafhankelijk bureau. De individuele evaluaties kunnen in principe ook door derden worden verzorgd. In dat geval zal echter vooraf een toetsing van het opgestelde meetplan (bestek) bij een centraal onafhankelijk bureau dienen plaats te vinden. De bemonstering, analyses en metingen in het kader van de individuele evaluaties kunnen in het algemeen zonder bezwaar worden uitbesteed aan derden.
- i) Belanghebbenden bij de uitvoering van de evaluaties zijn Rijksoverheid, Provincies, saneerders en mogelijk ook vergunningverleners, gemeenten en bevolking. Voortzetting is pas zinvol als (een of) meerdere van deze belanghebbenden bereid zijn bij te dragen in de financiering van de evaluaties.
- j) De studie betreft een eerste opzet voor een standaard beoordelingsmethodiek waarbij vaak is uitgegaan van sterk vereenvoudigde situaties. Derhalve zal een aantal aspecten van de standaard beoordelingsmethodiek dienen te worden getoetst op algemene geldigheid en verder in een bestek te worden uitgewerkt.

## 9. AANBEVELINGEN

Aanbevolen wordt om op korte termijn (individuele) proefevaluaties van een drietal saneringsprojecten uit te voeren en aan de hand daarvan vast te stellen:

- In hoeverre de eerste opzet van de standaard methodiek zoals die in dit rapport is uitgewerkt in de praktijk hanteerbaar is.
- Of de evaluatie kan worden uitgevoerd binnen de genoemde kostenraming.
- Of de informatie wordt verkregen welke in eerste instantie is beoogd, gelet op de doelstellingen van de evaluatie.

Na afloop van de proefevaluaties zal nadere bezinning moeten plaatsvinden op de waarde van de gevonden resultaten en de eventuele aanpassing van de gekozen standaard methodiek.

In het kader van de voorbereiding van deze drie proefevaluaties zal aandacht moeten worden besteed aan onder andere:

- . De bemonstering van belangrijke massastromen (op welke wijze bemonsteren, aantal ondermonsters, monsterhandling) en de wijze waarop emissies moeten worden gemeten.
- . De wijze waarop de kwaliteit van de gereinigde grond en "good cleaning practice" moet worden beoordeeld.
- . De wijze van het verkrijgen van betrouwbare informatie over onder andere de algemene gang van zaken gedurende het project.
- . De statistische onderbouwing voor een aantal nog niet beschouwde situaties, b.v. het geval dat de reinigingsmethode een overgangsvorm is van de gevallen waarbij reinigingsgraad en restconcentratie als beoordelingsmaatstaven worden gehanteerd.
- . De openbaarheid van de verzamelde gegevens.



Voor individuele evaluatie in aanmerking komende verontreinigde  
lokaties

Uitgangspunt bij selectie:

Meerdere (> 5) lokaties die zowel qua type grond als type verontreiniging (eventueel ook de wijze waarop de verontreiniging in de grond aanwezig is) vergelijkbaar zijn.

Een zinvolle indeling naar type verontreiniging kan worden gemaakt op basis van de verontreinigingsbron of bedrijfstak.

De belangrijkste verontreinigingsbronnen zijn weergegeven in onderstaande tabel. Boven de deelstreep zijn de meest interessante lokatie-typen aangegeven.

Met betrekking tot het type grond kan worden opgemerkt dat er in veel gevallen van bodemverontreiniging sprake is van zandige grond, zowel humeus als niet humeus, en kleiachtige gronden. Minder frequent komen gestort materiaal (zowel slibben als huisvuilstorten) en veenachtig gronden voor. In zeer weinig gevallen is er sprake van ander materiaal zoals löss en mergel.

Tabel a: classificatie van type verontreinigingen in relatie tot de bron van de verontreiniging, gebaseerd op 500 gevallen in Nederland (bron: bronnen van verontreiniging, bijdrage van ir. W. van Duijvenboode aan de PAO cursus "Interimwet bodemsanering vanwege bodemverontreiniging").

| bron van<br>verontreiniging                                   | type verontreinigingen                                                                                                        | aantal | freq.(%) |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------|
| 1. gasfabrieken                                               | aromaten, benzeen, fenolen, CN.                                                                                               | 138    | 28       |
| 2. stortplaatsen                                              | gehalogeneerde koolwaterstoffen, benzeen, alkyl-,<br>benzenen, metalen zoals Hg, As, Pb, Cd, Ni,<br>pesticiden, CN            | 106    | 21       |
| 3. minerale olie                                              | koolwaterstoffen, Pb.                                                                                                         | 37     | 8        |
| 4. chemische industrie<br>en gerelateerde<br>bedrijven        | gehalogeneerde en alifatische koolwaterstoffen,<br>alkylbenzenen, fenolen, metalen zoals Hg, Pb, As,<br>Cu, Zn, Ni, Cr.       | 33     | 7        |
| 5. galvanische<br>bedrijven                                   | trichloorethyleen, CN <sup>-</sup> , metalen zoals Cr, Ni, Cu,<br>Zn, Cd, Sn.                                                 | 31     | 6        |
| 6. metaal industrie                                           | Tri- and tetrachloorethyleen, (alifatische)<br>koolwaterstoffen, fenolen, metalen zoals Cr, Ni,<br>Cu, Zn, Cd Sn, Pb.         | 31     | 6        |
| 7. verf industrie                                             | alkylbenzenen, (gehalogeneerde) koolwaterstoffen,<br>metalen zoals Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Ti.                                    | 27     | 5        |
| 8. garages/tankstations                                       | koolwaterstoffen, Pb.                                                                                                         | 16     | 3        |
| 9. vaten reiniging                                            | benzeen, aromatische, alifatische and gehaloge-<br>neerde koolwaterstoffen, metalen zoals As, Hg,<br>Pb.                      | 16     | 3        |
| 10. hout industrie                                            | pentachloorfenol, aromatisch en alifatische<br>koolwaterstoffen, metalen zoals Pb, Sn, Zn.                                    | 10     | 2        |
| 11. chemisch reinigen                                         | tri- and tetrachloorethyleen                                                                                                  | 6      | 1        |
| 12. textiel industrie                                         | koolwaterstoffen, Pb, Cr.                                                                                                     | 6      | 1        |
| 13. pesticide produ-<br>cerende en ver-<br>werkende bedrijven | gehalogeneerde koolwaterstoffen, fenolen, As                                                                                  | 5      | 1        |
| 14. slib storten                                              | (alifatische) koolwaterstoffen, Pb, Zn                                                                                        | 4      | 1        |
| 15. emailleer bedrijven                                       | aromatische en alifatische koolwaterstoffen,<br>tetrachloorethyleen                                                           | 3      | 0.5      |
| 16. leerlooierijen                                            | koolwaterstoffen, Cr                                                                                                          | 2      | 0.5      |
| 17. diversen                                                  | benzeen, alkylbenzenen, fenolen, trichloor-<br>ethyleen, (alifatische) koolwaterstoffen,<br>metalen zoals Zn, Cd, Sn, Hg, Pb. | 26     | 5        |
| totaal                                                        |                                                                                                                               | 497    | =====    |



Te verzamelen set gegevens voor een individuele evaluatie tijdens een stationaire situatie.

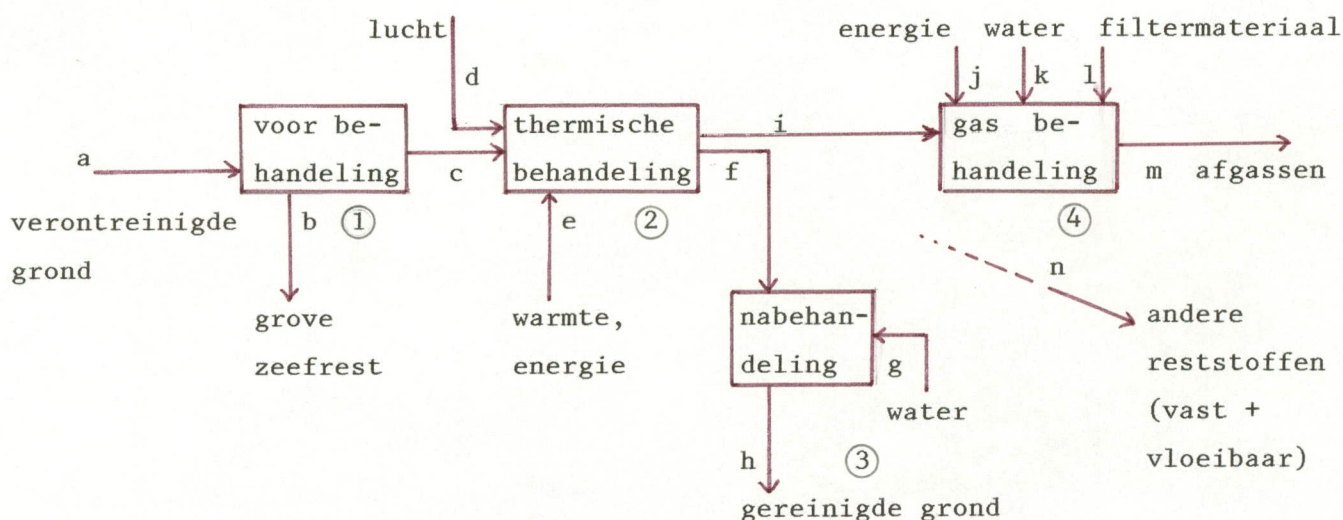
De te verzamelen gegevens voor een doelmatige evaluatie verschillen van project tot project. Om toch een indicatie te kunnen geven van de te verzamelen gegevens worden hier de saneringstechnieken die momenteel voor toepassing in de praktijk in aanmerking komen in een aantal categorieën verdeeld, te weten:

- Thermische methoden
- Extractieve methoden
- Microbiologische methoden.

De laatste twee categorieën kunnen in principe nog worden onderverdeeld in methoden na afgraven en in-situ methoden. In het onderstaande wordt per categorie ingegaan op de te verzamelen gegevens voor een individuele evaluatie tijdens bepaalde meetdag onder relatief stationaire procescondities. Opgemerkt zij dat in ieder afzonderlijk geval van een individuele evaluatie een "bestek" vooraf in detail dient te worden uitgewerkt. Verder betreft het hier slechts een eerste opzet.

1. Thermische behandeling (na afgraven)

Globaal is het volgende schema van toepassing:



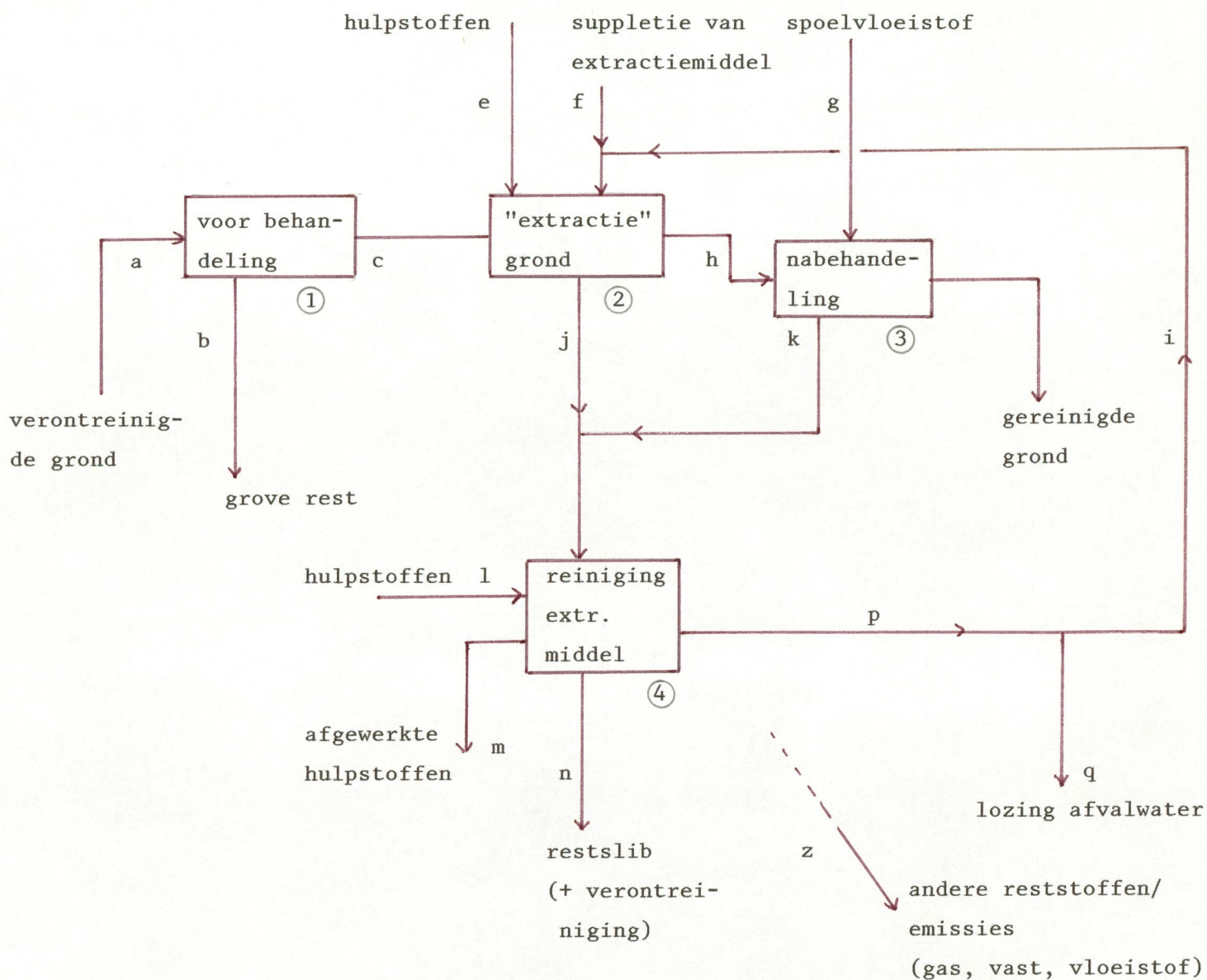
De volgende activiteiten moeten worden verricht:

- De omvang van massastromen en energiestromen bepalen; in ieder geval de stromen a, h en m, zo nodig ook de stromen b, e, k, l en n;
- Het uitvoeren van analyses op de belangrijkste massastromen; daartoe een bemonsteringsprocedure opzetten voor bijvoorbeeld de stromen a, h en m (+ "kwaliteit"\* van stroom h); analyseren op verontreinigingen, vochtgehalte, organische stof en bepalen van deeltjesgrootteverdelingen eventueel bepalen van schadelijke componenten in de afgassen;
- Vaststellen van eventuele geur- en stofemissies, integraal over de gehele installatie gemeten;
- Vaststellen van de heersende procescondities (temperatuur gas en uittredende grond, verblijftijden, condities naverbrander; voorzover van toepassing en bij voorkeur in de blokken 2 en 4).

---

\* Het begrip "kwaliteit" van de gereinigde grond zal in dit kader nader gedefinieerd dienen te worden, bijvoorbeeld met betrekking tot structuur van de grond, beschikbaarheid voedingsstoffen, uitlooggedrag bestemmingsmogelijkheden.



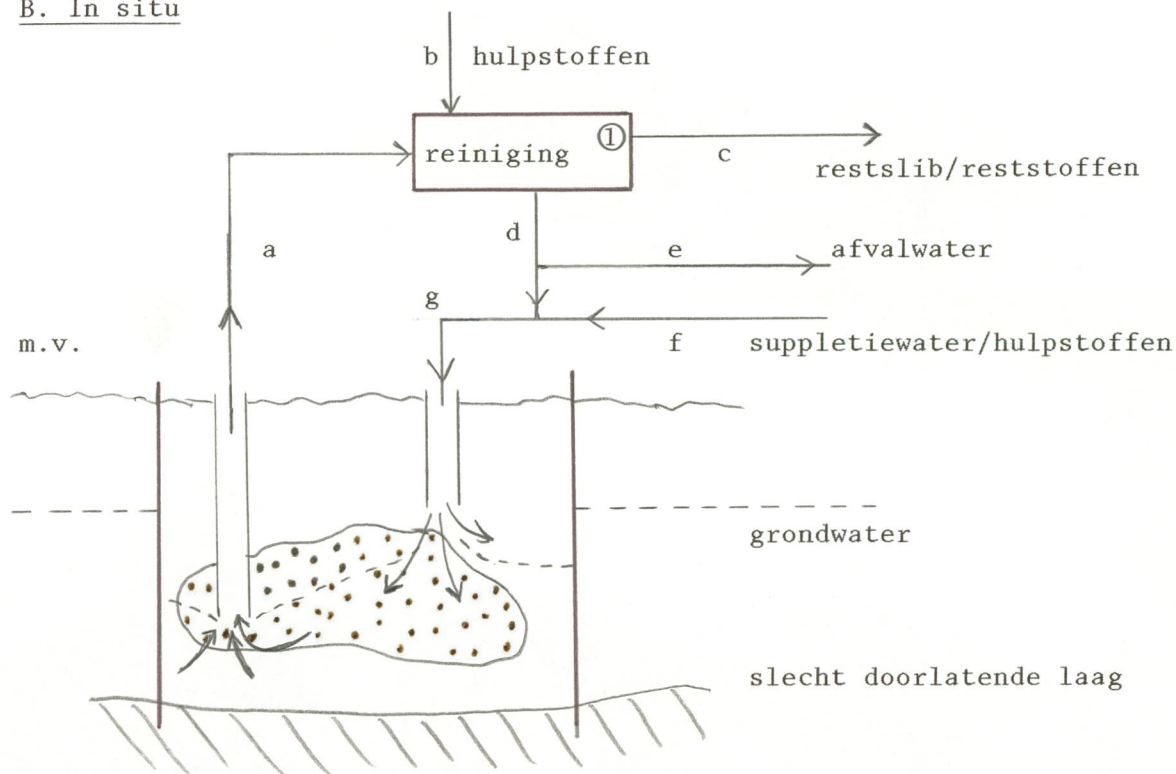
II Extractieve reinigingA: Na afgraven

De volgende activiteiten moeten worden verricht:

- Het bepalen van de omvang van de massastromen: *a*, *q*, *n*, *i*, en zo nodig ook: *b*, *f*, *g*, en *z* (voor zover praktisch haalbaar);

- Analyses op de belangrijkste massastromen; daartoe een bemonsteringsprocedure opzetten voor bijvoorbeeld a, i, q (+ "kwaliteit" van massastroom i); analyseren op verontreinigingen, organische stof, vochtgehalte, gebruikte chemicaliën, deeltjes-grootteverdelingen;
- Vaststellen van eventuele geur- en stofemissies;
- Vaststellen van de heersende procescondities (pH, temperatuur, verblijftijd; voorzover relevant en bij voorkeur in de blokken 2, 3 en 4).



B. In situ

De volgende activiteiten moeten worden verricht:

- De omvang van de massastromen a, c, e, g bepalen, zo nodig ook b en f;
- Het uitvoeren van analyses op de belangrijkste massastromen; daartoe een bemonsteringsprocedure opzetten voor bijvoorbeeld de stromen a, e (of g); analyseren op verontreinigingen, gebruikte chemicaliën;
- Eventuele emissies vaststellen (met name een bemonstering van grondwater buiten de te saneren lokatie);
- Vaststellen van de heersende procescondities bij de waterreiniging (blok 1) voor zover relevant, bijvoorbeeld pH, temperatuur, verblijftijd.

Daarnaast zullen uitgebreide bemonsteringen van de te behandelen grond moeten plaatsvinden, bijvoorbeeld vooraf (voor zover nodig), eenmaal ca. halverwege het saneringsproject (daarbij mogen de heersende stromingspatronen niet worden verstoord) en eenmaal na afloop van de sanering. Het aantal monsterpunten moet voldoende zijn voor een statistisch verantwoorde interpretatie van het verontreinigingsbeeld van het gehele behandelde volume grond of bepaalde deelpartijen daarvan.

### III Microbiologische methoden

Vanwege de lange behandelingsduur is in het algemeen geen sprake van een continue behandeling van een bepaalde grondstroom, maar zal de gehele partij grond of een substantieel deel daarvan in zijn totaliteit worden behandeld.

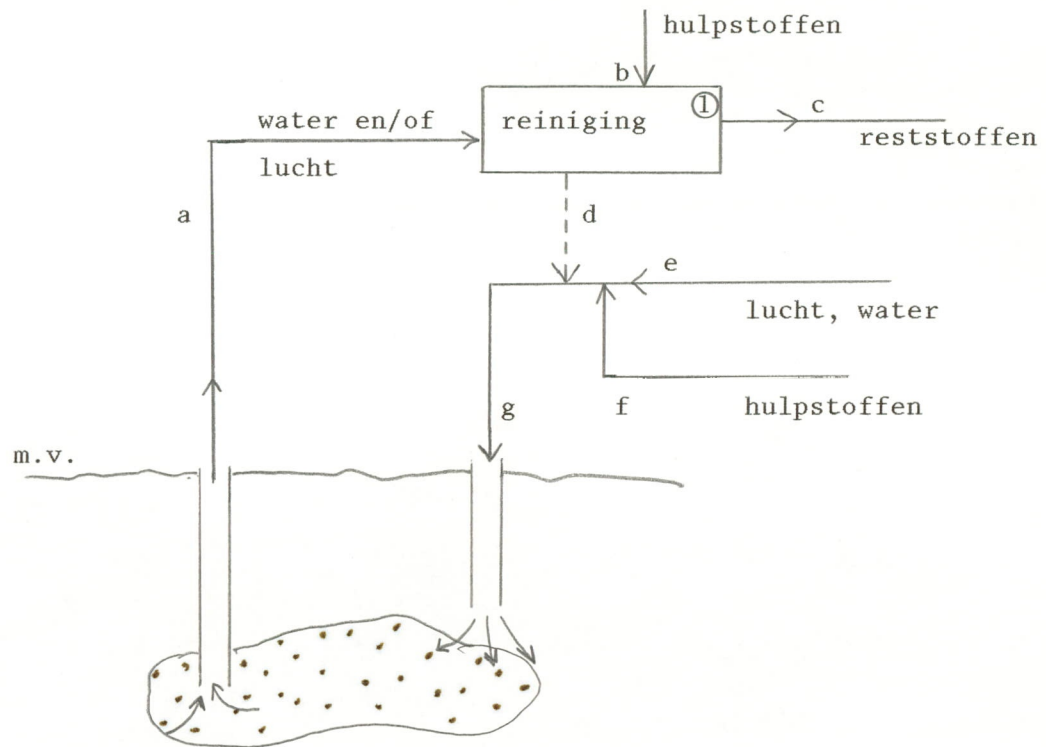
Hier wordt om praktische redenen onderscheid gemaakt tussen enerzijds landfarming en op compostering gelijkende methoden (zowel na afgraven als in-situ) en anderzijds andere in-situ technieken die betrekking hebben op de diepere ondergrond.

#### A. Landfarming en op compostering gelijkende methoden

De volgende bepalingen moeten worden verricht:

- Omvang benodigde hulpstoffen (nutriënten, water);
- Omvang biomassa;
- Vaststellen van procescondities (laagdikte, omwoelfrequentie, frequentie hulpstofdosering, temperatuur; alle voor zover relevant);
- Eventuele emissies vaststellen (verontreinigingen, uitlozing, hulpstoffen);
- Verloop van het reinigingsproces via een (regelmatige) bemonstering van de in behandeling zijnde grond, alsmede een blanco monster.



B. In-situ methoden (exclusief landfarming)

De volgende metingen moeten worden verricht:

- De omvang van de massastromen a, g en c bepalen (voorzover van toepassing), bij voorkeur ook b en f;
- Het analyseren van de belangrijkste massastromen, bijvoorbeeld a en c; analyseren op verontreinigingen, gebruikte hulpstoffen, biomassa;
- Eventuele emissies vaststellen (bemonstering van grondwater buiten de te saneren lokatie);
- Vaststellen van de heersende procescondities bij blok 1.

Daarnaast zal de te behandelen grond bij voorkeur meerdere malen moeten worden bemonsterd, bijvoorbeeld bij de start (voorzover nodig geacht), één- of tweemaal tijdens de saneringsoperatie en na afloop van de sanering. Het aantal monsterpunten, vooral bij de eerste en de laatste bemonstering, moet voldoende zijn voor een statistisch verantwoorde interpretatie van de bereikte resultaten. (Indien nodig geacht kan ook een bemonstering worden uitgevoerd enige maanden nadat de feitelijke sanering is beëindigd).

Het verzamelen van relevante informatie voor de individuele evaluatie, betrekking hebbende op de gehele periode van een saneringsproject.

Voor een doelmatige evaluatie is behoefte aan informatie inzake:

- a) Continuïteit werkzaamheden.
- b) Veiligheid, arbeidshygiëne.
- c) Reinigingsresultaat (+ kwaliteit gereinigde grond).
- d) Kosten.

ad. a) De voortgang van de werkzaamheden dient dagelijks in een logboek te worden bijgehouden. Eventuele onregelmatigheden ten aanzien van de saneringsoperatie worden hierin genoteerd (met opgave van redenen verdient de voorkeur, hoewel bij saneerderij in het algemeen hiertegen een weerstand zal bestaan). Hiermee wordt een informatiebron geschapen, bijvoorbeeld om na te gaan of de oorspronkelijke planning wordt gehaald, of zich situaties voordoen die in het bestek niet voorzien waren, om een indruk te verkrijgen van de aard van en het aantal "onregelmatigheden", etc.

ad. b) Door de Arbeidsinspectie (eventueel in overleg en in samenwerking met BGD) dient bij voorkeur één of meerdere malen, op onaangekondigde tijdstippen, tijdens de sanering te worden gecontroleerd of wordt voldaan aan de voorschriften op het gebied van veiligheid en arbeidshygiëne. Bij het opstellen van het bestek voor de sanering moeten extreme eisen in deze voorschriften worden voorkomen.

Eventuele ongelukken of calamiteiten dienen te worden aangemeld bij de Arbeidsinspectie, maar ook bij voorkeur bij de evaluerende instantie, zodat deze in onderling overleg kunnen nagaan welke eventuele tekortkomingen in het bestek aanwezig zijn.

Eventuele grote, onvoorziene emissies van stof, stank, rookgassen, extracten en dergelijke dienen zoveel mogelijk met redenen omkleed te worden genoteerd in het logboek.



ad. c) Naast de informatie die een aantal keren (voor ca. 8 sets gegevens) tijdens de sanering wordt verzameld zoals in bijlage 2 is omschreven, kan het van belang zijn de reinigingsresultaten (restconcentraties en/of reinigingsgraad, voor zover van toepassing) over het gehele saneringsproject of per deelpartij grond te kennen. Deze gegevens worden in het algemeen reeds verzameld in het kader van een keuring van de gereinigde grond, aan de hand van eisen zoals deze zijn vastgelegd in het bestek van het saneringsproject.

Naast een (relatief regelmatige) chemische beoordeling van de gereinigde grond is een (eenmalige) algemene kwaliteitsbeoordeling gewenst. Het begrip bodemkwaliteit is relateerd aan de bestemmingsmogelijkheden. Daarvoor dienen criteria te worden opgezet ten aanzien van fysische kenmerken (bijvoorbeeld kleur, textuur, kleigehalte, en dergelijke), chemische kenmerken (deels vastgelegd in het toetsingskader; uitloogbaarheid restverontreinigingen en dergelijke) en (micro)biologische kenmerken (beschikbaarheid spore-elementen, toxiciteitstests, vruchtbaarheid en dergelijke).

Toetsing aan deze criteria dient te geschieden aan een of meerdere representatieve monsters van de gereinigde grond. Omdat deze criteria en de uit te voeren tests nog niet zijn vastgesteld, zal hiervan op korte termijn een nadere invulling dienen plaats te vinden.

ad. d) De kostenfactoren welke moeten worden meegenomen in de individuele evaluatie dienen mogelijkheden tot onderlinge vergelijking te bieden. Voorgesteld wordt de door de aannemer c.q. uitvoerder feitelijk in rekening gebrachte kosten als basis te nemen, waarop in mindering worden gebracht de kosten voor afgraven en transport van grond van en naar de installatie, de kosten voor tussentijdse opslag van de grond (meer dan een normale werkvoorraad bij de installatie, bijvoorbeeld voor twee weken), kosten voor de aankoop en de inrichting van het terrein waar de installatie staat en eventueel bijzondere kosten die in het kader van de individuele evaluatie gemaakt dienen te worden. De kosten voor vooronderzoek, speciale veiligheidsmaatregelen

(zoals persoonlijke beschermingsmaatregelen, bijzondere installatietechnische maatregelen, voorzieningen ten behoeve van directe omgeving), reststoffenafvoer en afschrijving van gebruikt materieel dienen bij voorkeur te worden gespecificeerd.



Overzicht van activiteiten voor de Individuele Evaluatie

- 1) Aanmelding te saneren lokatie door PWS, gemeenten.
- 2) Selectie geschikt geachte saneringsprojecten.
- 3) Nulfase (voorbereiding).
  - Verzamelen additionele informatie.
  - Vaststellen/opstellen gedetailleerd meetprogramma (bestek).
  - Contacten derden; contracten.
- 4) Sanering.
  - Waarnemingen, metingen
  - Monsternamen
  - Monsteropwerking en analyse.
- 5) Evaluatie van gegevens en rapportage.

N.B. de punten 3 en 5 zijn bij voorkeur in de hand van één onafhankelijke instantie. De punten (1 en) 2 bij voorkeur bij de instantie voor de integrale evaluatie (anders bij centrale overheid). Punt 4 (of onderdelen ervan) kan onder verantwoordelijkheid van de evaluerende instantie worden uitbesteed, mits de voorschriften voor deze activiteiten voldoende eenduidig zijn.

Overzicht van activiteiten voor de integrale evaluatie

- 1) Individueel-evaluatierapport samenvatten op informatiesheet ten behoeve van PWS, Gemeenten en eventueel de saneerders/ uitvoerders (een directe en continue actie).
- 2) Integrale evaluatie, in feite een continu proces; tijdelijk een verhoogde activiteit ten behoeve van 3) indien voldoende individuele rapporten beschikbaar zijn; doel is daarbij ondermeer - voor zover mogelijk - een onderlinge vergelijking van saneringsprojecten en reinigingsmethoden en de toepassingsgebieden van de verschillende methoden in kaart te brengen.
- 3) Rapportage (periodiek, bijvoorbeeld eens per jaar óf wanneer voldoende informatie is verzameld).

N.B. De punten 2 en 3 en punt 1 kunnen in principe door verschillende instanties worden uitgevoerd, maar bij voorkeur door één, onafhankelijke instantie.



Informatiesheet

Doel: snel informatie verschaffen over de resultaten van een uitgevoerde sanering aan (overheids) instanties die direct betrokken zijn bij saneringsprojecten en de voorbereiding daarvan.

Informatie heeft betrekking op bijvoorbeeld:

- reinigingsmethode,
- naam uitvoerder,
- naam lokatie,
- type grond (inclusief homogeniteit van de grond),
- omvang lokatie, maximale diepte,
- bijzondere omstandigheden (bijvoorbeeld veel puin, leidingen-net, handhaving bebouwing),
- type verontreinigingen, oorzaak verontreinigingen,
- verontreinigingsgraad (gemiddelde, variantie, minimale, maximale concentraties),
- reinigingsgraad (gemiddelde, variantie, minimale, maximale concentraties na reiniging) onder standaard procescondities.
- eventueel de reinigingsgraad onder afwijkende procescondities,
- gemiddelde netto doorzetcapaciteit/behandelingscapaciteit, totale duur sanering,
- eventueel geconstateerde emissies (gemiddeld of voor zover boven een norm),
- bijzondere veiligheidsmaatregelen en bijzondere risicofactoren,
- kosten voor de feitelijke reiniging,
- bereiken gestelde doelen (geheel niet, enigzins, redelijk, geheel),
- andere bijzonderheden,
- relaties tot voorgaande informatiesheets.

Deze informatiesheets kunnen bijvoorbeeld in een losbladig systeem worden opgeborgen.

Statistische beschouwing monsternamen.

Het totaal aantal te analyseren monsters bij een individuele evaluatie hangt in principe af van:

1. reinigingsmethode;
2. scenario voor een individuele evaluatie;
3. verontreinigde lokatie (verdeling verontreinig(en), homogeniteit van de grond, typen verontreinigingen);
4. gewenste nauwkeurigheid en betrouwbaarheid.

In het onderstaande worden met name de bemonstering van in- en uitgaande grondstromen beschouwd. Deze beschouwing pretendeert geenszins uitputtend te zijn, maar is bedoeld inzicht te verschaffen in de problematiek rond het op statistisch verantwoorde wijze verwerken van meetresultaten. Dit wordt gedaan aan de hand van een aantal in de praktijk hanteerbare vuistregels en het doorrekenen van een paar vereenvoudigde gevallen. Op basis van deze beschouwing zal blijken dat een (voorlopige) additionele eis bij de selectie van geschikte lokaties moet worden geformuleerd.

Enkele vrij algemeen hanteerbare vuistregels in de statistiek zijn de volgende:

- 1) Het minimum aantal meetwaarden (monsters)  $n$  dat benodigd is voor een goede schatting van een bepaalde grootte is in principe afhankelijk van de variantie, en kan zonder kennis hierover niet worden gegeven. In de praktijk worden echter vaak gehanteerd:
  - voor het gemiddelde ( $\hat{\mu}$ ) :  $n \geq 5$ ;
  - voor de variantie\* ( $\hat{\sigma}^2$ ) :  $n \geq 20$ ;
  - voor een tijdreeks (vaststellen van tendensen) :  $n \geq 50$ .
- 2) Hoe meer meetwaarden, hoe nauwkeuriger de schatting kan worden uitgevoerd (d.w.z. de lengte van het bijbehorende betrouwbaarheidsinterval  $I$  wordt kleiner; vaak geldt  $I \propto 1/\sqrt{n}$ ).

---

\*  $\hat{\sigma}^2$  is gedefinieerd volgens  $\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2$  met  
 $x_j$  = waarde van monster  $j$  en  $\bar{x}$  = gemiddelde waarde van  $x_1, \dots, x_n$ .



- 3) Voor grondmonsters geldt dat vanwege de heterogeniteit van verontreinigde grond (ook op sub-kilogramschaal) de variantie ( $\sigma^2$ ) vrij sterk afhankelijk is van de grootte van het monster. Het is derhalve van belang om voor de bemonstering een eenduidige werkwijze te kiezen en deze bij de verschillende individuele evaluaties te hanteren.
- 4) Een variantie kan eventueel worden gezien als de sommatie van meerdere "deelvarianties" die daaraan een bijdrage leveren:

$$\sigma_1^2 = s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + \dots \quad (1)$$

met b.v.  $s_1^2$  = variantie t.g.v. heterogeniteit van de bodem;

$s_2^2$  = variantie t.g.v. meetfouten;

$s_3^2$  = variantie t.g.v. kleine variaties in de procescondities.

De grootste  $s_i$  bepaalt feitelijk de grootte van  $\sigma_i$ . Vaak zal gelden dat de genoemde  $s_1^2$  veel groter is dan  $s_2^2$  en  $s_3^2$  en kan het aanbeveling verdienen  $s_1^2$  te verkleinen door bijvoorbeeld de grond te homogeniseren of mengmonsters te maken. Later wordt hier nader op ingegaan.

- 5) Onafhankelijk van het type verdeling van grootte  $x$ , tendeert  $\bar{x}_i$  (schatting van het gemiddelde van steekproef  $i$ , met de meetwaarden  $x_{i,1}, \dots, x_{i,n_i}$ ) naar een normale verdeling.

Als beoordelingsmaatstaf voor bodemreinigingstechnieken kunnen in principe vele grootheden worden gehanteerd. Vooralsnog worden de volgende beoordelingsmaatstaven onderscheiden:

- a) reinigingsgraad;
- b) restconcentratie;
- c) halfwaardetijd.

Elk van deze beoordelingsmaatstaven is van toepassing op één of meerdere bodemreinigingsmethoden. In het onderstaande wordt op elk van deze beoordelingsmaatstaven nader ingegaan.

#### ad a Reinigingsgraad

Mogelijk van toepassing op:

extractieve reiniging; classificatie.

De reinigingsgraad  $r$  van grond wordt hier gedefinieerd als:

$$r = (1 - \frac{\mu_2}{\mu_1}) * 100\% \quad (2)$$

met

$\mu_1$  = gemiddelde concentratie verontreiniging van de te behandelen grond,

$\mu_2$  = gemiddelde concentratie na reiniging.

De reinigingsgraad van een bepaalde installatie zal afhangen van  $\mu_1$  en de verdeling van de verontreiniging over de partij grond. Om deze verdeling nader te specificeren wordt de partij denkbeeldig opgesplitst in eenheden van 1 kg. Een maat voor de verdeling van de verontreiniging is de standaardafwijking  $\sigma_1$  van deze eenheden. Op een dergelijke wijze kan ook een standaardafwijking  $\sigma_2$  voor de gereinigde partij worden gedefinieerd.

De reinigingsgraad kan worden geschat door zowel voor als na reiniging at random een aantal monsters van 1 kg uit de partij te nemen en hiervan de verontreiniging vast te stellen.

Uitgaande van waarnemingen  $x_i$ ,  $i = 1 \dots n_1$  vóór de reiniging en  $y_j$ ,  $j = 1 \dots n_2$  na de reiniging is een logische schatter voor de reinigingsgraad:

$$\hat{r} = (1 - \frac{\sum_{j=1}^{n_2} y_j / n_2}{\sum_{i=1}^{n_1} x_i / n_1}) \cdot 100\% \quad (3)$$

Dit onder de aanname dat  $x_i$  en  $y_j$  onafhankelijke waarnemingen zijn. Voor de standaardafwijking van  $\hat{r}$  is geen exacte formule voorhanden maar er kan wel een benaderende worden afgeleid. Deze luidt:

$$\sigma(\hat{r}) \approx 100\% \cdot \frac{\mu_2}{\mu_1} \left\{ \frac{\sigma_2^2}{\mu_2^2 n_2} + \frac{\sigma_1^2}{\mu_1^2 n_1} \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

De parameters waarvan de nauwkeurigheid van de reinigingsgraad afhangt kunnen worden ingedeeld in 2 groepen:

1. parameters die de verdeling van de verontreiniging voor en na de sanering beschrijven, nl.  $\mu_1$ ,  $\sigma_1$ ,  $\mu_2$  en  $\sigma_2$ .
2. het aantal waarnemingen vóór en na de sanering nl.,  $n_1$  en  $n_2$ .



Wil men een uitspraak doen over het aantal waarnemingen dat nodig is om met een bepaalde nauwkeurigheid de reinigingsgraad vast te stellen, dan zal men tenminste een idee moeten hebben omtrent de grootte van  $\mu_1$ ,  $\mu_2$ ,  $\sigma_1$  en  $\sigma_2$ .

In vele gevallen kan reeds vóór de sanering een indicatie worden gegeven van  $\mu_1$  en  $\sigma_1$ , omdat na afsluiting van het saneringsonderzoek in het algemeen tientallen grondmonsters zijn geanalyseerd. Anderzijds kunnen de normale controle metingen op de gereinigde grond (keuringen) een indicatie geven van  $\mu_2$  en  $\sigma_2$  of zelfs een zeer goed bruikbare informatiebron hiervoor zijn.

In de formule voor  $\sigma(\hat{r})$  kan een aantal grensgevallen worden onderscheiden. Hierna worden een tweetal gevallen nader beschouwd.

$$\underline{\text{A.}} \quad \sigma_1/\mu_1 \approx \sigma_2/\mu_2$$

(m.a.w. de verdelingen van de verontreinigingen voor en na reiniging lijken op elkaar)

$$\text{Dan volgt:} \quad \sigma(\hat{r}) \approx 100\% \cdot \frac{\mu_2}{\mu_1} \cdot \frac{\sigma}{\mu} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Voor een gegeven  $n_1 + n_2$  is  $\sigma(\hat{r})$  minimaal als  $n_1 \approx n_2$ .

$$\text{Kies nu } N = \left( \frac{\sigma_1^2}{\mu_1^2 \cdot n_1} + \frac{\sigma_2^2}{\mu_2^2 \cdot n_2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$N$  is een maat voor de nauwkeurigheid c.q. het betrouwbaarheidsinterval van  $r$ , immers uit vergelijking (4) volgt:

$$N \approx \frac{\sigma(\hat{r})}{100\% \cdot \mu_2/\mu_1} = \frac{\sigma(\hat{r})}{100\% - r} \quad (7)$$

De lengte van het betrouwbaarheidsinterval is recht evenredig met  $N$ . In

het onderhavige geval geldt, daar  $\frac{\sigma_1}{\mu_2} \approx \frac{\sigma_2}{\mu_2} = \frac{\sigma}{\mu}$  en  $n_1 \approx n_2 = n$ , dat:

$N = \sigma/\mu \cdot \left(\frac{2}{n}\right)^{\frac{1}{2}}$ . In tabel a is  $N$  gegeven voor enkele waarden van  $n$  en  $\sigma/\mu$ .

Tabel a: N als functie van n en  $\sigma/\mu$  (indien  $n_1 = n_2$  en  $\sigma_1/\mu_1 \approx \sigma_2/\mu_2$ )

| n  | $\sigma/\mu$ | N    |
|----|--------------|------|
| 2  | 0,2          | 0,20 |
| 4  | 0,2          | 0,14 |
| 8  | 0,2          | 0,10 |
| 16 | 0,2          | 0,07 |
| 4  | 0,5          | 0,35 |
| 8  | 0,5          | 0,25 |
| 16 | 0,5          | 0,18 |
| 4  | 1,0          | 0,7  |
| 8  | 1,0          | 0,50 |
| 16 | 1,0          | 0,35 |
| 32 | 1,0          | 0,25 |

Nu kan  $\sigma(\hat{r})$  worden berekend als functie van r en N. Tabel b geeft enkele rekenvoorbeelden. Tevens is aangegeven binnen welk interval r ligt bij een bepaalde (gewenste) betrouwbaarheid<sup>\*</sup>. De tabel laat zien dat een redelijk betrouwbare schatting van r kan worden gemaakt als  $N \leq 0,25$ .

<sup>\*</sup>

Het betrouwbaarheidsinterval I kan worden berekend volgens:

$I(r), 80\% = \hat{r} \pm 1,3 \cdot \sigma(\hat{r})$  met een betrouwbaarheid van 80%, of

$I(r), 95\% = \hat{r} \pm 2,0 \cdot \sigma(\hat{r})$  met een betrouwbaarheid van 95%.



Tabel b:  $\sigma(\hat{r})$  en betrouwbaarheidsintervallen als functie van  $\hat{r}$  en N.

| $\hat{r}$ | N    | $\sigma(\hat{r})$ | I(r)<br>betrouwb.h.<br>80% | I(r)<br>betrouwb.h.<br>95% |
|-----------|------|-------------------|----------------------------|----------------------------|
| 80%       | 0,50 | 10 %              | 67 - 93 %                  | 60 - 100 %                 |
| 80%       | 0,25 | 5 %               | 73,5 - 86,5 %              | 70 - 90 %                  |
| 80%       | 0,10 | 2 %               | 77,4 - 82,6 %              | 75 - 84 %                  |
| 95%       | 0,50 | 2,5 %             | 91,7 - 98,3 %              | 90 - 100 %                 |
| 95%       | 0,25 | 1,25%             | 93,4 - 96,6 %              | 92,5 - 97,5 %              |
| 95%       | 0,10 | 0,5 %             | 94,3 - 95,7 %              | 94 - 96 %                  |
| 99%       | 0,50 | 0,5 %             | 98,3 - 99,7 %              | 98 - 100 %                 |
| 99%       | 0,25 | 0,25%             | 98,7 - 99,3 %              | 98,5 - 99,5 %              |
| 99%       | 0,10 | 0,1 %             | 98,9 - 99,1 %              | 98,8 - 99,2 %              |

B.  $\sigma_i \geq \mu_i$ 

(bij zeer heterogene gronden; geldt met name voor  $i = 1$  omdat in installaties de grond altijd een zekere homogenisatie ondervindt waardoor geldt  $\sigma_2/\mu_2 < \sigma_1/\mu_1$ ).

N wordt dan in sterke mate bepaald door  $n_i$ . Stellen we dat  $N \leq 0,25$  dient te zijn (zie geval A), dan zal in de praktijk vaak moeten gelden:

$$\frac{\sigma_i^2}{\mu_i^2 n_i} \leq 0,03 \text{ à } 0,05, \text{ dus } n_i \gtrsim 25 * \frac{\sigma_i^2}{\mu_i^2} \quad (9)$$

Bijgaande tabel geeft een indruk van  $n_i$  als functie van  $\sigma_i/\mu_i$

| $\sigma_i/\mu_i$ | $n_i$      |
|------------------|------------|
| 0,5              | $\geq 6$   |
| 1,0              | $\geq 25$  |
| 1,5              | $\geq 56$  |
| 2,0              | $\geq 100$ |

Conclusie is dat in de praktijk (d.w.z.  $n_i \leq 10$ ) slechts een betrouwbaar beeld wordt verkregen als  $\sigma_i < \mu_i$ , bij voorkeur  $\sigma_i \leq 0,5 \mu_i$ .

Algemene conclusie uit voorgaande gevallen is dat met ca. 8 monsters op de in- en uitgaande grond kan worden volstaan als wordt voldaan aan:

$$\sigma_i \leq 0,5 \mu_i, \quad i = 1, 2 \quad (10)$$

of meer algemeen als  $N \leq 0,25$ . Het 95% betrouwbaarheidsinterval blijft dan beperkt tot  $\hat{r} \pm \frac{1}{2} * (100\% - \hat{r})$  (dit houdt in dat de kans dat de feitelijke reinigingsgraad kleiner is dan  $\hat{r} - \frac{1}{2} \cdot (100\% - \hat{r})$  ofwel  $1,5 \cdot \hat{r} - 50\%$  circa 2,5% is).

Bij het bovenstaande dient nog een kanttekening te worden geplaatst.

$\sigma_i$  Is hier gegeven op basis van 1 kg-monsters. De grootte van de monsters is echter van invloed op de  $\sigma$ . Ook van invloed op  $\sigma$  is het gebruik van ondermonsters (grepen) en de omvang van deze ondermonsters.

Dit betekent dat ook zeer heterogene gronden ( $\sigma_i > 0,5 \mu_i$ ) kunnen worden beoordeeld op 8 monsters, mits een voldoende aantal ondermonsters per monster worden genomen.

De invloed van het aantal ondermonsters op de betrouwbaarheid is echter niet eenvoudig op een exacte wijze te beschrijven. Wanneer echter wordt aangenomen dat de ondermonsters (grepen) ook 1 kg groot zijn, deze ondermonsters volledig kunnen worden opgemengd en de ondermonsters onafhankelijk van elkaar zijn (en representatief voor de partij), kan bij benadering worden gesteld dat:

$$\sigma :: 1/\sqrt{m} \text{ met } m = \text{aantal ondermonsters per monster.}$$

Dus bij  $m = 10$  zal  $\sigma_i$  slechts ca. 30% bedragen van  $\sigma_i$  bij  $m = 1$ .

Een andere mogelijkheid om  $\sigma_i$  te verkleinen wordt geboden door de grond vooraf te homogeniseren op 1 kg-schaal (zie bijlage 8). De invloed hiervan op de  $\sigma$  kan echter niet worden gegeven zonder verdere informatie over de mengprocessen.

#### ad b) Restconcentraties

Mogelijk van toepassing op:

thermische methoden, hogedruk-extractie.

Indien de restconcentratie  $\mu_2$  geen functie is van de concentratie  $\mu_1$  in de ingaande grond, is het in principe niet nodig  $\mu_1$  te bepalen. De beoordeling van de reiniging dient dan immers plaats te vinden aan de hand van  $\mu_2$ .



Uitgaande van de waarnemingen  $y_j$ ,  $j = 1, \dots, n_2$  na de reiniging is de logische schatter voor  $\mu_2$ :

$$\hat{\mu}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} y_j \quad (11)$$

en de schatter  $\hat{\sigma}_2^2$  voor de variantie van de waarnemingen  $y_j$ :

$$\hat{\sigma}_2^2 = \frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (y_j - \hat{\mu}_2)^2 \quad (12)$$

Het betrouwbaarheidsinterval  $I$  voor  $\mu_2$  bij normaal verdeelde waarnemingen wordt berekend met behulp van een student-verdeling volgens:

$$I(\mu_2) = \hat{\mu}_2 \pm t \cdot \frac{\hat{\sigma}_2}{\sqrt{n}}, \quad (13)$$

waarbij  $t$  voor verschillende waarden van  $n$  en overschrijdingskansen is getabelleerd. Tabel c geeft een indruk van de waarden  $t/\sqrt{n}$ .

Tabel c:  $t/\sqrt{n}$  als functie van het aantal monsters  $n$  en de overschrijdingskansen.

| aantal monsters                      | 4    | 8    | 16   | 32   |
|--------------------------------------|------|------|------|------|
| tweezijdige<br>overschrijdingskansen |      |      |      |      |
| 25%                                  | 0,71 | 0,44 | 0,30 | 0,21 |
| 5%                                   | 1,59 | 0,83 | 0,53 | 0,36 |

De meetwaarden welke zijn verkregen via de dagelijkse controle (keuring) op de restconcentraties in de gereinigde grond kunnen in principe worden gebruikt voor deze beoordeling\*.

\* Verwezen zij naar het "project Keuring en monsternamen bij bodem-saneringsprocessen" van Bosman, MT-TNO.

Bij dit type beoordeling verdient het in de praktijk de voorkeur om een toets uit te voeren op de vooronderstelling dat  $\mu_2 \neq f(\mu_1)$ . Dit kan geschieden via de nulhypothese  $H_0 : \mu_{2,i} = \mu_{2,j}$  (dag i en dag j of deelpartij i en deelpartij j). Voorwaarde daarbij is dat  $\mu_{1,i}$  duidelijk afwijkt van  $\mu_{1,j}$ , bijvoorbeeld meer dan een factor 2. Dit kan worden vastgesteld door de ingaande grond te bemonsteren, bijvoorbeeld 4 monsters per deelpartij. Pas daarna kan de nulhypothese worden getoetst via een F-toets.

Een andere mogelijkheid bestaat daaruit dat de resultaten (meetwaarden) van een groot aantal deelpartijen (of meetdagen) worden gebruikt voor een F-toets. Hierbij is het dus niet nodig de ingaande grond te bemonsteren; in het algemeen zijn  $\mu_{1,i}$ ,  $\mu_{1,j}$ ,  $\mu_{1,k}$ , etc. immers verschillend. Wel is dan vereist dat andere invloeden (bijvoorbeeld ten gevolge van variaties in de procescondities) op  $\mu_{2,i}$  verwaarloosbaar zijn.

Ondanks de veronderstelde onafhankelijkheid tussen  $\mu_2$  en  $\mu_1$  verdient het in de praktijk aanbeveling altijd monsters van de ingaande grond te nemen. Immers, als na afloop blijkt dat  $\mu_2$  wél een functie is van  $\mu_1$ , kan via analyse van de verzamelde monsters de waarde van  $\mu_1$  worden bepaald en de individuele evaluatie alsnog worden uitgevoerd.

#### ad c) Halfwaardetijd

Mogelijk van toepassing op:

- microbiologische methoden, flotatie.

Indien wordt aangenomen dat voor een partij grond een vaste behandelings-tijd wordt gekozen, kan dit geval worden gezien als een bijzonder geval van a(reinigingsgraad).

Er geldt immers:

$$\frac{C_\tau}{C_0} = 2^{-\tau/t_{1/2}} \quad \text{met } t_{1/2} = \text{halfwaardetijd} \quad (14)$$

$\tau$  = behandelingstijd  
 $C$  = beginconcentratie  
 $C_0$  = eindconcentratie.

$$\text{dus } r = \left(1 - \frac{C_\tau}{C_0}\right) \cdot 100\% = \left(1 - 2^{-\tau/t_{1/2}}\right) \cdot 100\% \quad (15)$$



Als aan de hand van metingen  $r$  kan worden geschat, kan dus ook  $t_{1/2}$  worden geschat. Derhalve kan hier worden volstaan met een verwijzing naar ad a.

Belangrijkste conclusies welke uit de bovenstaande beschouwing rond drie beoordelingsmaatstaven voor de reinigingsprocessen kunnen worden getrokken, zijn:

- De drie beoordelingsmaatstaven kunnen worden herleid tot slechts twee principieel verschillende: reinigingsgraad en restconcentratie.
- Voor de reinigingsgraad zal in het algemeen gelden dat:

$$\sigma_2/\mu_2 \leq \sigma_1/\mu_2 \quad (16)$$

en valt af te leiden dat bij voorkeur  $n_2 \leq n_1$ .

- Uitgaande van maximaal 8 - 10 monsters op de ingaande grond kan worden afgeleid dat een redelijk nauwkeurige schatting van de reinigingsgraad kan worden verkregen als geldt dat::

$\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$ . Als  $\sigma_1/\mu_1$  groter is dan 0,5 zijn in principe een aantal maatregelen mogelijk:

a) Meer monsters van de ingaande grond nemen ( $n_1 \approx 30 \cdot (\sigma_1/\mu_1)^2$ );

b) Gebruik maken van ondermonsters (of mengmonsters):

$$m \approx 4 \cdot (\sigma_1/\mu_1)^2 ;$$

c) Vooraf de grond homogeniseren, bij voorkeur op 1 kg - schaal;

d) Gebruik maken van een zorgvuldig geselecteerde partij grond waarvan met vrij grote zekerheid bekend is (b.v. na afloop van het saneringsonderzoek) dat geldt:

$$\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$$

Alternatief b en d zijn in de praktijk het meest aantrekkelijk. In alle gevallen moeten deze maatregelen vooraf bekend zijn. Voor de uitgaande grond kan een analoog verhaal worden gegeven.

- Indien de restconcentratie als beoordelingsmaatstaf wordt gehanteerd ligt het accent op  $\mu_2$  en  $\sigma_2$ . Desalniettemin wordt aanbevolen ook de ingaande grond te bemonsteren. Als onverhoopt blijkt dat  $\mu_2 = f(\mu_1)$  kan achteraf worden besloten om ook  $\mu_1$  en  $\sigma_1$  te bepalen.

Ook voor de uitgaande grond kan  $\mu_2$  en  $\sigma_2$  worden bepaald aan de hand van ca. 8 monsters. In het voorgaande is aangegeven op welke wijze de aanname  $\mu_2 \neq f(\mu_1)$  kan worden getoetst.

- Indien het saneringsonderzoek voldoende informatie geeft voor schattingen van  $\sigma_1$  en  $\mu_1$  en de dagelijkse controle op de reiniging (keuring) een groot aantal bruikbare meetwaarden voor de schattingen  $\mu_2$  en  $\sigma_2$  oplevert, is het in principe niet noodzakelijk om de hierboven beschreven bemonstering uit te voeren. Voorwaarde is dan wel dat alle monsters at random zijn genomen en de monsternamen-, monsteropwerking en analysemethodiek voor de vuile en gereinigde grond niet sterk van elkaar verschillen. Daarnaast moet de informatie natuurlijk per te onderscheiden grondtype of bodemlaag bekend zijn.

De uitvoering van de bemonstering van de in- en uitgaande grondstromen zijn kort samengevat in tabel d.

Tenslotte nog enige opmerkingen:

- In de praktijk zal het niet zijn uitgesloten dat tussenvormen van de reinigingsgraad en restconcentraties als beoordelingsmaatstaf voorkomen. De consequenties voor de bemonstering zijn niet nader beschouwd. Indien er geen idee bestaat omtrent de te hanteren beoordelingsmaatstaf en er toch behoefte is aan een redelijk nauwkeurige omschrijving van het reinigingseffect van de installatie, en wel voor een breed interval van concentraties aan verontreiniging, zal het waarschijnlijk nodig zijn meerdere concentratieniveau's te beschouwen, d.w.z. meerdere individuele evaluaties uit te voeren. In hoeverre het mogelijk is om met een beperkt aantal evaluatiepunten of monsters te komen tot voldoende betrouwbare uitspraken zal nader moeten worden uitgezocht.
- Er bestaat in principe geen verschil tussen reinigingsprojecten na afgraven en in-situ, mits de monsters at random worden genomen. Voor in-situ projecten kan worden aanbevolen om de monsters gestratificeerd (d.w.z. per deelgebied) te nemen.



Tabel d: korte samenvatting van de uitvoering van de bemonstering van in- en uitgaande grondstromen.

Geval 1: geen bruikbare informatie na saneringsonderzoek en zonder dagelijkse controle op restconcentraties (keuringen).

| beoordelingsmaatstaf                   | bemonstering                                                                                                   | analyses                  | toets   | eis                                                        |
|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------|------------------------------------------------------------|
| reinigingsgraad<br>(en halfwaardetijd) | in: ca. $8 * m^{(1)}$<br>uit: ca. $8 * m$                                                                      | in: ca. 8<br>uit: ca. 8   |         | $\sigma_{1/\mu_1} \leq 0,5$<br>$\sigma_{2/\mu_2} \leq 0,5$ |
| restconcentratie                       | $\begin{matrix} & & (2) \\ \text{in: ca. } 8 * m & & \\ & \} * 2 & \\ \text{uit: ca. } 8 * m & & \end{matrix}$ | in: -<br>uit: ca. $8 * 2$ | F-toets | $\mu_{1,1} \neq \mu_{1,2}$                                 |

Geval 2: bruikbare informatie na saneringsonderzoek en controle op restconcentraties (keuringen).

| beoordelingsmaatstaf                   | bemonstering      | analyses   | toets   | eis                                         |
|----------------------------------------|-------------------|------------|---------|---------------------------------------------|
| reinigingsgraad<br>(en halfwaardetijd) | niet noodzakelijk | geen extra |         | $\sigma_{1/\mu_1} < (n^1/30)^{\frac{1}{2}}$ |
| restconcentratie                       | niet noodzakelijk | geen extra | F-toets |                                             |

① m = aantal ondermonsters (b.v. m = 10).

② voor F-toets minimaal 2 deelpartijen nodig; eventueel door combinatie van scenario I en II (zie hoofdstuk 7, pg. 25).

- In voorgaande beschouwing is aangenomen dat alle monsters onafhankelijk van elkaar uit de gehele geselecteerde partij grond worden getrokken. Een andere benadering, waarbij voor de reinigingsgraad meerdere waarden  $\hat{r}_i$  worden berekend onder aanname dat de gevonden waarden  $\mu_{1,i}$  en  $\mu_{2,i}$  van verschillende deelpartijen\* afhankelijk van elkaar zijn (dus ook rekening houdend met de verblijftijd van de grond in de installatie), is niet nader beschouwd. De verwachting is echter dat bij deze benadering ook een eis voor  $\sigma_1/\mu_1$  kan worden afgeleid en die bij een gelijkblijvend aantal ondermonsters en monsters iets minder streng zal zijn dan  $\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$ .
- Ook niet nader beschouwd zijn de procedures voor bemonstering van andere massastromen, zoals afgassen en afvalwater. Hiervoor zijn in principe twee uitgangspunten te formuleren:
  - a) inzicht in de gemiddelde waarde en variantie van de verontreinigingen in deze massastromen.
  - b) keuring van de te lozen massastromen met betrekking tot het overschrijden van gestelde normen.

Als de analysekosten een belangrijke factor vormen,\*\* wordt aanbevolen voor het eerste uitgangspunt te kiezen. Hier kan namelijk worden volstaan met wederom ca. 8 monsters terwijl voor een keuring in het algemeen vele tientallen monsters noodzakelijk zijn (vergelijk het project "Onderzoek monstername en keuring bij bodemsaneringsprojecten" van Bosman, MT-TNO).

---

\*

$$\hat{r}_i = \left(1 - \frac{\hat{\mu}_{2,i}}{\hat{\mu}_{1,i}}\right) \cdot 100\%, \text{ bijvoorbeeld voor } i = 1, \dots, 8;$$

$\hat{r}_i$  is bij benadering normaal verdeeld en kan volgens de gebruikelijke methoden worden verwerkt.

\*\*

Als de te bepalen stof continu kan worden geregistreerd brengt dit relatief lage kosten met zich mee.

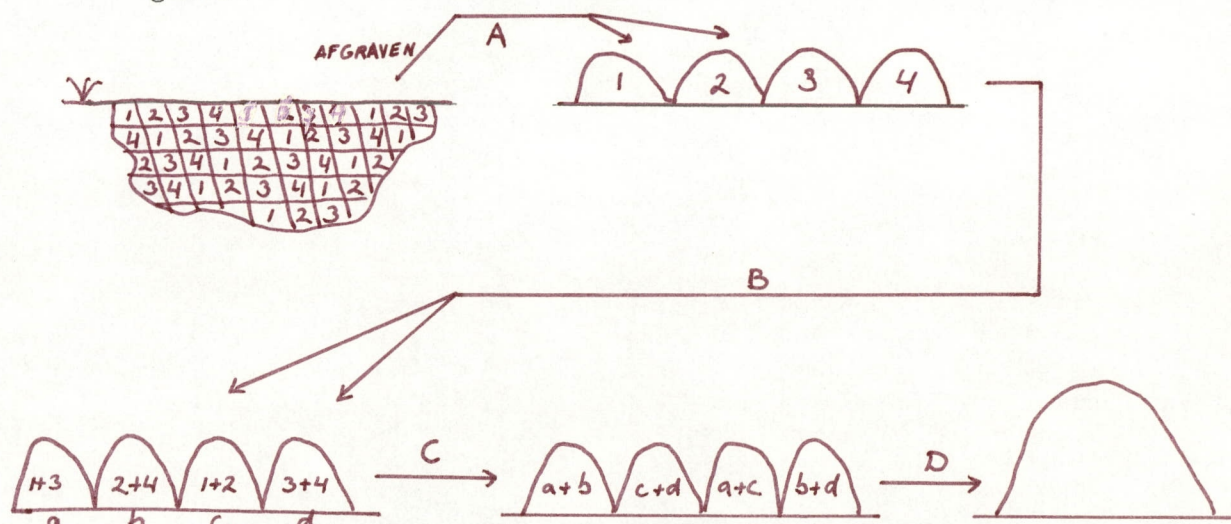


Homogenisering van te reinigen grond

Voor het homogeniseren van grond komen in het bijzonder in aanmerking:

1. Omwoelen (ploegen);
2. Roterende trommels (bijvoorbeeld betonwagens);
3. Grondverzetapparaat (bulldozers, graafmachines, shovels, etc.).

- ad 1. Mengt alleen op kg-schaal; in combinatie met 3. wordt ook op grote schaal menging verkregen; arbeidsintensief en niet erg effectief.
- ad 2. Mengt enkele tonnen grond op kg-schaal; in combinatie met 3. zijn ook grotere partijen te mengen; echter risico op "plak" aan de trommelwand en ontmenging.
- ad 3. Mengt op 1000 kg-schaal; via omzetten van hopen grond. In onderstaande figuur is een suggestie gedaan voor dit omzetten van grond.



De hoeveelheid om te zetten grond per meetdag (2 à 3 monsters) bedraagt ongeveer:

$$3 \text{ à } 5 * \text{verwerkingscapaciteit} * \text{verblijftijd}.$$

Met:

$$\text{verblijftijd} = \frac{1}{2} \text{ à } 1 \text{ uur},$$

$$\text{verwerkingscapaciteit} = 15 \text{ à } 20 \text{ t/h},$$

volgt dat per monsterset 25 tot 100 ton grond is benodigd (ofwel 15 à 70 m<sup>3</sup>).

Een dergelijke hoeveelheid grond op te mengen met een kleine grondverzet-machine (bijvoorbeeld 50 t/h) vergt ongeveer 4 tot 8 uur werk, uitgaande van een drie-tot vijfvoudige omzetting van de hoop grond. Kosten: f 500,- à f 1.000,- (zonder speciale veiligheidsmaatregelen en zonder terreininrichting). De standaardafwijking van  $C_{in}$  is zijn dan op 1000 kg-schaal naar schatting met minimaal een factor 2 gereduceerd.

Een menging op 1 kg-schaal is mogelijk door bijvoorbeeld als laatste stap de partij op hopen omgezette grond te behandelen in een betonwagen. Onder aanname dat één betonwagen ca. 10 t/h kan homogeniseren, zullen de kosten voor 25 à 100 ton grond dan in totaal f 1.000,- à 3.000,- bedragen. De standaardafwijking van  $C_{in}$  is dan op 1 kg-schaal naar schatting minimaal met een factor 2 gereduceerd, mogelijk zelfs met een veel grotere factor.



10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

10A-111

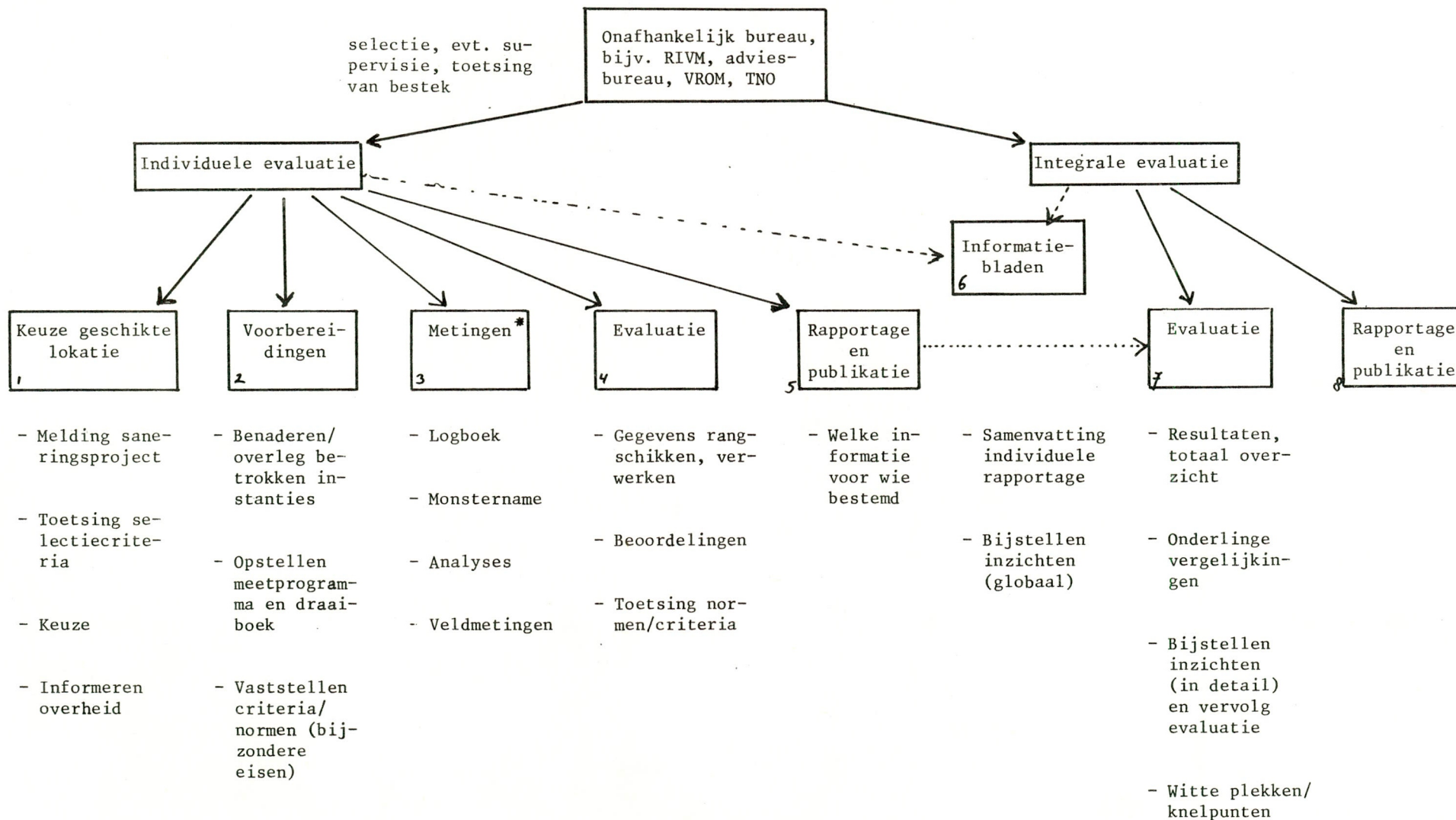
10A-111

10A-111

OPZET INDIVIDUELE EN INTEGRALE EVALUATIE

ONDERDELEN

ASPECTEN



\* Metingen eventueel uitbesteden aan derden, maar worden uitgevoerd onder uiteindelijke verantwoordelijkheid van het onafhankelijke bureau voor de individuele evaluatie.



| Scenario (proces-<br>condities; aard ver-<br>ontreinigde grond)                                             | Groot-<br>heid                                              | Bruikbare informatie via<br>lokatieonderzoek en dage-<br>lijkse controle |                                  | Géén bruikbare informatie<br>via locatieonderzoek en<br>dagelijkse controle |                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| I<br>standaard proces-<br>condities;<br>niet extreem<br>verontreinigde grond<br>$\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$   | $n_{an}$<br><br>$K_{an}$<br>$K_m$<br>$L_r$<br><br>$K_{tot}$ | 2 meetdagen                                                              | 4 meetdagen                      | 2 meetdagen                                                                 | 4 meetdagen                       |
|                                                                                                             |                                                             | $8 * 1 \text{ à } 2 =$<br>8 à 16                                         | $8 * 1 \text{ à } 2 =$<br>8 à 16 | $8 * 3 \text{ à } 4 =$<br>24 à 32                                           | $8 * 3 \text{ à } 4 =$<br>24 à 32 |
|                                                                                                             |                                                             | 1 à 16                                                                   | 1 à 16                           | 4 à 32                                                                      | 4 à 32                            |
|                                                                                                             |                                                             | 10 à 15                                                                  | 14 à 19                          | 10 à 15                                                                     | 14 à 19                           |
|                                                                                                             |                                                             | 17 à 22                                                                  | 25 à 30                          | 17 à 22                                                                     | 25 à 30                           |
|                                                                                                             |                                                             | 28 à 53                                                                  | 40 à 65                          | 31 à 69                                                                     | 43 à 81                           |
| II<br>standaard procescon-<br>ditie;<br>extreem verontrei-<br>nigd (hot spots)<br>$\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$ | $n_{an}$<br><br>$K_{an}$<br>$K_m$<br>$K_r$<br><br>$K_{tot}$ | $8 * 1 \text{ à } 2 =$<br>8 à 16                                         | $8 * 1 \text{ à } 2 =$<br>8 à 16 | $8 * 3 \text{ à } 4 =$<br>24 à 32                                           | $8 * 3 \text{ à } 4 =$<br>24 à 32 |
|                                                                                                             |                                                             | 1 à 16                                                                   | 1 à 16                           | 4 à 32                                                                      | 4 à 32                            |
|                                                                                                             |                                                             | ca. 5                                                                    | ca. 9                            | ca. 5                                                                       | ca. 9                             |
|                                                                                                             |                                                             | 11 à 14                                                                  | 19 à 22                          | 11 à 14                                                                     | 19 à 22                           |
|                                                                                                             |                                                             | 17 à 35 *                                                                | 29 à 47 *                        | 20 à 51 *                                                                   | 32 à 63 *                         |
| III<br>Afwijkende proces-<br>condities;<br>niet extreem<br>verontreinigd<br>$\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$       | zie II*; kosten per variatie<br>van de procescondities      |                                                                          |                                  |                                                                             |                                   |
| IV<br>Afwijkende proces-<br>condities;<br>extreem verontrei-<br>nigd $\sigma_1/\mu_1 \leq 0,5$              | zie II*; kosten per variatie<br>van de procescondities      |                                                                          |                                  |                                                                             |                                   |

$n_{an}$  = aantal analyses = aantal sets gegevens maal aantal te bemonsteren massastromen;  
 $K_{an}$  = analysekosten =  $n_{an} * f 150 \text{ à } f 1.000,--$  (in duizenden guldens) exclusief bijzondere analyses, zoals bepaling van dioxine gehalten in afgassen;  
 $K_m$  = materiaalkosten, reiskosten, kosten voor meetwagen en kosten voor beoordeling van bodemkwaliteit (incl. analyses) (in duizenden guldens);  
 $K_r$  = andere kosten (voorbereiding, evaluatie, rapportage, personeelskosten etc.) (in duizenden guldens);  
 $K_{tot}$  = totale kosten (in duizenden guldens).  
 \*) additionele kosten op scenario I; III en IV tevens excl. kosten t.g.v. productieverlies (max. f 5.000,-- f 20.000,-- per dag). Voor variatie van de grondtypen (bodemplagen) gelden dezelfde kosten als bij scenario II is vermeld.





Tabel a: classificatie van type verontreinigingen in relatie tot de bron van de verontreiniging, gebaseerd op 500 gevallen in Nederland (bron: bronnen van verontreiniging, bijdrage van ir. W. van Duijvenboode aan de PAO cursus "Interimwet bodemsanering vanwege bodemverontreiniging").

| bron van<br>verontreiniging                                   | type verontreinigingen                                                                                                        | aantal freq.(%) |     |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----|
| 1. gasfabrieken                                               | aromaten, benzeen, fenolen, CN.                                                                                               | 138             | 28  |
| 2. stortplaatsen                                              | gehalogeneerde koolwaterstoffen, benzeen, alkyl-,<br>benzenen, metalen zoals Hg, As, Pb, Cd, Ni,<br>pesticiden, CN            | 106             | 21  |
| 3. minerale olie                                              | koolwaterstoffen, Pb.                                                                                                         | 37              | 8   |
| 4. chemische industrie<br>en gerelateerde<br>bedrijven        | gehalogeneerde en alifatische koolwaterstoffen,<br>alkylbenzenen, fenolen, metalen zoals Hg, Pb, As,<br>Cu, Zn, Ni, Cr.       | 33              | 7   |
| 5. galvanische<br>bedrijven                                   | trichloorethyleen, CN <sup>-</sup> , metalen zoals Cr, Ni, Cu,<br>Zn, Cd, Sn.                                                 | 31              | 6   |
| 6. metaal industrie                                           | Tri- and tetrachloorethyleen, (alifatische)<br>koolwaterstoffen, fenolen, metalen zoals Cr, Ni,<br>Cu, Zn, Cd Sn, Pb.         | 31              | 6   |
| 7. verf industrie                                             | alkylbenzenen, (gehalogeneerde) koolwaterstoffen,<br>metalen zoals Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Ti.                                    | 27              | 5   |
| 8. garages/tankstations                                       | koolwaterstoffen, Pb.                                                                                                         | 16              | 3   |
| 9. vaten reiniging                                            | benzeen, aromatische, alifatische and gehaloge-<br>neerde koolwaterstoffen, metalen zoals As, Hg,<br>Pb.                      | 16              | 3   |
| 10. hout industrie                                            | pentachloorfenol, aromatisch en alifatische<br>koolwaterstoffen, metalen zoals Pb, Sn, Zn.                                    | 10              | 2   |
| 11. chemisch reinigen                                         | tri- and tetrachloorethyleen                                                                                                  | 6               | 1   |
| 12. textiel industrie                                         | koolwaterstoffen, Pb, Cr.                                                                                                     | 6               | 1   |
| 13. pesticide produ-<br>cerende en ver-<br>werkende bedrijven | gehalogeneerde koolwaterstoffen, fenolen, As                                                                                  | 5               | 1   |
| 14. slib storten                                              | (alifatische) koolwaterstoffen, Pb, Zn                                                                                        | 4               | 1   |
| 15. emailleer bedrijven                                       | aromatische en alifatische koolwaterstoffen,<br>tetrachloorethyleen                                                           | 3               | 0.5 |
| 16. leerlooierijen                                            | koolwaterstoffen, Cr                                                                                                          | 2               | 0.5 |
| 17. diversen                                                  | benzeen, alkylbenzenen, fenolen, trichloor-<br>ethyleen, (alifatische) koolwaterstoffen,<br>metalen zoals Zn, Cd, Sn, Hg, Pb. | 26              | 5   |
| totaal                                                        |                                                                                                                               | 497             |     |
|                                                               |                                                                                                                               | =====           |     |