Richtlijn geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen

DH 10340

Vereniging van Afvalverwerkers

Utrecht, juli 1997

Trefwoordenlijst

bodembescherming
(geohydrologsiche) isolatie
Stortbesluit bodembescherming
stortplaats

Colofon

De 'Richtlijn geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen' is een uitgave van de Vereniging van Afvalverwerkers (VVAV).

Deze richtlijn is opgesteld door IWACO B.V. in opdracht van de Vereniging van Afvalverwerkers. De Richtlijn is mede totstandgekomen door een financiële bijdrage van het ministerie van VROM.
Het onderzoek is begeleid door een commissie met zowel vertegenwoordigers van rijk, provincie en het Expertisenetwerk bodembescherming als met leden van de Vereniging van Afvalverwerkers.

Exemplaren van dit rapport zijn te bestellen bij:
Vereniging van Afvalverwerkers (VVAV)
Postbus 19.300
3501 DH UTRECHT

© Vereniging van Afvalverwerkers, Utrecht 1997
Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden openbaar gemaakt of verveelvoudigd, opgeslagen in een data verwerkend systeem of uitgezonden in enige vorm, door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Publikatienummer Vereniging van Afvalverwerkers: VVAV97023S.R
ISBN 90-73573-22-X

Voorwoord

In het Stortbesluit en de daarbij behorende richtlijnen is door doel- en middelvoorschriften weergegeven hoe de isolatie van een bestaande of nieuwe stortplaats dient te worden uitgevoerd. In een aantal gevallen kan hieraan niet worden voldaan en dienen vervangende maatregelen te worden getroffen, zoals geohydrologische isolatie[1] (GI). In de bestaande richtlijnen zijn voor afwijkende maatregelen of maatregelen ter aanvulling van bestaande voorzieningen geen (middel-)voorschriften opgesteld. Gegeven de heterogeniteit van de Nederlandse bodem is dit ook niet eenvoudig. Bij het ontwerp kan mede daardoor meer dan één variant ontstaan. De huidige regelgeving bevat echter geen eenduidig eisenpakket én geen kader voor de vergelijking en afweging van verschillende varianten.

De onderhavige Richtlijn heeft tot doel om voor geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen deze leemte op te vullen. Deze richtlijn beoogd te komen tot harmonisatie van het beleid van de verschillende bevoegde gezagen en is een instrument voor stortplaatsexploitanten bij het ontwerpen van een deugdelijk GI-ontwerp.

De Richtlijn Geohydrologische Isolatie is tot stand gekomen in opdracht van de Vereniging van Afvalverwerkers. Voor de Richtlijn Geohydrologische Isolatie heeft het Ministerie van VROM aan de Vereniging van Afvalverwerkers opdracht gegeven en de helft van de kosten bijgedragen.

Gekozen is voor een procedurerichtlijn in plaats van middelvoorschriften. De reden hiervoor is dat voor iedere stortplaats andere omstandigheden een rol spelen die van invloed zijn op het ontwerp van een GI-systeem. Dit betekent dat bij ieder ontwerp sprake is van maatwerk. Dit vraagt om een flexibele en op de situatie afgestemde aanpak. Een procedurerichtlijn is hiervoor beter geschikt dan middelvoorschriften. Bij een procedurerichtlijn ligt het accent op de wijze waarop het ontwerp tot stand komt. Van belang hierbij is dat vastgelegd wordt welke eisen aan het proces gesteld worden.

Belangrijk onderdeel bij de totstandkoming van een GI-systeem is de afstemming met het bevoegd gezag ten aanzien van de uitgangspunten en randvoorwaarden. Om deze reden is de Richtlijn GI meer dan een technisch document maar is tevens een leidraad voor de te volgen procedures en de daarmee samenhangende beslismomenten. De Richtlijn GI is vooral een instrument ter bevordering van de dialoog tussen de aanvrager en de verlener van de vergunning. Op deze wijze wordt ook ruimte gelaten voor voortschrijdend inzicht in de stand der techniek en ontwikkelingen in het bodembeschermingsbeleid.

---

1) Uitvoeringsregeling Stortbesluit Bodembescherming, Staatscourant 37, 23 februari 1993:
'Indien de afdichting onvoldoende waarborgen biedt voor bescherming van de bodemkwaliteit, dienen aanvullende geohydrologische of civieltechnische maatregelen te worden voorgeschreven.'

Verwacht wordt dat deze Richtlijn leidt tot de gewenste harmonisatie in de voorschriften van een GI-systeem en gebruikt wordt als een aanvulling op de bestaande regelgeving.

Inhoudsopgave

1 Inleiding 4
1.1 Aanleiding en doelstelling 5
1.1.1 Aanleiding 5
1.1.2 Kader 6
1.1.3 Doelstelling 6
1.2 Geohydrologische isolatie 7
1.2.1 Doel van GI 7
1.2.2 Stand der techniek en kennisleemten 7
1.2.3 Definities en begrippen 7
1.3 Leeswijzer 7

2 Het gebruik van de Richtlijn 9
2.1 Algemeen 9
2.2 Voor welke locaties is de Richtlijn GI bedoeld? 9
2.3 Wie maakt gebruik van de Richtlijn GI? 9
2.4 Wanneer wordt de Richtlijn GI gebruikt? 10
2.5 De Richtlijn GI als stappenplan 10

3 Vooronderzoek en reservering 13
3.1 Algemeen 13
3.2 Vooronderzoek 14
3.2.1 Schetsontwerp 14
3.2.2 Effecten op de omgeving 15
3.2.3 Afweging Geohydrologische Isolatie versus alternatieve maatregelen 16
3.3 Toetsing bevoegd gezag 16
3.4 Reservering 17

4 Ontwerp 19
4.1 Inleiding 19
4.2 Programma van eisen 19
4.3 Basisgegevens 20
4.4 Bouwstenen 21
4.4.1 Technieken 21
4.4.2 Ontwerpinstrumenten 23
4.5 Modellering grondwaterstroming in de bestaande situatie 23
4.6 Ontwerpvarianten 25
4.6.1 Uitgangpunten 25
4.6.2 Schematisering geohydrologische isolatie 25
4.6.3 Mogelijke varianten 27
4.6.4 Modellering grondwaterstroming 27
4.6.5 Modellering transport verontreinigende componenten 28
4.6.6 Gevoeligheidsanalyse 29
4.6.7 Effecten 29

4.7 Selectie voorkeursvariant 29
4.7.1 Effecten van een systeem voor geohydrologische isolatie 29
4.7.2 Mogelijke varianten 32
4.8 Toetsing bevoegd gezag 33
4.9 Definitief ontwerp 33

5 Aanleg en startprocedure 35
5.1 Inleiding 35
5.2 Organisatie en realisatie 35
5.3 Startprocedure 36
5.4 Toetsing bevoegd gezag 37

6 Beheer 39
6.1 Algemeen 39
6.2 Verantwoordelijkheid en financiering van de nazorg 39
6.3 Technische organisatie 39
6.3.1 Algemeen 39
6.3.2 Signalerings- en monitoringsysteem 40
6.3.3 Besturing 40
6.3.4 Dataverwerking 40
6.4 Periodieke rapportage en toetsing bevoegd gezag 41

I.

FIGUREN

Figuur 1 Stroomschema Richtlijn GI 11
Figuur 2 Stroomschema voorondrzoek en reservering 13
Figuur 3 Het ontwerpproces 19
Figuur 4 Effectiviteit van ontwerpvarianten 24
Figuur 5 Slecht doorlatende deklaag 26
Figuur 6 Geen deklaag 26
Figuur 7 Slecht doorlatende deklaag op geringe diepte 26
Figuur 8 Aanleg en opstartprocedure 35
Figuur 9 Organisatie beheer 39

SCHEMA'S

Schema 1 Ontwerpprocedure monitoringssysteem bijlage II

TABELLEN

Tabel 1 Beoordelingstabel gebaseerd op onderlinge rangschikking 33

BIJLAGEN

Bijlage I	Definities en begrippen
Bijlage II	Ontwerpprocedure grondwatermonitoring stortplaatsen
Bijlage III	Overzicht basisgegevens
Bijlage IV	Overzicht kwaliteitseisen
Bijlage V	Samenstelling begeleidingscommissie

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doelstelling

1.1.1 Aanleiding

In het Stortbesluit en de daarbij behorende richtlijnen is door doel- en middelvoorschriften weergegeven hoe de isolatie van een stortplaats[1] dient te worden uitgevoerd. De voorgeschreven middelen, zoals afdichtingsconstructies en controledrainage, kunnen op nieuwe stortplaatsen of uitbreidingen van bestaande stortplaatsen worden aangebracht. Op bestaande stortplaatsen is het vaak niet mogelijk deze middelen aan te brengen. Op enkele plaatsen is in de regelgeving een noodzakelijke opening geschapen voor maatregelen ter aanvulling van bestaande voorzieningen, zoals geohydrologische isolatie[2] (GI). Daarbij geldt het doelvoorschrift dat een beschermingsniveau moet worden geboden, dat ten minste gelijkwaardig is aan de bescherming die is beoogd met het gestelde in de 'Richtlijn onderafdichtingsconstructies voor stort- en opslagplaatsen' (Heidemij Advies B.V., 1993).

In de richtlijnen is geen eenduidig kader opgenomen, waaraan vervangende maatregelen moeten voldoen. Ook zijn geen (middel-)voorschriften opgesteld, hetgeen gegeven de heterogeniteit van de Nederlandse bodem niet eenvoudig is. Bij het ontwerp kan mede daardoor meer dan één variant ontstaan. De huidige regelgeving bevat geen eenduidig eisenpakket én geen kader voor de vergelijking en afweging van verschillende varianten.

De onderhavige Richtlijn leidt voor geohydrologische isolatie van bestaande stortplaatsen tot harmonisatie van het beleid ten aanzien van stortplaatsen van de verschillende provincies (= bevoegd gezag).

In het Kennisdocument Geohydrologische Isolatie (IWACO, 1994) is een verkenning uitgevoerd van de bestaande kennis en kennisleemten op het gebied van GI. Als een van de voornaamste conclusies van het document is opgemerkt, dat het opstellen van een procedure richtlijn voor GI mogelijk is. Het Kennisdocument vormt een belangrijke basis voor deze Richtlijn en kan worden gebruikt als naslagwerk met achtergrondinformatie over technieken en instrumenten.

---

1) In het Stortbesluit bodembescherming wordt stortplaats omschreven als:
'inrichting waar afvalstoffen worden gestort, dan wel het gedeelte van een inrichting, waar afvalstoffen worden gestort, indien in de inrichting niet uitsluitend afvalstoffen worden gestort'.

2) Uitvoeringsregeling Stortbesluit bodembescherming, Staatscourant 37, 23 februari 1993:
'Indien de afdichting onvoldoende waarborgen biedt voor bescherming van de bodemkwaliteit, dienen aanvullende geohydrologische of civieltechnische maatregelen te worden voorgeschreven.'

1.1.2 Kader

De Richtlijn Geohydrologische Isolatie is tot stand gekomen in opdracht van de Vereniging van Afvalverwerkers. Voor de Richtlijn Geohydrologische Isolatie heeft het Ministerie van VROM aan de Vereniging van Afvalverwerkers opdracht gegeven en de helft van de kosten bijgedragen. Gekozen is voor een procedurerichtlijn in plaats van middelvoorschriften. De reden hiervoor is de constatering dat voor iedere stortplaats andere omstandigheden een rol spelen die van invloed zijn op het ontwerp van een GI-systeem. Dit betekent dat bij ieder ontwerp sprake is van maatwerk. Dit vraagt om een flexibele en op de situatie afgestemde aanpak. Een procedurerichtlijn is hiervoor beter geschikt dan middelvoorschriften. Bij een procedurerichtlijn ligt het accent op de totstandkoming van het ontwerp. Van belang hierbij is dat vastgelegd worden welke eisen aan het proces gesteld worden.

Belangrijk onderdeel bij de totstandkoming van een GI-systeem is de afstemming met het bevoegd gezag ten aanzien van de uitgangspunten en randvoorwaarden. Om deze reden is de Richtlijn GI meer dan een technisch document: het is tevens een leidraad voor de te volgen procedures en de daarmee samenhangende beslismomenten. De Richtlijn GI is vooral een document voor het verkrijgen van een dialoog tussen de aanvrager en de verlener van de vergunning. Op deze wijze wordt ook ruimte gelaten voor voortschrijdend inzicht in de stand der techniek en ontwikkelingen in het bodembeschermingsbeleid.

1.1.3 Doelstelling

Een aantal stortplaatsexploitanten bezit bestaande stortplaatsen waar nu, of op termijn, vervangende maatregelen in de vorm van GI moeten worden genomen. Er bestaat daarom behoefte aan uniformiteit in de voorschriften van GI. De Richtlijn komt aan deze behoefte tegemoet en moet worden gezien als een aanvulling op bestaande regelgeving, vergelijkbaar met de richtlijn onderafdichtingsconstructies. Te zijner tijd zal bij wijziging van de uitvoeringsregeling een verwijzing worden opgenomen naar de Richtlijn GI.

De Richtlijn GI heeft tot doel om de leemte in de huidige regelgeving ten aanzien van eisen en toetsingskader voor een GI-ontwerp op te vullen. De Richtlijn GI biedt een handvat om:

- te toetsen of GI de voorkeur verdient en
- om op eenduidige wijze het proces van ontwerp, constructie en beheer van GI vorm te geven en vast te leggen in kwaliteitseisen en procedures.

De Richtlijn moet er toe leiden dat GI-ontwerpen leiden tot een zodanige GI dat het geboden beschermingsniveau ten minste gelijkwaardig is aan een onderafdichting volgens de 'Richtlijn onderafdichtingsconstructies voor stort- en opslagplaatsen'.

Alhoewel de Richtlijn primair is bedoeld voor toepassing bij bestaande stortplaatsen die vallen onder het Stortbesluit, is het zeker niet uitgesloten dat hij op andere werkvelden kan worden toegepast. Een groot aantal uitgangspunten en procedures is echter specifiek

afgestemd op de wetgeving ten aanzien van stortplaatsen. Voor andere werkvelden, bijvoorbeeld bodemsanering of baggerspeciedepots, gelden vaak andere uitgangspunten.

1.2 Geohydrologische isolatie

1.2.1 Doel van GI

Het doel van GI is het zodanig wijzigen of beheersen van de oorspronkelijke grondwaterstroming, dat de verontreiniging van de bodem binnen een van te voren gedefinieerd gebied beperkt blijft. Hierbij wordt gestreefd naar een nulemissie vanuit dit gebied naar de omgeving. De beoogde isolatie en beheersing van een lokale verontreiniging kan worden bereikt door de gerichte opvang van grondwater met behulp van verticale putten, horizontale drains of open waterlopen. Dit kan al dan niet geschieden in combinatie met infiltratie van water of andere civiel-technische maatregelen zoals bijvoorbeeld schermwanden. De opvang van grondwater kan zowel actief (onttrekken) als passief (funnel and gate) geschieden.

1.2.2 Stand der techniek en kennisleemten

In het Kennisdocument Geohydrologische Isolatie (IWACO, 1994) is de stand der techniek en kennis beschreven. Er zijn voldoende technische middelen en kennis om GI als een deugdelijke en voldoende betrouwbare maatregel te realiseren. Ten aanzien van een aantal kennisleemten is wel opgemerkt dat vergroting van de kennis kan leiden tot een toename van de betrouwbaarheid en effectiviteit van een ontwerp. De kennisleemten betreffen met name onzekerheden omtrent de kwantificering van procesparameters, die samenhangen met stoftransport via het grondwater (diffusie, dispersie, sorptie, dichtheidsstroming). Deze onzekerheden worden in de Richtlijn niet verder ingevuld. Wel wordt tijdens het ontwerpproces aangegeven hoe moet worden omgegaan met onzekerheden. Zo kan bijvoorbeeld de invloed van onzekerheden op het ontwerpresultaat door middel van een gevoeligheidsanalyse worden vastgesteld.

1.2.3 Definities en begrippen

De meest gebruikte definities en begrippen zijn nader omschreven in bijlage I.

1.3 Leeswijzer

Na een uiteenzetting in hoofdstuk 2 wie, op welk moment, en in welke situaties de richtlijn gebruikt, volgt in hoofdstuk 3 een toets of GI wel de voorkeur verdient als bodembeschermende maatregel. In hoofdstuk 4 wordt vervolgens het ontwerpproces stapsgewijs aangehaald. Aan het einde van dit hoofdstuk wordt een methode aangereikt voor de selectie van een voorkeursvariant. De hoofdstukken 5 en 6 beschrijven de aanleg- en beheersprocedures.

2 Het gebruik van de Richtlijn

2.1 Algemeen

De geohydrologie op een locatie is uniek en er bestaat een grote verscheidenheid aan middelen om de geohydrologie te beïnvloeden. Dit heeft ertoe geleid, dat is gekozen voor een richtlijn die voor een groot gedeelte bestaat uit procedures. Als zodanig worden vooral zorgvuldigheidseisen of voorschriften ten aanzien van de te volgen stappen gehanteerd. De Richtlijn bevat geen opsomming van concrete doel- of middelvoorschriften, alhoewel deze waar mogelijk wel worden aangereikt.

In dit hoofdstuk wordt de toepassing van de Richtlijn uiteengezet. Daartoe wordt een aantal vragen over het gebruik van de richtlijn aangehaald.

2.2 Voor welke locaties is de Richtlijn GI bedoeld?

De richtlijn is in de eerste plaats van toepassing op bestaande stortplaatsen of delen daarvan waar isolerende maatregelen zoals omschreven in de richtlijnen boven- en onderafdichting (Ministerie VRO-DGM, 1993; Heidemij Advies B.V., 1993; Ministerie van VROM, 1993) niet of slechts ten dele kunnen worden getroffen en als gevolg daarvan een onvoldoende bodembeschermingsniveau bezitten. Dit betreft met name stortplaatsen waar een onderafdichting ontbreekt of die onvoldoende garanties bieden voor het beheersen van een mogelijke verspreiding van verontreinigende stoffen. De richtlijn is tevens van toepassing op die stortplaatsen waar sprake is van een gebleken bodemverontreiniging, ook als de bedoelde isolerende maatregelen wel aanwezig zijn.

2.3 Wie maakt gebruik van de Richtlijn GI?

De Richtlijn GI is bedoeld voor:

- stortplaatsexploitanten, en voorziet in een handreiking bij het ontwerp, aanleg en beheer van een GI;
- het bevoegd gezag, als richtlijn bij de beoordeling van het ontwerp, de vergunningverlening en handhaving.

Zowel het bevoegd gezag als de stortplaatsexploitanten kunnen bij het gebruik van de Richtlijn de hulp inroepen van onderzoeksinstituten of adviesbureaus.

In deze Richtlijn wordt een accent gelegd op het overleg tussen de aanvrager en de verlener van de vergunning.

2.4 Wanneer wordt de Richtlijn GI gebruikt?

De Richtlijn wordt toegepast in twee situaties.

Toepassing 1: bij de vraag of GI de voorkeur verdient

Direct na de vaststelling dat de stortplaats, en dan met name de onderafdichtingsconstructie, een onvoldoende beschermingsniveau bezit of indien sprake is van ontoelaatbare bodemverontreiniging, is een toetsing noodzakelijk of een GI op de locatie mogelijk is, en of GI ook de meest wenselijk bodembeschermende maatregel is in dat geval. Hiertoe moet een beknopt vooronderzoek worden uitgevoerd. Indien maatregelen pas op een later tijdstip nodig zijn, moet op basis van het vooronderzoek tevens de hoogte van een eventuele reservering worden vastgesteld. Deze werkzaamheden zijn omschreven in hoofdstuk 3.

Toepassing 2: het definitief ontwerp van GI

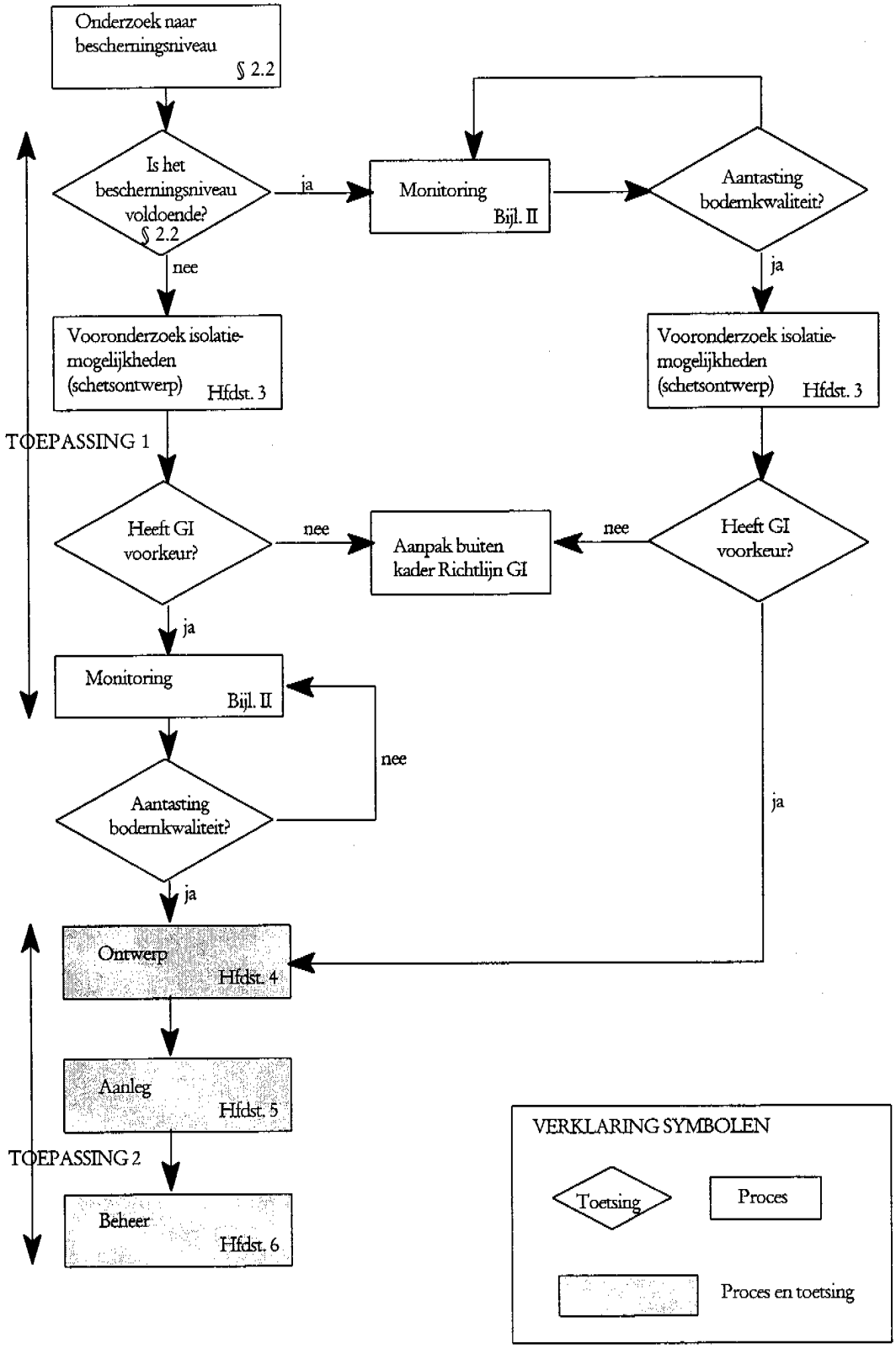
De richtlijn wordt gebruikt als uit de monitoringsresultaten blijkt dat er sprake is van een ontoelaatbare aantasting van de bodemkwaliteit en derhalve een definitief ontwerp moet worden gemaakt en de GI moet worden gerealiseerd. Het wordt niet in alle gevallen zinvol geacht een GI te exploiteren als er nog geen sprake is van bodemverontreiniging. Dit zou nodeloos beslag kunnen leggen op schaarse grondstoffen, grondwater en energie. Daarnaast kan zeker niet worden uitgesloten dat ten gevolge van natural attenuation (bijlage I) sprake is van een stabiele of zelfs afnemende bodemverontreiniging, die geen actieve aanpak behoeft. Een en ander betekent wel dat een zone moet worden gedefinieerd onder en/of rondom de stortplaats waar (tijdelijk) beïnvloeding van de bodem is toegestaan. De aanleg van een adequaat monitoringssysteem is zodoende noodzakelijk.

Een uitzondering hierop vormen de stortplaatsen waar GI reeds functioneert als primaire isolatie of beheersmaatregel. In die gevallen zijn deze vragen reeds beantwoord, maar kan een toetsing, aan de hand van deze Richtlijn, door het bevoegd gezag nodig zijn.

2.5 De Richtlijn GI als stappenplan

De Richtlijn is opgebouwd uit een aantal stappen, in chronologie met de beslissingen en handelingen die nodig zijn voor het ontwerp, de aanleg en het beheer van een GI. Deze stappen zijn weergegeven in het stroomschema van figuur 1. In dit stroomschema is een onderscheid gemaakt tussen beslismomenten of toetsingen (ruiten) en handelingen of processen (blokken). Het bevoegd gezag speelt met name een rol bij de toetsmomenten (ruiten in het schema).

In een aantal stappen van het schema zijn verwijzingen opgenomen naar de hoofdstukken die betrekking hebben op de betreffende stap. Elke stap met verwijzing in het hoofdschema is gekoppeld aan een deelschema in het genoemde hoofdstuk.



Figuur 1 Stroomschema Richtlijn GI

De volgende stappen maken deel uit van het schema.

Is het beschermingsniveau voldoende?

Indien de onderafdichtingsconstructie niet voldoet aan de eisen, zoals die zijn opgenomen in de Richtlijn onderafdichtingsconstructies (Heidemij Advies B.V., 1993) moeten maatregelen genomen worden. Dat kunnen aanvullende geohydrologische of civiel-technische maatregelen (op termijn) zijn. Het kan echter ook zijn dat de onder-afdichtingsconstructie wel voldoet aan de Richtlijn onderafdichtingsconstructies, maar dat desondanks aantasting van de bodemkwaliteit is waargenomen. Ook in dat geval zijn maatregelen ter aanvulling van de reeds bekende maatregelen noodzakelijk en moet worden overwogen of GI daarvoor een goed alternatief is.

Verdient GI de voorkeur?

Niet in alle situaties verdient GI de voorkeur als bodembeschermende maatregel ter aanvulling van de reeds bestaande maatregelen. Met behulp van een vooronderzoek moet worden getoetst of GI een technisch en milieuhygiënisch verantwoorde oplossing biedt. In hoofdstuk 3 wordt uiteengezet waaraan de toetsing moet voldoen. Als GI inderdaad de voorkeur verdient, kan met behulp van monitoring het moment worden afgewacht dat daadwerkelijk ontoelaatbare aantasting van de bodemkwaliteit optreedt, en verdere actie noodzakelijk wordt. Deze wachtperiode wordt gebruikt om een reservering op te bouwen.

Aanpak buiten het kader van de Richtlijn

Indien uit het vooronderzoek blijkt dat GI niet de meest optimale maatregel vertegen-woordigt, moet een andere oplossing worden gezocht. Dit kan variëren van niets doen tot civiel-technische maatregelen of een volledige verwijdering van de stort.

Monitoring en vaststelling aantasting bodemkwaliteit

Door middel van monitoring wordt vastgesteld of aantasting van de bodemkwaliteit heeft plaatsgevonden. Monitoring maakt geen deel uit van deze Richtlijn. In bijlage II is een samenvatting opgenomen van de 'Ontwerpprocedure monitoring stortplaatsen' (IWACO, 1995a). Deze kan beschouwd worden als hulpmiddel bij het ontwerp van een monitoringssysteem.

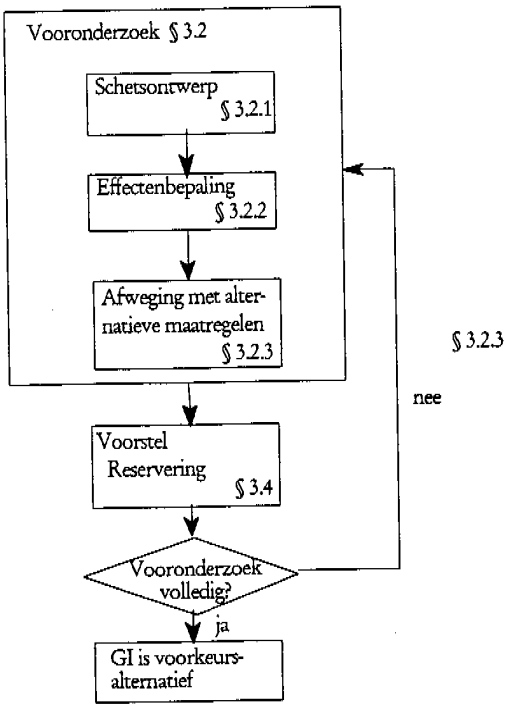
Ontwerp, aanleg en beheer

Als blijkt dat er sprake is van ontoelaatbare aantasting van de bodemkwaliteit en tevens dat GI de voorkeur verdient, dan kan de GI worden ontworpen, aangelegd, in werking gesteld en beheerd. Het ontwerp, de aanleg en het beheer komen achtereenvolgens uitgebreid ter sprake in de hoofdstukken 4, 5 en 6.

3 Vooronderzoek en reservering

3.1 Algemeen

Voordat GI definitief wordt geselecteerd als bodembeschermende maatregel, moet worden onderzocht of GI mogelijk is, en daadwerkelijk de voorkeur verdient boven andere (bodembeschermende) maatregelen. In de meest voorkomende gevallen zijn de alternatieve maatregelen beperkt tot een volledige verwijdering van het stortmateriaal en mogelijkerwijs natural attenuation (bijlage I: natuurlijke afbraak en verdunning). Civiel-technische maatregelen zoals boven- en zijafdichting gaan altijd gepaard met een GI. Een variant met schermwanden komt verderop in de Richtlijn dan ook aan de orde.



Figuur 2 Stroomschema vooronderzoek en reservering

De haalbaarheid van een GI en de invloed op de omgeving kan alleen worden ingeschat als tenminste een schetsontwerp met debieten en verlagingen van de grondwaterstand bekend is. Het vooronderzoek bestaat derhalve uit drie onderdelen:

- een schetsontwerp van een GI;
- een globale beoordeling van de effecten van een GI;
- een afweging tussen alternatieve maatregelen en het schetsontwerp van een GI.

Indien blijkt dat GI daadwerkelijk het voorkeurs-alternatief is, en het bevoegd gezag hiermee instemt, kan worden gestart met het eventueel doen van een reservering voor het vervolgtraject en het uitvoeren van monitoring.

Indien GI geen geschikt alternatief is, moeten conform de 'Uitvoeringsregeling Stortbesluit bodembescherming' andere aanvullende maatregelen worden voorzien. Dit valt buiten het kader van de Richtlijn GI.

In figuur 2 zijn de werkzaamheden van deze fase schematisch weergegeven.

3.2 Vooronderzoek

3.2.1 Schetsontwerp

Doel van het schetsontwerp

Het doel van het schetsontwerp is om inzicht te verkrijgen in de technische haalbaarheid, de beleidsmatige en juridische haalbaarheid en de effectiviteit van de GI. Is het mogelijk om met minimale inspanning een gescheiden grondwatersysteem te creëren met toelaatbare effecten op de omgeving?

Minimum eisen schetsontwerp

Het schetsontwerp is een schematische weergave van het aan te leggen gescheiden geohydrologisch systeem.

Het voorlopig schetsontwerp dient aan de volgende minimumeisen te voldoen:

- kwalitatieve beschrijving van het systeem en zijn omgeving;
- het ontwerp moet de omvang van het gehele invloedsgebied aangeven en omspannen;
- het ontwerp moet de omvang van de controlezone rondom de stortplaats definiëren;
- globale kostenraming;
- een inschatting van de termijnen waarover eventuele benodigde fondsen moet worden opgebouwd;
- een kwantitatieve bepaling van toekomstige debieten en optredende grondwaterstandsverlagingen.

In de praktijk blijkt dat bij het opstellen van het schetsontwerp een computermodel onontbeerlijk is. Het te gebruiken computermodel dient aan de volgende minimumeisen te voldoen:

- het moet een beschrijving geven van de grondwaterstroming;
- er moet een onderbouwing worden gegeven van de gekozen schematisatie van de bodemopbouw en geohydrologie;
- het dient meerdere watervoerende en scheidende lagen te bevatten (of driedimensionaal), zodat ook de verticale stromingscomponent wordt aangegeven;
- mogelijk horizontale heterogeniteit moet zijn opgenomen, alsmede een verloop van de randvoorwaarden (stijghoogten en fluxen).

Resultaten

De resultaten van het schetsontwerp zijn debieten en grondwaterstandsverlagingen. Met behulp van deze twee parameters kunnen de effecten op de omgeving en de kosten (globaal) worden bepaald. Afgezien van het mogelijk optreden van dichtheidsstroming (bijlage I), wordt het in dit stadium (schetsontwerp) niet nodig geacht het transport van verontreinigingen ten opzichte van de grondwaterstroming te modelleren. Met behulp van retardatiefactoren kan de termijn worden ingeschat, waarop de potentiële verontreiniging de monitoringszone (zie bijlage II) bereikt en de GI feitelijk noodzakelijk wordt. Deze termijn is belangrijk voor de bepaling van de opbouw van een reservering.

Geohydrologische situatie minder geschikt

In twee geohydrologische situaties wordt GI op voorhand aangemerkt als minder geschikt. Dit zijn:

- locaties met een diepe grondwaterstand (mv - 15-20 of meer meter). GI vergt een grote (financiële) inspanning, en kan desondanks niet voorkomen dat een aanzienlijk bodemvolume verontreinigd raakt. De signaleringstijd is groot, en het GI-systeem is moeilijk te beheersen. Alleen bij gebleken grondwaterverontreiniging is GI in enkele uitzonderingssituaties zinvol en misschien zelfs nodig;
- locaties met een sterke grondwaterstroming in een dik watervoerend pakket. In het algemeen is een GI in deze situaties niet efficiënt, vooral omdat grote debieten nodig zijn voor een effectieve beheersing.

3.2.2 Effecten op de omgeving

De effecten op de omgeving spelen vooral een rol bij het bepalen van de configuratie van een GI. In sommige gevallen is er echter sprake van een dermate grote invloed dat van het voornemen van GI moet worden afgezien. Hieronder worden de omgevingsfactoren beschreven die tenminste moeten worden beschouwd. Met behulp van de resultaten van het voorlopig ontwerp moet worden nagegaan in hoeverre de daaruit voortvloeiende effecten een beletsel zijn bij de realisatie van de GI.

Infrastructuur

Een verlaging van de grondwaterstand kan zettingen veroorzaken die schadelijk zijn voor de fundering en de stabiliteit van de infrastructuur in de omgeving. Bij de eerste inventarisatie van beperkingen wordt nagegaan in hoeverre er sprake is van kwetsbare infrastructuur en wat de omvang van de mogelijk schade kan zijn. Dit betreft met name infrastructuur die oppervlakkig is gefundeerd op locaties waar tevens sprake is van samendrukbare bodemlagen (klei/veen). Indien bij de inventarisatie blijkt dat zich kwetsbare infrastructuur in de omgeving bevindt, moet bij het opstellen van de schetsontwerpen rekening worden gehouden met compenserende maatregelen.

Agrarisch gebied

Agrarisch gebruikt gebied kan mogelijk droogteschade ondervinden van verlaging van de grondwaterstand. Uit HELP-tabellen (Werkgroep 'HELP-tabel', 19987) kan worden afgeleid welke opbrengstdepressie mag worden verwacht bij een bepaalde grondwaterstandsverlaging. Indien daaruit volgt dat opbrengstdepressie kan optreden, moeten fysieke compenserende maatregelen worden afgewogen tegen het vergoeden van mogelijk optredende schade.

Natuurgebied

Onttrekking van grondwater op en rond een stort kan in een nabijgelegen natuurgebied direct leiden tot verlaging van de grondwaterstand en droogteschade (verdroging). Indien het gaat om natuurgebieden die verdrogingsgevoelig zijn, dient het ontwerp zodanig te worden aangepast, dat geen (aanvullende) verdroging optreedt. Voor de vertaling van hydrologische veranderingen naar ecologische gevolgen is een grote

verscheidenheid van modellen beschikbaar met een variatie in toepassingsgebied, nauwkeurigheid en complexiteit.

Grondwaterwingebied

Indien de stort binnen het intrekgebied van een grondwateronttrekking ligt, worden mogelijkerwijze extra eisen gesteld aan de effectiviteit van de beheersing. In de meeste gevallen is het absoluut ontoelaatbaar dat verontreiniging vanuit de stort terecht komt in de grondwateronttrekking.
De inrichting van een GI nabij een waterwingebied zal van invloed zijn op het intrekgebied. Mogelijke gevolgen voor veranderingen van de opgepompte waterkwaliteit en -kwantiteit dienen zorgvuldig te worden beschouwd.

Gedeeltelijk beheerste stortplaatsen

In een aantal gevallen wordt een GI-systeem aangelegd bij een stortplaats waar reeds isolerende maatregelen aanwezig zijn. In dergelijke gevallen moet rekening gehouden worden met de effecten die het GI-systeem kan hebben op de reeds lopende maatregelen op een ander deel van de stortplaats.

Naburige bodemverontreiniging

Indien zich binnen de invloedssfeer van de GI andere gevallen van bodemverontreiniging bevinden, dient het ontwerp zodanig te worden opgesteld, dat voor de betreffende gevallen sprake is van een minimale of te verwaarlozen beïnvloeding.

3.2.3 Afweging Geohydrologische Isolatie versus alternatieve maatregelen

In de praktijk kunnen de volgende alternatieve maatregelen worden genoemd:

- de volledige of gedeeltelijke verwijdering van het stortmateriaal (actief);
- natural attenuation (passief).

Voordat een vergelijking kan worden gemaakt tussen het schetsontwerp van GI en de verwijdering van het stortmateriaal moet dit alternatief worden getoetst op haalbaarheid. Is de verwijdering van het stortmateriaal technisch en financieel haalbaar en milieuhygiënisch verantwoord? Een screening van de relevante aspecten van een mogelijke verwijdering van de stortplaats wordt vooralsnog voldoende geacht om een vergelijk met GI mogelijk te maken. Een beschrijving van de wijze waarop de afweging plaats moet vinden valt buiten het kader van deze Richtlijn. Het detailniveau waarop de afweging plaats moet vinden kan vergelijkbaar worden gesteld aan het niveau van een saneringsonderzoek.

3.3 Toetsing bevoegd gezag

De uiteindelijke keuze van de te treffen maatregelen en de effecten daarvan moeten worden getoetst door het bevoegd gezag. Indien de keuze niet is gevallen op een GI, dan is een aanpak buiten het kader van deze Richtlijn noodzakelijk. De toets door het bevoegd gezag valt uiteen in het toetsen van:

- volledigheid vooronderzoek;

- waarborgen voor vervolgtraject.

Volledigheid

De resultaten van het vooronderzoek hebben al dan niet geleid tot een keuze voor een GI. Het bevoegd gezag toetst of het vooronderzoek voldoende diepgang heeft gehad om tot een onderbouwde keuze en een verantwoorde reservering voor de nazorg te kunnen komen. Voor de bepaling van een GI als voorkeursalternatief is een globaal vooronderzoek meestal voldoende. De onderbouwing van de reservering kan soms meer informatie vereisen. De jaarlijkse reservering is afhankelijk van de kosten van een GI en de termijn waarin de totale reservering kan worden opgebouwd, met andere woorden de periode tot aan het vaststellen van een bodemverontreiniging en de noodzaak van een operationele GI. Aangezien deze periode niet of nauwelijks kan worden ingeschat, moet in het overleg met het bevoegd gezag worden nagegaan of het vooronderzoek voldoende basis biedt of dat een verdere detaillering van het ontwerp -conform hoofdstuk 4- nodig is. De onzekerheid in de termijnbepaling is vaak dermate groot dat een detailontwerp beperkt zin heeft, zeker als het risico aanwezig is dat het ontwerp op termijn achterhaald zal zijn.

Waarborgen voor het vervolgtraject

Als GI wordt geselecteerd als voorkeursalternatief, en het bevoegd gezag stemt hiermee in, dan dienen tijdens een overleg met het bevoegd gezag de volgende aspecten te worden besproken en overeengekomen:

- het ontwerp van een monitoringsplan (bijlage II);
- een nazorgplan of actieschema, waarin wordt aangegeven:
  * de (geschatte) termijn waarop GI noodzakelijk wordt en de eventuele bijdrage van natural attenuation;
  * de dan uit te voeren vervolgacties, zoals definitief ontwerp, aanleg, exploitatie en beheer;
- de benodigde vergunningen (Wet milieubeheer, Grondwaterwet) en de eventuele noodzaak van vroegtijdig op te starten procedures;
- het opbouwen van een reservering (zie § 3.4).

Wanneer nodig worden ook derden betrokken bij dit overleg. Dit kunnen zijn:

- gemeenten (bestemmingsplannen);
- waterkwaliteits- en kwantiteitsbeheerder (Grondwaterwet, Wet verontreiniging oppervlaktewateren);
- belanghebbenden.

3.4 Reservering

Indien een GI mogelijk is, maar nog geen bodemverontreiniging is aangetoond, dan moet op termijn worden voorzien in het definitieve ontwerp en de realisatie. Op basis van het schetsontwerp kan een globale berekening worden gemaakt van de te verwachten investerings- en exploitatiekosten. De termijn, waarop deze kosten kunnen worden verwacht, kan worden ingeschat met stroombaanberekeningen in combinatie met retardatiefactoren en aannames ten aanzien van het moment waarop bodem-

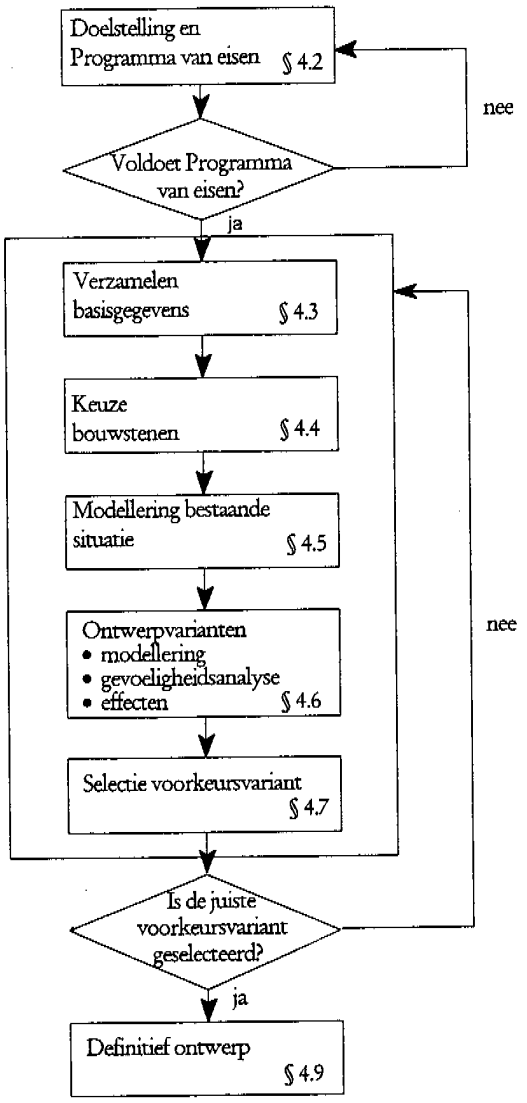
verontreiniging optreedt. De reservering voor de investerings- en exploitatiekosten staat los van de nazorgkosten van de stortplaats. Hiervoor dient een aparte reservering voor gemaakt te worden.

Door het doen van een financiële reservering, al dan niet in de vorm van een fonds, kunnen toekomstige kosten -al dan niet gedeeltelijk of geheel- worden ondervangen. De reservering kan zowel tijdens de exploitatiefase als in de nazorgperiode plaatsvinden. Tijdens de exploitatiefase ligt de verantwoording bij de exploitant. In deze fase wordt actief geld gereserveerd. De lengte van deze fase is meestal redelijk bekend. Na sluiting van de stortplaats kan de reservering meegenomen worden naar de nazorgfase. De rente van de tijdens de exploitatiefase gereserveerde gelden zijn in principe voldoende om te zijner tijd het GI-systeem aan te leggen en de nazorg te financieren. De duur van deze fase is minder goed bekend. Een mogelijkheid is om bijvoorbeeld iedere vijf jaar, op basis van actuele gegevens, een nieuwe inschatting te maken.

4 Ontwerp

4.1 Inleiding

Het ontwerp van een GI is voor iedere locatie specifiek. Niet alleen verschilt de geohydrologie van locatie tot locatie, ook de te gebruiken ontwerpinstrumenten en het gebruik van de omgeving drukken een stempel op het ontwerpproces. In dit hoofdstuk worden de te doorlopen stappen van het ontwerpproces beschreven. Hiertoe is in figuur 3 het ontwerpproces geschematiseerd weergegeven. Elk blok correspondeert met een paragraaf van dit hoofdstuk.



Figuur 3 Het ontwerpproces

4.2 Programma van eisen

Eerste stap in het ontwerpproces is het opstellen van een programma van eisen, een programma dat voorafgaand aan het feitelijk ontwerp moet worden afgestemd met het bevoegd gezag.

Het programma van eisen moet worden afgeleid van de doelstelling, randvoorwaarden en uitgangspunten.

Doelstelling

Het bepalen van de doelstelling van een GI is de basis voor het ontwerp. De doelstelling maakt deel uit van het toetsingskader aan het einde van de ontwerpfase en in de beheersfase. De doelstelling van het totale pakket IBC-maatregelen, die in een bepaalde situatie worden genomen, dient aan te sluiten bij de eisen gesteld door wet- en regelgeving van de bevoegde gezagen. Bij het bepalen van de doelstelling van GI gaat het erom te bepalen welk aandeel GI dient te hebben in dit totale pakket IBC-maatregelen.

De doelstelling kan in dit stadium meestal alleen kwalitatief worden vastgelegd. Aan het einde van de ontwerpfase zal deze gepreciseerd en zoveel mogelijk moeten worden gekwantificeerd om toetsing in de latere fasen goed te kunnen uitvoeren.

Randvoorwaarden en uitgangspunten

Voordat een systeem voor GI van een verontreiniging kan worden ontworpen, zal moeten worden vastgesteld binnen welke randvoorwaarden dit systeem dient te functioneren. Deze randvoorwaarden vormen het vertrekpunt bij het ontwerp, en worden afgeleid uit doelstelling, locatiespecifieke voorwaarden en omstandigheden. Een gedeelte van de randvoorwaarden is vastgelegd in vergunningen. Belangrijke eisen die kunnen worden onderscheiden komen voort uit:

- de concentraties en aard van de verontreinigingen in en het volume van het vrijkomende water, in verband met mogelijkheden voor lozing en benodigde zuivering;
- de onttrekkingsduur en het onttrekkingsdebiet;
- de zettingsgevoeligheid van de bodem binnen het invloedsgebied van de onttrekking;
- praktische mogelijkheden voor het uitvoeren van retourbemalingen;
- de aanwezigheid van gevoelige objecten binnen het invloedsgebied van de onttrekking (verdrogingsgevoelige natuurgebieden en dergelijke);
- de noodzaak voor het treffen van aanvullende civieltechnische voorzieningen;
- kosten voor ontwerpen, aanleggen en instandhouden van het geohydrologisch isolatiesysteem.

Toetsing bevoegd gezag

Het programma van eisen wordt getoetst bij de bevoegde gezagen. Nagegaan dient te worden welke afdelingen/bureaus bij de toetsing betrokken dienen te worden. Toetsing kan plaatsvinden aan de hand van vragen zoals: 'In hoeverre is een langdurige onttrekking toegestaan?' en 'Is (volledige) infiltratie noodzakelijk?'

4.3 Basisgegevens

De effectiviteit en het slagen van een GI zijn afhankelijk van de kwaliteit van de basisgegevens. De kwaliteit heeft met name betrekking op de compleetheid en de representativiteit.

Bij het beoordelen van de compleetheid van de basisgegevens moet minimaal aandacht worden geschonken aan de volgende onderdelen:

- beschrijving locatie;
  - * historie;
  - * bestemmingsplannen;
- bodemopbouw en geohydrologie;
  - * gelaagdheid en variatie in doorlatendheden;
  - * (oorspronkelijke) grondwaterstroming;
  - * seizoensinvloeden en andere variaties;
- pompproef, ofwel inzicht in de reactie van het grondwatersysteem op een onttrekking;
- verontreinigingsgegevens;
  - * samenstelling;
  - * mobiliteit ten opzichte van grondwater (adsorptiegedrag);

    * biologische afbreekbaarheid;
- omgevingsfactoren (zie § 3.4).

In bijlage III is een uitgebreider overzicht opgenomen van benodigde basisgegevens.

Bij aanvang van het ontwerpproces moet een inschatting worden gemaakt van de representativiteit van de basisgegevens uit het vooronderzoek. De kwaliteit van de basisgegevens hangt af van de uitvoering en interpretatie van de veldmetingen. Dit valt niet in het kader van deze richtlijn, maar wordt gewaarborgd door de terzake opgestelde praktijkrichtlijnen en voorschriften waarnaar wordt verwezen. Voor wat betreft de representativiteit moet een relevant aantal bepalingen beschikbaar zijn van doorlatendheden, hydraulische weerstanden, stijghoogten en neerslag. Meestal is er geen sprake van exacte getalswaarden, maar is sprake van enige spreiding van deze waarden. Daarnaast is een geohydrologisch systeem een dynamisch systeem, onderhevig aan onder meer seizoensinvloeden. Zowel de spreiding van de parameters in het veld als de variatie in de tijd van stijghoogten en grondwaterstroming moet binnen marges bekend zijn.

Een definitieve toetsing wordt in een latere fase van het ontwerpproces uitgevoerd door middel van een gevoeligheidsanalyse (§ 4.6). Door middel van een gevoeligheidsanalyse wordt de invloed van mogelijke variaties en spreiding van basisgegevens op het ontwerpresultaat bepaald. Nader onderzoek naar de betreffende aspecten kan alleen achterwege blijven als uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de potentiële spreiding van het aspect slechts een geringe invloed heeft op het uiteindelijke ontwerp en zijn effecten.

4.4 Bouwstenen

4.4.1 Technieken

De technieken betreffen de middelen waarmee de grondwaterstroming kan worden beïnvloed. De technieken kunnen worden onderverdeeld in:

- middelen voor onttrekking of infiltratie van grondwater en eventueel oppervlaktewater;
- fysieke/civieltechnische (hulp)middelen;
- middelen voor besturing en controle.

Hieronder wordt een aantal algemene kwaliteitseisen voor middelen beschreven:

- de aan te brengen middelen dienen duurzaam en betrouwbaar te zijn. Dit betekent, dat ze bestand moeten zijn tegen chemische, biologische en fysieke inwerking. Onder fysieke inwerking worden ook vervormingen als gevolg van zettingen verstaan. De algehele duurzaamheid is met name van invloed op de materiaalkeuze;
- de werking/effect danwel het falen van de middelen moet tijdens de exploitatie controleerbaar zijn;

- de middelen moeten worden afgestemd op de doorlatendheid en diepte van de bodemlaag waarin wordt onttrokken of geïnfiltreerd en op de vorm waarin een verontreiniging voorkomt (opgelost, drijflaag, zinklaag).

Verder worden de meest toegepaste of veelbelovende technieken aangehaald.

Onttrekkingsmiddelen

Onttrekking van grondwater moet ertoe leiden dat aan alle zijden van het te beheersen volume sprake is van toestroming. Behalve horizontale (drains, sloten) en verticale (putten) grondwateronttrekkingen kunnen in sommige gevallen ook een eventueel aanwezige percolaatdrainage of een drainage voor neerslag in een bovenafdichting worden aangemerkt als onttrekkingsmiddel. In het algemeen wordt bij vrijwel alle GI's en bij alle geïdentificeerde bestaande situaties grondwater onttrokken. In een enkel geval kan sprake zijn van alleen funnel and gate en in-situ reiniging van verontreiniging, waarbij geen grondwater wordt onttrokken.

Infiltratiemiddelen

Infiltratiemiddelen zijn met name bestemd om de schadelijke effecten van het onttrekken van grondwater te compenseren. Deze schadelijke effecten kunnen bestaan uit zettingen van infrastructuur en bebouwing of uit droogteschade. Voor het te infiltreren water moet bij voorkeur het gezuiverde onttrekkingswater worden gebruikt. Op deze wijze wordt een zo gering mogelijke aanslag gedaan op de grondwatervoorraad.

Indien infiltratie wordt toegepast, moet een vrij intensief nazorgprogramma worden opgezet met het oog op storingen, onderhoud en vervanging. Vooral op locaties met een hoog ijzer- of mangaangehalte zijn vaak aanvullende maatregelen noodzakelijk. De kosten-effectiviteit van infiltratie moet derhalve zorgvuldig worden overwogen.

Schermwanden

Schermwanden kunnen bestaan uit stalen damwanden, cement/bentoniet of een folie. Vooral de duurzaamheid van de verschillende mogelijkheden kan variëren. Schermwanden beperken de verlaging van de grondwaterstand in de omgeving, en daarmee kunnen schadelijke zettingen en droogteschade worden voorkomen. Tevens kan door het toepassen van schermwanden het te onttrekken en te zuiveren debiet worden gereduceerd.

Bovenafdichting

Door het aanbrengen van een bovenafdichting wordt de hoeveelheid neerslag die inzijgt in het stortlichaam verminderd. Hierdoor vermindert de hoeveelheid uitstromend percolaat en verontreinigd grondwater. Afhankelijk van de constructie kan de dichtheid van de bovenafdichting variëren. Daardoor kan ook de hoeveelheid inzijgende neerslag variëren. Globaal zal de hoeveelheid lekkage liggen tussen 5 en 20 mm/jaar. Indien de bovenafdichting alleen uit een laag schone grond bestaat, kan de inzijging de normale netto-neerslag benaderen (250 tot 350 mm/jaar).

Passieve isolatie en funnel and gate

Passieve isolatie is isolatie waarbij niet of nauwelijks grondwater wordt verpompt. De beïnvloeding van de grondwaterstroming vindt plaats door het manipuleren van het natuurlijk verhang, bijvoorbeeld door schermwanden of het tussenschakelen van drains. Verontreinigd grondwater wordt naar een in situ reiniging geleid, bijvoorbeeld een biologisch scherm. Indien in de te beheersen bodemlaag sprake is van een duidelijke en constante horizontale stroming, kan door beïnvloeding van de stroming het grondwater dat onder of langs het stort stroomt naar een vooraf bepaald punt worden geleid, waar het in-situ wordt gezuiverd. In dat geval wordt helemaal geen grondwater onttrokken en is sprake van een gering verbruik van grondstoffen en energie.

4.4.2 Ontwerpinstrumenten

Met ontwerpinstrumenten worden vooral rekenmodellen bedoeld voor het beschrijven van de grondwaterstroming en daaraan gekoppelde modellen voor het beschrijven van het transport van verontreinigingen. Op de markt zijn diverse modellen beschikbaar die verschillen naar de wijze van schematisering, de beschouwde processen en formulering daarvan. Voor concrete gevallen moet uit de beschikbare modellen een geschikt model worden gekozen. In hoofdstuk 3 zijn in § 3.2.1 'Schetsontwerp' al enkele eisen genoemd waaraan een dergelijk model tenminste dient te voldoen. Voor het definitief ontwerp moet de keuze van het model opnieuw worden overwogen.

De volgende vragen moeten bevestigend kunnen worden beantwoord:

- Kan de invoer relatief eenvoudig worden aangepast, zodat een gevoeligheidsanalyse kan worden uitgevoerd?
- Kan het model rekenen met verticale en horizontale variatie in doorlatendheid?
- Beschrijft het model (of aan het model gekoppelde modules) de relevante stofspecifieke eigenschappen? Het model (of de gekoppelde stoftransportmodule) moet in ieder geval advectie, diffusie-dispersie en sorptie kunnen beschrijven.
- Kunnen middelen zoals putten en schermen worden gesimuleerd?
- Beschrijft het model de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater?

Zeker zo belangrijk als de concrete eisen aan het model is de deskundigheid waarmee het model wordt toegepast. In ieder geval moet de gemodelleerde situatie worden geijkt of gekalibreerd met de natuurlijke veldsituatie (stationair) én met een pompproef (toetsen dosis/effect-relatie). Dit bevordert niet alleen een goede overeenstemming tussen model en praktijk in de natuurlijke situatie, maar ook de overeenkomst in respons tussen model en praktijk bij ingrepen in de grondwaterstroming.

4.5 Modellering grondwaterstroming in de bestaande situatie

Bij het modelleren van de grondwaterstroming in de bestaande situatie wordt een onderscheid gemaakt tussen de bodemopbouw, de natuurlijke grondwaterstijghoogten en de modelkalibratie met een pompproef.

Bodemopbouw

Bij de bodemopbouw gaat de aandacht met name uit naar de dikte en horizontale verbreiding van bodemlagen en hun eigenschappen, zoals watervoerend vermogen en hydraulische weerstand in horizontale en verticale zin.

Het aantal bodemlagen dat in de modellering wordt meegenomen, hangt met name af van de verwachte hoogte van het te onttrekken debiet en de weerstand van slecht doorlatende lagen beneden het onttrekkingsniveau. Speciale aandacht verdient de variatie in doorlatendheid binnen watervoerende pakketten. Vooral dunne, beter doorlatende lagen binnen een watervoerend pakket beïnvloeden de effectiviteit van een GI nadelig. Om dit probleem enigszins te ondervangen bij het ontwerp dienen in het model extra onderverdelingen te worden aangebracht in watervoerende en scheidende lagen.

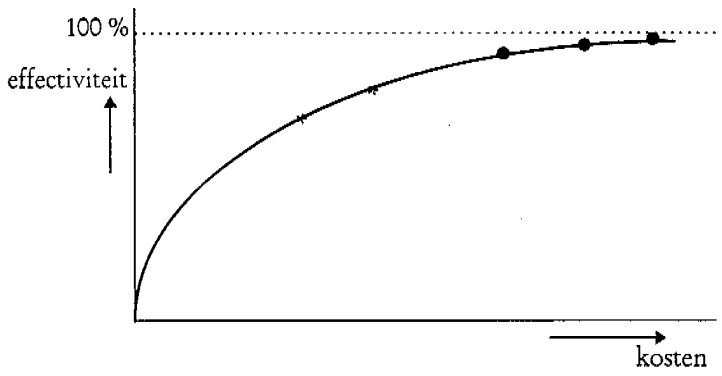
Naast min of meer aaneengesloten bodemlagen moet aandacht worden besteed aan meer lokale aspecten, zoals perforaties/gaten in slecht doorlatende lagen, anisotropie, slecht doorlatende waterbodems, breuken en erosiegeulen.

De verhouding tussen horizontale en verticale doorlatendheid moet worden meegenomen en zonodig gevarieerd. Een groter verschil in horizontale en verticale doorlatendheid leidt in de modelberekeningen tot een kleiner volume van het te beheersen grondwater-systeem, een kleiner debiet en dientengevolge een kleiner invloedsgebied.

De omvang van het model moet zo worden gekozen, dat het invloedsgebied van de geplande maatregelen binnen het model ligt. Onder het invloedsgebied wordt dat gebied verstaan waarbinnen de maatregelen een verlaging/verhoging van de grondwaterpeilen kunnen veroorzaken.

Grondwaterstijghoogten en onttrekkingen

Het model van de bodem wordt verder aangevuld met de gemeten stijghoogten van het grondwater. Dit zijn meestal peilen van de diverse watervoerende lagen ingevoerd als randvoorwaarde aan de modelrand. Daarnaast moeten peilen van oppervlaktewater worden ingevoerd en moeten de volumina van andere grondwater-onttrekkingen worden meegenomen. De aanvulling door neerslag en de lek door weerstandslagen en



• = varianten die een effectiviteit nastreven van 100 %
* = varianten met een nagestreefde efectiviteit van < 100 %

Figuur 4 Effectiviteit van ontwerpvarianten

breuken moet worden ingevoerd.
Op basis van de ingevoerde parameters en randvoorwaarden en peilen, berekent het model de grondwaterstroming (stroomlijnen en stijghoogteveranderingen).

Modelkalibratie en pompproef

De simulatie van de bestaande situatie wordt vergeleken met de waargenomen situatie. Ter kalibratie moeten wellicht enkele parameters enigszins worden aangepast, zodat de waargenomen situatie vrijwel overeenstemt met de gesimuleerde situatie. Een tweede stap in de kalibratie is de vergelijking met de resultaten van een pompproef, een dosis/effectrelatie. De pompproef wordt met het model gesimuleerd, waarbij de berekende stijghoogte overeen dienen te komen met de gemeten waarden.

4.6 Ontwerpvarianten

4.6.1 Uitgangpunten

Voor elke geohydrologische situatie kunnen meerdere ontwerpvarianten worden opgesteld. Primair wordt gestreefd naar varianten die een volledige beheersing van de verontreiniging bewerkstelligen; het streven naar nulemissie of een effectiviteit van 100 %. De effectiviteit wordt daarbij omschreven als de mate waarin de verontreinigingsflux door de GI wordt afgevangen, waarbij wordt uitgegaan van modelmatige beschrijving van de werkelijkheid. In de praktijk kan namelijk een effectiviteit van 100 % als gevolg van lokale heterogeniteiten, voorkeursstromingen etcetera niet (altijd) worden gegarandeerd. In werkelijkheid zullen deze ontwerpvarianten op een asymptoot liggen die nadert naar 100 % (zie figuur 4).

In sommige gevallen kan bewust een minder effectief systeem de voorkeur verdienen, bijvoorbeeld omdat de beïnvloeding van een nabije grondwaterverontreiniging anders te groot zou worden. Ook ontwerpvarianten met een modelmatige effectiviteit kleiner dan 100 % kunnen om die reden in ogenschouw worden genomen.

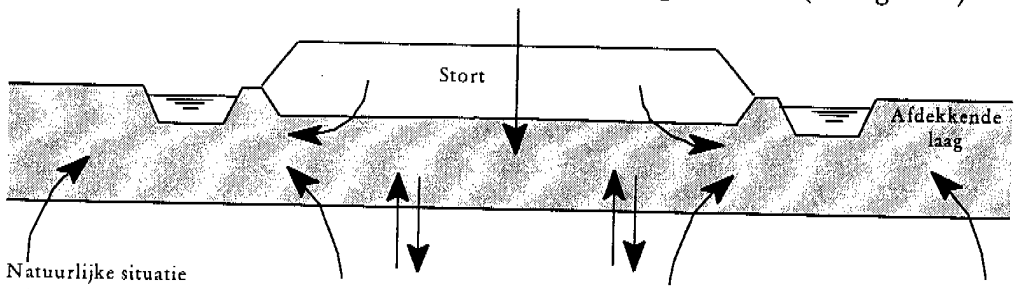
Omwille van een optimale keuze en uitgangspositie bij de vergelijking van varianten en de selectie van een voorkeursvariant moeten volledig én gedeeltelijk effectieve varianten worden beschouwd. Tijdens de selectie van de voorkeursvariant en de toetsing daarvan door het bevoegd gezag is dan een solide basis aanwezig voor de vergelijking.

4.6.2 Schematisering geohydrologische isolatie

De keuze van potentiële varianten wordt sterk bepaald door de geohydrologie van de bestaande situatie. Om tot herkenbare varianten te komen is een indeling opgesteld waarbij het complex van geohydrologische situaties is vereenvoudigd tot een indeling in drie geschematiseerde situaties. De bestaande situatie kan tot één van deze drie situaties worden geschematiseerd, zodat bij het opstellen van ontwerpvarianten kan worden aangegeven in welke situatie welke maatregelen doeltreffend zijn. De indeling in geschematiseerde situaties is als volgt (zie ook figuren 5, 6 en 7).

Situatie A: Slecht doorlatende deklaag

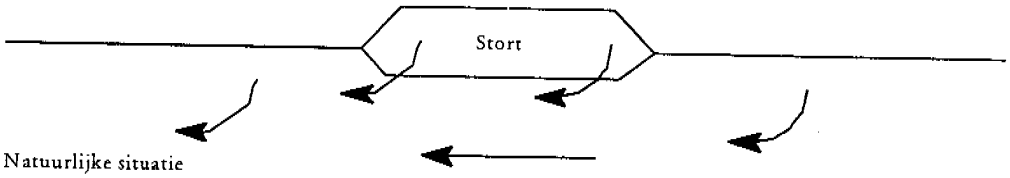
In deze situatie is sprake van een slecht doorlatende deklaag en een geringe kwelsituatie. De kwel is echter niet overal en altijd gegarandeerd, met name vanwege de opbolling van grondwater in de stort. De horizontale stroomsnelheden van het grondwater rond en pal onder de stort zijn zeer klein. Zonder maatregelen kan enige verticale verspreiding van verontreiniging optreden. In horizontale zin kan verspreiding optreden naar open water (zie figuur 5).



Figuur 5 Slecht doorlatende deklaag

Situatie B: Geen deklaag

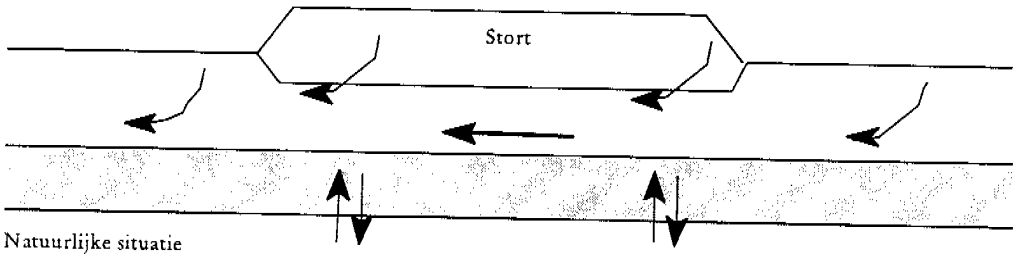
Bij Situatie B bevindt zich geen deklaag op de locatie. Overwegend is sprake van infiltratie en een duidelijke horizontale stroomsnelheid van het grondwater (zie figuur 6). Zonder maatregelen zal zowel in horizontale als verticale richting relatief snel verspreiding optreden.



Figuur 6 Geen deklaag

Situatie C: Slecht doorlatende laag op geringe diepte

In dit geval is sprake van geringe kwel of infiltratie. Op de locatie bevindt zich geen slecht doorlatende deklaag. Op geringe diepte bevindt zich een slecht doorlatende laag (zie figuur 7). Zonder maatregelen zal primair sprake zijn van horizontale verspreiding van verontreiniging.



Figuur 7 Slecht doorlatende laag op geringe diepte

Niet alle locaties kunnen eenduidig in deze indeling worden ondergebracht. De volgende omstandigheden kunnen in elk van de genoemde gevallen een complicerende factor vormen en vragen om nadere studie/onderzoek:

- locaties met een diepe grondwaterspiegel;
- locaties waar dichtheidsstroming kan of heeft opgetreden;
- locaties met zoet/zout grensvlak binnen de invloedssfeer van de onttrekkingen;
- locaties met een kalk/mergel of steenachtige ondergrond;
- locaties met een anisotrope bodem.

4.6.3 Mogelijke varianten

Op basis van de schematisatie van de bestaande situatie en de beschikbare technieken kunnen ontwerpvarianten worden gegenereerd. Hieronder wordt voor de afzonderlijke geschematiseerde situaties een handreiking gegeven voor het genereren van geschikte varianten.

Situatie A: Slecht doorlatende deklaag

Op locaties met een slecht doorlatende deklaag en overwegend kwel wordt primair aan de randen van de stortplaats grondwater opgevangen. Afhankelijk van de verticale stromingscomponent onder de stortplaats moeten onder de stort ook onttrekkingsmiddelen worden aangebracht om een neerwaarts transport van verontreinigingen tegen te gaan. Bijvoorbeeld het aanbrengen van een bovenafdichting of infiltratie in het diepere pakket kunnen de kwelstroom bevorderen.

Situatie B: Geen deklaag

Op locaties waar een deklaag ontbreekt kan een GI meestal worden gerealiseerd door het aanbrengen van onttrekkingen aan de stroomafwaartse zijde van de stortplaats. Afhankelijk van de verhouding tussen de verticale en de horizontale stromingscomponent onder de stort en de afmetingen van de stortplaats zijn soms aanvullende onttrekkingen noodzakelijk onder de stortplaats. De GI kan worden versterkt door het toepassen van een bovenafdichting of infiltratie.

Situatie C: Slecht doorlatende laag op geringe diepte

Deze situatie is enigszins vergelijkbaar met situatie B, omdat direct onder en rond de stort verontreiniging zich relatief goed kan verspreiden. Verschil is echter dat de laagdikte waarover snel horizontale verspreiding kan ontstaan, klein is. Daardoor is de toepassing van schermwanden in deze situatie een goede optie.

4.6.4 Modellering grondwaterstroming

De ontwerpvarianten worden met het gekalibreerde model gesimuleerd. Per ontwerpvariant moet een globale optimalisatie worden uitgevoerd. In eerste instantie wordt daarbij met name gelet op de effectiviteit en het minimaliseren van het te onttrekken en eventueel het te infiltreren debiet. Dit betekent, dat binnen de opzet van een variant de locaties van middelen en het per locatie onttrokken debiet zodanig worden aangepast, dat aan alle zijden sprake is van juist voldoende toestroming. Daarbij kan naast het variëren van het per locatie te onttrekken debiet ook worden geoptimaliseerd met de doorlatendheid van schermwanden of bovenafdichting.

4.6.5 Modellering transport verontreinigende componenten

Het doel van een GI is het beheersen van de verontreinigen/de componenten in het grondwater. Behalve de modellering van de grondwaterstroming is derhalve voor een definitief ontwerp de modellering van het transport van de verontreinigende componenten ten opzichte van de grondwaterstroming onontbeerlijk. De volgende processen spelen bij de modellering een rol:

- *Diffusie en dispersie*
  Ten gevolge van diffusie en dispersie (zie bijlage I) kunnen verontreinigingen een extra snelheidscomponent vertonen ten opzichte van de grondwaterstroming. Diffusie treedt op als gevolg van concentratieverschillen en leidt uiteindelijk tot een nivellering van concentraties. Dispersie treedt op als gevolg van lokale bodemheterogeniteiten en de stroming in een poreus medium. Met name de extra snelheidscomponent loodrecht op de grondwaterstroming vraagt om een grotere inspanning van de GI dan strikt genomen noodzakelijk op basis van de grondwatermodellering. De systeemgrens moet dan ruimer worden gekozen. Ook het mogelijke transport van verontreinigingen als gevolg van diffusie en dispersie tegen de grondwaterstroming in vereist een zorgvuldige beschouwing van de transportsnelheden.

- *Dichtheidsstroming*
  Dichtheidsstroming (afgezien van drijflagen) kan optreden als de verontreiniging, opgelost of als puur produkt, een grotere soortelijke dichtheid heeft dan water. De verontreiniging verplaatst zich in dergelijke gevallen snel in neerwaartse richting tot de top van slecht doorlatende lagen, terwijl het gehele watervoerend pakket verontreinigd raakt. Tevens kan de geometrie van de bodem(opbouw) invloed hebben op de verspreidingsmogelijkheden. Hierdoor kan puur produkt zich langs andere routes dan de natuurlijke grondwaterstroming verplaatsen. Indien dichtheidsstroming is, of kan zijn opgetreden, dan moet de GI daar specifiek op af worden gestemd. In de meest voorkomende gevallen moet de GI het volledige watervoerend pakket beslaan.

- *Sorptie*
  Sorptie is het hechten van opgeloste verontreinigingen aan de bodemmatrix (zie bijlage I). In het algemeen bestaat een evenwicht tussen opgeloste en geadsorbeerde verontreiniging, dat afhankelijk is van onder andere pH, lutum en organisch stofgehalte. Sorptie leidt tot een vertraging van het transport van opgeloste stof ten opzichte van de grondwaterstroming. De uiteindelijke transportsnelheid is vooral van invloed op de termijn waarop waarneembaar sprake is van bodemverontreiniging (zie bijlage II: monitoring) en dus de termijn waarop de GI operationeel moet worden.

- *Afbraak*
  Opgeloste verontreinigingen kunnen worden onderverdeeld in persistente en niet persistente verbindingen. De groep niet persistente verbindingen kan een afnemende concentratie vertonen als gevolg van micro-biologische of chemische afbraak. Het optreden van deze processen is sterk afhankelijk van het bodemmilieu.

4.6.6 Gevoeligheidsanalyse

Een gekwantificeerde uitspraak over de effectiviteit van het ontwerp van de GI is slechts ten dele betrouwbaar. Een ontwerp dient dan ook altijd te worden getoetst met een uitgebreide gevoeligheidsanalyse, waarbij de ontwerpparameters (doorlatendheid, weerstand, variabiliteit etcetera) ruim worden gevarieerd. Een gevoeligheidsanalyse maakt het mogelijk die parameters te onderkennen waarvoor het systeem het meest gevoelig is. Kennis van de gevoeligheden van een ontwerp heeft meer waarde dan kennis van de exacte stoftransportprocessen.

Bij een gevoeligheidsanalyse worden verschillende mogelijke combinaties van ontwerpparameters beschouwd en doorgerekend. Dit resulteert bijvoorbeeld in een 95 percentiel-interval waarin het benodigde te onttrekken debiet ligt. Indien dit interval wordt gedekt door een ontwerp, is het robuust. Als voorbeeld van een gevoeligheidsanalyse wordt een Monte-Carlo analyse genoemd. Deze methode kan een groot deel van de analyse geautomatiseerd uitvoeren.

4.6.7 Effecten

Afhankelijk van het gebruikte grondwatermodel zijn de resultaten van de berekeningen debieten, stijghoogten, stroombanen en concentraties. Dit laatste met name bij het doorrekenen van emissievarianten. Hiermee kunnen de effecten op de omgeving worden gekwantificeerd. Deze effecten moeten worden getoetst voor de in hoofdstuk 3 genoemde omgevingsfactoren. Het belangrijkste effect wordt veroorzaakt door de verlagingen van grondwaterstanden en de eventueel daarmee samenhangende zettingen of verdroging. Deze effecten moeten worden bepaald op de in hoofdstuk 3 genoemde wijze. Ook onttrekking van het grondwater zelf kan als effect worden gezien, namelijk als afname van de voorraad grondwater. Door het te onttrekken debiet te minimaliseren worden impliciet de effecten geminimaliseerd.

4.7 Selectie voorkeursvariant

4.7.1 Effecten van een systeem voor geohydrologische isolatie

Uit de ontwerpvarianten moet een voorkeursvariant worden geselecteerd. De keuze vindt plaats op basis van onderstaande criteria:

- effectiviteit;
- betrouwbaarheid;
- (milieu)effecten;
- kosten.

Selectie van een variant kan bovendien op meerdere criteria plaatsvinden. Voorbeelden hiervan zijn flexibiliteit, controleerbaarheid en beheersbaarheid (zie ook § 4.9). Voor de selectie van de voorkeursvariant worden deze echter niet in beschouwing genomen omdat zij echter niet doorslaggevend zijn voor de keuze van een variant. Wel zijn ze doorslaggevend voor de optimalisatie van een éénmaal gekozen variant.

Effectiviteit

De effectiviteit van een variant is niet zo zeer een toetsingscriterium als wel een uitgangspunt bij het ontwerp. Vanwege de consequenties voor de milieuhygiënische kwaliteit van de bodem is de effectiviteit wel van belang voor de onderlinge afweging van de varianten. Bij de beoordeling van modelmatige varianten met een effectiviteit minder dan 100 % geldt dat uit bijvoorbeeld rendementsoverwegingen, gebaseerd op inzet van middelen en te verwachten effecten, enige verspreiding onvermijdelijk is. Als strikte randvoorwaarde hierbij moet wel worden meegenomen dat eventuele verontreinigingen geen bedreigde objecten, zoals waterwinningen en woongebieden, mogen bereiken.

Betrouwbaarheid

De robuustheid van een variant zegt iets over de waarschijnlijkheid dat de gewenste effectiviteit van een variant wordt benaderd. Hoe robuuster de variant hoe groter de waarschijnlijkheid dat de gewenste effectiviteit wordt benaderd. Voor de selectie van de voorkeursvariant wordt kwalitatief aangegeven hoe de betrouwbaarheid van de varianten zich onderling verhouden.

(Milieu)effecten

Bij een in werking zijnde GI-systeem is er sprake van een aantal handelingen die leiden tot (milieu)effecten, namelijk:

- energieverbruik ten gevolge van het onttrekkingssysteem en de waterzuivering;
- onttrekking[3] van grondwater;
- emissie naar andere compartimenten, ten gevolge van de zuivering (bijvoorbeeld emissie naar oppervlaktewater en ontstaan zuiveringsslib.

Voor de selectie van de voorkeursvariant wordt voor de berekening van het energieverbruik uitgegaan van een kwantitatieve maat van Kwh/jaar. Hierbij is aangenomen dat alle te verbruiken energie afkomstig is van fossiele energiebronnen. Daarnaast dient bij de berekening van het energieverbruik alleen de jaarlijkse exploitatie en niet de aanleg in beschouwing genomen te worden. Voor schoon (grond)water is als kwantitatieve maat gekozen voor het aantal jaarlijks te onttrekken kubieke meters. Voor zowel het energie- als waterverbruik is als uitgangspunt aangehouden dat een GI-systeem, vanuit het oogpunt van duurzaamheid, een zo klein mogelijke aanslag op de natuurlijke voorraden mag hebben.

Bij de berekening dient eveneens rekening te worden gehouden met het feit of gedurende de looptijd van de GI ten gevolge van voorziene aanpassingen in het systeem een toe- of afname in de energiebehoefte en wateronttrekking plaatsvindt. Hiervoor dient te worden gecorrigeerd, bijvoorbeeld door middeling over 25 jaar.

Onttrekking van grondwater leidt tot een verlaging van de grondwaterstand. Bij het ontwerp van de varianten worden in principe door middel van het treffen van

---

3) Heeft alleen betrekking op stortplaatsen waar geforceerd grondwater onttrokken wordt.

compenserende maatregelen de negatieve effecten van de grondwaterstandsdaling tegengegaan.

Zolang dit het geval is worden de effecten van de grondwateronttrekking bij de selectie van de voorkeursvariant niet in beschouwing genomen. Blijkt echter dat de compenserende maatregelen niet mogelijk of onvoldoende zijn, dan dienen de effecten van grondwateronttrekking wel een rol te spelen bij de selectie. Als kwantitatieve maat voor verdroging wordt dan het berekende aantal millimeters grondwaterstandsverlaging gebruikt. Deze worden op basis van de model-berekeningen bepaald.

Bij zuivering van het onttrokken grondwater ontstaat als reststroom zuiveringsslib. Dit slib moet worden afgevoerd en verwerkt. De te verwachten hoeveelheid zuiveringsslib wordt uitgedrukt in ton/jaar. Daarnaast kunnen, afhankelijk van het type zuivering, ook emissies naar het oppervlaktewater plaatsvinden. Deze emissie worden gekwantificeerd door per geëmitteerde stof te berekenen hoeveel kubieke meter oppervlaktewater op jaarbasis tot aan de norm verontreinigd wordt. Voor deze berekening wordt bijvoorbeeld de gemiddelde vracht van een parameter (uitgedrukt in kg/m^3) vermenigvuldigd met de hoeveelheid geloosde kubieke meters grondwater in dat jaar. Dit is de jaarlijkse emissie. Vervolgens wordt dit getal (uitgedrukt in kg) gedeeld door de geldende norm (in kg/m^3). Dit getal is gelijk aan het tot aan de norm verontreinigde kubieke meters oppervlaktewater. De uitkomsten van de afzonderlijke parameters worden bij elkaar opgeteld. Deze sommatie kan gebruikt worden om verschillende varianten met elkaar te vergelijken.

Uit het voorgaande blijkt dat voor de beoordeling van de (milieu)effecten van een GI rekening moet worden gehouden met:

- het aantal kubieke meters onttrokken grondwater en de jaarlijkse energiebehoefte in Kwh/jaar;
- het aantal ton/jaar te produceren zuiveringsslib;
- het aantal m^3 tot aan de norm verontreinigd oppervlaktewater;
- en indien geen of onvoldoende compenserende maatregelen genomen kunnen worden het aantal millimeters grondwaterstandsverlaging.

Kosten

Voor de beoordeling van het GI-systeem is inzicht in de kosten belangrijk. De kosten worden gesplitst in:

- investeringskosten, deze betreffen hoofdzakelijk het ontwerp en de aanleg;
- exploitatiekosten, deze betreffen energiekosten, zuiverings- en lozingskosten, monitoringskosten en onderhouds- en beheerskosten;
- vervangingskosten, deze hebben betrekking op de regelmatige vervanging van de aan slijtage onderhavige onderdelen.

Tot de exploitatiekosten kunnen ook de kosten voor het afkopen van landbouwschade en/of het treffen van compenserende maatregelen worden gerekend.

De investeringskosten worden als een eenmalig bedrag opgevoerd. De exploitatie- en vervangingskosten worden op jaarbasis berekend en vervolgens gekapitaliseerd.

Voor de beoordeling van de varianten moeten de kosten voor ieder van de drie onderdelen berekend worden en zo veel mogelijk worden uitgesplitst naar de verschillende onderdelen. Dit is met name van belang bij het optimaliseren van de varianten, omdat zodoende snel inzicht verkregen wordt in de voor de kosten bepalende onderdelen van het GI-systeem.

4.7.2 Mogelijke varianten

De selectie van de voorkeursvariant vindt plaats op basis van een, op een multi-criteria-analyse (MCA) gebaseerde, aanpak. Bij de beoordeling van verschillende varianten door middel van een multi-criteria-analyse wordt voor de verschillende varianten een totaalscore opgesteld, waarbij verschillende aspecten worden gekwantificeerd en na vermenigvuldiging met wegingsfactoren worden opgeteld. Hierdoor wordt een gekwantificeerde vergelijking van varianten min of meer mogelijk.

Min of meer, omdat de afzonderlijke scores en wegingsfactoren vaak sterk subjectief zijn. Op deze wijze kan echter wel vanuit de optiek van verschillende thema's en hun bijbehorende (subjectieve) scores en weegfactoren worden nagegaan hoe de onderlinge rangorde van de verschillende varianten uitvalt. Indien bij alle thema's dezelfde varianten slecht danwel goed scoren, kan dit richting gevend zijn voor de keuze van een voorkeursvariant.

Met behulp van de multi-criteria-analyse is ook een regionale invulling, op basis van gebiedsgerichte criteria, mogelijk. Dit resulteert in subjectieve wegingsfactoren om zodoende het belang van het ene criterium te benadrukken ten opzichte van een ander criterium. In een verdrogingsgevoelig gebied zal het aantal m^3 onttrokken grondwater en de te verwachten grondwaterstandsdaling bijvoorbeeld strenger gewogen kunnen worden dan in een andere regio. Bij een dergelijke benadering is het van belang om vroeg in het traject van vergun afstemming met het bevoegd gezag te bereiken. Afhankelijk van het bevoegd gezag waaronder de stortplaats resulteert, is een andere interpretatie van het bevoegd gezag mogelijk.

Voor de selectieprocedure worden de verschillende criteria in een tabel geplaatst. Hieronder is een voorbeeldtabel opgenomen op basis waarvan de selectie kan plaatsvinden. Bij de uiteindelijke beoordeling moet in overweging genomen worden dat een aantal criteria in zekere mate afhankelijk van elkaar zijn. Dit geldt zeker voor de vier onderscheiden milieu-effecten, maar in mindere mate ook voor de kosten van een systeem ten opzichte van bijvoorbeeld de effectiviteit. Dit leidt in principe tot een dubbeltelling waardoor een variant ten onrechte sterk de voorkeur -of juist niet- kan krijgen. Voor de uiteindelijke beoordeling hoeft dit geen probleem op te leveren, zolang bij het toekennen van wegingsfactoren hiermee rekening wordt gehouden. Een andere mogelijkheid is in geval van twijfel een gevoeligheidsanalyse uit te voeren voor de voorkeursvariant. Hierbij wordt door middel van het variëren in de

wegingsfactoren inzicht verkregen in de doorwerking van een eventuele dubbeltelling.

Tabel 1 Beoordelingstabel gebaseerd op onderlinge rangschikking

Toetsingscriteria	Variant 1.1	Variant 1.2	Variant 2.1	Variant 2.2
Effectiviteit	100 %	100%	< 100%	< 100%
Betrouwbaarheid[1)]				
Milieueffecten:				
• m^3 onttrokken grondwater	.. m3/j	.. m3/j	.. m3/j	.. m3/j
• energieverbruik in Kwh/j	.. Kwh/j	.. Kwh/j	.. Kwh/j	.. Kwh/j
• gegenereerde afvalstroom in ton/j	.. ton/j	.. ton/j	.. ton/j	.. ton/j
• m^3 tot aan de norm verontreinigd oppervlaktewater	.. m^3	.. m^3	.. m^3	.. m^3
• grondwaterstandsverlaging in mm[2)]	-	-	-	-
Kosten in Hfl:				
• investeringskosten	*f*	*f*	*f*	*f* .....
• exploitatiekosten	*f*	*f*	*f*	*f* .....
• vervangingskosten	*f*	*f*	*f*	*f* .....

1) de betrouwbaarheid van de varianten wordt onderling, op kwalitatieve wijze, tegen elkaar afgewogen
2) alleen meenemen indien geen of onvoldoende compenserende maatregelen mogelijk zijn

4.8 Toetsing bevoegd gezag

De selectie van de voorkeursvariant en de daarbij gehanteerde middelen moeten worden overlegd met het bevoegd gezag. Bij dit overleg worden eventueel ook derden betrokken, zoals bijvoorbeeld gemeenten, waterkwaliteits- en -kwantiteitsbeheerders. Tijdens dit overleg worden de volgende vragen beantwoord:

- Voldoen de technische bouwstenen aan de kwaliteitseisen, die gesteld zijn in deze Richtlijn?
- Is de ontwerpprocedure zorgvuldig doorlopen en bestaat consensus over de voorkeursvariant?
- Zijn de effecten van de voorkeursvariant ook voor het bevoegd gezag en eventuele derden toelaatbaar?
- Welke aspecten verdienen bij de uitwerking van het definitief ontwerp extra aandacht?
- Wordt een toetsing van het definitief ontwerp noodzakelijk geacht?

Nadat op deze punten overeenstemming is bereikt, kan worden doorgegaan met het opstellen van het definitief ontwerp.

4.9 Definitief ontwerp

De voorkeursvariant moet worden uitgewerkt en geoptimaliseerd tot een definitief, bestekklaar ontwerp. De optimalisatie moet leiden tot een minimalisatie van kosten en

effecten terwijl tegelijkertijd de volgende eigenschappen van de GI worden gewaarborgd:

- *Effectiviteit*
  De modelmatige beschrijving van de werkelijkheid moet -zo mogelijk- een volledig gesloten systeem laten zien. In welke mate wordt de uitstromende verontreiniging afgevangen door de GI, en stemt dit overeen met de mate zoals overeengekomen met het bevoegd gezag.

- *Robuustheid*
  De robuustheid van een GI-systeem geeft de spreiding in effectiviteit van een GI-systeem aan uitgaande van allerlei onzekerheden in de ontwerp-parameters (hydraulische parameters, locaties verontreinigingen, etcetera). Een robuust systeem is relatief ongevoelig voor de onzekerheden in de ontwerpuitgangspunten en voor onnauwkeurigheden in de uitvoering.

- *Flexibiliteit*
  Flexibiliteit van het GI-systeem is belangrijk om in te kunnen spelen op veranderende omstandigheden. Beoordeeld moet worden welke mogelijkheden het systeem biedt voor bijstellen: aantal variabele elementen, reikwijdte van de variaties.

- *Betrouwbaarheid en duurzaamheid*
  Nagegaan dient te worden wat de faalkans van de afzonderlijke elementen van het systeem is en die van de combinatie van deze elementen.

- *Controleerbaarheid*
  De werking en effectiviteit van het GI-systeem dient eenvoudig controleerbaar te zijn. Daarbij wordt gestreefd naar een geringe monitoringsinspanning en een eenduidigheid van de meetresultaten.

- *Beheersbaarheid*
  Indien de GI tijdelijk of gedeeltelijk faalt dient het ontwerp zodanig te zijn dat omvangrijke verspreiding wordt voorkomen en de verontreiniging beheersbaar blijft.

De kosten en effecten worden vooral bepaald door de hoogte van het onttrekkings- en infiltratiedebiet. Een hoog onttrekkingsdebiet leidt tot hoge zuiverings- en lozingslasten en een groot invloedsgebied. Effecten voor de omgeving kunnen mogelijk worden tegengegaan door het toepassen van infiltratie.

Op basis van het definitieve ontwerp worden de benodigde vergunningen aangevraagd. Zonodig moet het ontwerp worden bijgesteld.

Het definitieve ontwerp moet conform de 'Standaard RAW Bepalingen' van de Stichting C.R.O.W. (1995) uitgewerkt worden tot een bestekklaar ontwerp.

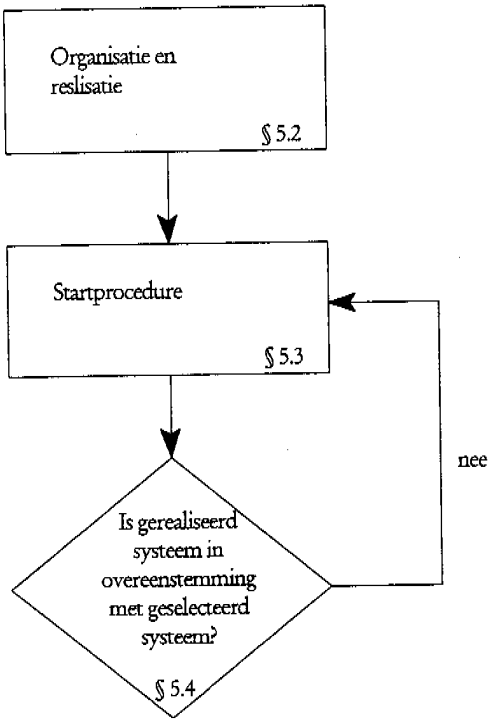
5 Aanleg en startprocedure

5.1 Inleiding

Bij de aanleg- en startprocedure van een systeem zijn ruwweg vier aspecten te onderscheiden:

- de organisatie van de aanleg, opdrachtgever en -nemer, toezichthoudende instantie en directievoering;
- de technische realisatie en de kwaliteitsborging daarvan;
- het starten, evalueren en fijnregelen van het systeem;
- de toetsing door het bevoegd gezag.

In figuur 8 is dit schematisch weergegeven. De organisatie en realisatie zijn met elkaar verweven, en zijn in een blok weergeven.



Figuur 8 Aanleg en opstartprocedure

5.2 Organisatie en realisatie

Ter voorbereiding op de aanleg worden meestal in een bestek de protocollen vastgelegd volgens welke de uitvoering moet plaatsvinden. De protocollen zijn onontbeerlijk voor de kwaliteitsbeheersing van het gehele proces, en vormen voor de controlerende instantie, de vergunningverlener, de toetsingsleidraad.

In de protocollen voor de aanleg van een GI moeten minimaal worden opgenomen:

- de organisatie:
  - * de taken en verantwoordelijkheden van de bij aanleg betrokken partijen, dit zijn de initiatiefnemer, de ontwerper, de uitvoerder en de toezichthoudende instantie(-s);
  - * de juridische verhouding tussen initiatiefnemer en uitvoerder, bijvoorbeeld zoals in de Uniforme Administratieve Voorwaarden (UAV) uit 1989;
- de kwaliteitsbeheersing van de technische realisatie:
  - * een kwaliteitszorgsysteem uitvoering, in het bestek kunnen voorschriften worden opgenomen voor de certificering van de uitvoerder;
  - * de materiaaleisen en uitvoeringswijze, bij voorkeur zoals vastgelegd in geldende normen en richtlijn, NEN/ISO/NPR/KIWA;
  - * de controle en registratie van de uitvoering;
  - * de uitvoering van materiaal- en installatiebeproevingen, bijvoorbeeld pomp-proeven, door uitvoerder of derden.

De protocollen die vallen onder organisatie en kwaliteitsborging kunnen grotendeels worden opgenomen in een bestek. In de 'Standaard RAW Bepalingen' van de Stichting C.R.O.W.(1995) zijn standaard besteksomschrijvingen voor technische handelingen en beproevingen opgenomen.

In de richtlijnen onderafdichtingsconstructies en drainage- en controlesystemen voor stort- en opslagplaatsen worden eveneens protocollen aangehaald voor de aanleg van deze constructies (Ministerie VRO-DGM, 1993; Heidemij AdviesB.V., 1993; Ministerie van VROM, 1993).

5.3 Startprocedure

De implementatie of startprocedure is van groot belang voor de toetsing van het systeemontwerp en de afstemming van de aangelegde installatie daarop. In tegenstelling tot fysieke isolatievoorzieningen zoals onder- en bovenafdichtingen, bezit kent geohydrologische isolatie over het algemeen een grote flexibiliteit, die met name tijdens de startperiode moet worden aangesproken.

De volgende onderdelen worden onderscheiden in de startprocedure.

- *De inwerkingstelling*
  Na de technische oplevering van het systeem overeenkomstig het bestek, kan het systeem in werking worden gesteld. De onttrekkingen en infiltraties worden met stapsgewijze verhogingen op het ontwerpdebiet gebracht.

- *Stijghoogtemetingen*
  Direct na de inwerkingstelling moeten de stijghoogten met korte intervallen of continu worden gemonitoord met het doel het gebruikte grondwatermodel te verifiëren, en afwijkingen op de ontwerpstijghoogten, en met name overschrijdingen van de maximaal toelaatbare verlagingen, zo spoedig mogelijk vast te stellen. In het geval signaalwaarden worden overschreden worden de debieten omlaag gebracht of het systeem (tijdelijk) stilgelegd. In een dergelijk geval moeten de ontwerpdebieten worden herzien. De frequente stijghoogtemetingen moeten minimaal worden doorgezet tot een stationaire grondwatersituatie is bereikt.

- *Modelkalibratie*
  Tijdens de ontwerpfase is aangegeven tussen welke waarden de stijghoogten zich mogen begeven zodat nog sprake is van een effectieve GI. Indien de gemeten stijghoogtewaarden te veel afwijken of de ontwerpdebieten niet worden gehaald, moet een modelevaluatie worden uitgevoerd. Het grondwatermodel wordt gekalibreerd met de recent verkregen gegevens van debieten en stijghoogten.

- *Optimalisering*
  Met het gekalibreerde model moeten de systeemdebieten worden geoptimaliseerd zoals aangegeven in hoofdstuk 4. In dit stadium dient tevens een toets plaats te vinden op de effectiviteit en de efficiëntie van de geoptimaliseerde GI.

- *Begin beheersperiode*
  De geoptimaliseerde, en eventueel aangepaste, GI wordt in werking gesteld, waarbij wederom in de beginfase frequente stijghoogtemetingen en een toetsing van het ontwerp nodig zijn. Na de beginperiode wordt overgegaan op het monitoringsschema zoals opgesteld voor de stationaire beheerssituatie.

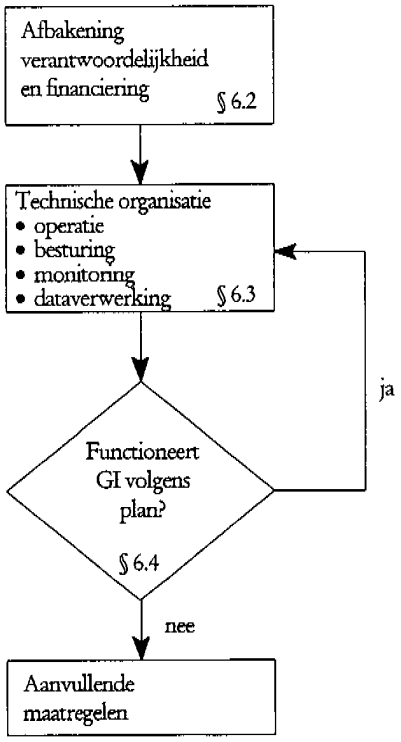
5.4 Toetsing bevoegd gezag

De resultaten van de startprocedure moeten worden overgelegd aan het bevoegd gezag en eventuele andere vergunningverlenende instanties. Het bevoegd gezag toetst met name of het gerealiseerde systeem in overeenstemming is met de gekozen variant en daarbij gemaakte afspraken. De vergunningverlenende instanties toetsen de overeenstemming met de vergunde situatie. Daarnaast wordt het beheersplan besproken en zonodig verder ingevuld.

6 Beheer

6.1 Algemeen

Ten aanzien van het beheer of de nazorg van een GI kan een onderscheid worden gemaakt tussen de structuren voor enerzijds verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid en anderzijds de technische organisatie. Onder de technische organisatie van het systeem wordt verstaan het beheer en onderhoud van zowel het fysieke als het organisatorische systeem. In het stroomschema van figuur 9 en de volgende paragrafen wordt deze opzet toegelicht.



Figuur 9 Organisatie beheer

6.2 Verantwoordelijkheid en financiering van de nazorg

Ten aanzien van het onderhoud en beheer van het GI-systeem -en eventueel ook de aanlegdienen na afloop van de exploitatieperiode de volgende aspecten duidelijk te zijn:

- de direct verantwoordelijke voor de beheersing, zowel op korte als op lange termijn. In de aanvangsperiode is dit veelal de stortplaatsexploitant, na verloop van tijd kan de verantwoordelijkheid overgaan in de hand van een (provinciale) nazorgstichting;
- toezicht op handhaving/voortzetting van het beheer (controle);
- de financiering van de nazorg. Is de getroffen reservering voldoende, of is aanvulling van het nazorgfonds nodig?

6.3 Technische organisatie

6.3.1 Algemeen

In de technische organisatie kan in de GI onderscheid worden gemaakt tussen de daadwerkelijk watervoerende installatie, en de onderdelen die zijn opgezet ter controle en sturing daarvan.

De watervoerende installatie bestaat uit:

- onttrekkings- en infiltratiemiddelen;
- leidingwerk;
- pompen;
- zuiveringsinstallatie;
- de bodem met eventuele civiel-technische isolatievoorzieningen.

Het gebruik, het onderhoud, de controle en de vervanging van deze installatieonderdelen moet worden vastgelegd in protocollen.

De volgende onderdelen hebben betrekking op de controle en sturing van de installatie:

- het signaleringssysteem;
- de besturing of het besturingssysteem;
- het monitoringssysteem;
- de dataverwerking.

6.3.2 Signalerings- en monitoringsysteem

Deze systemen hebben betrekking op de werking van het watervoerende systeem, het geohydrologische systeem én de grondwaterkwaliteit. Twee soorten monitoring worden onderscheiden, namelijk:

- monitoring van de natuurlijke situatie
  Dat wil zeggen zonder de aanwezigheid van een GI-systeem. Het accent ligt hierbij op monitoring van verontreinigingen. In bijlage II wordt ingegaan op deze wijze van monitoring;
- monitoring van een geohydrologisch beheerste situatie
  Het accent hierbij ligt op de controle van het functioneren van het systeem. De te monitoren parameters betreffen voornamelijk debieten en grondwaterstanden. Een voorbeeld hiervan wordt beschreven in (IWACO, 1995b).

Het gebruik, onderhoud, beheer en kwaliteitsborging van de monitoringssystemen moeten zijn vastgelegd in protocollen. Daarnaast moeten beslisschema's beschikbaar zijn in geval signaalwaarden worden overschreden.

6.3.3 Besturing

De gegevens die vrijkomen uit het monitorings- en signaleringssysteem worden gebruikt voor de sturing van het gecreëerde waterhuishoudkundige systeem. De sturing heeft met name betrekking op de debieten. De sturing kan periodiek geschieden door het personeel, of door een eventueel op afstand controleerbaar, besturingssysteem. Een dergelijk geautomatiseerd besturingssysteem kan continu meetwaarden controleren (debieten, stijghoogten, pH etcetera) en is in staat correcties door te voeren. Indien desondanks overschrijdingen van signaalwaarden optreden wordt een alarmsignaal afgegeven naar de beheerder.

6.3.4 Dataverwerking

De gegevens van een GI bestaan uit algemene gegevens over:

- de bodem en het gerealiseerde systeem;
- gegevens over de werking en de monitoring.

De eerste groep bestaat uit rapportages en protocollen, eenmalig opgesteld in de ontwerp- en voorbereidingsfase. Ze worden alleen aangepast als wijzigingen in het systeem

worden doorgevoerd. Het is van belang dat deze gegevens zodanig worden opgeslagen dat ze goed bereikbaar zijn voor de beheerder van de installatie en dat ze gewaarborgd zijn tegen verlies.

De tweede groep gegevens wordt continu dan wel periodiek aangevuld uit de lopende GI. Het betreft kwantiteits- en kwaliteitsgegevens. Van deze gegevens moet duidelijk zijn op welke wijze, wanneer en onder welke omstandigheden ze zijn verkregen. Ze zijn van direct belang voor het beheer van de installatie. Opdat een beeld van het functioneren van de GI wordt verkregen, worden ze verwerkt, gecorrigeerd en geïnterpreteerd. Het beheer van de gegevens kan wisselen bij een langlopende operatie zoals een GI. De gegevensverwerking dient daarom omschreven te zijn in een protocol.

6.4 Periodieke rapportage en toetsing bevoegd gezag

Het functioneren van de GI moet periodiek worden gerapporteerd aan het bevoegd gezag. De manier waarop, de frequentie en de doelgroepen moeten in een protocol worden omschreven. Doelgroepen zijn: de vergunningverlener, de provincie (de uiteindelijk verantwoordelijke, de Inspectie Milieuhygiëne, de opdrachtgever of de maatschappij. De informatie die ligt besloten in de rapportage kan verschillen per doelgroep.

Literatuur

1 Dienst Weg- en Waterbouwkunde, **Handreiking modellering baggerspeciestort-plaatsen, Verspreiding van verontreiniging in grondwater**
Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Delft 1996

2 EEG, **EEG-richtlijn betreffende de kwaliteit van voor menselijke consumptie bestemd water**
80/778/EEG
EEG, Brussel 1980

3 Grondmechanica Delft, **Kennisdocument monitoring van lokale bodembedreigende bronnen**
rapport CO-343680/39, in opdracht van Ministerie van VROM-DGM
Grondmechanica, Delft 1994

4 Heidemij Advies B.V., **Richtlijn onderafdichtingsconstructies voor stort- en opslagplaatsen**
in opdracht van het Ministerie VROM-DGM
Heidemij Advies B.V., Deventer 1993

5 Hulsbergen, J.G. e.a., **Invloed van grondwaterstandsdaling op de gebouwde omgeving**
SBR-publicatie 273,
Stichting Bouwresearch, Rotterdam 1992

6 IWACO, **Kennisdocument Geohydrologische Isolatie voor bodembescherming**
IWACO-rapport 332.7400, in opdracht van het Ministerie van VROM-DGM
IWACO, Rotterdam 1994

7 IWACO, **Ontwerp-procedure monitoring stortplaatsen**
VVAV95060S.R, projectnummer 10.4558.0, in opdracht van de Vereniging van Afvalverwerkers
VVAV, Utrecht 1995a

8 IWACO, **Ontwerpmethodiek geohydrologische beheerste stortplaatsen**
rapportnr. 10.56030.001, in opdracht van N.V. Afvalzorg Noord-Holland
IWACO Rotterdam 1995b

9 Lamé, F.P.J. en R. Bosman, **Richtlijn nader onderzoek deel 1**
Ministerie van VROM
SDU Uitgeverij, 's-Gravenhage 1994

10 Ministerie van Verkeer en Waterstaat, **Evaluatienota Water**
Tweede Kamer, vergaderjaar 1993-1994, 21 250, nrs. 27-28
SDU uitgeverij, 's-Gravenhage 1994

11 Ministerie VROM-DGM, **Richtlijn voor dichte eindafwerking op afval- en reststoffenberging**
Rapport 643/EA91/D006/16895
Ministerie, 's-Gravenhage 1993

12 Ministerie van VROM, **Richtlijn drainagesystemen en controlesystemen grondwater voor stort- en opslagplaatsen**
Publicatiereeks bodembescherming nummer 1993/1, VROM 93647/h/12-93
Ministerie VROM-DGM, 's-Gravenhage 1993

13 Nawalany, M., J. Loch en G. Sinicyn, **Active isolation of waste disposal sites by hydraulic means**
Part two Models TNO O.S. 9142C
TNO, Delft 1992

14 Stichting CROW, **Standaard RAW-bepalingen**
Stichting CROW, Ede 1995

15 Veen, G.J. van der en A.C. Garritsen, **Kennisoverzicht ecohydrologie**
NOV-rapport 7, in kader van Nationaal Onderzoekprogramma Verdroging
RIZA, Lelystad 1994

16 Versluijs, C.W. en T.A.Meeder, **Handboek Bodemsaneringstechnieken**
ISBN 9012083346, in opdracht van het Ministerie VROM-DGM
's-Gravenhage 1995

17 Werkgroep 'HELP-tabel', **De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige produktie**
Mededeling Landinrichtingsdienst 176
Landinrichtingsdienst, Utrecht 1987

Bijlagen

Bijlage I	Definities en begrippen
Bijlage II	Ontwerpprocedure grondwatermonitoring stortplaatsen
Bijlage III	Overzicht basisgegevens
Bijlage IV	Overzicht kwaliteitseisen
Bijlage V	Samenstelling begeleidingscommissie

Bijlage I Definities en begrippen

adsorptie:	Het zich chemisch en/of fysisch hechten van een opgeloste stof aan bodemmateriaal. Desorptie is het tegenovergestelde verschijnsel.
advectief transport:	Het transport van stoffen als gevolg van de stroming van het (grond)water, waarin die stoffen zich bevinden.
bentoniet:	Soort klei, die gebruikt wordt in afdichtende lagen en schermen.
kalibratie:	Afregeling van invoerparameters van een model via het zo goed mogelijk doen aansluiten van de modelresultaten bij meetgegevens.
diffusief transport:	Het transport van stoffen als gevolg van moleculaire beweging. Er is netto transport in één richting als er van een concentratieverschil sprake is, dat wil zeggen als er een concentratiegradiënt is.
dispersief transport:	Het transport van stoffen als gevolg van ongelijkmatige stroming van water in een poreus medium, waarin die stoffen zich bevinden. Ongelijkmatig wil zeggen niet constant in de ruimte voor wat betreft grootte en richting.
doorlatendheid:	Maat voor de doorlaatbaarheid van bodemmateriaal voor water.
flux:	De hoeveelheid stof, die per tijdseenheid een oppervlak passeert (ook massaflux, verspreidingsflux, etcetera).
funnel and gate:	Kanalisatie van de grondwaterstroming door schermwanden of drainage naar een (smalle) passage waar de verontreiniging in de bodem wordt gezuiverd, en het grondwater vervolgens weer verder stroomt.
gevoeligheidsanalyse:	Onderzoek naar de gevoeligheid van een model voor specifieke parameters. De gevoeligheid voor een parameter kan worden vastgesteld door berekeningen uit te voeren voor de waarschijnlijke waarde, een ondergrens en een bovengrens van die parameter.
geohydrologie:	Deel van de wetenschap, dat betrekking heeft op de waterbeweging in de aardkorst.
grondwaterstroming:	De verplaatsing van grondwater onder invloed van de zwaartekracht en drukverschillen.
grondwaterstijghoogte:	Het niveau van grondwater in een peilbuis ten opzichte van een referentieniveau.

kwel:	Het naar boven gericht transport van grondwater door een veelal slecht water doorlatend, afdekkend bodempakket (tegengestelde van wegzijging).
model (mathematisch):	Een samenhangende verzameling mathematische relaties, waarmee bepaalde aspecten van een natuurlijk systeem met een zekere mate van nauwkeurigheid kwantitatief kunnen worden beschreven.
modelparameter:	Een grootheid in een model, die een processnelheid, een procesevenwicht of een stofeigenschap karakteriseert.
monitoring:	Het regelmatig meten van toestandsgrootheden, bijvoorbeeld gehalten van stoffen, in een natuurlijk systeem.
natural attenuation:	Het verschijnsel dat de bodem als gevolg van natuurlijke afbraak (intrinsieke bioremediatie), verdunning, chemische complexatie en adsorptie een zekere mate van zelfreinigend vermogen bezit, zodanig dat sprake kan zijn van afnemende omvang en concentratie en zelfs sanering.
numerieke dispersie:	Het fictieve transport van stoffen in een model als gevolg van de berekeningsmethode. Numerieke dispersie kan bijdragen aan onnauwkeurigheid van een modelberekening.
partitie:	De verdeling van een stof over vaste stof en water.
partitiecoëfficiënt:	Een maat voor de verdeling van een stof over vaste stof en (porie)water in evenwicht. Deze wordt ook wel verdelingscoëfficiënt genoemd. Naarmate de coëfficiënt een hogere waarde heeft is een groter deel van de stof gebonden aan de vaste stof, en is de stof dus minder mobiel.
sorptie:	Het samenspel van adsorptie en desorptie. Zie verder bij adsorptie.
sorptiecapaciteit:	Het vermogen van bodemmateriaal om via sorptie stoffen aan zich te hechten. Het gehalte organische stof is een goede maat voor de sorptie van organische microverontreinigingen. De CEC (cation exchange capacity) is een maat voor de sorptie van zware metalen.
validatie:	De bevestiging van de bruikbaarheid van een model voor voldoende nauwkeurige beschrijving van een natuurlijk systeem aan de hand van meetgegevens. Het begrip verificatie wordt hiervoor ook gebruikt.
verspreidingsrisico:	De combinatie van de kans op optreden van stofverspreiding en de omvang van het effect ervan.

watervoerend pakket:	Goed water doorlatende bodemlaag, waarin het grondwater zich voornamelijk in horizontale richting beweegt en die aan boven- en onderzijde begrensd wordt door slecht water doorlatende bodemlagen.
wegzijging:	Het naar beneden gerichte transport van grondwater door een veelal slecht water doorlatend, afdekkend bodempakket (tegengestelde van kwel).
zuurgraad:	Een maat voor de verhouding tussen zuurbindende en zuurvormende verbindingen in water. De zuurgraad wordt uitgedrukt in pH-eenheden.

Bijlage II Ontwerpprocedure grondwatermonitoring stortplaatsen

1 Inleiding

In opdracht van de Vereniging Van AfvalVerwerkers is door IWACO B.V. een ontwerpprocedure opgesteld voor de monitoring van stortplaatsen. Het doel van deze procedure is om te komen tot eenduidige en reproduceerbare monitoringssystemen die in staat moeten zijn om verontreinigingen te signaleren voordat sprake is van ontoelaatbare en niet meer beheersbare verspreiding.

Bij het opstellen van de ontwerpprocedure zijn de richtlijnen voor onderafdichtingen en controle en drainage systemen als vertrekpunt gekozen. Evenals het uitgangspunt bij de Richtlijn GI is gekozen voor een effectiviteit of trefkans van het monitoringssysteem in de modelsituatie van 100 %.

Hierna wordt de ontwerpprocedure globaal besproken.

2 Algemene beschrijving

Het monitoringssysteem bestaat uit de volgende fysieke elementen:

- referentiemeetpunten
  Bovenstrooms, ter bepaling van achtergrondconcentraties;
- emissielijn, of buitenrand stortplaats
  Dit vormt een bewust ongunstig vertrekpunt van verontreinigingen (geringste verspreiding loodrecht op stroombanen);
- monitoringslijn met peilbuizen
  Dit is de lijn waarop de monitoringspunten worden aangebracht. De toepassing van de procedure leidt gemiddeld tot een afstand van 15 tot 25 meter vanaf de stortplaats en een onderlinge peilbuisafstand van circa 25 meter;
- monitoringsgrens
  Dit is de uiterste lijn tot waar de verontreiniging zich kan verplaatsen alvorens hij wordt gedetecteerd;
- interventiezone
  Dit is een bufferzone, noodzakelijk geacht om verspreiding op te vangen in de periode tussen detectie en interventie.

In de figuur op de volgende pagina is de indeling geïllustreerd.

Filterstelling

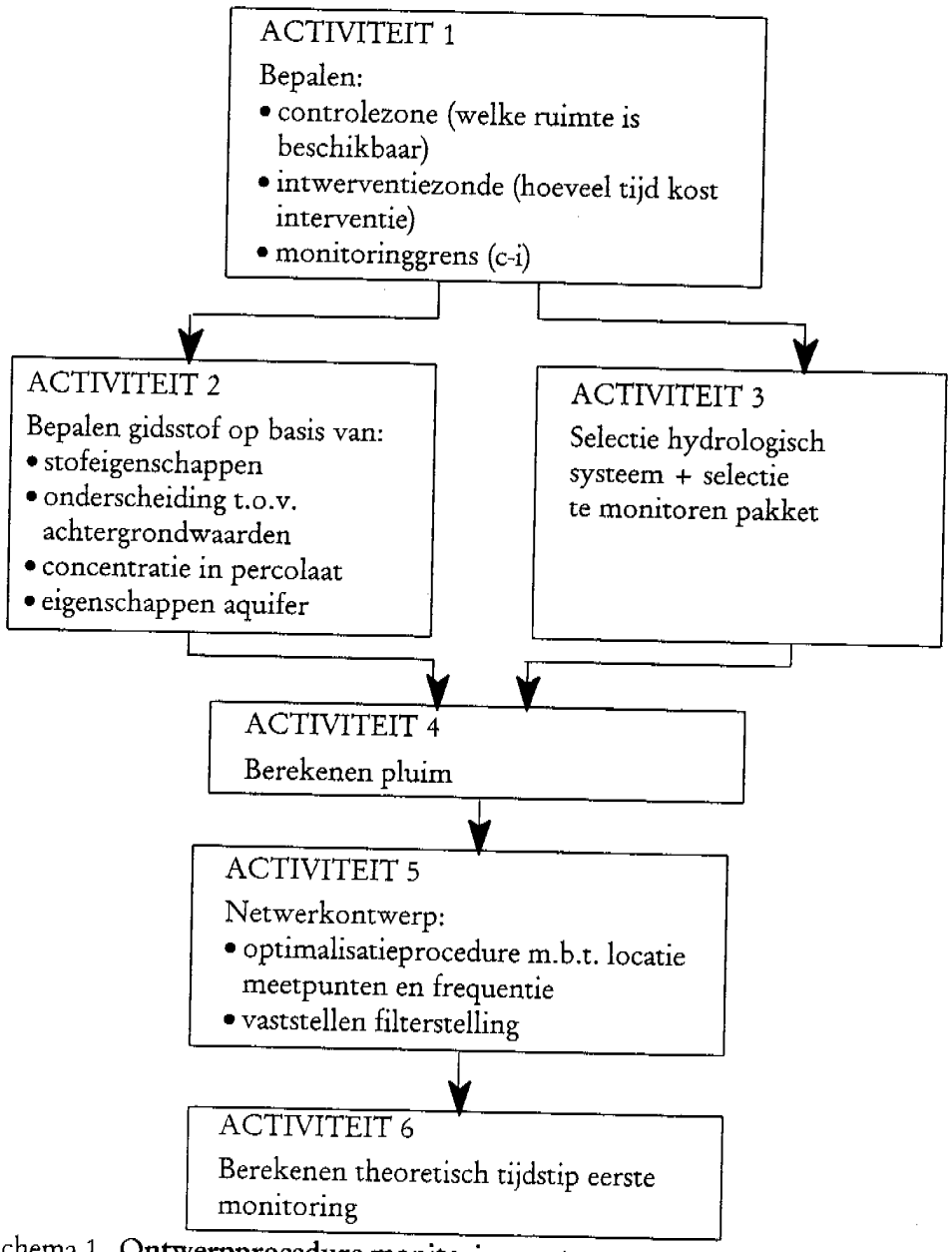
De peilfilters worden afgestemd op een schematisatie van het geohydrologisch systeem, vergelijkbaar met de schematisaties van de Richtlijn GI situaties A, B en C. Voorgesteld wordt grote filterlengten te hanteren (bijvoorbeeld 5 meter), waarmee voorkeursstroming in dunne beter doorlatende lagen enigszins wordt ondervangen.

Signaalwaarden en gidsstoffen

De monitoring vindt alleen plaats op gidsstoffen geselecteerd op hun hoge mobiliteit, stabiliteit, aanwezigheid in het percolaat en het onderscheidend vermogen ten opzichte van de achtergrondconcentraties. Daarboven bestaat een voorkeur voor goedkope en eenvoudige meetmethoden.

Optimalisatie

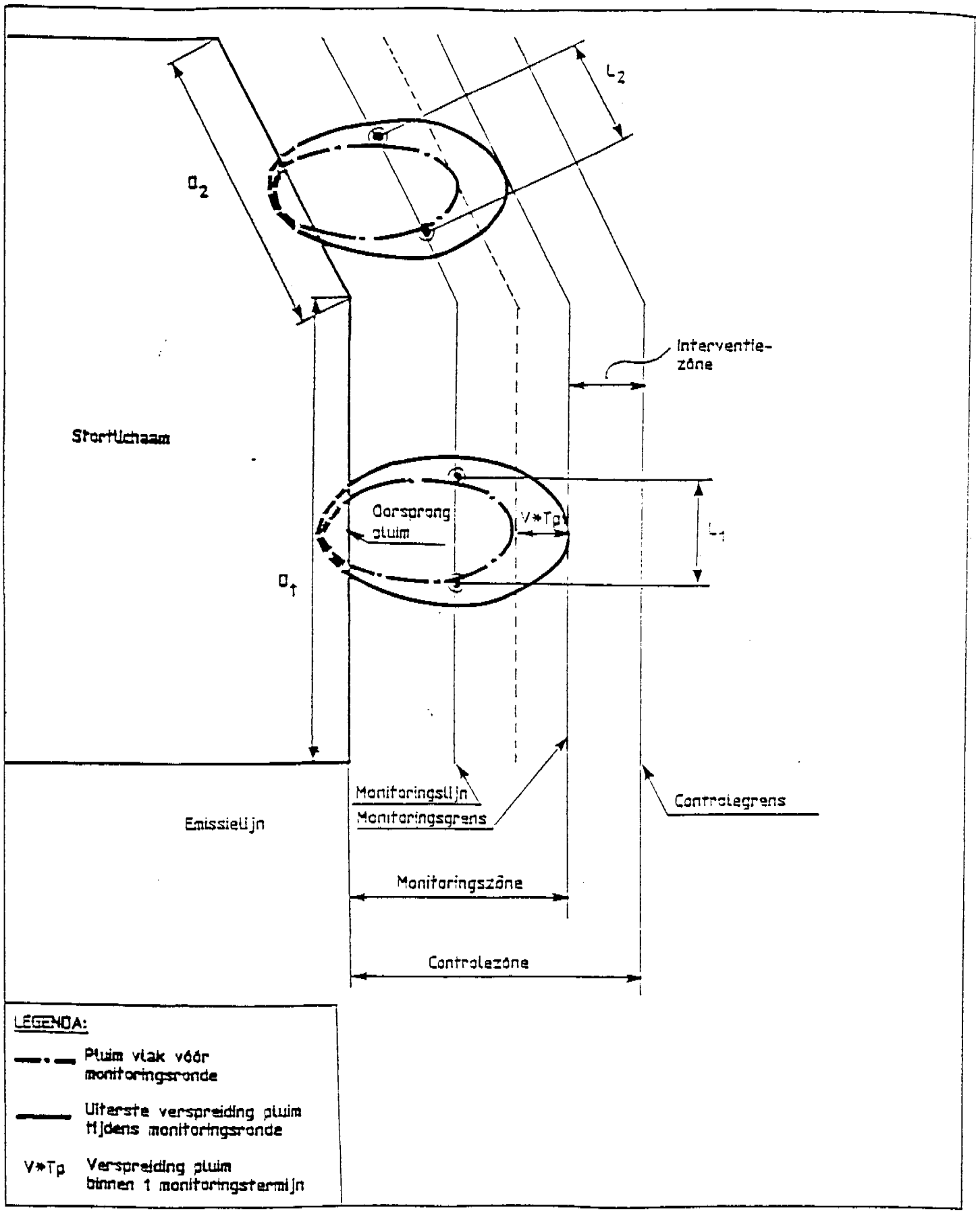
De procedure omvat een optimalisatie tussen monitoringsfrequentie en monitoringskosten. Daarbij is omwille van het onderhoud en betrouwbaarheid van het meetnet een minimum frequentie gehanteerd van 1 maal per 2 jaar.



Schema 1 **Ontwerpprocedure monitoringssysteem**

Schema ontwerpprocedure

In het schema hierboven is de volledige ontwerpprocedure weergegeven.



Figuur 1 Zonering en basiselementen monitoringssysteem

Bijlage III Overzicht basisgegevens

1 Basisgegevens

De effectiviteit en het slagen van een GI zijn afhankelijk van de kwaliteit van de basisgegevens. De kwaliteit heeft met name betrekking op de compleetheid, representativiteit en nauwkeurigheid.

Bij het beoordelen van de compleetheid van de basisgegevens gaat de aandacht uit naar de volgende hoofdonderdelen:

- beschrijving locatie;
- bodemopbouw en geohydrologie;
- verontreinigingsgegevens.

Om vast te stellen of de representativiteit van bepaalde basisgegevens uit het vooronderzoek voldoende is, wordt in eerste instantie globaal aangegeven waaraan de te verzamelen basisgegevens moeten voldoen. Een definitieve toetsing wordt in een latere fase, tijdens de ontwerpfase uitgevoerd door middel van een gevoeligheidsanalyse. Hierbij wordt de invloed van mogelijke variaties en spreiding van basisgegevens op het ontwerpresultaat bepaald. Nader onderzoek naar de betreffende basisgegevens kan alleen achterwege blijven als uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de spreiding van de gegevens slechts een geringe invloed heeft op het uiteindelijke ontwerp.

In de volgende paragrafen worden eerst de meest relevante basisgegevens beschreven. Bij dit overzicht is niet volledigheid nagestreefd, maar inzicht in die aspecten die van belang zijn voor het ontwerp van GI. Overzicht van de bekende, maar ook niet bekende gegevens én hun invloed op het ontwerp maakt een inschatting mogelijk van de compleetheid van de gegevens en eventueel benodigd aanvullend onderzoek. Tenslotte wordt aan het einde van de paragraaf aangegeven hoe de representativiteit en nauwkeurigheid van de basisgegevens wordt beoordeeld.

2 Beschrijving locatie

Hieronder worden basisgegevens met betrekking tot de beschrijving van de locatie beschreven. Van de locatie dienen bij voorkeur de volgende gegevens beschikbaar te zijn:

- historische informatie over onder andere de ouderdom van de stort en toegepaste voorzieningen (aard en dikte eventuele onderafdichting en drainagelaag);
- opbouw en afmetingen stortlichaam en aard stortmateriaal, zodat gecombineerd met de historische informatie een beeld ontstaat van de uitstroom van percolaat;
- lokale topografie, zoals hoogteligging en de aanwezigheid van open water rond de stort;
- kwetsbaarheid van de omgeving (zie § 3.2.2);

- autonome ontwikkelingen, welke planologische wijzigingen of wijzigingen in oppervlakte- en/of grondwaterbeheer kunnen worden voorzien?

3 Bodemopbouw en geohydrologie

De basisgegevens met betrekking tot de lokale en regionale bodemopbouw en geohydrologie moeten vooral inzicht verschaffen in de geohydrologische systeembeschrijving. Voor een deugdelijk ontwerp dienen bij voorkeur de volgende gegevens beschikbaar te zijn:

A. de oorspronkelijk grondwaterstroming, zowel in horizontale als in verticale zin. Aan het definitieve ontwerp moet een geijkte, modelmatige beschrijving van de grondwaterstroming ten grondslag liggen. De volgende grootheden moeten minimaal bekend zijn:
   1. horizontale én verticale doorlatendheid van watervoerende pakketten;
   2. hydraulische weerstand van slecht doorlatende lagen;
   3. stijghoogteverloop in horizontale en verticale richting (tussen bodemlagen);
   4. stromingsrichting en snelheid van het grondwater;
   5. peil, diepte en ligging van nabij gelegen oppervlaktewater en de daaruit voortvloeiende drainage en/of infiltratie;
   6. grondwateraanvulling en neerslagoverschot;
   7. natuurlijke variaties in bovenstaande grootheden (seizoensinvloeden);

B. invloed van toekomstige, ruimtelijke veranderingen (autonome ontwikkelingen) op de grondwaterstroming;

C. de resultaten van een pompproef, die meer zegt over de relatie tussen een onttrekking / ingreep en de effecten daarvan

4 Verontreinigingsgegevens

De historische informatie van de stortplaats levert de eerste informatie op over de aard en ouderdom van het stortmateriaal en over de (ontwikkeling van) percolaatkwaliteit. Op basis daarvan kan reeds een verwachting worden uitgesproken over de ontwikkeling van grondwaterverontreiniging en/of dichtheidsstroming heeft plaatsgevonden of kan plaatsvinden.

De omvang, aard, concentratie en verdeling in de diepte van grondwaterverontreiniging moeten zijn onderzocht. De verkregen gegevens moeten zodanig gedetailleerd zijn dat slechts geringe marges in het ontwerp kunnen ontstaan en ze dienen tevens voldoende inzicht te verschaffen over de onzekerheden in de omvang.

Tijdens deze onderzoeken moet aandacht zijn besteed aan dichtheidsstroming, tenzij is aangetoond dat het optreden van dichtheidsstroming niet waarschijnlijk is. De grondwaterkwaliteit moet worden beschouwd ten opzichte van de referentie-

kwaliteit. Een handreiking voor de opzet van dit bodemonderzoek biedt de richtlijn voor nader onderzoek deel 1 (Lamé, 1994).

De aard en samenstelling van de verontreiniging moet bekend zijn, tezamen met die bodemparameters die mede het transportgedrag bepalen van de desbetreffende verontreiniging (onder andere organisch stof- en lutumgehalte, pH, redox-potentiaal). Mogelijke van nature aanwezige biologische afbraak is niet zozeer voor de isolatie van belang, maar kan in belangrijke mate bijdragen aan een vergroting van het milieurendement en het uiteindelijk afbouwen van de GI.

Bijlage IV Overzicht kwaliteitseisen

In onderstaand overzicht is een samenvatting weergegeven van kwaliteitseisen die verspreid over de Richtlijn aan de orde komen. In het overzicht komt de tweedeling van de Richtlijn in vooronderzoek en uiteindelijk ontwerp terug.

1 Vooronderzoek

Schetsontwerp

Het schetsontwerp moet de volgende aspecten omvatten:

- kwalitatieve beschrijving van bestaand systeem en omgeving;
- bepaling van de omvang van het gescheiden grondwatersysteem en de controle-zone;
- kwantitatieve bepaling (met behulp van rekenmodel) van de benodigde debieten en verlagingen van de grondwaterstand;
- globale kostenraming van de aanleg en exploitatie van de GI;
- inschatting van de termijn waarover de benodigde reserveringen moeten worden opgebouwd.

Rekenmodel

Berekeningen van de grondwaterstroming met behulp van een model, moeten de volgende aspecten bevatten:

- beschrijving van de grondwaterstroming in zowel de oorspronkelijke situatie als de situatie met GI;
- waar nodig moeten de berekeningen meerdere watervoerende en scheidende lagen en/of horizontale heterogeniteiten kunnen beschrijven;
- de geohydrologische schematisering voor het model moet worden onderbouwd.

Effecten

De beschrijving moet de effecten bevatten op de volgende onderdelen:

- infrastructuur (zettingen);
- landbouw (verdroging);
- natuurgebieden (verdroging);
- grondwaterwinning (invloed op intrekgebieden);
- naburige bodemverontreinigingen (verspreiding);
- andere delen van de stortplaats waar mogelijk reeds GI wordt toegepast.

GI versus alternatieven

De geschiktheid van GI moet ook worden beoordeeld door vergelijking met de volgende alternatieven:

- verwijderingen van (een deel van) de stort;
- natuurlijke afbraak ('natural attenuation').

Waarborg voortgang

Om de voortgang van de nazorg te kunnen waarborgen dient het vooronderzoek ook te resulteren in een monitoringsplan en een nazorgplan.

2 Ontwerp

Programma van Eisen

Het programma van eisen moet een beschrijving geven van de doelstelling, randvoorwaarden en uitgangspunten.

Basisgegevens

De basisgegevens dienen compleet en representatief te zijn en dienen op zijn minst de volgende onderdelen te bevatten:

- beschrijving locatie en omgeving (historie, bestemmingsplannen);
- bodemopbouw en geohydrologie (gelaagdheid, variaties in doorlatendheid, oorspronkelijke grondwaterstroming, seizoensinvloeden en andere periodieke variaties);
- pompproef;
- verontreinigingssituatie (samenstelling, mobiliteit, biologische afbreekbaarheid);
- omgevingsfactoren die beïnvloed kunnen worden door de GI.

Technieken

De mogelijk toe te passen technieken moeten duurzaam, betrouwbaar, controleerbaar en op de situatie afgestemd zijn.

Ontwerpinstrumenten

Aanvullend op wat reeds is genoemd onder het vooronderzoek, gelden voor rekenmodellen de volgende eisen:

- het model moet geschikt zijn voor het uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse;
- het moet zowel horizontale als verticale doorlatendheden kunnen beschrijven;
- het moet het effect van toe te passen maatregelen kunnen beschrijven;
- het moet de uitwisseling tussen grond- en oppervlaktewater kunnen beschrijven;
- de berekeningen moeten geijkt zijn met behulp van een pompproef;
- de volgende aspecten van stoffentransport moeten kunnen worden beschreven: diffusie, dispersie, sorptie, afbraak, eventueel dichtheidsstroming.

Selectie voorkeursvariant

Bij de beoordeling en vergelijking van verschillende varianten zijn de volgende criteria doorslaggevend:

- effectiviteit;
- betrouwbaarheid;
- (milieu)effecten;
- kosten.

Bij de beoordeling van de verschillende varianten moet de onderlinge rangschikking worden bepaald vanuit verschillende thema's.

Definitief ontwerp

In het definitieve ontwerp moet de voorkeursvariant dusdanig worden geoptimaliseerd, dat bij zo gering mogelijke kosten en effecten toch wordt voldaan aan effectiviteit en betrouwbaarheid. Dit moet uiteindelijke resulteren in een besteksklaar plan.

Bijlage V Samenstelling begeleidingscommissie

De begeleidingscommissie was als volgt samengesteld:

• mevrouw B. Kok	Vereniging van Afvalverwerkers
• de heer B. Krom	N.V. Afvalzorg Noord-Holland (tevens lid van de VVAV)
• de heer P. Ruardi	Ministerie van VROM-DGM
• de heer K. Uil	Expertisenetwerk Bodembescherming en werkzaam bij TNO
• de heer F. Bisschop	Regionale Inspectie Volksgezondheid en Milieuhygiëne Overijssel
• de heer R. Stroet	Expertisenetwerk Bodembescherming en werkzaam bij Grondmechanica Delft
• de heer G. Kamerling	Projectbureau depotbouw Rijkswaterstaat
• de heer S. de Jong	Provincie Zuid-Holland, tevens vertegenwoordiger van het IPO
• de heer J. v.d. Linden	PROAV/AVM (tevens lid van de VVAV)

Het onderzoek is uitgevoerd door de heer H. Slenders, de heer R. Goes en mevrouw I. Canter Cremers (IWACO B.V.).