

## **APPENDICES**

## INHOUD

Appendix	1	LITERATUUROVERZICHT OP HET GEBIED VAN MONITORING	1
Appendix	2	VERSLAG VAN DE WORKSHOP 'BETROUWBAARHEID VAN MONITORING' (APRIL 1999)	4
	2.1	Inleiding	4
	2.2	Resultaten van de enquête	4
	2.3	Algemene discussies	5
	2.4	Ontwerp van het meetnet (A1)	5
	2.5	Aanbrengen van het meetnet (A2)	5
	2.6	Detectie (B1)	6
	2.7	Meetprocedure (B2)	7
	2.8	Evalueren (C1)	8
	2.9	Communicatie (C2)	8
	2.10	Externe gebeurtenissen (C3)	9
	2.11	Conclusies	9
Appendix	3	RESULTATEN VAN DE ENQUÊTE OVER 'BETROUWBAARHEID VAN MONITORING'	10
Appendix	4	VERSLAGEN VAN GESPREKKEN MET VERZEKERAARS	15
Appendix	5	GEOLOGIE, ONDERGRONDMODELLEN EN VERSPREIDINGSBEREKENINGEN (CASE A)	20
	5.1	Ontstaan van de bodem	20
	5.2	Ondergrondmodellen en verspreidingsberekeningen	25
Appendix	6	BEREKENING VAN NORM- EN STOFFLUXEN, GEVAL JOH. ENSCHEDÉ	31
Appendix	7	REKENPROGRAMMA'S VOOR KOSTEN VAN MONITORING EN SANERINGSKOSTEN BIJ FALEND MONITORINGSSYSTEEM; BEREKENING VAN NETTO-CONTANTE WAARDE	35
	7.1	Kosten van monitoring	35
	7.2	Saneringskosten bij falend monitoringssysteem	36
	7.3	Toelichting op de berekening van de netto-contante waarde	36
Appendix	8	CASE B: LEKINTENSITEIT, LEKOPPERVLAKTE EN BRONGEHALTE	38
	8.1	Lekintensiteit, lekoppervlakte en brongehalte	38
	8.2	Verdunning	39
	8.3	Toename van het gehalte ter plaatse van het lek	40
	8.4	Bronsterkte	41

## APPENDIX 1

## LITERATUUROVERZICHT OP HET GEBIED VAN MONITORING

Organisatie	Onderwerp	Onderdeel van monitoring					Literatuurverwijzing
		Concept	Netwerk-ontwerp	Meetinstrument	Heterogeniteit	Pluimontwikkeling	
Water & Environmental Services, Denmark	Wanneer welke (in situ) testmethoden gebruiken; kwaliteitseisen			*****			CS '95, 113
Institute for Land and Water Management, University of Leuven, Belgium	Monte Carlo-model; techniek voor verrekening van ruimtelijke variabiliteit in hydr. eigenschappen van de bodem				*****		CS '95, 225
TNO Institute of Environmental Sciences	Bepalen van de mate van heterogeniteit van de bodem op verschillende schalen				*****		CS '95, 267
TNO Institute of Applied Geoscience	Transport in relatie tot fysische heterogeniteit				*****		CS '95, 419
Grontmij Advies & Techniek	Bemonstering van diep grondwater voor site-screening op VOC's			*****			CS '95, 509
GeoDelft	Bemonstering en biologische afbraak van zeer vluchtige VOC's			*****			CS '95, 743
Geo & Hydro (Stuart Coffe)	'Oplaadeenheid' in peilbuis, adsorptie van verontreinigingen			*****			SKB; opricht. dag
NOBIS-PIT	Ongestoorde grondwaterbemonstering			*****			BB 98, 97
Wageningen Universiteit	Belang van een goede bemonstering en monitoring				*****		B 93, 158
IWACO	Uniformering van monitoringssystemen		*****				B 93, 62
Bioclear	Monitoring van in situ biorestauratie			*****			B 96, 163
IWACO	Monitoringsparameters voor biologische in situ sanering			*****			B 97, 75
Bioclear/IWACO	Metten aan biodegradatie			*****			B 97, 161
TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie	Beoordelen van bemonsteringsstrategieën			*****			BB 95, 163
J.W. van Groeningen	Gebiedsgerichte optimalisatie van ruimtelijke bemonstering			*****			BB 95, 167
CSO	Opschalen van ruimtelijke informatie			*****			BB 95, 168
GeoDelft	Effect van bemonsteringstechnieken op in situ afbraak van VVOX			*****			BB 95, 174
BKH adviesbureau	Monsternamestrategie; vergelijking gangbare werkwijze met TNO-protocol		*****				BB 94, 140
IWACO	Beïnvloeding van bodemkwaliteit tijdens monstername			*****			BB 94, 145
IWACO	Ontwerpmethode van monitoringssystemen		*****				BB 93, 43 (poster)
GeoDelft	Optimalisatie van monitoringssystemen		*****				BB 93, 47
IMW - TNO	Rol van geostatistiek in onderzoek naar bodemverontreiniging				*****		CS '93, 587
CSO	Netwerkontwerp op regionale schaal		*****				CS '93, 683
RIVM	Monitoring algemeen, met name op gebied van preventie	*****					CS '93, 845
Consortium	Evaluatie van veldmeetmethoden			*****			
Consortium	Bepalen van doorlatendheid van de bodem door middel van seismische tomografie				*****		NOBIS 95-2-15
Consortium	Monitoringsinstrumenten ter beoordeling van het optreden van afbraak			*****			NOBIS 97-1-02
Consortium	Optische sensoren voor BTEX en VOCl			*****			NOBIS 97-1-09
Consortium	Ontwikkeling van meetinstrumenten			*****			NOBIS (diverse)

Land	Organisatie	Onderwerp	Onderdeel van monitoring					Literatuurverwijzing
			Concept	Netwerk-ontwerp	Meetinstrument	Heterogeniteit	Pluimontwikkeling	
Nederland	Grontmij Advies & Techniek	<i>Management tools to control environmental impacts of landfills</i> : achtergrond en ervaringen met drie nieuw ontwikkelde concepten, discussie van een meet- en regelprogramma			*****			CS '93, 1285-1294
	GeoDelft	<i>Systematic design of a monitoring network</i> : nieuwe benadering voor ontwerp van meetnet, kosten/voordelenverhouding		*****				CS '95, 631-638
		<i>Monitoring van de grondwatersamenstelling in de provincie Noord-Brabant, een multidisciplinaire aanpak</i> : afstemming van monsternamen en analyse, onderbouwing van inrichting van het meetnet		*****				H '92, vol. 26, 763-766
		<i>Ken uw grondstof: het meetsysteem grondwaterkwaliteit</i> : opzetten van meetsysteem ten behoeve van waterleidingbedrijven		*****				H '94, vol. 12, 335-340
		<i>Geohydrochemische screening optimaliseert meetnetten grondwaterkwaliteit</i> : hulp bij het optimaliseren van bestaande meetnetten		*****				H '98, vol. 19, 85-88
Engeland	Shanks Mc Ewan (Waste Services Ltd)	<i>A comprehensive landfill monitoring system</i> : werkvelden die bouwen op een begrijpelijk monitoringsschema, behoefte aan vastleggen en evalueren van data geïdentificeerd						CS '93, 1295-1302
Italië	Chemist Public Health Service	<i>Monitoring systems and hygienic-sanitary control in a municipal solid waste landfill</i> : regelroutines op stortplaats in Rio Vigne, ontwerp, invoering, invloeden, gevaren, grondwater onder de oppervlakte, emissies tijdens gebruik en na afdekking		*****				CS '93, 1313-1320
	Environmental Department, Waste Management Italia	<i>Hydrogeological monitoring at a landfill: a new approach</i> : meerlaagse grondwaterbemonstering gebaseerd op dialysis-cel methode, vroege waarschuwingsmonitoring is hiermee mogelijk			*****			CS '93, 1334-1344
	Turijn	<i>Groundwater protection and monitoring in a hazardous industrial waste landfill</i> : bescherming van grondwaterkwaliteit, bespreking van het monitoringssysteem		*****				
Frankrijk	Frankrijk	<i>Monitoring systems in landfills. A French experience</i> : studie van monitoringstechnieken die gebruikt worden bij stortplaatsen, beschrijving en analyse van elk systeem, voorstellen ter verbetering		*****	*****			CS '97, 249-256
Buiten Europa	VS	<i>GIS monitoring landfills</i> : visualisatie van relatie tussen data en plaats van de monsters, hulp bij betere beslissingen						CS '95, 639-646
	Japan	<i>Instrumentation and methodology for landfill monitoring</i> : meetmethoden voor vaste afval op stortplaatsen, introductie van computer zonder veel kostenverhoging			*****			CS '97, 239-248
	Abbaspour, Schulin, van Genuchten, Schläppi	<i>Procedures for uncertainty analyses applied to a landfill leachate plume</i> : in deze studie wordt een model voor de kans van falen, BUDA, gebruikt voor het kwantificeren van de specifieke onzekerheden bij een stortplaats					*****	GR, vol. 36, nr. 6
	Warrick, Young, Wierenga	<i>Probabilistic analysis of monitoring systems for detecting subsurface contaminant plumes</i> : probabilistische benadering om lekkages van verschillende omvang te kunnen monitoren		*****				GR, vol. 36, nr. 6
		<i>A method for the optimal location of monitoring wells for detection of groundwater contamination in three-dimensional heterogeneous aquifers</i> : een op de Monte Carlo-methode gebaseerde benadering om een netwerk te ontwerpen		*****				WRR, vol. 33, nr. 9

### *Literatuurverwijzingen*

CS '93, 587:	Proceedings congres 'Contaminated Soil 1993', blz. 587
CS '95, 113:	Proceedings congres 'Contaminated Soil 1995', blz. 113
CS '97, 249-256:	Proceedings congres 'Contaminated Soil 1997', blz. 249-256
BB:	Proceedings symposium 'Bodembreed'
B:	Tijdschrift 'Bodem'
NOBIS:	NOBIS-rapporten
H:	Tijdschrift 'H <sub>2</sub> O'
GR:	Tijdschrift 'Groundwater'
WRR:	Tijdschrift 'Water Resources Research'

## **VERSLAG VAN DE WORKSHOP 'BETROUWBAARHEID VAN MONITORING' (APRIL 1999)**

### **2.1 Inleiding**

Ter inleiding van de workshop is aangegeven dat in de recente beleidsvernieuwing omtrent de sanering van mobiele verontreinigingen wordt gepleit voor een kosteneffectieve aanpak van (mobiele) verontreinigingen. Het gevolg hiervan is dat een verspreiding van verontreinigingen wordt toegestaan mits dit gecontroleerd gebeurt.

Door de beleidsvernieuwing wordt het accent verschoven van intensieve naar extensieve sanering. Belangrijk bij de controle van de verspreiding van verontreinigingen (Flexibele Emissie Beheersing, FEB) is de betrouwbaarheid van het monitoringssysteem.

Alvorens tot een evaluatie van de meetresultaten te komen dient eerst een meetnet te worden ontworpen en dienen er metingen te worden uitgevoerd. Tezamen vormen deze het zogenaamde monitoringssysteem.

Om de betrouwbaarheid van een monitoringssysteem te kunnen vaststellen dient er een faalkansanalyse plaats te vinden, waarbij systematisch wordt geïnterpreteerd welke gebeurtenissen kunnen leiden tot falen van het systeem. Gebeurtenissen waar fouten kunnen optreden, de zogenaamde basisgebeurtenissen, zijn weergegeven in een foutenboom die aan de deelnemers van de workshop zijn uitgereikt.

Het doel van de workshop is het vaststellen van de kans op het optreden van basisgebeurtenissen om vervolgens oplossingen te bedenken die het falen van een monitoringssysteem beperken.

Vooraf aan de workshop is aan de deelnemers een enquête toegestuurd. De resultaten van deze enquête zijn tijdens de workshop per onderdeel besproken.

Ter illustratie wordt een casestudie gepresenteerd van verontreinigingen, die zijn veroorzaakt door de geldddrukkerij Johan Enschedé te Haarlem, waarbij tri en afbraakproducten zijn verspreid naar de omgeving.

### **2.2 Resultaten van de enquête**

In totaal zijn er veertien reacties op de enquête gekomen. Uit de resultaten blijkt dat er vaak geen eenduidig beeld is in de antwoorden.

Mogelijkheden, die zijn aangedragen om tot meer eenduidigheid te komen, zijn:

- meer reacties op de enquête geven wellicht een duidelijker beeld;
- het maken van meer onderscheid tussen de keuze-opties in de enquête door bijvoorbeeld het gebruik van percentages;
- het elimineren van interpretatiefouten in de vraagstelling;
- er is in z'n algemeenheid geen eenduidig antwoord te geven.

Uit de resultaten van de enquête is in de workshop een selectie gemaakt van kenmerkende en representatieve vragen met weinig eenduidigheid in de antwoorden.

De resultaten van de enquête, de geselecteerde punten en de discussie hierover tijdens de workshop worden hieronder per onderdeel besproken.

### 2.3 Algemene discussie

Voorgesteld is om per antwoord een percentage aan te geven. Door het gebruik van percentages is het mogelijk een betere inschatting van het optreden van fouten aan te geven. Voorgesteld is om de keuze 'verwaarloosbaar' te vervangen door '< 1 %' en de keuze 'komt zeker voor' door '> 50 %'.

Het gezamenlijk vaststellen van de faalkansen per gebeurtenis wordt door de deelnemers aan de workshop niet als haalbaar geacht. Aan de hand van de bespreking van een aantal representatieve vragen per categorie kan dit worden toegelicht. De discussie kan generiek worden gebruikt om de andere vragen te behandelen en voor toepassing in de praktijk.

### 2.4 Ontwerp van het meetnet (A1)

#### *Resultaten van de enquête*

De kans op het maken van een verkeerde inschatting van de genoemde variabelen wordt over het algemeen als 'goed voorstelbaar' ingeschat. De bijdrage van deze foute inschatting aan de verspreidingshypothese wordt 'matig' tot 'groot' ingeschat.

Veel spreiding is te zien in de antwoorden voor een verkeerde inschatting van:

1. het vaststellen van het stijghoogteverloop/stromingsrichting;
2. de inschatting van de bodemopbouw.

#### *Discussie*

De volgende discussiepunten zijn besproken:

- FEB zou niet toepasbaar zijn voor geroerde bodems (met name in stedelijke gebieden), omdat de stromingsrichting daar niet of nauwelijks goed te bepalen is. Het tegenargument was dat FEB ook hier wel toepasbaar is, omdat het meetnet hierop wordt aangepast en omdat, gezien vanuit het bedreigde object, een verkeerde inschatting van de stromingsrichting niet van heel groot belang is.
- Voorgesteld is om het niet goed vastleggen van de doelstelling van het meetnet toe te voegen als punt van aandacht. Door vooraf goed de doelstelling te formuleren kan het voorkomen van een groot aantal fouten reduceren. Bijvoorbeeld kan worden voorkomen dat verkeerde typen peilbuizen worden gebruikt of dat niet goed wordt gecommuniceerd. De kans op een verkeerde inschatting van dit punt wordt ingeschat van 'een kleine kans' tot 'komt zeker voor'. De bijdrage van zo'n verkeerde inschatting wordt 'groot' tot 'zeer groot' verondersteld.
- In de praktijk blijkt vaak dat beperkte voorgaande onderzoeken ten onrechte worden gebruikt als uitgangspunt voor latere acties. Soms gebeurt dit uit kostenoverweging.

#### *Voorgestelde oplossingen*

Uit de discussies blijkt dat een goede controle vooraf en tijdens de werkzaamheden de kansen op foutieve inschattingen kan reduceren. Daarnaast is een goede communicatie tussen de uitvoerende en controlerende partijen van groot belang.

### 2.5 Aanbrengen van het meetnet (A2)

#### *Resultaten van de enquête*

Over de kans op het maken van een verkeerde inschatting van de variabelen betreffende de plaatsing van peilbuizen (diepte en plaats) blijkt weinig eenduidigheid. Iets meer eenduidigheid is echter wel te zien bij de verwachte bijdrage van deze foute inschatting aan de verspreidings-

hypothese. Deze wordt over het algemeen 'matig' tot 'groot' ingeschat. De invloed van het foutief plaatsen door communicatiefouten tussen de uitvoerder en de adviseur wordt 'groot' tot 'zeer groot' ingeschat.

Over de kans op het maken van een verkeerde inschatting van de variabelen betreffende de bruikbaarheid van peilbuizen (dichtslibben, vindbaarheid van de peilbuizen, vernieling, enz.) blijkt eveneens weinig eenduidigheid. De verwachte bijdrage van een verkeerde inschatting aan de verspreidingshypothese wordt 'verwaarloosbaar' tot 'zeer groot' ingeschat.

Eenduidigheid blijkt te bestaan op de groot ingeschatte kans op het optreden van kruisverontreinigingen door doorboring van afsluitende lagen. De invloed daarvan op het falen van het meetnet wordt 'zeer groot' geacht.

### *Discussie*

De volgende discussiepunten zijn besproken:

- Voorkomen dat een peilbuis foutief wordt geplaatst (vraag 11 - 15): een foutieve plaatsing van een peilbuis kan worden voorkomen door een goede communicatie en een goede controle van de werkzaamheden. Fouten die worden opgemerkt moeten direct worden gecorrigeerd.
- Inschatting van de hoeveelheid onbruikbare peilbuizen (vraag 16 - 22): tijdens de discussie kwam naar voren dat de vraagstelling te veel open liet voor eigen invulling van de vraag. Wanneer bij een meetnet met weinig peilbuizen een peilbuis onbruikbaar wordt, zal de invloed hiervan op het gehele meetnet groter zijn dan bij een meetnet met veel peilbuizen. Navenant zal ook de faalkans groter of kleiner zijn.
- Hoeveelheid te beschouwen parameters per te beschouwen punt: hoe meer parameters bij een te beschouwen punt worden beschouwd hoe groter de kans dat een punt foutief wordt ingeschat. Dit komt door de cumulatieve bijdrage van de parameters. Bijvoorbeeld: als moet worden ingeschat wat de kans op het foutief plaatsen van een peilbuis is, en hierbij wordt alleen gedacht aan de coördinaten van de peilbuis, dan levert dat een score op. Wanneer daarbij ook nog eens gedacht wordt aan de diepte van plaatsing, dan levert dat nog een score op die bij de andere wordt opgeteld. Dus hoe meer parameters erbij verzonnen worden hoe groter de ingeschatte faalkans.

### *Voorgestelde oplossingen*

Uit de discussies blijkt wederom dat een goede communicatie en het gedegen documenteren van gegevens over het meetnet de kans op fouten kan reduceren.

De betrouwbaarheid van het meetnet leidt er niet onder als verloren gegane peilbuizen onverwijd vervangen worden. Om te kunnen vaststellen dat er peilbuizen vervangen moeten worden, moeten er afspraken worden gemaakt hoe een controle wordt uitgevoerd en hoe een vervanging wordt georganiseerd.

## **2.6 Detectie (B1)**

### *Resultaten van de enquête*

De kans op het maken van een verkeerde inschatting van de genoemde variabelen wordt over het algemeen ingeschat als 'komt wel eens voor' tot 'goed voorstelbaar'. De bijdrage van deze foute inschatting aan de verspreidingshypothese wordt 'matig' tot 'groot' ingeschat.

Er is niet veel spreiding te zien in de antwoorden.



### *Discussie*

De volgende discussiepunten zijn besproken:

- Verwisseling van peilbuizen tijdens de monsternamen (vraag 27): een verwisseling van peilbuizen kan in de praktijk voorkomen. De invloed daarvan wordt in de enquête als 'groot' ervaren. Deze invloed is echter alleen groot indien de verwisseling onopgemerkt blijft. Bij een goede controle van de meetresultaten zou een plotselinge afwijking meteen moeten opvallen.
- Vervluchtiging van verontreinigingen (vraag 31 - 33): tijdens de discussie is geen eenduidigheid ontstaan over de invloed van vervluchtiging op de meetresultaten. Literatuurbronnen spreken elkaar op dit punt tegen. In het laatstgenoemde NOBIS-onderzoek kwam echter naar voren dat de wijze van monsterneming niet veel invloed heeft op de mate van vervluchtiging.
- Analysefouten tijdens laboratoriumwerkzaamheden (vraag 36): tijdens de discussie is gebleken dat het optreden van analysefouten minder groot wordt ingeschat dan uit de enquête naar voren kwam. Wel blijkt dat verschillende laboratoria significant andere waarden kunnen meten. Hierbij is geen sprake van een meetfout maar van een verschil in meetmethode. Als voor de duur van de monitoring hetzelfde laboratorium wordt ingeschakeld voor de metingen, en als dit laboratorium dezelfde meetmethode toepast, heeft dit weinig invloed op het falen van het monitoringssysteem.
- Detectiegrens van een parameter (vraag 38): wanneer de signaalwaarde van een stof dicht bij de detectiegrens van die stof ligt dan is de kans op het optreden van fouten goed voorstelbaar. Wanneer vervolgens bij de monitoring voornamelijk wordt gekeken naar parameters waarvan de detectiegrens dicht bij de signaalwaarde ligt dan is de kans op falen van het systeem groot. Wordt er echter gekeken naar parameters waarvan de detectiegrens ver onder de signaalwaarde ligt dan is de kans op falen van het systeem verwaarloosbaar klein. Het antwoord van de vraag is dus sterk afhankelijk van de specifieke situatie.

### *Voorgestelde oplossingen*

Uit de discussies blijkt dat er rekening moet worden gehouden met het feit dat verschillende laboratoria consequent verschillende waarden meten. Voorgesteld wordt dit punt in de foutenboom op te nemen. Verder kan door een goede controle van de meetresultaten het optreden van fouten door verwisseling van peilbuizen tijdens de bemonstering worden gecorrigeerd.

## **2.7 Meetprocedure (B2)**

### *Resultaten van de enquête*

De kans op het maken van een verkeerde inschatting van de genoemde variabelen wordt over het algemeen eenduidig ingeschat. De bijdrage van deze foute inschatting aan de verspreidingshypothese wordt eveneens eenduidig ingeschat.

De kans op een verkeerde bemonsteringsfrequentie (vraag 39 - 40) wordt 'klein' geacht en het effect hiervan wordt 'verwaarloosbaar' tot 'zeer klein' ingeschat.

De kans op het verkeerd kiezen van stoffen of gidsparameters (vraag 41) wordt 'klein' ingeschat, maar het effect hiervan wordt daarentegen als 'groot' ingeschat.

### *Discussie*

De volgende discussiepunten zijn besproken:

- Bemonsteringsfrequentie: de bijdrage van een te hoge bemonsteringsfrequentie aan het falen van het systeem wordt 'verwaarloosbaar' geacht. De bijdrage van een te lage bemonsteringsfrequentie aan het falen van het systeem wordt 'groot' geacht.
- Gidsparameter: het kiezen van een verkeerde gidsparameter zal niet zo snel voorkomen. Indien het toch voorkomt, kan dit een grote invloed hebben op het falen van het systeem.

### *Voorgestelde oplossingen*

Er zijn geen oplossingen aangedragen.

## **2.8 Evalueren (C1)**

### *Resultaten van de enquête*

De kans op het voorkomen dat gemaakte afspraken niet worden nagekomen, wordt over het algemeen niet eenduidig ingeschat. De bijdrage hiervan aan de faalkans van het monitoringsysteem wordt 'klein' tot 'groot' ingeschat. Veel spreiding is te zien in de antwoorden voor een inschatting van de kans dat overschrijdingen van signaalwaarden niet worden gesignaleerd en gemeld.

### *Discussie*

De volgende discussiepunten zijn besproken:

- Het niet signaleren van een overschrijding van signaalwaarden (vraag 48): in de praktijk blijkt vaak dat diegene die een overschrijding van signaalwaarden detecteert niet diegene is die actie moet ondernemen. Overschrijdingen worden wel opgemerkt, maar dat wil nog niet zeggen dat er ook daadwerkelijk acties worden ondernomen. De kans op het voorkomen van het niet signaleren is dus groot.
- Vervreemding van het project: omdat bij monitoring vaak lange tijdstrajecten worden afgelegd, bestaat de kans dat projecten worden overgedragen aan andere personen die niet bij de beginfase van het project zijn betrokken. Dit kan leiden tot bijvoorbeeld een lagere prioriteit van het project bij de nieuwe verantwoordelijke, het niet op de hoogte zijn van onder andere wat de doelstelling van de monitoring is of het verliezen van aandacht of interesse. Bovendien kan in de loop der tijd het politieke belang van het project verdwijnen, waardoor de aandacht voor het project verdwijnt.

### *Voorgestelde oplossingen*

Uit de discussies blijkt dat de verantwoordelijke personen op de hoogte moeten blijven of moeten worden gesteld van het belang, de doelstelling en de voortgang van het project, maar ook van de verantwoording die zij binnen het project dragen. Het opstellen van een communicatieplan en een organisatiestructuur is belangrijk.

## **2.9 Communicatie (C2)**

### *Resultaten van de enquête*

De kans op het niet nakomen van afspraken wordt ingeschat als 'komt wel eens voor' tot 'goed voorstelbaar'.

### *Discussie*

Het volgende discussiepunt is besproken:

- Voortgangsrapportage komt bij de juiste/bevoegde personen: soms blijkt dat rapportages wel bij de juiste personen terechtkomen, maar dat deze er vervolgens niets mee doen. Om dit te voorkomen wordt het gebruik van zogenaamde 'piep-systemen' voorgesteld, zoals deze bij verzekeraars worden gebruikt. Op dit moment beschikt het bevoegd gezag (de provincies) niet over zulke systemen. Vaak blijkt de ontwikkeling van zulke systemen erg kostbaar.

### *Voorgestelde oplossingen*

Uit de discussies blijkt dat vanuit de projectleiding een dirigerende taak gewenst is zolang er geen piep-systemen zijn ontwikkeld. Verzekeraars hanteren een piep-systeem. Verzekerde samenlevingen zullen hierdoor wellicht beter scoren op het aspect beheersing van de situatie.

## 2.10 Externe gebeurtenissen (C3)

### *Resultaten van de enquête*

De kans op het niet adequaat omgaan met externe gebeurtenissen wordt in het algemeen als 'goed voorstelbaar' geacht.

### *Discussie*

Voorgesteld wordt om van tevoren duidelijkheid te verkrijgen over de verantwoordelijkheid van diegene die de monitoring leidt voor externe gebeurtenissen. Moet hij/zij de werkzaamheden in de gaten houden die het monitoringssysteem kunnen beïnvloeden of moeten diegenen die zulke werkzaamheden gaan uitvoeren rekening houden met het voorkomen van een monitoringssysteem?

### *Voorgestelde oplossingen*

Voorgesteld wordt om vooraf duidelijk te omschrijven waar de verantwoordelijkheden liggen. Verder wordt voorgesteld om periodiek (bijvoorbeeld vijfjaarlijks) met de verantwoordelijken het hele monitoringssysteem puntsgewijs na te lopen. Op deze manier is men niet afhankelijk van piepsystemen van anderen.

## 2.11 Conclusies

De volgende conclusies zijn getrokken:

- er is in het algemeen geen universeel geldende faalkans aan te geven voor de gepresenteerde gebeurtenissen;
- de enquête geeft geen indruk in welk bereik de faalkans per gebeurtenis scoort;
- de faalkans is doorgaans sterk afhankelijk van hoe de situatie in een specifiek geval is;
- bij een aantal gebeurtenissen is een achtergrond geschetst waarmee in de praktijk rekening kan worden gehouden voor het vaststellen van de faalkans in specifieke situaties;
- er is een aantal zeer bruikbare suggesties aangedragen om de faalkans te verkleinen.

APPENDIX 3

**RESULTATEN VAN DE ENQUÊTE OVER 'BETROUWBAARHEID VAN MONITORING'**

A1: Ontwerp van het meetnet: bij het ontwerp van een meetnet is de hypothese met betrekking tot het verspreidingsproces van groot belang; de hypothese komt tot stand op basis van verscheidende variabelen	Wat is de kans op een verkeerde inschatting van de hieronder genoemde variabelen?						Wat is de bijdrage van een foute inschatting van deze variabelen aan de verspreidingshypothese?					
	verwaar- loosbaar	zeer kleine kans	komt wel eens voor	kleine kans	goed voorstel- baar	komt zeker voor	verwaar- loosbaar	zeer klein	klein	matig	groot	zeer groot
1. Vaststellen van het stijghoogteverloop en daarmee het vaststellen van de stromingsrichting		11	111		1111	11			1	1	11111	111
2. Heterogeniteit in de ondergrond				1	11111	1111				11111	1111111	
3. Bepalen van de doorlatendheid van de ondergrond			11	11	1111	111			1	1111	1111	11
4. Bepalen van de ligging van scheidende lagen		111	11		1	1111				111	1111111	
5. Continuïteit van scheidende lagen			1	1	111111	111			1	11	111111	1
6. Bepalen van adsorptie		1		1	11111	111			11	11111	111	1
7. Vaststellen van dispersie	1		1		1111	11			11	11111		1
8. Vaststellen van diffusie	1	1	1	1	111	11	11		11	11111		
9. Omvang van verontreinigingssituatie			111	11	1111	11			1	1111	111111	
10. Vaststellen van afbraak				111	1111	1111				11111	11111	11

A2: Aanbrengen van het meetnet: wanneer een goede, betrouwbare verspreidingshypothese is opgesteld wordt overgegaan tot het installeren van het meetnet (de meetmiddelen); hierbij kunnen fouten worden gemaakt; die fouten dragen bij aan het mogelijke falen van een monitoringssysteem	Wat is volgens u de kans dat de onderstaande fouten optreden?						Wat is naar uw mening de bijdrage van de onderstaande fouten aan de kans op het falen van het monitoringssysteem?					
	verwaarloosbaar	zeer kleine kans	komt wel eens voor	kleine kans	goed voorstelbaar	komt zeker voor	verwaarloosbaar	zeer klein	klein	matig	groot	zeer groot
11. Waarnemingspunt wordt op de verkeerde plaats neergezet		111	1	11	111	11		1	1	1	1111	1
12. Waarnemingspunt wordt te diep geplaatst		11	11		111	111			1	11	111111	1
13. Waarnemingspunt wordt te ondiep geplaatst		11	111		111	11			1	11	111111	1
14. Waarnemingspunt wordt per abuis in een slecht doorlatende laag geplaatst	1	1	1	111	1	11	1		1	11	1111	11
15. Foutief plaatsen ontstaat door communicatiefouten tussen de uitvoerder en adviseur		11	11		1111	11			1		111111	11
16. Peilfilter slibt tijdens het gebruik dicht		1	11	11		11111	11		11	1	111	11
17. Meetpunt is in landelijk gebied niet meer vindbaar			1	111	11	1111	11		11	1	111	11
18. Meetpunt is in stedelijk gebied niet meer vindbaar		11	1		111	111	11		11	1	111	11
19. Peilbuis wordt per abuis vernield in landelijk gebied			11		111111	111	11		1	111	111	11
20. Peilbuis wordt met opzet vernield in landelijk gebied (vandalisme)		1	11	11	111	111	11		11	1	111	11
21. Peilbuis wordt per abuis vernield in stedelijk gebied		1		1	11	1111	11		1	11	111	11
22. Peilbuis wordt met opzet vernield in stedelijk gebied (vandalisme)		1		1	1	1111	11		1	11	111	11
23. Er wordt verkeerd peilbuis-materiaal wordt gebruikt in relatie tot de verontreiniging	1	11	1	1	11	11	1	1	1	1111	111	11
24. Er treedt kruisverontreiniging op (afsluitende lagen worden op verkeerde wijze doorboord)		1	11	1	11	111111				1	11	11111
25. Het bodemmilieu wordt door het onttrekken van grondwater beïnvloed	111	11	11		1	11	11	1	1	11111	1	1
26. Hoe groot is de kans dat een peilbuis een kritisch scheidende laag toch doorsnijdt	1	11		1	1	111	1			11111	11111	

B1: Detectie: dit is het daadwerkelijke meten; hierbij kunnen eveneens fouten worden gemaakt	Wat is volgens u de kans dat de onderstaande fouten optreden?						Wat is naar uw mening de bijdrage van de onderstaande fouten aan de kans op het falen van het monitoringssysteem?					
	verwaarloosbaar	zeer kleine kans	komt wel eens voor	kleine kans	goed voorstelbaar	komt zeker voor	verwaarloosbaar	zeer klein	klein	matig	groot	zeer groot
27. Verwisseling van de peilbuis tijdens de monstername (het monster komt in de verkeerde fles terecht)	1	11	1111	11	111		1			11	1111	1111
28. Er treedt permeatie op van de peilbuis	1	1	1111			11			11	111	111	11
29. Het te bemonsteren grondwater adsorbeert aan de bemonsteringsslang		11	1	1	11111		1		1	11111	11	
30. Er wordt onvoldoende voorgepompt			1111111		11	11			1	111111	11	1
31. Verontreinigingen vervluchten bij monstername	1	1	111	1	11	1			1	1111	11111	1
32. 5 % van het monster vervluchtigt	1		111	1	11111	1	11		1	1111	111	1
33. 25 % van het monster vervluchtigt	1	11	11111	1	111		1		1	111	1111	1
34. Monsterbehandeling gebeurt niet volgens de voorschriften		1	111	11	1111	1	1			1111	11111	1
35. Watermonster wordt als gevolg van verstoring van het bodemmilieu biochemisch omgezet	1	11	1111			11	1		11	1111	1111	1
36. Analysefouten in het laboratorium		111	1	1	111	111				111	111111 11	11
37. Monsters worden te lang bewaard		11	11	11	111	1			1	1111	11	111
38. Detectiegrens wordt verhoogd: signaalwaarde voor de gidsparemeter wordt gemist			1	1	11111	11			1	111111 111111 1111	1	11

B2: Meetprocedure: het meten gebeurt volgens bepaalde afspraken; ook hier kunnen fouten insluipen	Wat is volgens u de kans dat de onderstaande fouten optreden?						Wat is naar uw mening de bijdrage van de onderstaande fouten aan de kans op het falen van het monitoringssysteem?					
	verwaarloosbaar	zeer kleine kans	komt wel eens voor	kleine kans	goed voorstelbaar	komt zeker voor	verwaarloosbaar	zeer klein	klein	matig	groot	zeer groot
39. Bemonsteringsfrequentie is te hoog	1	111	111			11	1111	1111				
40. Bemonsteringsfrequentie is te laag			1111	1	11	11	1	1		11	11111	
41. Stofkeuze (gidsparemeter) is verkeerd		111	1	1	1	1				1	1111	1111

C1: Evalueren: beoordeling van de meetgegevens; de beoordeling van gegevens wordt volgens bepaalde afspraken uitgevoerd; dit onderdeel handelt over de waarschijnlijkheid dat deze afspraken niet worden nagekomen	Hoe groot is volgens u de kans dat onderstaande afspraken <u>niet</u> worden nagekomen?						Wat is naar uw mening de bijdrage van het <u>niet</u> nakomen van afspraken aan de faalkans?					
	verwaarloosbaar	zeer kleine kans	komt wel eens voor	kleine kans	goed voorstelbaar	komt zeker voor	verwaarloosbaar	zeer klein	klein	matig	groot	zeer groot
42. Gemeten waarden worden beschouwd in het licht van veranderingen (bijvoorbeeld lutum, organisch stofgehalte)		11	111	1	111				11	111	1111	
43. Gemeten waarden worden gecorrigeerd	1	11	1111	1		1			1111	111	1	
44. Bij aanvang van de monitoring zijn faalscenario's bekend			11		111	111		1	1	111	1111	
45. Na overschrijding van de signaalwaarde wordt binnen een jaar actie ondernomen			11	11	11	111			111	1111	11	1
46. Trendanalyse wordt uitgevoerd		111		1	1111			1	11	11	111	1
47. Bij een trendanalyse wordt rekening gehouden met onvoorziene omstandigheden		1	111	1	1111			1	1	11111	1	
48. Overschrijding van de signaalwaarde wordt gesignaleerd en gemeld	1	111		111	11			1	1	11	111	11

C2: Communicatie: hier wordt de communicatie bedoeld in relatie tot vervolgacties; wat kan hierbij fout gaan; het is van belang dat afspraken over vervolgacties worden vastgelegd en worden nagekomen	Wat is volgens u de kans dat onderstaande afspraken <u>niet</u> worden nagekomen?					
	verwaarloosbaar	zeer kleine kans	kleine kans	komt wel eens voor	goed voorstelbaar	komt zeker voor
49. In de voortgangsrapportage wordt duidelijk gespiegeld aan de vervolgactie		1	11	1111	11	
50. Er wordt een nazorgplan opgesteld		1	11111	1	111	
51. Voortgangsrapportage komt bij de juiste/bevoegde personen	1	1	1111	11	11	
52. Rapportage bevat alle benodigde elementen		1	1	1111	1111	1
53. Probleembezitter neemt actie op basis van eerdere afspraken: de rapportage verdwijnt in de lade		1	111	1	111	

C3: Externe gebeurtenissen: veranderingen die nopen tot aanpassingen	Wat is volgens u de kans dat <u>niet</u> adequaat wordt omgegaan met onderstaande veranderingen?					
	verwaarloosbaar	zeer kleine kans	kleine kans	komt wel eens voor	goed voorstelbaar	komt zeker voor
54. Terreingebruik is veranderd; de oorspronkelijke limietgrens moet worden aangepast			11	1	111111	1
55. Naburig verontreinigingsgeval leidt tot overschrijding van de signaalwaarde; het saneringsgeval dient te worden opgenomen in het provinciale bodemsaneringsprogramma	1			1111	111	1
56. Verspreidingspatroon veranderd door gewijzigde geohydrologie (grondwateronttrekking, tijdelijk/permanent, oppervlaktewater); de signaalwaarde moet worden aangepast				111	11111	11

Tot slot nog een aantal stellingen	Wat is uw mening over de onderstaande stellingen?					
	volstrekt mee oneens	niet eens	valt wel mee	voorstelbaar	goed voorstelbaar	volstrekt mee eens
57. Communicatie draagt voor meer dan 50 % bij aan het mogelijke falen van het monitorings-systeem	1		11	1111	1	111
58. Evalueren van meetgegevens is belangrijker dan het opstellen van de hypothese van de verontreiniging		11111		11	11	11
59. Een gecertificeerd bedrijf biedt meer garantie tegen de soort fouten die zijn genoemd onder vraag 34 t/m 38	1	11	1	111	1	1
60. Kans op fouten in de meetprocedure is groter dan de kans op het maken van fouten bij de installatie van een meetnet	111	11	111	11	1	1
61. Numerieke rekenmodellen verkleinen de faalkans		1	1	1111	1	1
62. Kwaliteitsbewaking is een vaste, voorgeschreven procedure			1	1	11	11



## VERSLAGEN VAN GESPREKKEN MET VERZEKERAARS

BeursClub Technische Verzekeringen (BCTV)  
Assurantiebeurs  
Strawinskylaan 10  
1077 XZ Amsterdam  
Telefoon: 020-5462222

1. Vraag:

**Past het toestaan van emissies** (bijvoorbeeld binnen het FEB-concept) **binnen de Wbb?**

Antwoord:

De saneringsparagraaf geeft aan dat maatregelen kunnen worden gesteld (art. 36) met betrekking tot de urgentie van sanering, waarbij rekening wordt gehouden met het gebruik van de bodem. Art. 37 geeft aan dat in de urgentiebepaling moet worden beschouwd het risico voor mens, dier en plant, uitgaande van het huidige gebruik van de bodem. Afhankelijk van bijzondere omstandigheden kunnen IBC-maatregelen worden voorgeschreven. De Wbb vraagt om maatregelen die redelijkerwijs kunnen worden verwacht.

2. Vraag:

Hoe zit het met de **aansprakelijkheid** als **op langere termijn** blijkt dat de saneringsdoelstelling niet wordt bereikt?

Antwoord:

Dit is het ondernemingsrisico. Je blijft aansprakelijk. Wel wordt onderzocht in hoeverre fondsvorming tot de mogelijkheden behoort om zogenaamde 'missers' te financieren dan wel te verzekeren.

Enkele verzekeringsmaatschappijen zijn momenteel bezig met het op de markt brengen van een in situ verzekeringspolis. De gevolgen voor derden van verspreiding van de verontreiniging is momenteel evenwel buitengesloten (dhr. Mientjes van Royal Verzekeringen). Zij zijn tevens bezig om de nazorg onder de verzekeringspolis te brengen.

Tot dusverre zijn saneringsactiviteiten gedekt voor de periode dat de 'spade de grond ingaat'. Bij in situ saneringen is evenwel sprake van een langere periode.

3. Vraag:

Wat zijn de **saneringsdoelstellingen**? (Wat is de terugsaneerwaarde?).

Antwoord:

De terugsaneerwaarde is afgestemd op de kwaliteit en het gebruik van de ondergrond, bekeken in regionaal perspectief.

4. Vraag:

Wat zijn de recente ontwikkelingen op het gebied van monitoring?

Antwoord:

Binnen de bodembescherming: ontwikkeling in termen van 'Early Warning Systemen' (lekdetectiesystemen). Bij de bodemsanering: wegdrubbare systemen, on site analyseren (HPLC) en ion-selectieve elektroden (pH, Ec, RedOx-potentiaal).

5. Vraag:

Wordt zo'n voorgestane **praktische aanpak** momenteel door de **overheid geaccepteerd** (variatie in opstelling en handswijze van het verschillende bevoegd gezag)?

Antwoord:

Ja, een en ander dient wel met argumenten onderbouwd te worden. Dit is een internationale ontwikkeling. In Londen wordt bijvoorbeeld in het voormalige havengebied een zogenaamd Millenniumgebouw gerealiseerd (verwijdering van 'hot spots', aanpak van verontreinigd grondwater door spoelen en natuurlijke afbraak).

6. Vraag:

Worden de **veiligheidsaspecten van mensen**, die bij een sanering betrokken zijn, meegenomen bij de risicobeoordeling?

Antwoord:

Bij sanering wordt een paragraaf gewijd aan de veiligheid. Afhankelijk van stoffen, omstandigheden en saneringsoperatie wordt aangegeven dat de handen moeten worden gewassen voor het eten dan wel dat PBM's dienen te worden gedragen.

7. Vraag:

Is de voorgestane aanpak (FEB-concept) **werkelijk goedkoper** als je op termijn toch nog maatregelen moet nemen?

Antwoord:

De maatregelen zijn op maat gesneden en vinden gefaseerd plaats, kunnen worden uitgesteld of mogen achterwege blijven. In het algemeen leidt dit tot lagere kosten. Als de inschatting 'fout' is, leidt dit tot een financiële misser. Gezocht wordt naar oplossingen om deze 'missers' ergens onder te brengen (fondsvorming dan wel te verzekeren). Het kan evenwel ook zo zijn dat de inschatting te pessimistisch was en de afbraak sneller verloopt dan verwacht. De maatregelen kunnen dan achterwege blijven en de kosten vallen dan aanmerkelijk lager uit.

# @ Grontmij Utrecht

## Besprekingsverslag

Plaats en datum  
Houten, 10 maart 1999

Verslagnummer

Kenmerk  
13.5082.1-30.1.1

Bespreking te  
Grontmij Houten

Aanwezig  
namens:  
Centraal Beheer:  
Grontmij:

de heer T.P.R. Regenboog  
de heer R.P. Heijer  
de heer V.W. de Graaf

Afwezig

-

Kopie(ën) aan  
Aanwezigen

Betreft  
Introductie FEB bij verzekeringsmaatschappij op 19 maart 1999

## 1. **Opening**

Rob Heijer opent het overleg.

## 2. **Vaststellen doel bijeenkomst**

Het doel is een inzicht te verkrijgen in hoe een verzekeringsmaatschappij tegen een sanering met Flexibele Emissie Beheersing (FEB) aankijkt en wat de mogelijkheden voor verzekering van FEB-projecten zijn. Verder wordt gekeken naar wat de eventuele gegevens of eisen zijn die een verzekeraar bij een dergelijke aanpak verlangt.

## 3. **Uitleg FEB**

Rob Heijer legt aan de aanwezigen uit wat het principe is van Flexibele Emissie Beheersing. Een en ander wordt toegelicht met behulp van een overzichtplaatje.

De kern van FEB is dat de klassieke saneringstechnieken ervan uitgaan dat een verontreinigde locatie volledig wordt afgegraven óf wordt afgeschermd door middel van bijvoorbeeld een damwand met een bovenafdichting. Dergelijke saneringsmethoden zijn vaak erg kostbaar en soms zelfs niet eens echt nodig. Bij FEB wordt, in tegenstelling tot traditionele saneringsmethoden, gekeken naar de mobiliteit van de verontreinigingen. Vaak blijkt dat verontreinigingen niet of nauwelijks mobiel zijn. In zo'n geval is een traditionele saneringsmethode vaak een erg kostbare en 'overbodige' methode.

Een verlaging van de saneringskosten is dus mogelijk door de toepassing van:

- een betrouwbare controle/monitoring;
- een gefaseerde aanpak en mogelijk afstel van saneringsmaatregelen;
- limitering van de nazorgperiode bij het wegnemen van de bron.

## 4. **Bespreking FEB in relatie tot verzekeraarbaarheid**

Rob Heijer deelt mede dat de Grontmij en GeoDelft momenteel bezig zijn met het opstellen van richtlijnen over hoe betrouwbaar een monitoring is of zou moeten zijn. De basis voor zo'n richtlijn wordt gevormd door algemeen geaccepteerde hydrologische modellen. Op basis van de betrouwbaarheid van de monitoring is de kans te berekenen dat het monitoringssysteem faalt en tot schade leidt in het te beschermen gebied. Deze schade is onderwerp van het gesprek.

De heer Regenboog geeft aan dat een dergelijke aanpak te verzekeren is, maar dat het voor een verzekeringsmaatschappij van belang is te weten hoe het monitoringssysteem voorkomt dat verontreinigingen ongemerkt doordringen tot voorbij de limietgrens. In zo'n geval wordt het risicobedrag bepaald door de kosten die moeten worden gemaakt bij de sanering.

De heer Regenboog geeft aan een extra beveiliging (bijvoorbeeld een steekproefsgewijze grondwaterbemonstering tussen de limietgrens en de monitoringsgrens) te willen die de kans dat een verontreiniging ongemerkt tussen de monitoringsspeilbuizen doorgaat nihil leert. Ook dienen er harde afspraken te worden gemaakt over te nemen acties als een verhoging wordt gemeten die zou kunnen duiden op een (komende) limietgrensoverschrijding.

De heer Regenboog geeft verder aan dat hij graag een contract wil tussen de uitvoerende partij en de opdrachtgever, waarin omschreven wordt hoe de kwaliteit van het systeem gegarandeerd wordt en hoe kan worden aangetoond dat eventueel buiten de locatie aange troffen verontreinigingen niet afkomstig kunnen zijn van de FEB-locatie.

De heer Regenboog geeft aan dat bij het toepassen van FEB altijd goed moet worden gekeken naar de kosten (zijnde de te verzekeren schade minus de materiële en immateriële schade) die moeten worden gemaakt wanneer een verontreiniging moet worden gesaneerd na de passage van de limietgrens. Deze kosten kunnen in overweging worden genomen bij de beslissing hoe een FEB-project te verzekeren. De verzekeringspremie wordt meestal (en in principe ook bij FEB) bepaald op basis van het percentage van de aanneemsom. Dit percentage wordt vastgesteld op basis van de **kans op schade en de schadekosten**.

De heer Regenboog maakt een principeberekening van het verzekeringsbedrag over de aanneemsom voor het duurste scenario en zal deze aan Rob Heijer toesturen.

Rob Heijer deelt mee dat een workshop is gepland, waarin met hydrologen wordt gekeken naar de kans dat een verontreiniging ongemerkt tot aan de limietgrens kan doordringen. Rob Heijer stuurt het verslag en de uitnodiging van de workshop aan de heer Regenboog.

## 5. Overzicht actiepunten

<b>actie</b>	<b>uit te voeren door:</b>
toesturen uitnodiging workshop aan de heer Regenboog	Rob Heijer
maken berekening van het verzekeringsbedrag over de aanneemsom voor het duurste faalscenario	de heer Regenboog
toesturen verslag workshop aan de heer Regenboog	Rob Heijer

## GEOLOGIE, ONDERGRONDMODELLEN EN VERSPREIDINGSBEREKENINGEN (CASE A)

### 5.1 Ontstaan van de bodem

Uit raadpleging van de geologische kaart blijkt dat in de ondergrond van Haarlem aanwezig kunnen zijn: de Westland-Formatie (holocene ouderdom), de Formatie van Twente en de Eem-Formatie (beide laatstgenoemden van pleistocene ouderdom).

Uit een evaluatie van de beschikbare lokale gegevens (sonderingen, boringen, verzameld in het nader onderzoek) blijken deze formaties inderdaad te worden aangetroffen. Tevens wordt geconcludeerd dat in de Westland-Formatie op dit hoogste schaalniveau op basis van contrast in textuur een verdere onderverdeling mogelijk is in enkele eenheden met een oorsprong in een afwijkend ontstaansmilieu. Dit blijkt zowel uit de geologische kaart als uit de geraadpleegde meetgegevens. Een schematisch overzicht van deze subformaties alsmede hun relatie met de geohydrologie wordt in figuur 5.1 weergegeven.

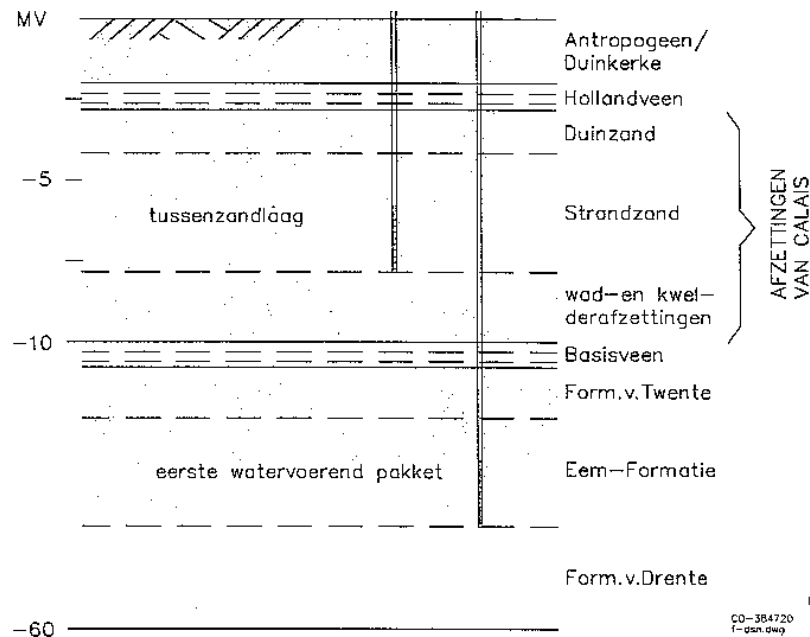


Fig. 5.1. Overzicht van subformaties en geohydrologische eenheden.

Hierna volgt een beknopte (chronologische) beschrijving van het ontstaan van de bodem in dit gebied. Deze gaat terug tot de oudste afzettingen die in dit bodemverontreinigingsgeval een rol spelen (Formatie van Drenthe, onderin het eerste watervoerende pakket). In de tekst wordt verwezen naar toelichtingskaders. In deze toelichtingskaders wordt met name ingegaan op de bodemheterogeniteit van het middelste schaalniveau. De kennis, die hiervoor is verzameld, is gebruikt voor het opstellen van ondergrondmodellen.

In het Midden Pleistoceen (voor de komst van de Saale-ijstijd) behoorde het westelijk deel van ons land tot een uitgestrekt gebied, waarin sedimenten van de Rijn werden afgezet. Deze sedimenten zijn in de Saale-ijstijd door glaciale erosie opgeruimd. Het onderzoeksgebied bevindt

zich aan de rand van het glaciële bekken. Onderin dit bekken worden (vanaf een diepte van circa 75 m) afzettingen uit de *Formatie van Drenthe* aangetroffen.

In de warmere periode, tussen beide laatste ijstijden in (het Eemien), trok de zee (waarvan het niveau gelijkmatig steeg) de bestaande dalen in en zette fijne en grofzandige sedimenten af die tot de *Eem-Formatie* worden gerekend. Aan de rand van het bekken waren dit zanden, verder het bekken in (in oostelijke richting van het onderzoeksgebied) met name kleien.

In de laatste ijstijd (het Weichselien) kreeg de wind vat op de vrijwel onbegroeide bodem en werd zand weggeblazen en elders in min of meer horizontale dekken (de dekzanden) afgezet. Andere afzettingen uit deze laatste ijstijd worden niet aangetroffen. De dekzanden worden tot de *Formatie van Twente* gerekend.

Na het smelten van het landijs in de laatste ijstijd is in de eerste periode in het Holoceen zeevee ontstaan in uitgestrekte laaggelegen gebieden, onder invloed van de zeespiegelrijzing, het *Basisveen*. Dit veen is sterk samengedrukt door jongere lagen. Door de zeespiegelrijzing kwam het kustgebied weer onder invloed van de zee. In de eerste fase werden in de omgeving van Haarlem in een wad- en/of kweldermilieu sedimenten afgezet onder invloed van getijdebewegingen. Deze sedimenten werden gedeeltelijk door stromend water geërodeerd, waarna in de erosiegeulen afzettingen van deze getijdegeulen, krekens en prielen werden afgezet. Door deze erosie kan zelfs een deel van het *Basisveen* verdwenen zijn.

Na verloop van tijd werd het landschap gunstig voor de vorming van kustwallen. Het zand, dat hiervoor nodig was, was afkomstig uit de zeebodem zelf. Op de wad- en kwelderafzettingen zijn zanden afgezet door mariene processen in de omgeving van het strand. Zandbanken werden daarbij omgevormd tot strandwallen. Daar waar de afzettingen boven water zijn gekomen, zijn ze beïnvloed door aeolische processen en is het zand opnieuw afgezet in de vorm van duinen. Deze afzettingen worden tot de *Oude Strand- en Duinzanden* gerekend.

Het *Hollandveen* is daarna in voormalige (kilometers brede) strandvlakten afgezet. Omdat het onderzoeksgebied op de rand van de strandwal van Haarlem ligt, neemt de dikte van dit veen in oostelijke richting toe. Zowel het *Hollandveen* als de Afzettingen van Calais en de *Oude Strand- en Duinzanden* kunnen door mariene erosie (getijdegeulen) zijn opgeruimd, waarna nieuwere sedimenten hun plaats hebben ingenomen. Alle afzettingen tussen het *Hollandveen* en het *Basisveen* worden tot de *Afzettingen van Calais* gerekend.

#### **Eem-Formatie**

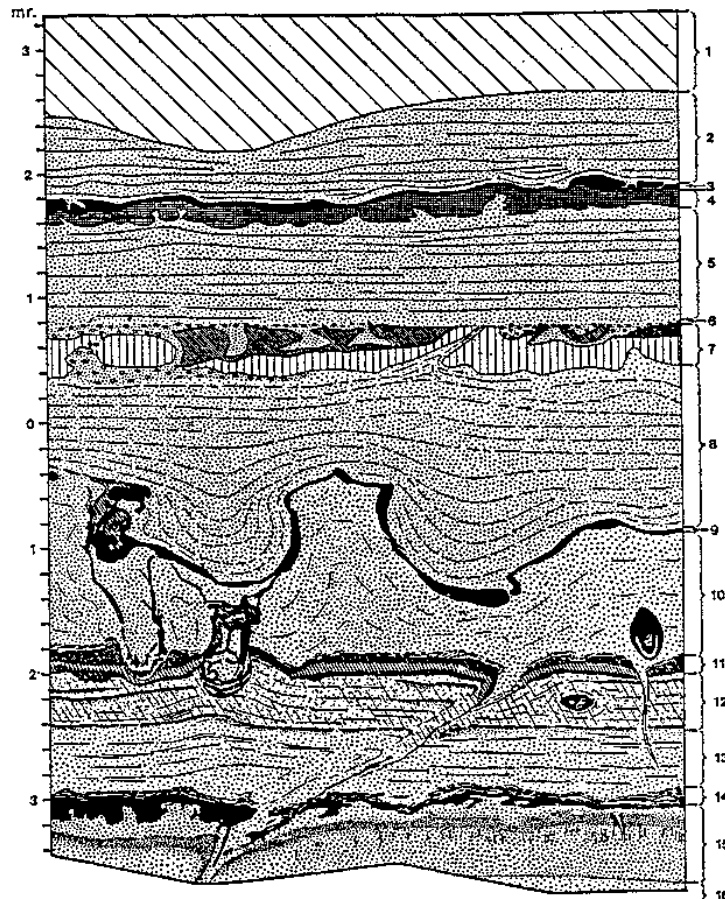
De Eem-formatie is een mariene afzetting, waarin een zeer breed scala aan verschijnselen kan voorkomen die heterogeniteit op het middelste en laagste schaalniveau kunnen veroorzaken. In deze regio is de Eem-Formatie afgezet in het toenmalige glaciële bekken. Nabij de rand van het bekken (in de directe omgeving van dit geval) waren deze afzettingen zandig, naar het oosten toe wordt steeds meer klei aangetroffen. De sedimenten vertonen een voornamelijk horizontale gelaagdheid. De opbouw van deze formatie is in de omgeving van Haarlem (in verhouding tot jongere sedimenten) slechts in beperkte mate bekend en beschreven.

#### *Gevolgen van heterogeniteit op het middelste schaalniveau*

Afgezien van de horizontale gelaagdheid wordt niet verwacht dat heterogeniteit op het middelste schaalniveau preferente stroombanen tot gevolg zal hebben. In de verspreidingsberekeningen is hiermee ook geen rekening gehouden.

### Formatie van Twente

Afzettingen uit deze formatie (max. 5 m dik) zijn in een periglaciaal milieu (nabij de gletsjers) afgezet door de wind. Deze dekzanden zijn zeer uitgestrekt en zeer homogeen. Het zand is fijn tot middelkorrelig, goed gesorteerd en afgerond. De verschillende lagen zijn als 'dekens' over elkaar heen gelegd. Binnen de afzonderlijke lagen is de gelaagdheid gering. De afzettingen kunnen door recentere getijdegeulen geheel zijn geërodeerd. Onder invloed van verschijnselen die het gevolg van het koude klimaat kunnen de zandlagen verstoord zijn. Figuur 5.2a geeft een overzicht van verschijnselen die in een enkele meters dikke laag kunnen voorkomen.



Kryoturbate verschijnselen in Weichseldekzanden onder Amersfoort. 1 Holoceen; 2—4 Laatglaciaal; 5 Boven-Pleniglaciaal; 6—10 Onder-Pleniglaciaal; 11—16 Vroegglaciaal. De lagen 3, 4, 11 en 14 vertegenwoordigen resp. de Allerød-, de Bølling-, de Brørup- en de Amersfoort-tijd (naar Zagwijn).

Fig. 5.2a. Verstoringen in de laagopbouw in dekzanden behorende tot de Formatie van Twente.

Door GeoDelft is een nieuw meetinstrument, de doorlatendheidssonde, getest op een aantal formaties, waaronder de Formatie van Twente. Vanuit een filter in de sonde is water in de bodem geïnjecteerd, waarna het drukverschil boven en onder het filter wordt gemeten. Dit drukverschil is een maat voor de doorlatendheid. Op zeven locaties is op verschillende diepten in de (hier veelal vijftien meter dikke) formatie de doorlatendheid gemeten. De gemiddelde doorlatendheid ligt in de orde van  $10^{-3}$  à  $10^{-4}$  m/s. Het is echter gebleken dat binnen de aangetroffen formatie contrasten in doorlatendheid met een factor 10 kunnen voorkomen tussen lagen die ieder minstens enkele meters dik zijn [Kemp, 1999].

#### *Gevolgen van heterogeniteit op het middelste schaalniveau*

Binnen de verschillende lagen kan korrelgroottevariatie leiden tot een contrast in doorlatendheid van een factor 10.



### Afzettingen van Calais

Dit milieu wordt gekarakteriseerd door uitgestrekte vlakten waar (als gevolg van de geringe stroomsnelheden) fijnkorrelige sedimenten zijn afgezet. Deze wadden en kwelders worden doorsneden door getijdegeulen (breed, hoge stroomsnelheden) en prielen en krekens (smal, lagere stroomsnelheden). Beide zijn erosief, aan de buitenzijde ervan wordt zand afgezet. Deze zandafzettingen kunnen als gevolg van de verplaatsing van de geulen, krekens en prielen aaneen groeien tot uitgestrekte zandlichamen met ingesloten resten van niet-geërodeerde wad- en kwelderafzettingen. Wad- en kwelderafzettingen zijn plaatselijk humeus, erg kleiig en sterk (dun-)gelaagd.

De sedimenten, behorende tot de Afzettingen van Calais, zijn in een sequentie afgezet: een situatie met een zich uitbreidende kust, waarbij op elkaar sedimenten worden afgezet in een volgorde van strandafzettingen onderin tot moerasafzettingen bovenin. In figuur 5.2b zijn in een doorsnede alle typen afzettingen weergegeven die in deze bodemlaag zouden kunnen voorkomen. Uit figuur 5.2b blijkt dat de min of meer horizontaal gelaagde pakketten doorsneden kunnen zijn door opgevlude getijdegeulen. Figuur 5.2c geeft een beeld van de verticale opeenvolging van lagen en laagjes in een opgevlude getijdegeul.

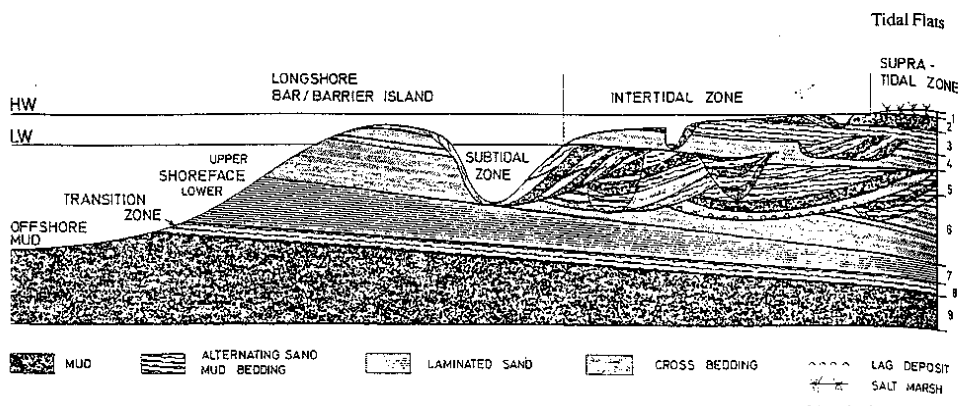


Fig. 5.2b. Schematische doorsnede door getijdevlakte van de Noordzee [Reineck en Singh, 1980].

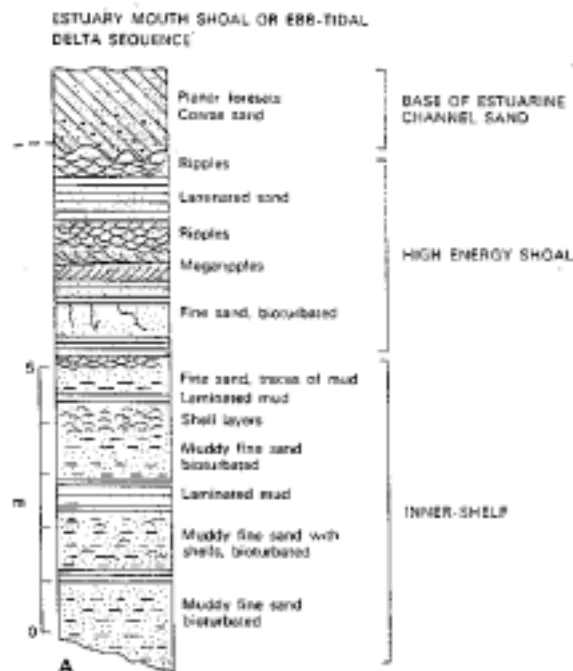


Fig. 5.2c. Verticale opeenvolging van bodemlagen in een opgevlude getijdegeul [Reineck en Singh, 1980].

### Gevolgen van heterogeniteit op het middelste schaalniveau

Dit type afzettingen vertoont een zeer grote heterogeniteit op zowel het laagste (sedimentaire structuren) als het middelste schaalniveau. Deze afzettingen kunnen doorgaans dunne horizontale lagen (met vele erosievlakken) bevatten met aanmerkelijke variatie in korrelgrootte. Scheefstaande kleilaagjes wisselen af met de wat dikkere zandlaagjes. In pulsboringen worden deze afzonderlijke lagen niet herkend. Deze horizontale lagen kunnen worden doorbroken door grofzandige opvullingen van krekens en prielen. Deze opvullingen zijn doorgaans niet diep (< 2 m), maar kunnen in laterale richting een breedte bereiken van tientallen meters. Valt de lengterichting van deze opvulling samen met de lijn tussen de verontreinigingsbron en de limietgrens dan kunnen deze opvullingen een preferente stroombaan vormen.

In de verspreidingsberekeningen is het effect van heterogeniteit op dit schaalniveau in deze laag beoordeeld door in het gebied tussen de verontreinigingsbron en de limietgrenzen in het onderste helft van de tussenzandlaag een langgerekte smalle geul aan te brengen met een aanmerkelijk hogere doorlatendheid dan zijn omgeving (scenario 3). In scenario 4 is deze geul zelfs plaatselijk geblokkeerd door slecht doorlatende secties.

### Oude Strand- en Duinzanden

De afzettingen behorende tot deze eenheid zijn afgezet door mariene processen in de omgeving van het strand. Daar waar de afzettingen boven water zijn gekomen, zijn ze beïnvloed door aeolische processen en is het zand opnieuw afgezet in de vorm van duinen. Aanvankelijke zandbanken zijn door brandingsgolven tot strandwallen omgevormd. Duinzand is in tegenstelling tot strandzand goed gesorteerd (uniforme korrelgrootte), is goed afgerond en kan organisch materiaal bevatten. Mariene zanden bevatten wel schelpen, aeolische zanden niet. Beide zanden kunnen organisch materiaal bevatten (op het strand ontstaan in lokale poeltjes). In langgerekte stranddepressies kan Hollandveen zijn afgezet. Duinzanden liggen altijd bóven de mariene strandafzettingen. In figuur 5.2d (linker figuur) is aangegeven welke afzettingmilieus in de directe omgeving van het strand worden aangetroffen alsmede het sedimenttype en wijze van gelaagdheid die hiermee gerelateerd zijn. In de rechter figuur is een voorbeeld gegeven van de interne gelaagdheid van duinzanden. In duinzanden domineert de grootschalige 'cross-bedding'. Binnen eenheden met een omvang van tientallen meters varieert de oriëntatie van de schuingestelde laagjes. Vanzelfsprekend is het effect hiervan op de verspreidingsnelheid en richting aanmerkelijk.

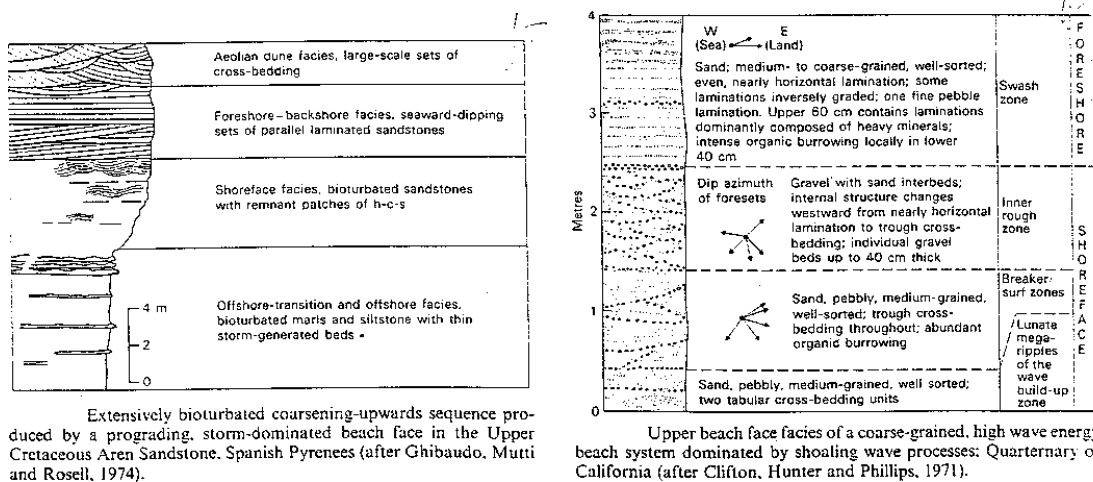


Fig. 5.2d. Profiel langs het strand [Reineck en Singh, 1980].

### Gevolgen van heterogeniteit op het middelste schaalniveau

De voornaamste variatie is het gevolg van de wijze van afzetting: in ribbels (dan horizontale lagen met cross-bedding) of in horizontale lagen ('gelamineerd' zand). De schuine cross-bedding kan effect hebben op de horizontale doorlatendheid [Weber et al., 1972]. Daarnaast kan in poelen veengroei hebben plaatsgevonden, waardoor deze strandzanden dunne veenlenzen kunnen bevatten.

## 5.2 Ondergrondmodellen en verspreidingsberekeningen

Met het stoftransportmodel VERA zijn verspreidingsberekeningen uitgevoerd voor verschillende ondergrondmodellen. Het doel van de berekeningen was het beoordelen van de effecten van bodemheterogeniteiten op het middelste schaalniveau op het verspreidingsproces. De berekeningsresultaten kunnen aanleiding geven om de breedte van de monitoringslijn en/of de netwerkdichtheid (te berekenen met het model DG>Plume) aan te passen, omdat bodemheterogeniteiten op dit schaalniveau niet met DG>Plume kunnen worden verrekend.

Het transportmodel VERA is een numeriek advection-dispersiemodel (eindige differentiemethode), waaraan het chemische evenwichtsprogramma CHEA is gekoppeld. Door deze koppeling is een meer-componentenmodel gecreëerd. Dit houdt in dat het simultane transport van meerdere componenten berekend kan worden. De beschouwde componenten mogen daarbij interacties met elkaar vertonen (chemische reacties) dan wel met de bodem (adsorptie/desorptie). Tevens kan in dit model de afbraak worden meegenomen.

In deze case is VERA gebruikt om het transport van trichlooretheen en de afbraakproducten dichlooretheen en vinylchloride te modelleren. Het model beslaat een oppervlak van 500 bij 500 meter. Binnen het gebied waar de pluimontwikkeling plaatsvindt is het grid fijner dan aan de randen van het model. Aan de randen van het model bedraagt de blokgrootte 40 meter en in het gebied van de pluimontwikkeling 5 meter. Op deze manier wordt de pluimcontour minimaal beïnvloed door numerieke dispersie.

Met het gebruikte model is de volledige afbraak van trichlooretheen naar etheen gesimuleerd. De afbraaksnelheden zijn aan de hand van een literatuurstudie en eerder uitgevoerde berekeningen vastgesteld. Tevens is de adsorptie in het model beschreven aan de hand van adsorptieparameters die voor de verschillende bodemlagen experimenteel zijn bepaald. De afbraak en adsorptieparameters, die zijn gebruikt in het model, zijn weergegeven in tabel 5.1 en 5.2.

Tabel 5.1. Afgeleide distributiecoëfficiënten en retardatiefactoren per bodemlaag ( $K_d$  in  $m^3/kg$ ).

Bodemlaag	Trichlooretheen		Dichlooretheen		Vinylchloride	
	$K_d$	R	$K_d$	R	$K_d$	R
Strandwalpakket	0,62	3,9	0,19	1,9	0,01	1,0
Basisveen	22,63	107,7	6,83	33,2	0,26	2,2
Eerste watervoerende pakket	0,15	1,7	0,05	1,2	0,00	1,01

Tabel 5.2. Halfwaardetijden die zijn gebruikt in het model.

Bodemlaag	Trichlooretheen	Dichlooretheen	Vinylchloride
Strandwalpakket	1,2	1,0	2,6
Basisveen	-	-	-
Eerste watervoerende pakket	6,0	5,0	13,0

Er zijn twee brongebieden gedefinieerd met trichlooretheenconcentraties van  $11 \mu g/l$  (puur product) en  $1,1 mg/l$ , met oppervlakken van respectievelijk  $100$  en  $500 m^2$ . Het betreffen de grondwaterverontreiniging in de noordwesthoek alsmede het trihok (zie fig. 11.1 in bijlage 11). Deze hoeveelheden trichlooretheen zijn op deze locaties in het model tevens als extra geadsorbeerde hoeveelheid meegenomen. Op deze manier wordt in het model een hoge nalevering van trichlooretheen gesimuleerd. De initiële concentraties van de afbraakproducten DCE en VC zijn beschreven met een homogeen concentratieveld van  $0,01 \mu g/l$ .

Model 1 is het basismodel. In model 2 is de tussenzandlaag in twee secties met een groot contrast in doorlatendheid onderverdeeld. In model 3 is in het onderste deel van de tussenzandlaag een zeer goed doorlatende geulopvulling aangebracht die zich tussen de bron en de limietgrens heen slingert. In model 4 is diezelfde geul plaatselijk door slecht doorlatende secties onderbroken. In figuur 5.3 (a t/m e) zijn de berekeningsresultaten van het bovenste deel van de tussenzandlaag weergegeven en in figuur 5.4 (a t/m e) zijn de berekeningsresultaten van het onderste deel van de tussenzandlaag weergegeven. De getekende lijnen geven de contouren weer na 5, 15 en 25 jaar.

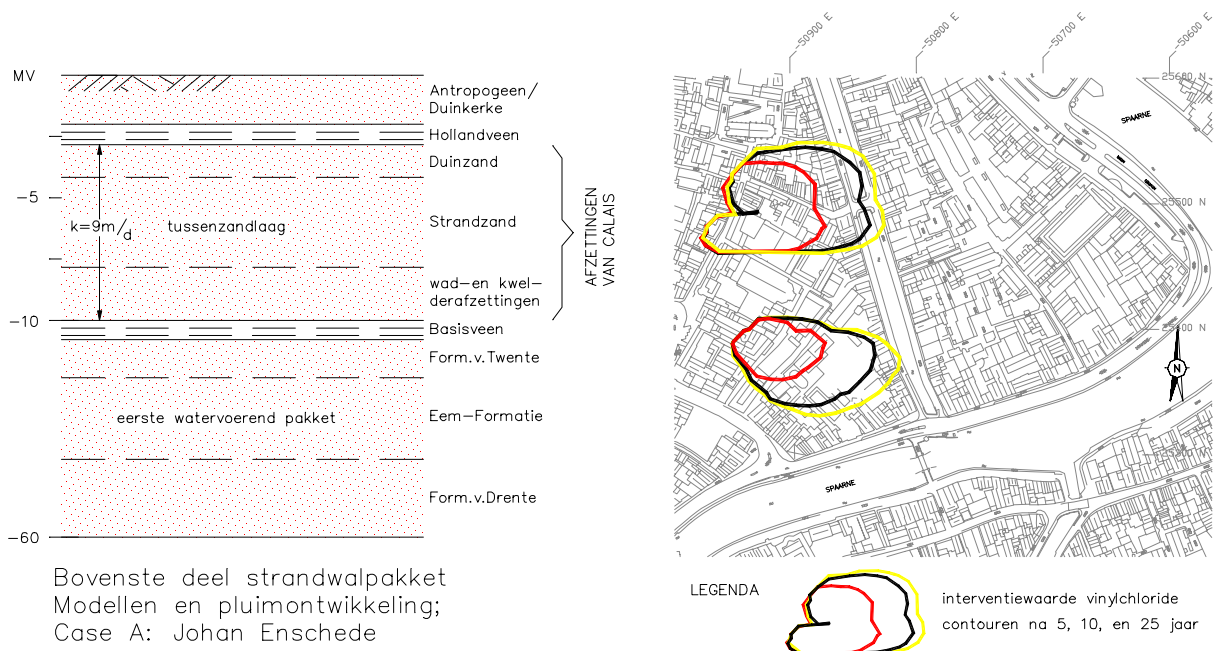
Uit de berekeningsresultaten wordt geconcludeerd dat:

- aanname van een bodemopbouw waarin watervoerende pakketten in meer en minder doorlatende secties worden onderverdeeld vrijwel geen effect heeft op de vorm van de pluim die zich gaat ontwikkelen;
- aanname van de aanwezigheid van een zeer goed doorlatende geul tussen de bron en de Bakenessergracht evenmin tot een grote afwijking leidt.

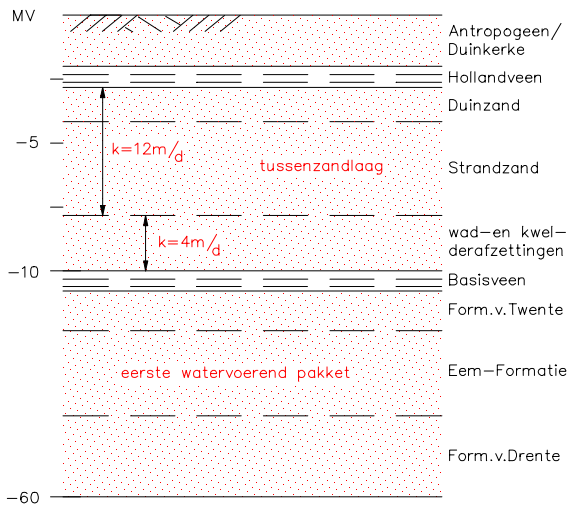
De resultaten van de berekeningen zijn uiteindelijk bepalend voor de breedte van de lijn waarop de monitoringspunten worden gepositioneerd (de monitoringslijn).

Op basis van de berekeningsresultaten wordt geconcludeerd dat:

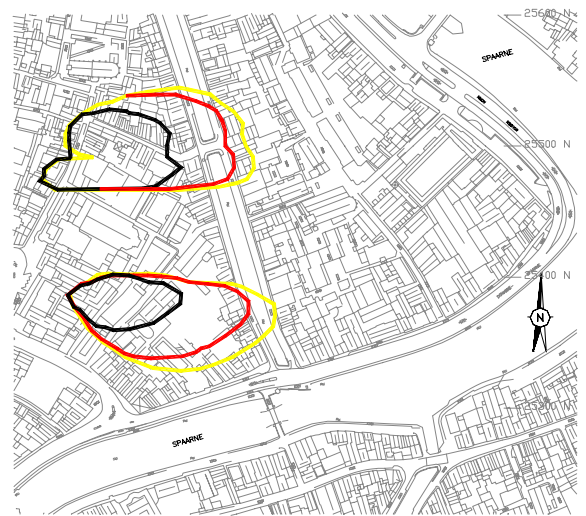
- het effect van bodemheterogeniteit op het middelste schaalniveau op de verspreiding van verontreinigingen voor dit geval beperkt lijkt;
- voor dit specifieke geval het wenselijk is om de monitoring uit te voeren over een lijn met punten met een totale breedte van 200 meter (uitgaande van een monitoringslijn in de nabijheid van de limietgrens).



a

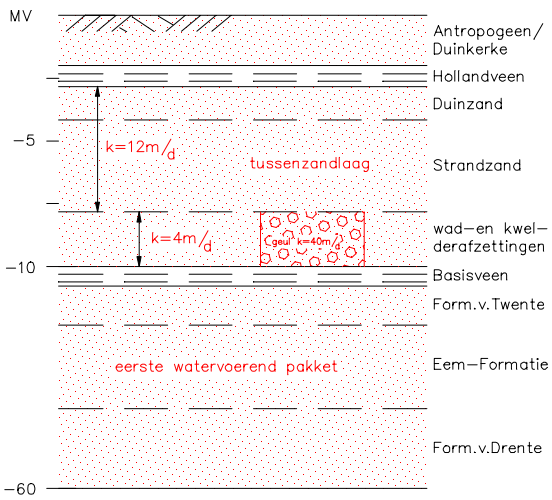


Bovenste deel strandwalpakket Modellen en pluimontwikkeling; Case A: Johan Enschede

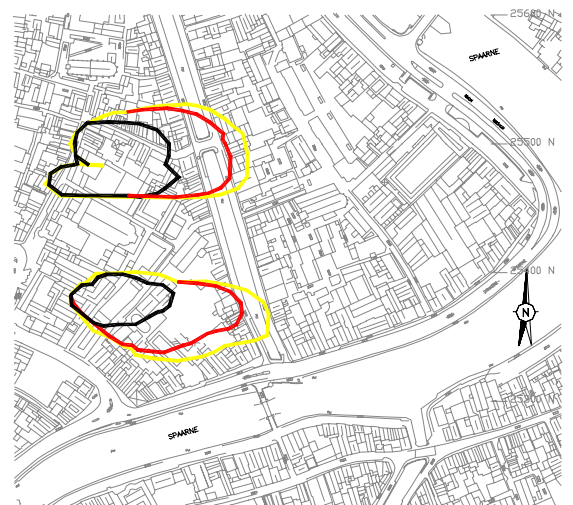


LEGENDA interventiewaarde vinylchloride contouren na 5, 10, en 25 jaar

b

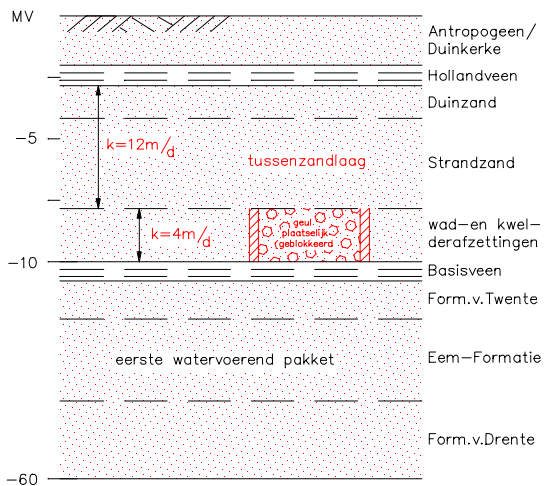


Bovenste deel strandwalpakket Modellen en pluimontwikkeling; Case A: Johan Enschede

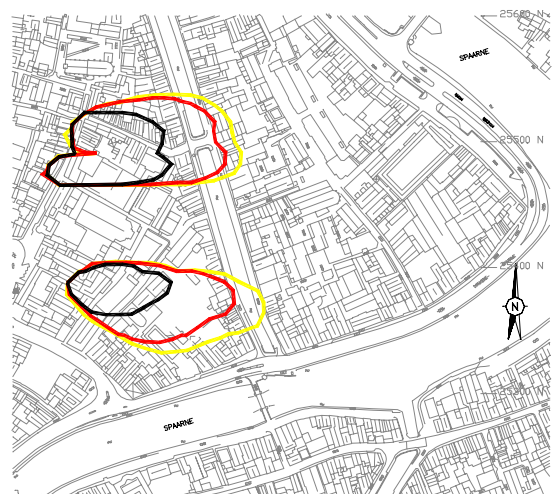


LEGENDA interventiewaarde vinylchloride contouren na 5, 10, en 25 jaar

c

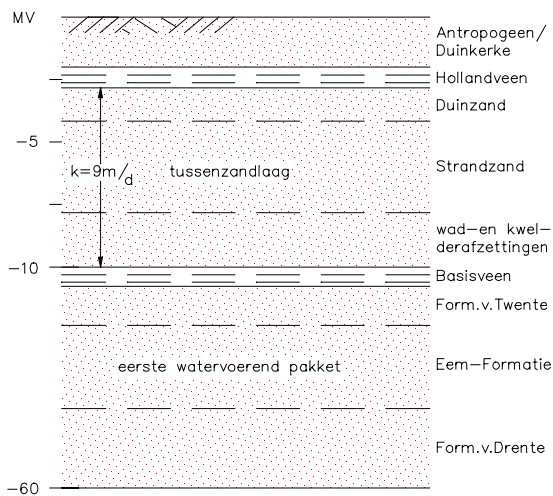


Bovenste deel strandwalpakket  
Modellen en pluimontwikkeling;  
Case A: Johan Enschede

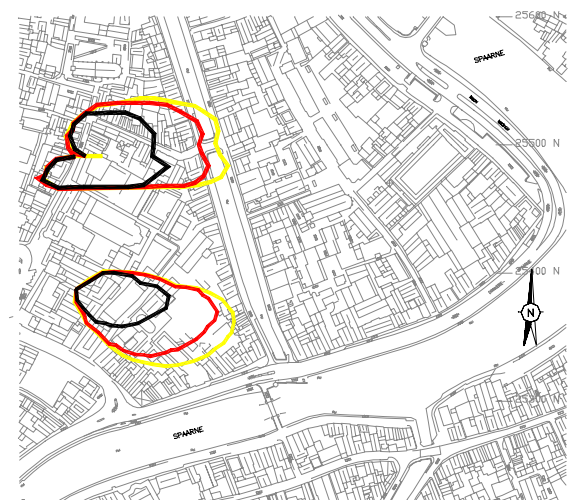


LEGENDA interventiewaarde vinylchloride  
contouren na 5, 10, en 25 jaar

d



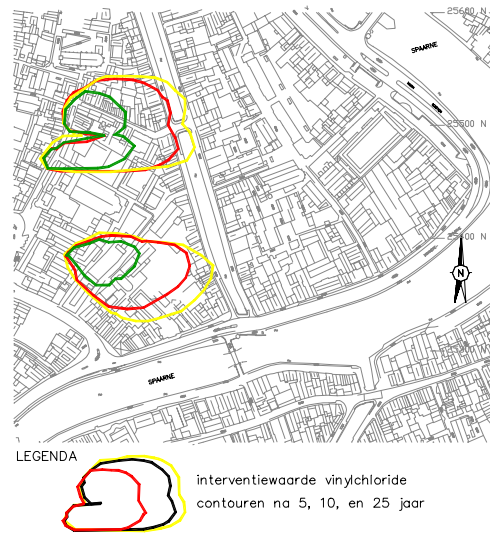
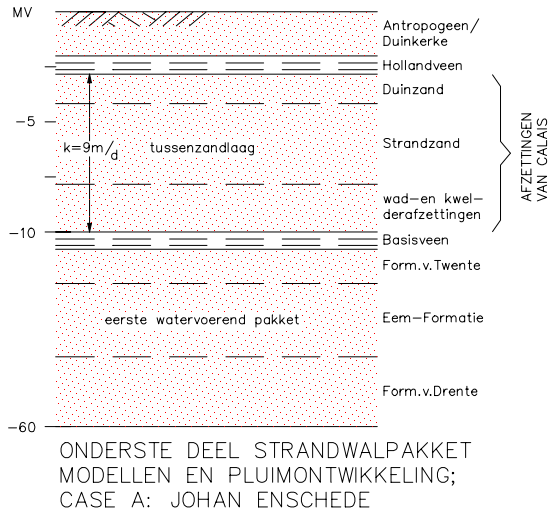
Bovenste deel strandwalpakket  
Modellen en pluimontwikkeling;  
Case A: Johan Enschede



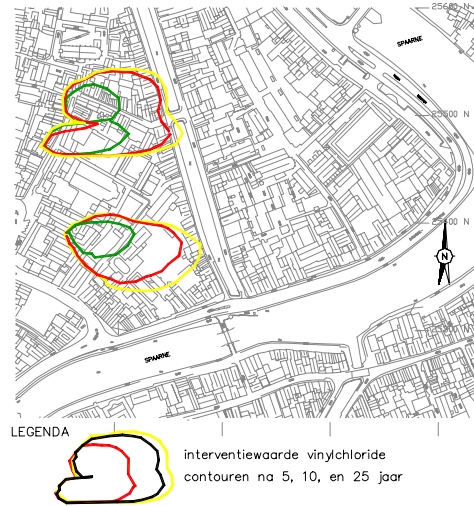
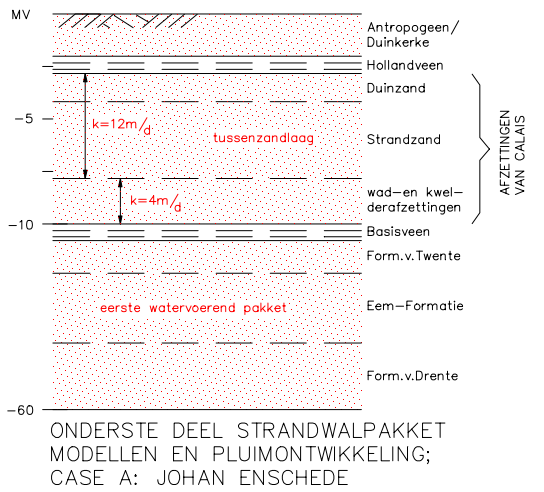
LEGENDA interventiewaarde vinylchloride  
contouren na 5, 10, en 25 jaar

e

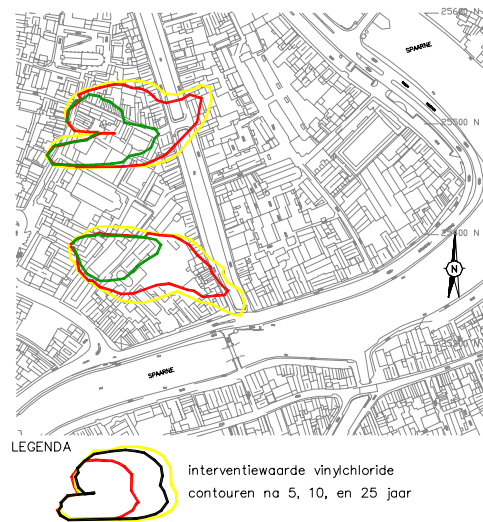
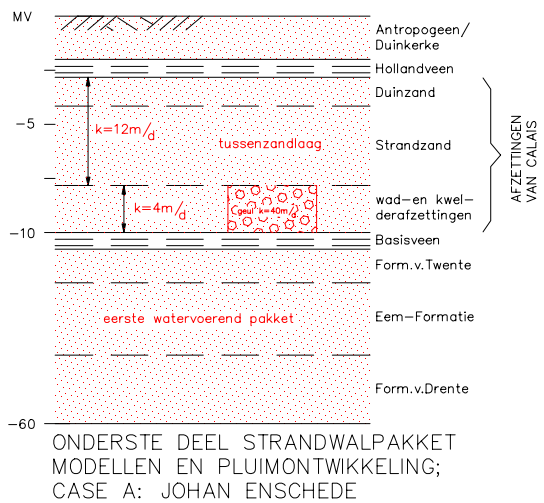
Fig. 5.3. Berekeningsresultaten van het bovenste deel van de tussenzandlaag.



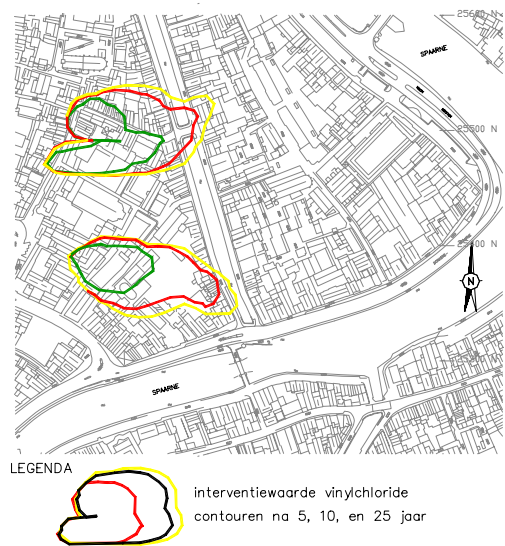
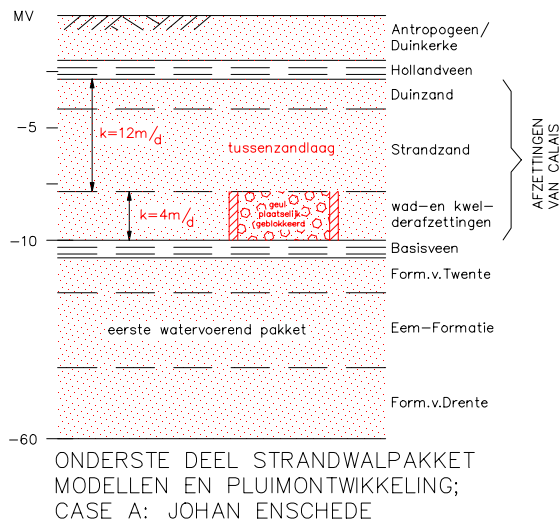
a



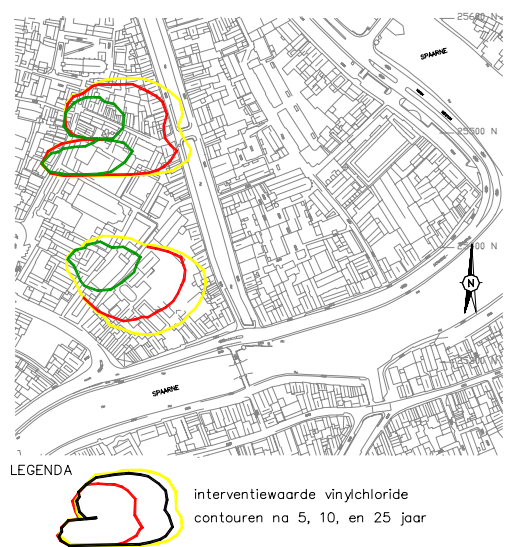
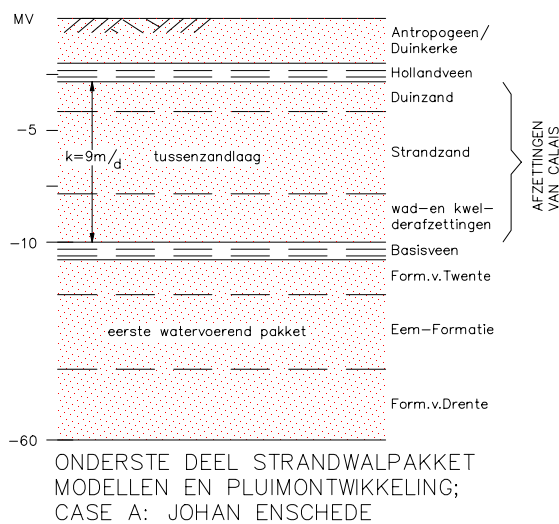
b



c



d



e

Fig. 5.4. Berekeningsresultaten van het onderste deel van de tussenzandlaag.



APPENDIX 6

**BEREKENING VAN NORM- EN STOFFLUXEN, GEVAL JOH. ENSCHEDÉ**

Tabel 6.1. Berekening van de normflux voor dichlooretheen, tussenzandlaag.

Signaalwaarde (mg/l)	15
Toelaatbare verspreiding van de contour van de signaalwaarde (m/jr)	5
Dikte van het pakket (m)	10
Porositeit	0,35

Peilbuispaar	B <sub>grens</sub> (m)	Normflux (kg/jr)
214-204	95	2,49E-02
213-251	150	3,94E-02
214-252	150	3,94E-02
214-253	150	3,94E-02
214-201	165	4,33E-02
214-212	100	2,63E-02
214-218	100	2,63E-02
222-001	115	3,02E-02

Tabel 6.2. Berekening van de normflux voor dichlooretheen, eerste watervoerende pakket.

Signaalwaarde (mg/l)	15
Toelaatbare verspreiding van de contour van de signaalwaarde (m/jr)	5
Dikte van het pakket (m)	15
Porositeit	0,35

Peilbuispaar	B <sub>grens</sub> (m)	Normflux (kg/jr)
203-204	95	3,74E-02
200-251	135	5,32E-02
200-252	150	5,91E-02
200-253	150	5,91E-02
210-201	200	7,88E-02
203-218	150	5,91E-02

Tabel 6.3. Berekening van de normflux voor vinylchloride, eerste watervoerende pakket.

Signaalwaarde (mg/l)	5
Toelaatbare verspreiding van de contour van de signaalwaarde (m/jr)	5
Dikte van het pakket (m)	15
Porositeit	0,35

Peilbuispaar	B <sub>grens</sub> (m)	Normflux (kg/jr)
203-204	95	1,25E-02
200-251	135	1,77E-02
200-252	150	1,97E-02
200-253	150	1,97E-02
210-201	200	2,63E-02
203-218	150	1,97E-02

Tabel 6.4. Berekening van de stofflux voor dichlooretheen, tussenzandlaag (gebaseerd op de in tabel 6.6 weergegeven concentraties). Eerste tabel zonder peilbuis 134 en tweede tabel met peilbuis 134).

Peilbuispaar	dh	dl	v <sub>p</sub>	dC	Hoek	B <sub>grens</sub>	Signaalwaarde	S <sub>adv</sub>	S <sub>disp</sub>
	(m)	(m)	(m/jr)	(kg/m <sup>3</sup> )		(m)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/jr)	(kg/jr)
214-204	-0,09	95	-8,9	4,40E-05	80	105	1,50E-05	-4,83E-02	2,13E-02
213-251	0,21	90	21,9	1,81E-05	65	130	1,50E-05	1,35E-01	2,59E-02
214-252	0,12	250	4,5	4,60E-05	75	135	1,50E-05	3,08E-02	5,40E-03
214-253	0,34	250	12,8	4,52E-05	75	135	1,50E-05	8,74E-02	3,94E-02
214-201	0,13	135	9,0	3,15E-05	70	125	1,50E-05	5,57E-02	4,33E-02
214-212	-0,01	130	-0,7	1,87E-05	70	70	1,50E-05	-2,49E-03	3,42E-04
214-218	-0,04	75	-5,0	4,60E-05	90	80	1,50E-05	-2,10E-02	1,23E-02
222-001	-0,02	30	-6,3	2,64E-05	90	70	1,50E-05	-2,30E-02	1,93E-02

Peilbuispaar	dh	dl	v <sub>p</sub>	dC	Hoek	B <sub>grens</sub>	Signaalwaarde	S <sub>adv</sub>	S <sub>disp</sub>
	(m)	(m)	(m/jr)	(kg/m <sup>3</sup> )		(m)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/jr)	(kg/jr)
134-253	0,36	250	13,5	7,90E-02	40	135	1,50E-05	6,16E-02	1,85E+01
134-201	0,15	115	12,2	7,90E-02	50	125	1,50E-05	6,15E-02	4,03E+01
134-212	0,01	105	0,9	7,90E-02	40	70	1,50E-05	2,11E-03	1,51E+00

Tabel 6.5. Berekening van de stofflux voor dichlooretheen en vinylchloride, eerste watervoerende pakket (gebaseerd op de in tabel 6.7 weergegeven concentraties).

Peilbuispaar	dh	dl	v <sub>p</sub>	dC	Hoek	B <sub>grens</sub>	Signaalwaarde	S <sub>adv</sub>	S <sub>disp</sub>
	(m)	(m)	(m/jr)	(kg/m <sup>3</sup> )		(m)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/jr)	(kg/jr)
203-204	-0,03	155	-3,4	8,30E-03	45	140	1,50E-05	-2,68E-02	1,36E+00
200-251	0,02	120	3,0	3,00E-03	80	125	1,50E-05	2,86E-02	-6,82E-01
200-252	0,01	110	1,6	3,00E-03	90	160	1,50E-05	2,03E-02	-5,27E-01
200-253	0,04	130	5,5	3,00E-03	80	150	1,50E-05	6,35E-02	-1,39E+00
210-201	0,02	75	4,7	1,20E-02	90	180	1,50E-05	6,70E-02	-1,02E+01
203-218	-0,01	65	-2,7	8,30E-03	90	145	1,50E-05	-3,11E-02	3,79E+00

Peilbuispaar	dh	dl	vp	dC	Hoek	B <sub>grens</sub>	Signaalwaarde	S <sub>adv</sub>	S <sub>disp</sub>
	(m)	(m)	(m/jr)	(kg/m <sup>3</sup> )		(m)	(kg/m <sup>3</sup> )	(kg/jr)	(kg/jr)
203-204	-0,03	155	-3,4	2,80E-04	45	140	5,00E-06	-8,92E-03	4,60E-02
200-251	0,02	120	3,0	1,30E-05	80	125	5,00E-06	9,55E-03	-2,96E-03
200-252	0,01	110	1,6	1,30E-05	90	160	5,00E-06	6,77E-03	-2,29E-03
200-253	0,04	130	5,5	1,30E-05	80	150	5,00E-06	2,12E-02	-6,04E-03
210-201	0,02	75	4,7	6,00E-05	90	180	5,00E-06	2,23E-02	-5,11E-02
203-218	-0,01	65	-2,7	2,80E-04	90	145	5,00E-06	-1,04E-02	1,28E-01

Tabel 6.6. DCE-concentraties in peilbuizen, tussenzandlaag (001\* is fictieve peilbuis).

Peilbuis	DCE (µg/l)
001*	5
134	79.000
201	14,5
204	2
212	27,3
213	30
214	46
218	< 0,8
222	31,4
251	11,9
252	< 0,5
253	0,8

Tabel 6.7. DCE- en VC-concentraties in peilbuizen, bovenste deel van het eerste watervoerende pakket.

Peilbuis	DCE (µg/l)	VC (µg/l)
200	3.000	13
201	< 1	< 0,5
203	8.300	280
204	< 1	< 0,5
210	12.000	60
218	15	11
251	< 1	< 0,5
252	< 1	< 0,5
253	< 1	< 0,5

Tabel 6.8. Stijghoogten in peilbuizen, tussenzandlaag (001\* is fictieve peilbuis).

Peilbuis	Stijghoogte (t.o.v. NAP)
001*	-0,38
134	-0,46
201	-0,61
204	-0,39
212	-0,47
213	-0,55
214	-0,48
218	-0,44
222	-0,40
251	-0,76
252	-0,60
253	-0,82

Tabel 6.9. Stijghoogten in peilbuizen, bovenste deel van het eerste watervoerende pakket.

Peilbuis	Stijghoogte (t.o.v. NAP)
200	-0,97
201	-0,95
203	-0,90
204	-0,93
210	-0,93
218	-0,91
251	-0,99
252	-0,98
253	-1,01

Tabel 6.10. Stijghoogteverschil en afstanden tussen peilbuizen binnen het peilbuispaar.

Peilbuispaar	Stijghoogteverschil (m)	Afstand (m)
<i>Tussenzandlaag:</i>		
214-204	-0,09	95
213-251	0,21	90
214-252	0,12	250
214-253	0,34	250
214-201	0,13	135
214-212	-0,01	130
214-218	-0,04	75
222-001	-0,02	30
<i>Eerste watervoerende pakket:</i>		
200-251	0,02	120
200-252	0,01	110
200-253	0,04	130
210-201	0,02	75
203-218	-0,01	65
203-204	-0,03	155

Tabel 6.11. Spreadsheet voor de plaatsing van meetpuntparen langs een I-contour voor de bepaling van stoffluxen (case A: geval Joh. Enschedé, eerste watervoerende pakket).

<b>(I)-contourinformatie</b>									
Dikte van het pakket (m)	15		$V_{porie}$ (m/jr)	5					
Lengte (m)	300		$K_{gem}$ (m/d)	17					
Breedte (m)	220		$K_{max}$	17					
Uitstroomomtrek (m)	615		$K_{min}$	17					
Aantal segmenten	6		$C_{gem}$ ( $\mu\text{g/l}$ )	2,59E-03					
Maximummeetpuntparen	12		$C_{max}$	1,20E-02					
Indicatie aantal meetparen	9,27E+00		$C_{min}$	1,00E-06					
segmentnummer				<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
segmentbreedte				140	125	160	150	180	145
hoek met stroming				45	80	90	80	90	90
poriewatersnelheid				-3,4	3	1,6	5,5	4,7	-2,7
doorlatendheid				17	17	17	17	17	17
concentratie (hoog)				3,00E-03	3,00E-03	3,00E-03	3,00E-03	1,20E-02	8,30E-03
<b>gewichtsfactor</b>									
advectie				0,71	0,985	1,000	0,985	1,000	1,000
dispersie				1,91	3,19	4,42	2,47	2,58	2,50
k-contrast				#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
C-contrast				0,51	0,512	0,512	0,512	1,000	0,859
Beleggingsfactoren	advectie/dispersie			2,62	4,173	5,419	3,454	3,579	3,500
(meetpuntparen)	advectie/k-contrast			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	advectie/dispersie/k-contrast			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
	advectie/C-contrast			0,36	0,504	0,512	0,504	1,000	0,859
	advectie/dispersie/C-contrast			1,34	2,136	2,774	1,768	3,579	3,006
			som over contour						
Wegingsfactor per segment, advectie/dispersie	3425,53	366,98	521,63	867,11	518,16	644,14	507,50		
Aantal meetpuntparen per segment	12	1,3	1,8	3,0	1,8	2,3	1,8		
Wegingsfactor per segment, advectie/C-contrast	575,69	50,67	63,00	81,89	75,60	180,00	124,53		
Aantal meetpuntparen per segment	12	1,1	1,3	1,7	1,6	3,8	2,6		
Wegingsfactor per segment, adv./disp./C-contrast	2243,79	187,83	266,98	443,79	265,20	644,14	435,85		
Aantal meetpuntparen per segment	12	1,0	1,4	2,4	1,4	3,4	2,3		

APPENDIX 7

**REKENPROGRAMMA'S VOOR KOSTEN VAN MONITORING EN SANERINGS-  
KOSTEN BIJ FALEND MONITORINGSSYSTEEM; BEREKENING VAN  
NETTO-CONTANTE WAARDE**

7.1 **Kosten van monitoring**

  invulcellen

  cel met eindresultaat: kosten monitoring

**Richtlijnen kosten monitoring**

*Invulkolom*

**Rekenvoorbeeld 1**

eenheidsprijzen te gebruiken als prijsindicatie

*monstername*

diepte	minimaal	maximaal	aantal	totale kosten
5	75	175		
10	88	188		
15	100	200		
20	113	213		
25	125	225		
30	138	238		
35	150	250		
40	163	263		
45	175	275		
50	188	288		

*intensief meetnet*

aantal	totale kosten
25	4.688
35	8.313

*analyse*

	minimaal	maximaal		
	50	1.000		60
				21.000

*bijkomende kosten per analyse*

	minimaal	maximaal		
begeleiding	125	500		60
rapportage	125	500		60
				7.500
				7.500

*Monitoringskosten per ronde*

subtotaal				49.000
-----------	--	--	--	--------

**Gekapitaliseerde kosten uitvoering monitoring (elke 3 jaar 1 meetronde)**

<b>kapitalisatiefactor:</b>	<b>6,1447</b>			<b>301.093</b>
kies uit onderstaande keuzetabel				

*Keuzetabel kapitalisatiefactor voor berekening eeuwigdurende monitoring*

rente:	7	%	rentecijfer eventueel aanpassen in los bestand
inflatie:	3	%	inflatiecijfer eventueel aanpassen in los bestand

	23,7777	8,9568	6,1447	4,7422	4,1727	1,8631	1,1050	0,7345	0,5188
	47,5554	17,9136	12,2895	9,4845	8,3454	3,7262	2,2099	1,4689	1,0376
	71,3332	26,8704	18,4342	14,2267	12,5182	5,5893	3,3149	2,2034	1,5564
	95,1109	35,8272	24,5790	18,9689	16,6909	7,4525	4,4198	2,9378	2,0752
	118,8886	44,7840	30,7237	23,7111	20,8636	9,3156	5,5248	3,6723	2,5940
	142,6663	53,7407	36,8685	28,4534	25,0363	11,1787	6,6297	4,4067	3,1128

Voor meer informatie over de kosten van monitoring zie '98-1-02 rekenmodel' op de cd-rom.

## 7.2 Saneringskosten bij falend monitoringssysteem

<b>Kenmerken grondwatersanering: BASISMODEL VERONTREINIGING</b>							
kenmerk emissiescenario	eenheid/ eigenschap	grondwatersanering emissiescenario					
		grootte parameters	grootte parameters	grootte parameters	grootte parameters	grootte parameters	grootte parameters
omvang pluim (bodenvolume)	m <sup>3</sup>	100	1.000	10.000	100.000	500.000	1.000.000
vorm pluim	verhouding l:b	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3	1:3
retardatiefactor	-	2	2	2	2	2	2
doorlatendheid bodem	kD	500	500	500	500	500	500
aanwezigheid afsluitende laag onderzijde pluim	j/n	j	j	j	j	j	j
aard verontreiniging	(an)organisch	organisch	organisch	organisch	organisch	organisch	organisch
onttrekkingsdebiet	m <sup>3</sup> /dag	25	100	250	1.200	2.400	4.800
onttrekkingsduur	dag	8	20	80	167	417	417
totaal onttrekken	m <sup>3</sup>	200	2.000	20.000	200.000	1.000.000	2.000.000
kosten onttrekking	NLG	160	1.400	12.000	100.000	400.000	600.000
duur zuivering	dag	2	6	24	50	125	125
kosten zuivering	NLG	1.200	9.000	60.000	360.000	1.200.000	1.200.000
kosten onttrekkingssysteem	NLG	15.000	25.000	50.000	75.000	100.000	150.000
<b>TOTALE KOSTEN GROND- WATERSANERING</b>		<b>16.360</b>	<b>35.400</b>	<b>122.000</b>	<b>535.000</b>	<b>1.700.000</b>	<b>1.950.000</b>

Voor meer informatie over de saneringskosten bij falend monitoringssysteem zie '98-1-02 rekenmodel' op de cd-rom.

## 7.3 Toelichting op de berekening van de netto-contante waarde

### *Theoretische basis*

Als in de toekomst een investering moet worden gedaan, of sprake is van periodiek terugkerende kosten, dan kan bij een begroting dan wel reservering van deze kosten niet zonder meer worden uitgegaan van het investeringsbedrag of de som van bijvoorbeeld de exploitatiekosten. Immers, enerzijds zorgt de rente ervoor dat een nu gereserveerd bedrag in de tijd groeit en anderzijds wordt door de inflatie het gereserveerde bedrag minder waard. Dit is van toepassing bij eenmalige kosten, bij herinvestering eenmalige kosten (b.v. vervanging van het grondwatersanerings-systeem) en bij jaarlijkse kosten (b.v. zuivering van het grondwater).

### *Eenmalige kosten*

Gesteld dat over een jaar een bedrag (B) moet worden geïnvesteerd. Rekening houdend met de inflatie (i) bedraagt het te investeren bedrag op dit moment:  $B \cdot (1 + i)$ . Een bedrag (A) dat op dit moment wordt gereserveerd om de investering te kunnen doen is over één jaar, rekening houdend met de rente (r),  $A \cdot (1 + r)$  waard. Hieruit volgt:

$$B \cdot (1 + i) = A \cdot (1 + r) \text{ en } A = B \cdot (1 + i)/(1 + r)$$

$(1 + i)/(1 + r)$  wordt factor f genoemd.

De contante waarde (A) van een investering (B) over één jaar is dus:  $A = B \cdot f$ .  
Analoog geldt voor de contante waarde van een investering over n jaar:  $A = B \cdot f^n$ .

### *Jaarlijkse kosten*

Gesteld dat over een periode van n jaar elk jaar een bedrag C moet worden uitgegeven, dan is de contante waarde voor het bedrag (C), op dit moment uit te geven, C. De contante waarde voor het bedrag (C) over één jaar uit te geven is  $C \cdot f$  en over twee jaar  $C \cdot f^2$  enzovoorts. De som van de meetkundige reeks  $C: C \cdot f, C \cdot f^2, C \cdot f^3 \dots C \cdot f^n$ , dat wil zeggen de contante waarde van de jaarlijkse kosten bedraagt:  $A = C \cdot 1 - f^n / (1 - f)$ . De vermenigvuldigingsfactor voor een jaarlijkse kostenpost bij handhaving van de saneringsmaatregelen gedurende een oneindig lange periode bedraagt 21,4 (bij  $r = 7\%$  en  $i = 2\%$ ).

### *Periodieke herinvesteringen*

Periodieke herinvestering C om de n jaar wordt berekend als volgt:

$$C \cdot f_j + C \cdot f_{2j} + C \cdot f_{3j} \dots \text{enzovoorts}$$

Bijvoorbeeld: vervangingstermijn van 15 jaar:

$$C \cdot f_{50} + C \cdot f_{100} + C \cdot f_{150} \dots \text{enzovoorts}$$

### *Rente- en inflatiecijfer*

De berekende kapitalisatiefactoren zijn sterk afhankelijk van de rente- en inflatiecijfers. Aangezien er geen 'standaard'waarden voor zijn - ieder bevoegd gezag heeft zijn eigen richtlijn met betrekking tot de te hanteren waarden - bestaat binnen het rekenmodel (zie '98-1-02 rekenmodel' op de cd-rom) de mogelijkheid deze waarden aan te passen. De defaultwaarden zijn de waarden die doorgaans door VROM worden gehanteerd.

**CASE B: LEKINTENSITEIT, LEKOPPERVLAKTE EN BRONGEHALTE****8.1 Lekintensiteit, lekoppervlakte en brongehalte**

Indien het percolaat in het watervoerende pakket terechtkomt, treedt ten gevolge van menging verdunning op. Het percolaat heeft immers een relatief hoog gehalte aan verontreinigende stoffen ten opzichte van het schone water in het watervoerende pakket. Deze verdunning is van belang bij de vorming van een vuilpluim en de concentraties die binnen de vuilpluim kunnen voorkomen. De mate van verdunning (verdunningsfactor) is afhankelijk van de 'schijf' water waarover verdunning optreedt, de stromingssnelheid in het watervoerende pakket, de lekintensiteit en de lekoppervlakte.

Met de verdunningsfactor kan, voorafgaand aan pluimberekeningen, worden bepaald of een bepaalde lekkage tot detecteerbare gehalten in het watervoerende pakket leidt. Daarnaast kan worden bepaald welke combinatie van *brongehalte*, *lekintensiteit* en *lekoppervlakte* tot een detecteerbare verhoging in het watervoerende pakket leidt. Tevens kan in geval van meerdere (potentiële) bronnen worden nagegaan welke lekkage maatgevend is.

De *lekintensiteit* wordt omschreven als het debiet waarmee verontreinigende stoffen in het watervoerende pakket terechtkomen. Voor de lekintensiteit zijn hier waarden van 5, 30 en 300 mm/jaar gehanteerd. Deze komen overeen met respectievelijk een volledige bovenafdichting, een kwalitatief minder goede bovenafdichting en een situatie zonder bovenafdichting.

De *lekoppervlakte* is de oppervlakte waarover de verontreiniging in het watervoerende pakket terechtkomt. Voor de stortplaats zijn oppervlakten van 5, 25, 50, 125, 500, 1.500, 2.500 en 7.500 m<sup>2</sup> gekozen. Daarnaast is nog een oppervlakte van 41.000 m<sup>2</sup> beschouwd (oppervlakte van A1) en een oppervlakte van 316.000 m<sup>2</sup> (oppervlakte van het gehele stort). De kleinere oppervlakten kunnen representatief worden gehouden voor preferente stroming (lekkage) via gefundeerde geulen.

Het *brongehalte* (concentratie in het percolaat) is het gehalte waarmee de verontreinigende stof in het watervoerende pakket terechtkomt. Bij de bepaling ervan zal bij voorkeur gebruik worden gemaakt van gemeten percolaatgehalten in het stortmateriaal. Vaak zijn deze gehalten niet beschikbaar. Bij het ontbreken daarvan kan op basis van het type en ouderdom van de stortplaats (bepalend voor de fase waarin het stort verkeerd), via literatuurgegevens, een indruk van gehalten in het stort worden verkregen. Voor de onderhavige situatie lijkt een concentratie voor chloride van 3.000 mg/l aannemelijk. Daarnaast kan op basis van gehalten in het grondwater onder het stort worden teruggerekend naar de gehalten in het stortmateriaal.

De bovenbeschreven elementen zijn van belangrijke invloed op de effectiviteit van een monitoringssysteem. In tabel 8.1 zijn de diverse combinaties tussen lekoppervlakte, lekintensiteit en brongehalte, die hier worden beschouwd, weergegeven.

Tabel 8.1. Combinaties van brongehalte, lekintensiteit en lekoppervlakte die ten behoeve van case B worden beschouwd.

Brongehalte	Lekintensiteit (mm/jaar)	Lekoppervlakte (m <sup>2</sup> )
3.000 mg/l	5, 30, 300	5, 25, 50, 125, 500, 1.500, 2.500, 41.000, 316.000



## 8.2 Verdunning

Voor de **berekening van de verdunningsfactor** worden onderstaande uitgangspunten gehanteerd:

- Er wordt geen rekening gehouden met dichtheidsstroming.
- In een situatie zonder bovenafdichting bereikt het percolaat midden onder het stort gemiddeld (het indringingsverloop is niet lineair) een diepte van 20 m in het watervoerende pakket (tot op de eerste scheidende laag). Deze diepte wordt bereikt als gevolg van een infiltratie van het volledige neerslagoverschot van 300 mm/jaar en menging als gevolg van dispersie. Uit metingen blijkt dat beïnvloeding tot op deze scheidende laag is opgetreden. Wanneer een bovenafdichting is aangebracht, neemt de dikte van de waterschijf, waarover menging optreedt, af. Bij een voeding op het stort van 30 mm/jaar wordt dan een waterschijf met een dikte van circa 5 m berekend (Hoeks). Bij een voeding van 5 mm/jaar is dat circa 2 m.
- Het grondwater in het watervoerende pakket stroomt met een gemiddelde snelheid van 15 m/jaar, uitgaande van een noord-westelijke stromingsrichting met een verhang van 0,2 m/km, een gemiddelde doorlaatfactor van 50 m/etm en een porositeit van 0,3.
- Uitgegaan is van een zogenaamd propstromingsmodel waarbij het percolaat, dat het stort verlaat, zich direct mengt over de volledige dikte van de waterschijf en vervolgens als een 'front' horizontaal afstroomt.
- De grootste lengte (west-oost richting) en breedte (noord-zuid richting) van A1 in het stromingsveld van het grondwater bedraagt 160 x 220 m.

De met de onderstaande vergelijkingen berekende verdunningsfactor wordt weergegeven in tabel 8.2:

$$Q_g = kD \cdot \frac{\delta h}{\delta x} \cdot \sqrt{A}$$

$$Q_p = A \cdot q$$

$$V = \frac{Q_g + Q_p}{Q_p}$$

waarin:

- $Q_g$  is het langsstromende debiet onder het stort ( $m^3/etm$ );  
 $Q_p$  is het infiltrerende debiet op het stort ( $m^3/etm$ );  
 $kD$  is het doorlaatvermogen van het doorstroomde deel van het watervoerende pakket ( $m^2/etm$ );  
 $dh/dx$  is het verhang ( $m/m$ );  
 $A$  is de lekoppervlakte ( $m^2$ );  
 $q$  is de lekintensiteit ( $m/etm$ );  
 $V$  is de verdunningsfactor (-).

Tabel 8.2. Verdunningsfactoren als functie van lekintensiteit en lekoppervlakte.

Lekoppervlakte (m <sup>2</sup> )	Lekintensiteit (mm/jaar)		
	5	30	300
5	653,9	273,1	191,4
25	293,0	122,7	86,2
50	207,5	87,0	61,2
125	131,6	55,4	39,1
500	66,3	28,2	20,0
1.500	38,7	16,7	12,0
2.500	30,2	13,2	9,5
7.500	17,9	8,0	5,9
41.000	8,2	4,0	3,1
136.000	5,0	2,6	2,2

Tabel 8.2 wordt als volgt gelezen: bij een lekoppervlakte van 1.500 m<sup>2</sup> en een lekintensiteit van 300 mm/jaar bedraagt de verdunningsfactor 12. Uit de tabel blijkt dat bij hogere lekintensiteiten en grotere lekoppervlakten de mate van verdunning afneemt.

Dit komt doordat de vracht aan verontreiniging, die bij toenemende lekintensiteit in het watervoerende pakket terechtkomt, groter wordt. Hierdoor wordt de verdunning door langsstromend (schoon) grondwater kleiner.

### 8.3 Toename van het gehalte ter plaatse van het lek

In tabel 8.3 is het gehalte in het watervoerende pakket weergegeven ter plaatse van het lek, uitgaande van een brongehalte van 3.000 mg/l (chloride) als functie van de lekoppervlakten en de lekintensiteit.

Tabel 8.3. Berekende gehalten in het watervoerende pakket.

Brongehalte 3.000 mg/l	5 mm/jr	30 mm/jr	300 mm/jr
5	4,59	10,99	15,67
25	10,24	24,46	34,82
50	14,46	34,47	49,00
125	22,80	54,14	76,75
500	45,25	106,36	149,67
1.500	77,53	179,56	250,10
2.500	99,34	227,85	315,24
7.500	167,99	373,86	507,01
41.000	365,39	749,19	966,79
136.000	604,96	1.132,26	1.392,30

De gehalten in het watervoerende pakket zijn berekend door het brongehalte te delen door de verdunningsfactor uit tabel 8.2. Op basis van de tabel kan worden geconcludeerd dat lekkage van bijvoorbeeld chloride vanuit A1 (brongehalte circa 3.000 mg/l) bij een lekintensiteit van 30 mm/jaar (bovenafdichting lekt) boven de 50 mg/l komt wanneer de lekoppervlakte groter dan 125 m<sup>2</sup> is. In peilbuizen waar dit gehalte nog niet wordt overschreden is deze toename meetbaar.

Logischerwijs leiden hogere brongehalten reeds bij kleinere lekoppervlakten tot detecteerbare concentraties in het watervoerende pakket.

#### 8.4 Bronsterkte

Ten behoeve van berekeningen, zoals met het programma DG>Plume, is van het te beschouwen verontreinigingsgeval een bronsterkte in kg/dag nodig. Deze is eveneens afhankelijk van lekdebiet, lekoppervlakte en brongehalte. In tabel 8.4 is per lekoppervlakte en lekdebiet de bronsterkte in kg/dag weergegeven.

Tabel 8.4. Bronsterkte.

Bronsterkte kg/dag	5 mm/jr	30 mm/jr	300 mm/jr
5	3,14222E-07	4,52E-06	6,44E-05
25	3,50648E-06	5,03E-05	0,000715
50	9,90381E-06	0,000142	0,002014
125	3,90389E-05	0,000556	0,007885
500	0,000309956	0,004371	0,061509
1.500	0,001592986	0,022138	0,308348
2.500	0,003401978	0,046818	0,647746
7.500	0,017258839	0,230461	3,125374
41.000	0,205218523	2,524655	32,57962
136.000	1,127054381	12,65646	155,6328