

SKB-project: SV-405

DC-project: 05.02.05

**Demonstratie en Kennisoverdracht Innovatieve
Bodemonderzoekstechnieken (DIB)**

October 2003



Stichting
Kennisontwikkeling
Kennisoverdracht
Bodem

Title:	Demonstratie en kennisoverdracht Innovatieve Bodemonderzoektechnieken (DIB) Report in Dutch (Demonstration- and knowledge transfer Innovative Site investigation technologies)		
Author:	drs. C.C.D.F. van Ree	Institute:	GeoDelft
Author:	drs. R.P. Heijer	Institute:	Grontmij Advies & Techniek bv
Author:	Dr. J.A.C. Meekes	Institute:	TNO-NITG
Author:	F. Debets	Institute:	Van Hall Instituut Business Centre
October 2003			
Number of pages	:	125	
Keywords (3-5)	:	Site characterization, knowledge transfer, cone penetrometer technologies	
DC-Publication-number	:	DC1-525-1	
Institute Publication-number (optional)	:	750205/78	GeoDelft
Report Type	:	☐	Intermediary report or study
	:	☒	Final project report
DUP-publication Type	:	☒	DUP Standard
	:	☐	DUP-Science

Acknowledgement

This research has been sponsored by the Dutch Government through the ICES-2 programme. The research is part of the Research programme of Delft Cluster.

Conditions of (re-)use of this publication

The full-text of this report may be re-used under the condition of an acknowledgement and a correct reference to this publication.

Other Research project sponsor(s):

The research has been sponsored in part by the SKB programme under projectnr. SV-405

--	--	--	--	--	--

Abstract

The range of available equipment for site investigations is much wider than the number of technologies which are routinely applied to meet the increasing data-requirements for soil environmental problems and sustainable (contaminated) land management. Over the last decade new technologies have been developed, amongst which different sensors that can be pushed-in are an important category. They have not yet gained wider use and acceptance in site characterization, monitoring for environmental purposes and soil remediation processes.

It was felt that there was a further need to demonstrate the added value of these techniques in combination with knowledge transfer to different stakeholder groups active in this field.

The aims of the project were:

- increase confidence and acceptance of the more recent developed investigation techniques by demonstrating their use in actual projects
- transfer knowledge about the characteristics of the techniques investigated through factsheets that can be used to select a technique based on data requirements, and instrument specifications and applicability
- exchange of expertise by means of co-operative research.

Data requirements and potential application of innovative technologies have been evaluated for four sites. The Rapid Optical Screening Tool (ROST), Fuel Fluorescence Detector, Videocone, and sampling probes for soil and groundwater have been applied to detect a floating layer of hydrocarbons at a depth of about 15 metres on one location.

The Membrane Interface Probe (MIP), Soil Moisture Probe (SMP) and a Near InfraRed technology (NIR) were applied in combination with push-in sampling probes to detect chlorinated hydrocarbons (including DNAPL's) at another location.

Geophysical techniques have been evaluated for use in detecting the occurrence of sandpits filled with contaminated sediments.

A combination of push-in probes and geophysical techniques is expected to be able to fill the data needs for a case involving restructuring river forelands.

In general it was concluded that the (combination of) techniques is effective in satisfying the information needs, within operational advantages such as a much shorter time frame and strongly reduced costs.

Factsheets have been produced according to a predefined format to describe the available technologies identified by this study and are incorporated in the report. In future a website containing this information is envisioned.

PROJECT NAME:	Demonstratie en Kennisoverdracht Innovatieve Bodemonderzoektechnieken (DIB)	PROJECT CODE:	05.02.05
BASEPROJECT NAME:	Integrated regional subsurface management	BASEPROJECT CODE:	02.05
THEME NAME:	Subsurface Management	THEME CODE:	05

Samenvatting

Het aantal technieken dat gebruikt kan worden voor bodemonderzoek is veel groter dan het aantal routinematig toegepaste meet- en monsternemingstechnieken voor de bepaling van de aard- en omvang van bodemverontreiniging en duurzaam bodembeheer. In de afgelopen tien jaar zijn nieuwe technieken ontwikkeld, waarvan verschillende wegdrukbaar technieken met sensoren een belangrijk deel uitmaken. Er is echter nog geen sprake van een brede toepassing op het gebied van aard- en omvang onderzoek, monitoring en bodemsanering.

De behoefte is geïdentificeerd om de toegevoegde waarde van deze technieken te demonstreren in combinatie met kennisoverdracht naar diverse belangengroepering uit het werkveld.

De doelstelling van het uitgevoerde project waren:

- vergroting van het vertrouwen en de acceptatie van recent ontwikkelde bodemonderzoekstechnieken door middel van de demonstratie van het gebruik in voorbeeldprojecten
- kennisoverdracht over de eigenschappen van de onderzochte technieken met behulp van factsheets die gebruikt kunnen worden om technieken te selecteren op basis van de informatiebehoefte, de apparatuureigenschappen en de toepasbaarheid
- uitwisseling van kennis- en ervaring door gezamenlijk onderzoek

De informatiebehoefte en mogelijke toepassing van innovatieve bodemonderzoekstechnieken is voor 4 locaties geëvalueerd. De 'Rapid Optical Screening Tool' (ROST), Fuel Fluorescence Detector, camerasonde en bemonsteringsondes voor bodem en grondwater zijn toegepast op een locatie met een drijfslaag van koolwaterstoffen op een diepte van zo'n 15 meter.

De Membrane Interface Probe (MIP), Soil Moisture Probe (SMP) en een Near InfraRed techniek (NIR) zijn toegepast in combinatie met wegdrukbaar monsternemingstechnieken om op een locatie de aanwezigheid van een gechloreerde koolwaterstoffenverontreiniging inclusief een eventuele zinklaag (DNAPL) vast te stellen.

Geofysische technieken zijn geëvalueerd voor de toepassing van het opsporen van de aanwezigheid van zandwinputten opgevuld met verontreinigd slib.

Een combinatie van wegdrukbaar technieken en geofysische methoden kan naar verwachting voorzien in de informatiebehoefte voor een locatie waar herinrichting van de uiterwaarden wordt voorzien.

In zijn algemeenheid is de conclusie dat (een combinatie van) innovatieve technieken noodzakelijk is om effectief in de informatiebehoefte te voorzien en dat daarbij operationele voordelen behaald kunnen worden in termen van sneller, beter en goedkoper.

Met behulp van een van te voren vastgesteld format zijn factsheets opgesteld en opgenomen in de bijlage van dit rapport voor de beschrijving van de beschikbare bodemonderzoekstechnieken die zijn geïnventariseerd in dit onderzoek. In de toekomst zal deze informatie mogelijk via een website ter beschikking zijn.

PROJECT NAME:	Demonstratie en Kennisoverdracht Innovatieve Bodemonderzoekstechnieken (DIB)	PROJECT CODE:	05.02.05
BASEPROJECT NAME:	Integrated regional subsurface management	BASEPROJECT CODE:	02.05
THEME NAME:	Subsurface Management	THEME CODE:	05

Executive Summary

The range of available equipment for site investigations is much wider than the number of technologies which are routinely applied to meet the increasing data needs for contaminated land investigation. The application of risk assessment methodologies leads to stepwise characterisation procedures, moving from on site screening to definitive analyses. A proper understanding of contaminant distribution, mobility and bioavailability is necessary for adequate estimates on risks. Resulting from the increased preference for (in situ) remedial options that make optimal use of existing natural processes with often lower dynamics than application of stimulated remediation technologies, the monitoring time frame increases significantly (up to tens of years). This also leads to a substantial effort in soil and groundwater monitoring to manage uncertainty and risks over time.

The present market is heavily relying on the installation of monitoring wells and chemical analysis of samples in the laboratory. Over the last decade new technologies have been developed, amongst which push-in type of equipment derived from the geotechnical Cone Penetrometer Technology is an important category, but have not yet gained wider use and acceptance in site characterization, monitoring for environmental purposes and soil remediation processes.

Making too little use of the technological potential is mainly related to communication to make the existing technologies known and demonstrate the added value in terms time, costs and quality in contaminated land projects. Policy makers, consultants and contractors, all should be better informed about applicability of the techniques and the validity of the soil data derived from them.

The aims of the project were:

- increase confidence and acceptance of the more recent developed investigation techniques by demonstrating their use in actual projects
- transfer knowledge about the characteristics of the techniques investigated, through factsheets that can be used to select a technique based on data requirements, instrument specifications and applicability
- exchange of expertise by means of co-operative research.

The methodology chosen was to perform a number of demonstration projects in close collaboration with all the stakeholders involved. The demonstration cases were selected on the base of the following criteria

- the location is representative for a substantial part of the Dutch subsoil, in particular showing considerable heterogeneity
- the information need is clearly described
- availability of former site investigation results (incl. contamination)
- absence of obstacles that may influence the effectivity of the techniques
- no confidentiality of results
- third parties are allowed to attend the demonstration
- the location is easily accessible

The general process schedule developed for the demonstration cases has been performed along the following lines:

- formulation of a tender document to describe the problem, the information need and the success criteria
- bid by the *co-operating* technique suppliers/ survey contractors. It is essentially *not* a bid in competition

- contract definition
- review of the project results in respect of the success criteria

The knowledge transfer process has been addressed separately. The knowledge about each separate technique is filed in the form of fact sheets according to a predefined format with 11 aspects: name of the techniques, parameter(s) measured, invented/offered by, working principle, application area, specifications, measured data, field restrictions, track record, alternative techniques, photograph/diagram.

Data requirements and potential application of innovative technologies have been evaluated for four sites. Field demonstration took place at two of these sites.

Case Tankplaat

The Rapid Optical Screening Tool (ROST), Fuel Fluorescence Detector, Videocone, and samples probes for soil and groundwater have been applied alongside each other at a railway station with a floating layer of hydrocarbons at a depth of about 15 metres and a groundwater contamination plume. To evaluate the effectivity of in situ remediation options the distribution and continuity needed to be investigated in detail including process parameters on natural degradation, soil permeabilities and the dissolution into the groundwater. A heterogeneous distribution was determined in detail by combining data from the different tools. The characteristics of the oil itself were fairly homogeneous indicating a single type of oil spilled. The data are input for the remediation design.

Case Leparo

The Membrane Interface Probe (MIP), Soil Moisture Probe (SMP) and a Near InfraRed technology (NIR) were applied in combination with push-in sampling probes at a storage site in the Rotterdam Harbour area, contaminated by chlorinated hydrocarbons. The occurrence of DNAPL's and contaminants which can adversely affect natural degradation were to be determined to choose between remediation options. The data from the MIP resulted in spatial delineation of the contaminant sources and showed that DNAPL's as a separate phase were no longer present. Conditions were shown to be positive for reductive dehalogenation. No other contaminants, in this case heavy metals, were found in concentrations that might lead to adverse effects on this process.

Case Ketelmeer West

This case is related to the remediation of contaminated sediments by dredging in lake Ketelmeer. Natural deposition of contaminated sediments has also filled former sandpits. These locations have a strong impact on the dredging strategy and total volume to be removed. Based on the data requirements the applicability of innovative geophysical techniques has been evaluated. In the past acoustic measurements failed due to the gas content of the sediments. Limited contrasts are expected for the electrical resistivity methods and the penetration depth of soil radar, not exceeding 1 meter in this case, was inadequate. Technical limitations and doubts about the interpretability of data therefore lead to the decision to skip this field demonstration and look for a better suited alternative.

Case Heesseltsche Uiterwaarden

This case has been chosen as an alternative to Ketelmeer West and is related to restructuring river forelands from the river Waal in anticipation of future (peak-)discharge-capacity and the opportunity to also create nature areas as part of the Ecological Main Structure in the Netherlands. Scenario's have to be developed which depend on the potential use of subareas, soil characteristics and sediment quality including reuse and possible storage options within the area. Innovative technologies that can support the development of scenario's through more efficient gathering of data have been identified. Amongst these are geophysical methods in combination with push-in probes.

Technology database

Over the past decade technologies to obtain data for site characterization and monitoring have been developed both as alternative to drilled monitoring wells and laboratory analyses and also to gather additional data on soil processes and the effectiveness of soil remediation strategies. Their existence and applicability is known by a group of experts but this needs to be expanded to a broader group of consultants, contractors and regulators. One of the tools to reach this goal is to develop a technology database which is accessible and searchable. In this project factsheets have been produced according to a predefined format to describe 24 technologies identified and considered relevant to this study as a step in this direction.

General conclusions

The general conclusion is that the (combination of) techniques appeared to be effective in satisfying the information need, within operational advantages as a much shorter timeframe and reduced costs. This was demonstrated and viewed positive by the endusers in both cases where field measurements were executed, leading to a broader acceptance of these techniques.

The use of tender documents lead to a better definition of the information needs and improved the knowledge exchange within the project consortium on the opportunities and limitations of the techniques. This supports further understanding and acceptance of the techniques in future projects.

PROJECT NAAM:	Demonstratie en Kennisoverdracht Innovatieve Bodemonderzoektechnieken (DIB)	PROJECT CODE:	05.02.05
BASISPROJECT NAAM:	Measuring, Monitoring and Exploration	BASISPROJECT CODE:	02.05
THEMA NAAM:	Subsurface Management	THEMA CODE:	05

General Appendix: Delft Cluster Research Programme Information

This publication is a result of the Delft Cluster research-program 1999-2002 (ICES-KIS-II), that consists of 7 research themes:

► Soil and structures, ► Risks due to flooding, ► Coast and river , ► Urban infrastructure, ► Subsurface management, ► Integrated water resources management, ► Knowledge management.

This publication is part of:

Research Theme	:	Subsurface Management		
Baseproject name	:	Measuring, Monitoring and Exploration		
Project name	:	Demonstratie- en kennisoverdracht Innovatieve Bodemonderzoekstechnieken		
Projectleader/Institute		Drs. C.C.D.F. van Ree		GeoDelft
Project number	:	05.02.05		
Projectduration	:	01-03-2000	-	30-06-2003
Financial sponsor(s)	:	Delft Cluster		
		SKB		
		GeoDelft		
		TNO-NITG		
		Rotterdam Harbor Authorities		
		SBNS		
		Rijkswaterstaat		
Projectparticipants	:	GeoDelft, TNO-NITG, van Hall Instituut Business Centre, Grontmij, Fugro, Geomet, D.C. Milieutechniek, MAP Benelux		
Total Project-budget	:	€ 244.360		
Number of involved PhD-students	:	0		
Number of involved PostDocs	:	0		



Delft Cluster is an open knowledge network of five Delft-based institutes for long-term fundamental strategic research focussed on the sustainable development of densely populated delta areas.

--	--	--	--	--	--

Projectconsortium



D.C. Milieutechniek



Stichting
Kennisontwikkeling
Kennisoverdracht
Bodem

Keverling Buismanweg 4
Postbus 69
2600 AB Delft
The Netherlands

Tel: +31-15-269 37 93
Fax: +31-15-269 37 99
info@delftcluster.nl
www.delftcluster.nl

Theme Managementteam: Subsurface Management

Name	Organisation
Dr. E. de Mulder	TNO-NITG
Ir. H.T. Sman	GeoDelft

Projectgroup

During the execution of the project the researchteam included:

Name	Organisation
1 drs. C.C.D.F. van Ree	GeoDelft
2 dr. J.A.C. Meekes	TNO-NITG
3 drs. R.P. Heijer	Grontmij Advies en Techniek bv
4 F. Debets	Van Hall Instituut Business Centre
5. ir. J.W. de Feijter	GeoDelft

Other Involved personnel

The realisation of this report involved:

Name	Organisation
1 drs. B.L. Schalk	Fugro
2 ing. Chr. Van der Meeren	Geomet
3 dr. J.K. van Deen	GeoDelft
4 ing. M.P. Harkes	GeoDelft

Table of contents

1	Inleiding	1
1.1	Algemeen	1
1.2	Uitgangssituatie	2
1.3	Voor wie een probleem? Gevolgen en interacties	3
1.4	Doelstellingen	3
1.5	Opdrachtverlening.....	4
2	Uitvoering project	5
2.1	Projectorganisatie:.....	5
2.2	Werkwijze	5
2.2.1	Demonstratiecases.....	5
2.2.2	Processchema demonstratiecases	7
2.2.3	Kennisoverdrachtstraject.....	8
3	Cases 11	
3.1	Inventarisatie cases	11
3.2	Cases voor demonstratie innovatieve technieken	11
3.3	Case Tankplaat.....	12
3.3.1	Probleemstelling en informatiebehoefte	12
3.3.2	Resultaten uitgevoerd onderzoek	13
3.3.3	Evaluatie onderzoeksresultaten.....	14
3.4	Case Leparo	14
3.4.1	Probleemstelling en informatiebehoefte	14
3.4.2	Resultaten uitgevoerde onderzoek	15
3.4.3	Evaluatie case	16
3.5	Case Ketelmeer-West.....	17
3.5.1	Probleemstelling en informatiebehoefte	17
	Resultaten en conclusie	18
3.6	Heesseltsche Uiterwaarden	18
3.6.1	Probleemstelling	18
3.6.2	Informatiebehoefte	19
4	Kennisoverdracht.....	21
4.1	Gerealiseerde activiteiten m.b.t. kennisoverdracht	21
5	Conclusies	23
5.1	Generale conclusies	23
5.2	Meerwaarde innovatieve technieken bij beide cases	24
5.2.1	Algemeen	24
5.2.2	De rol van de opdrachtgever	25
5.2.3	Aanbiedingsdocumenten.....	27
5.2.4	Randvoorwaarden voor succesvolle inzet innovatieve technieken.....	27
6	References	31

List of Figures

Figuur 1: Processchema uitvoering onderzoek.....	8
Figuur 2: Voorbeeld van 3-D beeld van meetresultaten van MIP-DELCD	17
Figuur 4: Overzicht verdachte locaties.....	1
Figuur 5: Schematische weergave verontreinigings situatie (geen schaal).....	2
Figuur 6: Ligging Leparo-terrein.....	1
Figuur 7: Onderzoeksterrein met verontreiniging grond, grondwater en zware metalen.	3
Figuur 8: Stroomschema volgorde onderzoeksvragen	6
Figuur 9: Voorbeeld van 3-D beeld van meetresultaten van MIP	10
Figuur 10: Schematisch ondergrondmodel zandwinkuil	1
Figuur 11: Schijnbare (meetbare) weerstand voor verschillende slibdiktes.	3
Figuur 12: Ligging locatie	2

List of Tables

Tabel 1: Consortium.....	5
Tabel 2: Overzicht van geïnventariseerde cases.....	11
Tabel 3: Criteria van selectie cases	12
Tabel 4: Overzicht gerealiseerde activiteiten kennisoverdracht	21
Tabel 5: Meerwaarde innovatieve technieken n.a.v. cases	24
Tabel 6: Verschillende orden van vraagstellingen	26
Tabel 7: Checklist inhoud tenderdocument	27
Tabel 8: Succesfactoren voor inzet innovatieve onderzoekstechnieken gerelateerd aan rol van verschillende spelers in het veld	29
Tabel 10 Aangeboden en toegepaste technieken	4
Tabel 11: Mogelijke scenario's voor saneringsaanpak.....	4
Tabel 12: Eisen aan de verschillende onderzoeksvragen	5
Tabel 13: Inzet technieken gekoppeld aan onderzoeksvragen	7
Tabel 14: Meerwaarde innovatieve technieken voor de case Leparo.....	8
Tabel 15: overzicht uitgevoerde metingen	9
Tabel 16: Evaluatie MIP-metingen	11
Tabel 17: Evaluatie SMP-metingen.....	12
Tabel 18: Evaluatie NIR-metingen.....	12
Tabel 19: Potentieel geschikte technieken.....	4

1 Inleiding

1.1 Algemeen

Verantwoord omgaan met onze geo-ecologische omgeving vereist de juiste kennis en inzicht over wat er in de bodem afspeelt en hoe we die bodem geschikt maken of houden voor de beoogde gebruiksdoelen.

Deze milieubodemkennis wordt tot op heden vooral op indirecte wijze verkregen door het nemen van watermonsters en in mindere mate van grondmonsters, die in gecertificeerde laboratoria worden geanalyseerd op concentratie van ‘verontreinigingen’. Het lange traject van bodem tot getal blijkt een grote onzekerheid te veroorzaken in de getalsmatige uitkomsten zoals o.a. blijkt uit ringonderzoeken. Het gebruik van de getallen in advisering en ontwerp en daarmee in de uitwerking en uitvoering van bodemsaneringen leidt tot navenante onzekerheden. Ook de dynamiek van een bodemsysteem bijvoorbeeld als gevolg van biologische afbraak zit niet vervat in een dergelijk getal. Maatschappelijk betekent dit dat een ‘sanering’ overgedimensioneerd uitgevoerd is of dat het gebruiksrisico groter is dan het gestelde doel; in beide gevallen worden de kosten over het algemeen collectief gedragen. Het verkleinen van de onzekerheden in ons inzicht in de bodem en bodemprocessen levert een grote maatschappelijke meerwaarde.

Het rechtstreeks meten aan de bodem en het weten om te gaan met deze gegevens is een belangrijke stap om een groot deel van deze meerwaarde te realiseren. Reeds in het NOBIS-programma met NOVEM is met de sensorontwikkelingsprojecten een eerste stap gezet om direct en dynamisch aan de bodem te kunnen meten. Of anders gezegd: we kunnen, zij het nog bescheiden, nu iets dat we nog niet konden: het meten met sensoren in de bodem en het continu registreren in de tijd zodat trends (tijdsreeksen) geanalyseerd en de saneringsvoortgang ‘bijgesteld’ kan worden. Het verband kennen tussen de meet- of monitoringspunten is wezenlijk voor het leren kennen van de risico’s; niet-destructieve verkenningstechnieken vanaf het oppervlak moeten hier een bijdrage aan gaan leveren.

Voor het voeren van milieubeleid en met name voor beheer op lange termijn moeten de risico’s helder in beeld zijn en moeten actuele, betrouwbare meetgegevens beschikbaar zijn evenals de methodiek om te komen tot een conceptueel model van het bodemsysteem. De huidige wijze van vaststellen van het bodembeeld leidt tot niet-gekende risico’s (zowel over- als onderschatting) die het bodemsysteem in zich heeft en ondermijnen daarmee de genomen beleidbeslissingen. Het volgen van de bodemprocessen en de macroparameters en het evalueren van de trendmatigheid in deze meetgegevenreeks moet aangeven dat het proces verloopt als is verondersteld en daaruit blijkt dat goed is omgegaan met de risico’s in de besluitfase en aangetoond is dat de getroffen maatregelen afdoende zijn geweest.

Het geleidelijk overgaan naar in situ bodemmeetmethoden zal hand in hand moeten gaan met de wijze van adviseren, het verkrijgen van voldoende verschillende meetgegevens en deze begrijpen, de betekenis van het verkregen model/beeld van de bodem en het leren omgaan van alle betrokkenen met deze aanpak. Het gehele traject bevat vele aspecten, die vragen om in een samenhangend geheel aangepakt te worden, zodat het einddoel doelmatig bereikt wordt.

Het project dat hier beschreven wordt geeft invulling aan de genoemde maatschappelijke trends door concreet te gaan meten en monitoren, door het overdragen van kennis en door vanuit de marktvraag kennisontwikkeling te benoemen voor meet- en monitoringstechnieken.

1.2 Uitgangssituatie

Kennis over de bodem is van belang bij de beoordeling van de aanpak van bodemverontreiniging. Inzicht in het bodemsysteem (en vooral de ruimtelijke variabiliteit) is essentieel bij de beoordeling van de omvang van de verontreiniging, de risico's, de keuze van de gewenste aanpak en het detailontwerp van het saneringssysteem. Ook het inzicht in de processen die zich afspelen alsmede de tijdschaal van deze processen is van groot belang bij de risicobeoordeling.

Bodemonderzoek met traditionele technieken berust op het meten van bodemeigenschappen op discrete punten. Dit levert beperkingen op in het verkrijgen van een goed beeld van de bodem ('speldenprikken in een groot gebied'). In andere vakgebieden (geotechniek, olie-industrie) worden technieken gebruikt waarmee een meer continu beeld van bodemeigenschappen wordt verkregen. De traditionele aanpak is in hoge mate een van boren, monsternamen en laboratoriumanalyses. Daartegenover is in de laatste decennia in de geotechniek het wegdrukken van sondes meer en meer in zwang gekomen ter vervanging (deels) van dure boormethoden. Hoewel de 'gewone' sondering (CPT) in feite niet meer doet dan de (mechanische) wegdrukweerstand van de grond meten, is dit tegenwoordig de meest gebruikte verkenningmethode waar het gaat om de bepaling van de grondslag. Mede gestuurd door de technologie-ontwikkelingen in het vakgebied geotechniek zijn een aantal andere wegdrukbare, in feite niet-destructieve, onderzoeksmethoden ontwikkeld (sondes en sensoren), die tot nu toe weinig worden toegepast, in het bijzonder in de milieuwereld. Daarnaast zijn vanuit de exploratie van (diepe) delfstoffen en grondwater ook oppervlaktetechnieken ontwikkeld die een globaal inzicht geven in de ruimtelijke verdeling van te onderkennen eenheden in de ondergrond.

De bodemsaneringwereld verwacht dat het gebruik van deze innovatieve technieken in combinatie met traditionele technieken tot een betere besluitvorming leidt op het gebied van de aanpak van bodemverontreiniging en dat het 'onbekend maakt onbemind'-verschijnsel hier tot een belangrijke gemiste kans leidt.

In dit project gaat het om nieuwe dataverwervingstechnieken in relatie tot de traditionele "geijkte" technieken. Innovatie heeft daarbij meerdere betekenissen:

- Geheel nieuw type data en nieuwe informatie
- Relatief grote meet- of monsternamesnelheid (in-situ) en daardoor meer data
- Grotere nauwkeurigheid
- Goedkoper
- Minder verstoring ondergrond
- Makkelijker toegang tot locaties

Ten aanzien van bodemsaneringsonderzoek heeft dat de volgende voordelen:

- Beter en sneller inzicht in de ruimtelijke variatie. Hierdoor kan de meetstrategie wijzigen tijdens het saneringsonderzoek
- Beter inzicht in de temporele variatie (in deze studie minder belangrijk, wel in andere (SKB-) projecten), hierdoor kan de meetstrategie wijzigen tijdens monitoringsrondes.

Kader 1: Wat zijn innovatieve bodemonderzoekstechnieken?

Innovatieve technieken worden hier gedefinieerd als alle (meet)technieken uitgezonderd de veelgebruikte bemonstering middels peilbuizen (grondwater) en pulsborings/edelmanboor (grond) in combinatie met analyse van de monsters in een laboratorium. Voorbeelden van innovatieve technieken zijn:

- Technieken die reeds (veelvuldig) worden gebruikt in andere disciplines maar niet of in beperkte mate in de aanpak van bodemverontreiniging (geofysische technieken)
- Recente verbeteringen aan traditionele technieken (verbeteringen welke aan bekende knelpunten tegemoetkomen), recent (laatste 10 jaar) ontwikkelde methoden en technieken voor de bemonstering van grond en grondwater en het in situ meten van bodemparameters (bijvoorbeeld wegdrukbare sondes en sensoren)
- Nieuwe concepten als het meten van parameters door 'actieve beïnvloeding van het bodemsysteem'.

Uit de initiatieffase van het onderzoek is gebleken dat de bodemsaneringswereld deze nieuwe (innovatieve) technieken wil toepassen in de verkenning van de bodemopbouw en het beschrijven van de verontreinigingssituatie. Knelpunten in de toepassing van deze technieken zijn:

- er zijn zoveel alternatieve bodemonderzoekstechnieken met ieder een eigen (relatief beperkt) toepassingsgebied, dat het niet goed mogelijk is kennis van al deze technieken te hebben;
- aanbieders hebben vaak maar één of twee technieken ‘op de plank’ liggen en zijn geneigd deze aan te bieden ook als de probleemstelling zich daar minder voor leent;
- er zijn te weinig succesverhalen van de alternatieve bodemonderzoekstechnieken, zodat er een gebrek aan vertrouwen is;
- door onvoldoende validatie komen de alternatieve technieken niet voor in normen en worden daarom minder ingezet.

In het bijzonder zijn de laatste 10 jaar in NOBIS-kader een aantal bodemverkenningstechnieken ontwikkeld, die nog niet algemeen in de praktijk worden toegepast. Hiervoor geldt in het bijzonder dat kennisverspreiding belangrijk is om deze met overheidsgeld gefinancierde ontwikkelingen maatschappelijke maximaal te benutten.

1.3 Voor wie een probleem? Gevolgen en interacties

Onvoldoende gebruik maken van innovatieve bodemonderzoekstechnieken heeft gevolgen voor alle betrokkenen in de bodemsaneringswereld. De voordelen van (wegdrukbaar) in situ-metingen en geofysische methoden en technieken zijn in onderstaande kaders weergegeven.

Kader 2: Voordelen van in situ-metingen ten opzichte van bemonstering en analyse

- minder verstoring van de bodem zelf
- snellere resultaten zodat op locatie de meetstrategie direct kan worden geoptimaliseerd
- kostenvoordelen met name bij verontreiniging op grotere diepte
- beter geschikt voor het meten van parameters waarmee processen in de bodem kunnen worden beschreven. Dit wordt voor de toekomst van belang geacht om bijvoorbeeld de voortgang van natuurlijke afbraak te kunnen voorspellen.

Kader 3: Voordelen van geofysische methoden en technieken ten opzichte van bemonstering en analyse

- veel minder verstoring van de bodem zelf; een nadeel is de beperktere resolutie en gevoeligheid en de indirectheid van de methoden
- 3-D beeld van de bodem zodat ruimtelijke variatie veel beter in zicht komt (van belang voor dimensionering in situ saneringen)
- veel informatie voor een gunstige prijs.

Door meer gebruik te maken van innovatieve technieken kunnen de kosten van bodemonderzoek in verhouding tot de kwaliteit van verzamelde gegevens naar beneden. De tekortkomingen van traditionele technieken (zie bovenstaande kaders) dragen bij aan sub-optimale en soms ook verkeerde beslissingen ten aanzien van risico's, de beste aanpak en het saneringsontwerp. Uiteindelijke gevolgen zijn een te kostbare bodemsaneringsoperatie, vermindering van draagvlak voor (met name) in situ bodemsanering door teleurstellende resultaten en een afnemende belangstelling van ontwikkelaars voor verdere innovatie van bodemonderzoek.

Versterking van de kennisinfrastructuur van innovatieve bodemonderzoekstechnieken kan een impuls geven aan de export van kennis op het gebied van de aanpak van bodemverontreiniging.

1.4 Doelstellingen

In de initiatieffase om te komen tot het project is uit gesprekken en miniworkshops gebleken dat er een grote behoefte is aan kennisoverdracht in alle geledingen van de bodemonderzoekswereld (probleemeigenaren, bevoegd gezag, adviseurs, aannemerij, studenten). Kennis over de mogelijkheden (en onmogelijkheden) van innovatieve technieken is onontbeerlijk om een oordeel te

kunnen vormen over de meerwaarde van deze technieken. Bovendien worden demonstratieprojecten als een noodzakelijke basis gezien voor het scheppen van vertrouwen in deze (veelal onbekende) technieken.

De grootste potentie van deze technieken ligt volgens velen in de combinatie met traditionele technieken. Het feit dat iedere partij vooral zijn eigen technieken promoot belemmert een evenwichtige inzet van technieken.

De doelstellingen van dit project zijnⁱ:

1. het vergroten van vertrouwen en draagvlak door de demonstratie van de meerwaarde van innovatieve bodemonderzoekstechnieken;
2. het overdragen van kennis op het gebied van innovatieve technieken (voor het vaststellen van de bodemopbouw alsmede de aanwezigheid van verontreinigingen) teneinde te stimuleren dat de juiste technieken op de juiste wijze, op de juiste plaats en op het juiste moment worden ingezet
3. het initiëren van een platform waarin:
 - adviseurs, aanbieders en ontwikkelaars van technieken, probleemeigenaren en bevoegd gezag opgedane ervaringen delen met anderen uit de doelgroepen die zij vertegenwoordigen
 - kennisleemtes worden vastgesteld en implementatie en validatie van innovatieve technieken worden bespoedigd
 - draagvlak en enthousiasme ontstaat voor verdere ontwikkeling van innovatieve technieken.

1.5 Opdrachtverlening

Op 3 november 2000 heeft SKB een projectovereenkomst gesloten voor dit project Demonstratie en Kennisoverdracht Innovatieve Bodemonderzoekstechnieken (SV-405); op 20 maart 2001 heeft Delft Cluster opdracht verleend voor de uitvoering onder projectnummer 05.02.05.

De uitgangspunten van het project zijn vastgelegd in het basisprojectplan¹. Voorliggend rapport is de eindrapportage van deze opdracht.

¹ Demonstratie en kennisoverdracht innovatieve bodemonderzoekstechnieken, definitief basisprojectplan, oktober 2000

2 Uitvoering project

2.1 Projectorganisatie:

Voor de uitvoering van het project is een consortium opgericht. In de onderstaande tabel zijn de partijen aangegeven die deel uitmaken van het consortium. In Appendix 1 zijn meer uitgebreide gegevens opgenomen.

Tabel 1: Consortium

Functie	Partij
Penvoerder	GeoDelft
Uitvoerend	• GeoDelft • TNO-NITG • Grontmij Advies & Techniek bv • Van Hall Instituut
Onderzoeksfinanciering	SKB Delft Cluster
Eindgebruikers, belanghebbenden	SBNS Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam
probleembezoekers cases	Rijkswaterstaat
Uitvoeren bodemonderzoek, techniekaanbieders	Fugro GeoDelft Geomet D.C. Milieutechniek MAP Benelux
Klankbordgroep	Onafhankelijke partij ter beoordeling discussiestukken TTE (ir. Koen Weijtingh) (tot 1 augustus 2002) VU (dr. K. Groen)

Een belangrijk beheersaspect van dit project is de interne communicatie. Dit is met name van belang door de veelheid aan partijen en verschillende invalshoeken die een rol spelen. Op consortiumniveau vindt overleg plaats over de strategische doelstellingen, de invulling via de casestudies en de realisatie. Daarnaast is er overleg over de opzet en de uitvoering van de casestudies met de projectgroep (GeoDelft, TNO-NITG, Grontmij en Van Hall Instituut), techniekaanbieders en adviseur/ eindgebruiker van de betreffende locatie.

Een breed consortiumoverleg heeft plaatsgevonden op 25 oktober 2000 (vaststellen definitief projectplan). Daarna heeft het overleg zich in kleiner comité vooral gericht op de uitvoering en rapportage van de cases. Als afsluiting van het project was oorspronkelijk nog een breed overleg met het gehele consortium voorzien, mede in het kader van de in paragraaf 2.4 verwoorde derde doelstelling om een platform te creëren. Dit heeft niet plaatsgevonden.

2.2 Werkwijze

Dit project levert een bijdrage aan de oplossing van bovenstaande problemen en knelpunten op twee fronten, namelijk demonstratie en overdracht.

2.2.1 Demonstratiecases

De meerwaarde van innovatieve technieken zal in een aantal praktijk-cases worden vastgesteld. Hierbij zal gepoogd worden de verschillende acterende partijen (opdrachtgever, adviseur, techniekaanbieders, kennisinstituten, bevoegd gezag) actief te betrekken. Dit proces is vooral van belang voor de analyse van de informatiebehoefte, voor de kennisuitwisseling tussen de techniekaanbieders in de plannings- en uitvoeringsfase, alsmede voor de kennisuitwisseling met de adviseur in de interpretatie en rapportagefase van het project. De actieve betrokkenheid van alle

partijen zal op zichzelf al een middel zijn voor kennisoverdracht, en verder zal kennisoverdracht aan geïnteresseerden buiten de kring van direct betrokkenen worden gerealiseerd.

Uit de initiatieffase is gebleken dat de afnemers van kennis vooral behoefte hebben aan kennisoverdracht in de vorm van demonstratieprojecten. Om deze reden is gekozen voor het uitvoeren van een demonstratieproject waarin innovatieve technieken worden toegepast, naast elkaar en in combinatie met traditionele technieken. De inzet van technieken wordt met name bepaald door de te nemen beslissingen: bepaling risico's en noodzaak tot maatregelen, keuze van de aanpak, saneringsontwerp. De beslissingen bepalen de informatiebehoefte, en de informatiebehoefte bepaalt nut en noodzaak van het inzetten van de diverse technieken.

Aan de case(s) worden de volgende eisen gesteld:

Specifiek:

- representatief voor een aanmerkelijk deel van de Nederlandse bodemverontreinigingsproblematiek, een eigen combinatie van bodemtype en verontreinigingssituatie met een probleemstelling
- een heldere, verifieerbare informatiebehoefte en te nemen beslissing
- een ondergrond met heterogeniteiten
- bestaand bodemonderzoek met de resultaten beschikbaar, ter verificatie, vergelijking danwel ijking van de resultaten van de in te zetten innovatieve metingen. Deze eis is gesteld om tegen relatief beperkte kosten een vergelijking van de innovatieve en traditionele technieken mogelijk te maken.
- geen obstakels in boven- en ondergrond die de werking van apparatuur en/of de interpretatie van de meetresultaten negatief beïnvloeden.

Algemeen:

- geen bezwaren tegen het openbaar maken van de resultaten van het onderzoek
- derden moeten in staat worden gesteld de demonstratie bij te wonen
- goede toegankelijkheid en bereikbaarheid
- geen overmaat aan bijkomende aanvullende werkzaamheden zoals bijvoorbeeld veiligheidswerkzaamheden langs spoorlijnen

In Kader 4 is aangegeven welke onderzoekstechnieken potentieel inzetbaar zijn. De definitieve keuze van in te zetten technieken vindt plaats na vaststellen van de probleemstelling van de desbetreffende case, de daaruit voortvloeiende informatiebehoefte alsmede beperkingen van de technieken gegeven de specifieke lokale omstandigheden. De technieken zijn in meer detail beschreven in de fact sheets in Appendix 2.

Kader 4: Onderzoekstechnieken die in de cases potentieel kunnen worden toegepast

Verkenning bodemopbouw:

Piëzoconussondering (sterkte van de grond alsmede de waterspanning)
NIR-sonde (near infra red reflectometrie)
Camerasonde (visueel in situ beeld)
Geo-elektrische meting (resistiviteitsmeting ondergrond)
Grondradar (EM puls-echo methode)
Reflectieseismiek (akoestische puls-echo methode).

Metten van bodemeigenschappen:

Doorlatendheidssonde (hydraulische permeabiliteit)
NIR-sonde (near infra red reflectometrie)
Camerasonde (visueel in situ beeld)
Chemosonde (bepaling macrochemische parameters)
Geleidbaarheidssonde (resistiviteitsmeting ondergrond lokaal)
SMP (soil moisture probe)
Grondradar (EM puls-echo methode)
Actieve beïnvloeding van het systeem (stimulus-respons metingen)

Aard en omvang bodemverontreiniging:

Camerasonde (visueel in situ beeld)
ROST-sonde, FFD sonde, Oliesonde (in situ fluorescentiemeting, directe bepaling olieachtige verontreiniging)
MIP-sonde (membrane interface probe, screenen op aanwezigheid vluchtige componenten)
NIR-sonde (near infra red reflectometrie)
Grondradar (EM puls-echo methode)
Grondwatermonstersonde (schone en snelle manier van monsternamen)
BAT-sonde (schone en snelle manier van monsternamen)

2.2.2 Processchema demonstratiecases

In Figuur 1 is het gehanteerde processchema voor de uitvoering van het onderzoek van de cases gegeven.

Belangrijkste onderdelen in dit proces zijn:

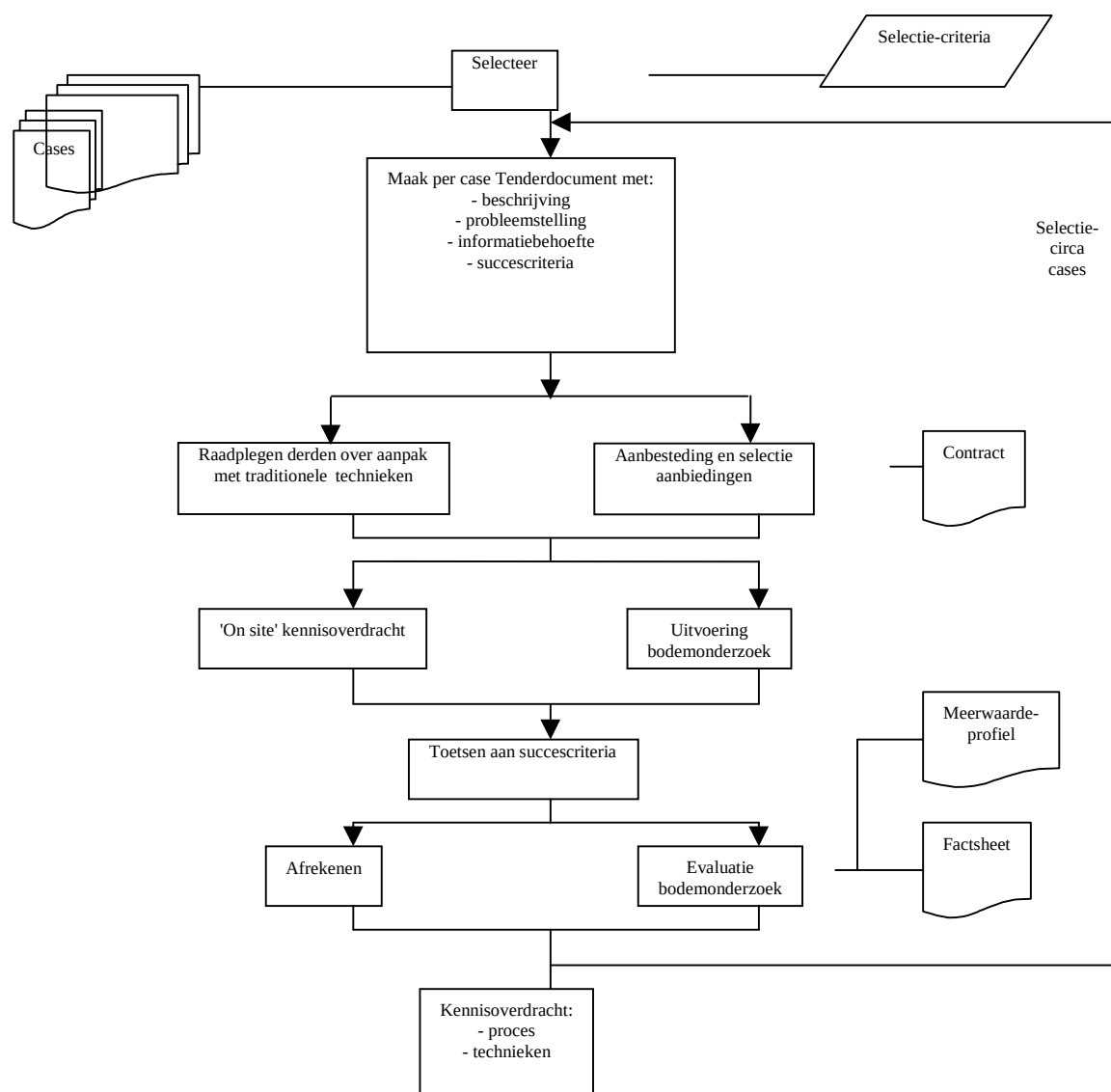
- **Tenderdocument:** Hierin wordt een beschrijving van het probleem van de case in kwestie gegeven, en worden de probleemanalyse, de informatiebehoefte en de succescriteria gepresenteerd;
- **Aanbieding door de gezamenlijke techniekaanbieders**
- **Contract:** hierin is vastgelegd wat de opdrachtcondities zijn, wat de verwachtingen ten aanzien van het verloop van het onderzoek en resultaten zullen zijn en op welke wijze afrekening zal plaatsvinden;
- **Toetsing aan succescriteria:** in deze fase worden de onderzoeksresultaten getoetst aan de vooraf vastgelegde en overeengekomen succescriteria.

Deze structurering die in de praktijk in de regel niet of niet expliciet wordt gehanteerd resulteert in een betere definitie van de feitelijke informatiebehoefte voor besluitvorming. Keuzes voor een bepaalde aanpak en selectie van een bodemonderzoekstechniek in relatie tot de informatiebehoefte worden meer transparant. Omdat de technieke keuze niet vanzelfsprekend is, is er gekozen voor interactie tussen en met de techniekaanbieders om tot een optimalisatie van de onderzoeksstrategie te komen. Hierbij is de volgende procedure gehanteerd:

- Voorlichtingsbijeenkomst om de probleemstelling en informatiebehoefte duidelijk te krijgen.
 - Techniekaanbieders individueel laten beoordelen welke van de bij hun beschikbare technieken toepasbaar zijn gezien de informatiebehoefte.
 - De techniekaanbieders gezamenlijk met één (eventueel een alternatief) voorstel laten komen waarin hun gezamenlijke visie is neergelegd in de vorm van een onderzoeksprogramma gegeven de informatiebehoefte.
- Het belangrijkste doel hierbij is dat met het onderzoeksprogramma op een zo doelmatig mogelijke

wijze in de informatiebehoefte kan worden voorzien zonder dat hierbij gebruikelijke grenzen van leverbare technieken per leverancier een rol spelen.

Figuur 1: Processchema uitvoering onderzoek



2.2.3 Kennisoverdrachtstraject

De verzamelde kennis wordt modulair opgeslagen in de vorm van factsheets over het toepassingsgebied van (de in de cases toegepaste) technieken en techniek-combinaties. De vertaling van een probleemstelling en een concrete informatiebehoefte (kwalitatief/kwantitatief) alsmede de wijze van ‘aanbesteden’ is tevens onderwerp van kennisoverdracht.

Het kennisoverdracht deelproject gaat er van uit dat een grote groep van actoren uit de bodembeschermingsketen wel geïnteresseerd is in nieuwe technieken maar niet beschikt over de juiste informatie om de nieuwe ontwikkelingen met vertrouwen toe te kunnen passen. Uitgaande dat er vaste “in” groep is, die actief betrokken is bij bijvoorbeeld “Bodembreed” symposia en andere

kennisnetwerken, wordt in dit project gezocht naar een andere groep die meer in de periferie opereert. Daartoe wordt een steekproef benaderd van enkele honderden bodemmedewerkers van overheden en bedrijfsleven, met de vraag of zij regelmatig op de hoogte willen worden gehouden van de ervaringen in het DIB project. Zo ontstaat een netwerk dat aangehaakt kan worden bij de reeds bestaande netwerken. Indien mogelijk worden excursies georganiseerd en een symposium gehouden. De informatie verloopt rechtstreeks via de post en/of via de E mail. Korte en overzichtelijke factsheets worden ingezet om de informatie effectief over te dragen. Daarnaast wordt via de website van bodembreed de voortgang van het project gecommuniceerd met foto's en tekst. Daarnaast wordt voor het HBO en MBO een set lesbrieven ontwikkeld waarin de nieuwe technologie overdraagbaar wordt gemaakt voor het onderwijs. Aanvullend wordt via free publicity en presentaties aandacht besteed aan het project.

3 Cases

3.1 Inventarisatie cases

Voordat cases zijn onderzocht is eerst een inventarisatie en selectie van mogelijke cases uitgevoerd. De cases zijn geïnventariseerd bij de consortiumleden cq. 'probleembezitters'. Bij dit proces is gebruik gemaakt van de criteria zoals die zijn opgenomen in paragraaf 2.2.1.

In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de geïnventariseerde cases. In het inventarisatieproces is gebleken dat een aantal praktische aspecten als het in beginsel in portefeuille hebben van locaties met informatiebehoeften en het niet synchroon lopen van het DIB-project met het so-wie-so geplande 'traditionele' onderzoekstraject van de cases belangrijke knelpunten waren in het selectieproces. Om deze reden was het aantal potentiële cases van het begin af aan zeer beperkt.

Tabel 2: Overzicht van geïnventariseerde cases

Case	Aangeleverd door	Beschrijving
Stationemplacement Zwolle ⁽¹⁾	SBNS	Aanwezigheid drijfslaag en diepe pluim (sanering)
Tankplaat Arnhem	SBNS	diep gelegen oliedrijfslaag onder stationemplacement (sanering)
Leparo	Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam	CKW-verontreiniging (sanering)
Ketelmeer-West	Rijkswaterstaat	verontreinigd slib in oude zandputten (opsporing)
Heesseltsche Uiterwaarden	Rijkswaterstaat	verontreinigde toplaag in uiterwaarden (herinrichting)

1) De case Stationemplacement Zwolle is om praktische, niet inhoudelijke redenen, voortijdig afgefallen. Om deze reden is van deze case is geen uitgebreide analyse van de probleemstelling en informatiebehoefte uitgevoerd.

3.2 Cases voor demonstratie innovatieve technieken

Voor het demonstratieproject zijn achtereenvolgens de volgende cases genomen: Tankplaat (SBNS), Leparo (Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam), Ketelmeer (Rijkswaterstaat) en Heesseltsche Uiterwaarden (Rijkswaterstaat).

In Tabel 3 zijn deze cases getoetst aan de eisen die in het vorige hoofdstuk aan de cases in algemene zin zijn gesteld.

Opgemerkt moet worden dat er gezien de zeer beperkte beschikbaarheid van potentieel geschikte cases er niet echt sprake was van een uitgebreid selectieproces. Dat doet niet af aan de kwaliteit van de geselecteerde cases, die –zoals uit de tabel blijkt- over het algemeen zeer geschikt waren als demonstratieproject.

Doorslaggevend voor de selectie van de case Tankplaat is de representativiteit van de problematiek geweest (oliedrijfslaag) in combinatie met de problemen waarvoor traditionele bodemonderzoekers zijn komen te staan bij het uitvoeren van veldonderzoek (heterogeniteiten en slechte toegankelijkheid van de locatie). Dit geldt ook in zekere mate voor Leparo (CKW-verontreiniging) in een geheel ander (in West-Nederland veel voorkomend) bodemprofiel dan Tankplaat.

Tabel 3: Criteria van selectie cases

Criterium	Tankplaat	Leparo	Ketelmeer	Heesseltsche Uitenwaarden
Representatief aanmerkelijk deel Nederlandse bodemverontreinigings- Problematiek	+	+	0	+
Eigen combinatie van bodemtype en verontreinigings situatie met een probleemstelling	+	+	+	+
Heldere, verifieerbare informatiebehoefte en te nemen beslissing	+	+	0	0
Bodem met heterogeniteiten	+	0	+	+
Reeds uitgevoerd bodemonderzoek is beschikbaar ter verificatie / ijking	+	+	+	0
Geen obstakels die werking apparatuur en/of interpretatie negatief beïnvloeden	0	+	+	+
Resultaten mogen openbaar worden gemaakt	+	+	+	+
Derden moeten in staat worden gesteld demonstratie bij te wonen	0	+	+	+
Goede toegankelijkheid en bereikbaarheid	0	+	0	+
Geen overmaat aan bijkomende aanvullende werkzaamheden als veiligheidswerkzaamheden langs spoorlijnen	-	+	-	+

+ = wordt aan voldaan

0 = wordt niet volledig aan voldaan

- = wordt niet aan voldaan

In de volgende paragrafen is per case een beschrijving gegeven van respectievelijk:

- De probleemstelling
- De informatiebehoefte
- De samengevatte resultaten van het uitgevoerde onderzoek.

3.3 Case Tankplaat

Een uitgebreide samenvatting is opgenomen in Appendix 3; verder wordt verwezen naar het oorspronkelijke rapport van Fugro^{vii}.

3.3.1 Probleemstelling en informatiebehoefte

De case Tankplaat betreft de problematiek een te saneren oliedrijfslag die door nalevering naar het grondwater aldaar een grondwaterverontreiniging veroorzaakt.

Specifiek aan de problematiek van deze locatie is de ligging onder een spooreplacement en de diepte van de drijfslag. Hierdoor is de locatie praktisch erg lastig te onderzoeken (vooral ook voor de traditionele bodemonderzoekstechnieken):

- beperkte toegang door veiligheidsrestricties,
- geen schade aan spoor toegestaan
- verontreiniging op grote diepte aanwezig
- waarnemingen dienen ook onder de drijfslag te worden uitgevoerd (kans op versmering van verontreiniging door bijvoorbeeld booractiviteiten).

Ten tijde van het project was de adviseur van de SBNS bezig met de planvorming met betrekking tot de wijze van aanpak van de sanering. Vanuit deze achtergrond zijn de volgende vraagstellingen geformuleerd:

-
- A. Kan de drijfslaag worden gesaneerd, en zo ja hoe? Gezien de gegeven situatie kan deze informatiebehoefte als volgt verder worden geanalyseerd:
1. Kan de bodem worden doorspoeld (hor/vert) met water t.b.v. het saneren van de drijfslaag?
 2. Vormt de drijfslaag één geheel of komt deze voor in hydraulisch 'onafhankelijke pockets'?
- B. Kan uit de drijfslaag een pluim ontstaan die een probleem kan gaan vormen. De te beantwoorden vragen zijn:
3. Vindt er uitloging plaats vanuit de drijfslaag naar het grondwater?
 4. Zijn de biologische condities in de bodem gunstig voor natuurlijke afbraak van de pluim?

3.3.2 Resultaten uitgevoerd onderzoek

Ingezette technieken zijn ROST en FFD voor detectie van olieverontreiniging met fluorescentie, de BAT sonde voor monsternamen van het grondwater onder de drijfslaag, de camerasonde voor directe visuele inspectie en de spitsmuis als wegdrukbaar grondmonstersteker. Daarnaast leveren de ROST en FFD traditionele sondeerinformatie (puntweerstand en kleef) op. Parallel aan het programma met innovatieve technieken zijn peilbuiswaarnemingen gedaan door TTE.

1 *Kan de bodem worden doorspoeld (in horizontale en/of verticale zin) met water t.b.v. het saneren van de drijfslaag?*

Op basis van de beelden van de camerasonde in combinatie met ca. 20 (deels: piëzo-)sonderingen en enkele lab-doorlatendheidstesten wordt geconcludeerd dat, gezien de over afstanden van 4 tot 5 meter sterk wisselende waarnemingen van de bodemopbouw, de slecht doorlatende lagen over niet meer dan één of enkele meters een doorlopend geheel vormen. Met deze input in een geohydrologisch model kan nu de 'doorspoelbaarheid' worden vastgesteld in de context van de toe te passen saneringstechnologie.

2 *Vormt de drijfslaag één geheel of komt deze voor in hydraulisch 'onafhankelijke pockets'?*

Samengevat zijn de resultaten van de fluorescentiemetingen met FFD en ROST:

- De ligging en de dikte van de drijfslaag is nauwkeurig in beeld gebracht met een 'versmeerde' zone aan de bovenzijde
- De verzadiging met olie varieert binnen de drijfslaag (% olie in de poriën)
- Er is een scherpe overgang van waterfase naar oliefase. De diepte waarop wisselt, deels in de vorm van 'laagjes' met afwisselend olie en water
- De samenstelling van de olie in de drijfslaag is min of meer uniform op basis van de ROST.

3 *Vindt er uitloging plaats vanuit de drijfslaag naar het grondwater?*

Parallel aan dit project zijn monsters met behulp van de Spitsmuis genomen en aan uitloogproeven onderworpen (activiteit TTE met Universiteit Twente, zie Appendix 3). De hier uitgevoerde metingen zijn vergeleken met de resultaten van die proeven.

De resultaten zijn de volgende:

- in de BAT-grondwatermonsters worden aromaten aangetroffen; de gemeten gehalten zijn hoger dan in de uitloogproeven wordt bereikt. Dit is een aannemelijk resultaat aangezien de aromaten in de veldsituatie al jarenlang vanuit de drijfslaag zijn uitgeloopt naar het grondwater.
- de correlatie tussen de samenstelling van het uitloogproduct in de labproeven en de actuele grondwatersamenstelling (BAT monster) is relatief goed; dit duidt erop dat bij de BAT-monsternamen geen componenten (significant) verloren gaan. Ook treedt er bij bemonstering geen kruisverontreiniging van het watermonster op met het pure product van de bovenliggende drijfslaag.
- de samenstelling van de olie (aangetroffen in puur-productvorm) is op twee locaties dezelfde, op een derde locatie worden beduidend minder aromaten aangetroffen. Op deze derde locatie is de concentratie olie in het grondwater ook lager. Dit lijkt erop te wijzen dat de olie bij deze locatie al wat ouder (verder uitgeloopt) is. Dit aspect is goed te verklaren, aangezien deze locatie verder van het brongebied ligt en dus meer reistijd vanaf de bron heeft gekend.

De conclusie is dat er uitloging plaatsvindt vanuit de drijfslaag, en dat dit proces al lang aan de gang is. Een nevenconclusie is dat met de BAT-sonde goede grondwatermonsters genomen kunnen worden.

4 *Zijn de biologische condities in de bodem gunstig voor natuurlijke afbraak van de pluim?*

De verkregen monsters zijn in het veld op macroparameters geanalyseerd. Door de wijze van monsternamen (BAT-sonde met filter dat pas op diepte wordt 'opengetrokken')) mag er van worden uitgegaan dat deze monsters een representatief beeld geven van de situatie omdat crosscontaminatie door hogergelegen verontreinigingen vrijwel is uitgesloten.

Conclusies omtrent de (potentiële) biologische activiteit zullen door TTE getrokken worden op basis van de in deze en andere onderzoeksfases verkregen informatie. In het kader van dit project kan worden opgemerkt dat de juiste parameters beschikbaar zijn gekomen.

3.3.3 Evaluatie onderzoeksresultaten

De volgende punten kunnen de case al evaluerend worden genoemd:

De volgende punten kunnen evaluerend worden genoemd:

- Alle onderzoeksvragen zijn beantwoord.
- De FFD-, ROST-, BAT-, spitsmuis- en camerasonde hebben met succes gefunctioneerd.
- Alle beschikbare informatie draagt bij aan één ondergrondmodel zonder dat informatie onderling conflicteert; dit verhoogt de (objectieve) betrouwbaarheid alsmede het (subjectieve) vertrouwen in de resultaten.
- Het onderzoek is binnen een zeer korte onderzoeksperiode van 8 kalenderdagen uitgevoerd. Een traditioneel onderzoek zou in dergelijke gevallen in meerdere fasen zijn gerealiseerd en naar verwachting een doorlooptijd van zeker 3 maanden hebben gehad. Dit is uiteraard een belangrijk voordeel.
- Mede gezien de procedures om het NS-stationemplacement te mogen betreden is de eenmalige en kortdurende uitvoering een sterk punt ten opzichte van een traditionele onderzoekaankpak.
- De vertaling van de onderzoeksresultaten naar de te nemen beslissingen in het kader van de sanering zijn door TTE in opdracht van SBNS uitgevoerd buiten de verantwoordelijkheid van dit demonstratieproject. TTE heeft de resultaten van de case zeer enthousiast opgepakt en als zeer bruikbaar voor de verdere interpretatie en planvoorbereiding ervaren.
- De kosten voor een traditioneel onderzoek met dezelfde inhoudelijke resultaten als die van het uitgevoerde onderzoek liggen naar verwachting minimaal een factor twee tot drie hoger (gebaseerd op indicatieve schaduwraming).

3.4 Case Leparo

Een uitgebreidere samenvatting is opgenomen in Appendix 4. Voor meer detailinformatie zij de lezer verwezen naar het oorspronkelijke GeoDelft rapport ⁱⁱⁱ.

3.4.1 Probleemstelling en informatiebehoefte

Op een terrein in Rotterdam-Botlek is een verontreiniging met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen geconstateerd.

Deze is ontstaan doordat in het verleden de loods werd gebruikt voor opslag van een groot aantal verschillende voornamelijk organisch-chemische stoffen door ICI. Het terrein waarop tot voor kort de firma Leparo (groothandel in oud en nieuw papier) was gevestigd. De sanering van het terrein is bij overdracht afgekocht en de huidige eigenaar, het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam, wil het terrein saneren voor tot herinrichting wordt overgegaan. Het terrein is 120 x 180 m groot. De verontreiniging

bevindt zich ten dele onder en ten dele buiten een loods (die een oppervlak heeft van ca. 40 x 100 m). De vloer van de loods is verhard met stelconplaten die veelal kunnen worden gelicht. De loods is gebouwd rond een bovengronds metalen karkas. Naar verwachting liggen er weinig kabels/leidingen.

Het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam is als terreineigenaar verantwoordelijk voor de aanpak van de verontreiniging en bezint zich op maatregelen en heeft een overzicht gemaakt van potentieel geschikte saneringsvarianten. Om een definitieve keuze te kunnen maken moeten enkele vragen ten aanzien van verontreinigingssituatie en bodemeigenschappen nog worden beantwoord.

De keuze van de saneringsvariant zal worden gedaan op basis van saneringstechnische, milieuhygiënische en financiële criteria.

Vragen vanuit technische achtergrond:

1. Is er een zaklaag aanwezig?
2. Is de bodem ook verontreinigd met niet-afbreekbare verontreinigingen of verontreinigingen die de natuurlijke afbraak van gechloreerde koolwaterstoffen remmen?

Vragen vanuit financiële en milieuhygiënische achtergrond:

3. de omvang van de verontreiniging met gechloreerde koolwaterstoffen en zware metalen
4. enkele bodemeigenschappen die van invloed zijn op saneringsduur en detailontwerp.

Om een goede keuze te kunnen maken uit de saneringsvarianten is bodemonderzoek volgend uit de probleemstelling noodzakelijk. Hiervoor is een uitgebreide analyse gemaakt in de vorm van een stroomschema waarin de te beantwoorden vragen en de daarvoor benodigde informatie is uiteengegafd (zie Appendix 4, figuur 7). Dit stroomschema kan in meer generieke vorm als een template beschouwd worden voor beslissingen omtrent de inzet van (al dan niet innovatieve) meetmethoden.

In verband met financiële randvoorwaarden bleek het niet mogelijk alle vragen die vanuit de verschillende invalshoeken geformuleerd zijn in het onderzoek mee te nemen. Het onderzoek is beperkt tot het beantwoorden van de vragen 1 en 2.

3.4.2 Resultaten uitgevoerde onderzoek

Onderstaand wordt per onderzoeksvraag ingegaan op de verkregen resultaten.

1 Aanwezigheid van een zaklaag

Op basis van metingen met MIP, SMP, NIR en monsternamen met de multi-grondwatermonstersonde en de spitsmuis blijkt dat de oorspronkelijke DNAPL's als per en tri in het diepe grondwater en in diepe grondmonsters niet meer worden aangetroffen. Ook ondiep worden geen concentraties gevonden die duiden op puur product. Wel wordt het afbraakproduct Cis-1,2 Dichlooretheen aangetroffen; de gevonden concentraties hiervan, vergeleken met de oplosbaarheid van Cis in water, zijn echter zeer gering. De resultaten geven geen aanleiding te veronderstellen dat er zaklagen aanwezig zijn.

2a Aanwezigheid van niet afbreekbare stoffen

Uitgaande van de analyseresultaten van de monsters van de handboringen met behulp van de NIR en, ter ijking, uit laboratoriumanalyses, kan worden afgeleid dat er in de bovengrond niet-afbreekbare stoffen aanwezig zijn. De concentraties zijn echter in alle gevallen lager dan de streefwaarde, zodat de hieraan verbonden problemen beperkt zullen zijn. In één geval gaat de kwikconcentratie richting de streefwaarde, voor de overige stoffen en monsters zijn alle gemeten concentraties significant lager dan de streefwaarde.

De concentraties aan metalen gemeten in de diepe grondmonsters, genomen met de spitsmuisboring, vallen alle onder de streefwaarde. Op één diepte wordt aan nikkel een lichte verhoging ten opzichte van de streefwaarde aangetroffen.

2b Omstandigheden gunstig voor natuurlijke afbraak?

Uit de resultaten van metingen aan grondwatermonsters welke zijn genomen met de multigrondwatersonde, blijkt dat de omstandigheden voor reductieve dehalogenering gunstig zijn. De uitgangsverontreinigingen per en tri worden niet aangetroffen. Wel vindt er in de afbraakketen een ophoping plaats van cis-dichlooretheen en vinylchloride. Ook worden hoge concentraties (> 1 mg/l) methaan aangetroffen. Dit wijst op methanogene condities in het grondwater wat gunstig is voor de afbraak van Per en Tri. Tevens wordt op de diepte MV – 17 m een verhoging van de etheen- en ethaanconcentratie in het grondwater waargenomen, wat wijst op een volledige dehalogenering.

In de grondmonsters genomen met de spitsmuisboring, worden geen concentraties gemeten die de bacteriële afbraak mogelijk zouden kunnen remmen. Voor lood wordt pas bij een concentratie van ver boven de interventiewaarde problemen verwacht op de bacteriële populatie. Dit geldt in grote lijnen ook voor de concentraties kwik, koper arseen en zink.

Op basis van de gemeten gloeiverliesgehalten (organische stof) in de gestoken grondmonsters kan een kwalitatieve uitspraak over de potentie voor reductieve dehalogenering worden gedaan. Het blijkt dat de omstandigheden voor natuurlijke afbraak gunstig zijn. In de diepere grondlagen zijn de omstandigheden voor natuurlijke afbraak naar verwachting minder gunstig.

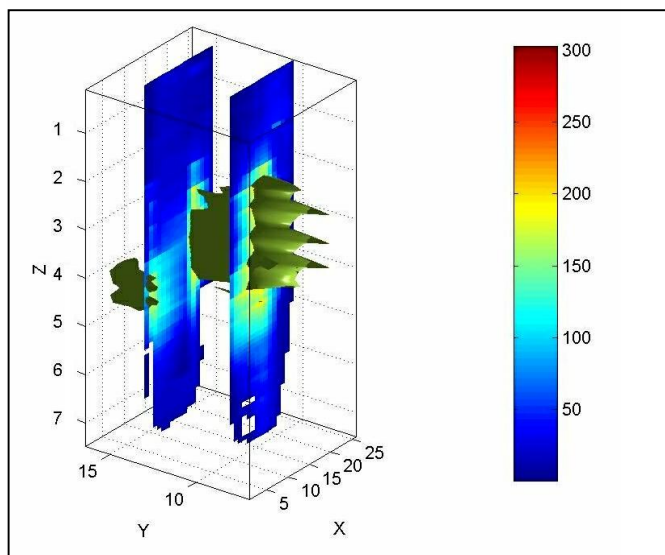
3.4.3 Evaluatie case

Onderstaand is per innovatieve techniek een evaluatie gegeven van de resultaten van de inzet van deze techniek voor deze specifieke case.

Een belangrijke meerwaarde van de MIP-techniek is dat online de verschillende soorten koolwaterstof-verontreinigingen worden gedetecteerd en gepresenteerd, zodat keuzen met betrekking tot volgende sondeerlocaties direct genomen kunnen worden. Dit is bij dit project ook gebeurd.

Een ander groot voordeel is dat over de hele verticaal de verontreinigingen worden gemeten en dat eventuele onverwachte verontreinigingen worden gedetecteerd. Doordat zowel de verontreinigingen als de grondopbouw gemeten wordt, is het eveneens mogelijk relaties tussen beide te leggen. Op deze wijze kan bepaald worden of het voorkomen van de verontreinigingen samenhangt met de bodemopbouw, waarvan een voorbeeld is gedemonstreerd.

Met het MIP-meetsysteem worden groepen verontreinigingen gemeten (chloorkoolwaterstoffen, aromatische koolwaterstoffen). Dit heeft tot gevolg dat hierdoor ook verontreinigingen gedetecteerd kunnen worden die via de conventionele methodieken niet gedetecteerd zouden worden ten gevolge van en te beperkt analysepakket.

Figuur 2: Voorbeeld van 3-D beeld van meetresultaten van MIP-DELCD

De schaal geeft de relatieve hoeveelheid gechloreerde koolwaterstoffen aan.

Voor de SMP geldt dat geen duidelijkheid is verkregen over de wijze waarop met deze sonde de verontreiniging in beeld kan worden gebracht. De metingen met de SMP-sonde hebben dan ook geen meerwaarde gegeven voor deze vraagstelling.

De meerwaarde van de NIR techniek is dat op een snelle en relatief eenvoudige wijze verontreinigingen kunnen worden gemeten aan grondmonsters. Bij ondiepe verontreinigingen kan met behulp van handboringen en analyse van het opgeboorde materiaal snel de omvang van de verontreiniging bepaald worden. Ook in dit geval kan de boorstrategie ter plekke worden aangepast naar aanleiding van de resultaten van de bepalingen.

De conclusies zijn dat

- Alle onderzoeksvragen zijn beantwoord
- De veldwerkzaamheden zijn in een zeer korte tijdspanne uitgevoerd; namelijk in één veldwerkfase van 4 dagen. 'Zeer kort' is in vergelijking met een traditionele aanpak te beschouwen. In geval een traditionele aanpak zou zijn toegepast zou een periode waarover de verschillende veldwerk-monstername-analysefasen zouden zijn uitgesmeerd minimaal 4 maanden in beslag hebben genomen.
- De gehanteerde aanpak is voor de plaatselijke situatie als praktisch werkbaar en doelmatig ervaren.
- De kosten voor een traditioneel onderzoek met dezelfde inhoudelijke resultaten als die van het uitgevoerde onderzoek liggen naar verwachting minimaal een factor twee tot drie hoger.

3.5 Case Ketelmeer-West

In Appendix 4 wordt in meer detail op deze case ingegaan.

3.5.1 Probleemstelling en informatiebehoefte

In het kader van het DIB-project is een voorstudie gedaan naar de inzetbaarheid van innovatieve bodemonderzoekstechnieken, geofysische in het bijzonder, voor de problematiek op het Ketelmeer-West. Daartoe is deze probleemomschrijving opgesteld en is een beperkte geo-elektrische modellering uitgevoerd gebruik makend van beschikbare gegevens.

De belangrijkste doelstelling van RWS voor de locatie Ketelmeer-West is het detecteren van door natuurlijke aanslibbing opgevulde zandwinningsgaten. Het gaat om oude zandwinputten die na de zandwinning zijn opgevuld met verontreinigd slib. In het oostelijk deel van het Ketelmeer is geprobeerd deze gaten met akoestische metingen te detecteren. Dit is grotendeels mislukt door de aanwezigheid van gas in de bovenste sliblaag².

Resultaten en conclusie

Naar verwachting kunnen geofysische metingen een belangrijke bijdrage leveren aan het bepalen van de locatie van de kuilen door het continue karakter van de gegevens. Voor het opsporen van de voormalige zandwinlocaties zijn de volgende opties beschikbaar.

- Seismiek: deze valt af vanwege de aanwezigheid van gas, mede op basis van de ervaringen uit Ketelmeer-Oost.
- Grondradar: de elektrische geleidbaarheid van het water en het slib blijkt van dien aard dat de penetratie waarschijnlijk minder dan 1 meter zal zijn; ook deze methode valt daarom af
- Geoelektrische metingen: deze methode wordt in principe in staat geacht om de putten te detecteren, de vraag is hier of de methode voldoende gevoelig is.

Deze laatste vraag is in de voorstudie uitgedetailleerd. Door middel van modellering is duidelijk geworden dat de te verwachten weerstandscontrasten in de ondergrond te gering zijn om een detecteerbaar effect op te leveren, in het bijzonder omdat de ervaring heeft geleerd dat door heterogeniteiten praktijkresultaten altijd moeilijker te interpreteren zijn dan modelresultaten. Op basis hiervan is besloten op deze locatie geen veld demonstratie uit te voeren.

3.6 Heesseltsche Uiterwaarden

De uitwerking van deze case is beperkt gebleven tot een analyse van de benodigde informatie. Tevens is aangegeven op welke wijze innovatieve bodemonderzoekstechnieken binnen deze informatiebehoefte zouden kunnen worden ingezet. In Appendix 6 wordt meer in detail op deze case ingegaan.

3.6.1 Probleemstelling

Het doel van het project “Heesseltsche uiterwaarden” is het herinrichten van de uiterwaarden tussen Varik en Opijnen. Er zijn twee belangrijke redenen die herinrichting van de Heesseltsche Uiterwaarden nodig maken:

- De hoeveelheid water die de Waal naar zee moet afvoeren zal, naar verwachting, in de toekomst toenemen. Om dit te kunnen verwerken is meer ruimte voor de rivier nodig.
- De overheid wil nieuwe aaneengesloten natuurgebieden creëren (beleid Ecologische Hoofdstructuur - EHS, Nadere Uitwerking Rivierengebied - NURG). Voor het gebied Fort Sint Andries is een toekomstbeeld opgesteld en de Heesseltsche Uiterwaarden maken deel uit van die plannen.

Bij de herinrichting zal veel grond worden verzet.

Er is sprake van een diffuse verontreiniging met o.a. zink in het uiterwaardengebied, welke veelal in de klei-toplaag voorkomt. Hierbij wordt wel verwacht dat het over het algemeen over vermarktbare partijen gaat (vnl. klasse 0 t/m 3). De klei kan gedeeltelijk in de keramische industrie worden gebruikt. Verder komen asfaltresten en kooldelen voor, waarbij PAK als meest kritische component kan worden beschouwd. Ook komt bijmenging met puindelen voor, waarbij het vooral gaat om zware metalen. Hier betreft het niet-vermarktbare partijen grond.

² Evaluatie metingen Ketelmeer, N.A. Kinneging, mei 2001, MDGAP2001.11, RWS-MD, Delft

Belangrijke aspecten waarom het inrichtingsproject Heesseltsche Uiterwaarden geschikt is voor DIB zijn:

- De informatiebehoefte rondom bodemonderzoek speelt bij inrichtings-projecten een toenemend belangrijke rol
- Het project vormt het eerste inrichtingsproject in een reeks van nog uit te voeren projecten in de uiterwaarden. Hierbij kan de opgedane ervaring en ontwikkelde methode van het bepalen van de informatiebehoefte bij het project “Heesseltsche Uiterwaarden” verder toegepast worden.

3.6.2 Informatiebehoefte

Aandachtspunten bij het bodemonderzoek zijn:

- Inzicht in de bodemsamenstelling, hergebruik (delfstoffenwinning).
- Inzicht in de puntbronnen van vervuiling, in verband van ontgravingsactiviteiten en het Wbb vergunningentraject
- Gebruik zandwinputten als depot.

Een van de aspecten die speelt is die van de grondstromen. Er gelden drie mogelijkheden voor de materialen die worden verplaatst bij de herinrichting:

- omputten
- vermarkten
- opslag in depot (slufter etc.) elders.

Een en ander is afhankelijk van de chemische en fysische kwaliteit van de materialen.

De DIB-informatiebehoefte is zo als volgt:

- bepalen van de verontreiniging in de deklaag (bovenste 2 m) en de variabiliteit van de verontreiniging in deze deklaag;
- bepaling van de kwaliteit in termen van delfstoffenwinning van formaties tussen 2 en 15 m diepte en van formaties tussen 15 en 40 m diepte en de variabiliteit daarin; kor-relgrootteverdeling is daarbij maatgevend.

Potentieel geschikte technieken zijn de sondes die in de projecten Leparo en Tankplaat zijn ingezet, in combinatie met geofysische methoden voor het vlakdekkend opsporen van onverwachte fenomenen. Omdat tijdens de uitvoering van het project nog geen herinrichtingsplan was gedefinieerd is het niet zinvol geacht een locatiespecifiek meetplan op te stellen.

4 Kennisoverdracht

4.1 Gerealiseerde activiteiten m.b.t. kennisoverdracht

In de onderstaande tabel is een overzicht gegeven van gerealiseerde activiteiten met betrekking tot kennisoverdracht.

Tabel 4: Overzicht gerealiseerde activiteiten kennisoverdracht.

Activiteit	Toelichting
Factsheets innovatieve technieken	Het toepassingsgebied van een aantal technieken en techniek-combinaties is beschreven in factsheets. Deze factsheets zullen onderdeel gaan vormen van lesmateriaal voor onderwijsinstellingen en zullen tevens via internet toegankelijk worden gemaakt. In Appendix 2 zijn deze factsheets opgenomen.
Tenderdocumenten	Met de tenderdocumenten is een structurele analyse van de probleemstelling naar onderzoeksvragen uitgevoerd. Deze analyse heeft geholpen een optimale onderzoekopzet te kunnen realiseren. De resultaten hiervan kunnen gebruikt worden om het vertrouwen en draagvlak van innovatieve bodemonderzoekstechnieken te versterken.
Wijze van aanbesteden	Als onderdeel van het aanbesteden zijn voorlichtingsbijeenkomsten gehouden voor de techniek-aanbieders. Met deze bijeenkomsten zijn de probleemstelling en informatiebehoefte toegelicht en samen met de bij de techniek-aanbieders op 'scherp gesteld'. Ook zijn de techniek-aanbieders met deze bijeenkomsten gestimuleerd om in gezamenlijk overleg te laten beoordelen welke combinatie van de door hun toepasbare technieken gezien de informatiebehoefte tot een optimaal onderzoekresultaat zouden kunnen leiden.
Publicaties	Tijdschrift Bodem; posters op Bodembreed 2001, 2002; Case Tankplaat in het bedrijfsblad van GeoDelft (Achtergrond, juli 2002)(ook digitaal beschikbaar www.geodelft.nl kijk bij nieuws/ publicaties/ achtergrond 45)
Minisymposium	(Nog) niet afzonderlijk georganiseerd
'On site'-kennisoverdracht	Gedurende de demonstratie zelf zijn direct betrokkenen uitgenodigd om de praktische kanten van het gebruik van innovatieve technieken te tonen. Vanwege de veiligheidsregelingen was het bij Tankplaat niet mogelijk derden uit te nodigen

In overleg met de beheerders van de Bodembreed site werd een projectsite ingericht over het project. Deze heeft een aantal keren het predikaat site van de maand gekregen.

Na een selectie uit ca. 900 adressen werden 387 personen benaderd of zij geïnteresseerd waren in het DIB project en daarvan op de hoogte gehouden willen worden. Een deel van hen gaf aan dat het contact via E mail kon verlopen.

Om de kennisoverdracht voor te bereiden werden de locaties Tankplaat (november 2001) en Leparo (juni 2002) bezocht, foto's werden op de site geplaatst.

De informatie stroom vanuit het project verliep niet volgens plan. De verzameling gegevens en de omzetting in factsheets kon pas in november 2002 goed op gang komen.

Voor het onderwijs werd gestart met het produceren van lesbrieven.

Presentaties in 2001 en 2002 over het (deel) project vonden oa. op Bodembreed plaats.

Op verzoek van SKB is de feitelijke kennisoverdracht middels de factsheets en lesbrieven in december 2002 opgeschort.

5 Conclusies

5.1 Generale conclusies

In deze paragraaf worden - reflecterend aan de doelstellingen van het demonstratieproject - de generale conclusies getrokken.

De generieke doelen van het project zijn:

- Vergroten vertrouwen en creëren draagvlak door demonstratie van de meerwaarde van innovatieve bodemonderzoekstechnieken
- kennisoverdracht op het gebied van innovatieve bodemonderzoekstechnieken
- initiëren van een platform voor het delen van kennis en ervaring, vaststellen van kennisleemtes en creëren draagvlak voor verdere ontwikkeling.

In onderstaande paragrafen wordt in algemene zin op deze doelen ingegaan. In paragraaf 6.2 wordt vervolgens op basis van de cases algemene conclusies getrokken.

Demonstratie voor het wekken van vertrouwen en creëren van draagvlak

Op twee locaties zijn veldonderzoeken met innovatieve bodemonderzoekstechnieken uitgevoerd. Beide onderzoeken hebben geleid tot de gewenste informatie voor de eindgebruiker. Daarbij waren de resultaten van bijna alle ingezette innovatieve technieken relevant. De resultaten van deze veldonderzoeken kunnen dus goed gebruikt worden om het vertrouwen in de innovatieve bodemonderzoekstechnieken te wekken en daarmee een draagvlak voor deze technieken te creëren. De probleembezitters zijn enthousiast geraakt door de inzet van de innovatieve technieken. Aangezien het probleembezitters betreffen die regelmatig bodemonderzoeken laten uitvoeren zal dit enthousiasme bijdrage aan het meer frequent gebruik van innovatieve technieken en acceptatie door het bevoegd gezag.

Kennisoverdracht

Met de tenderdocumenten is een structurele analyse van de probleemstelling uitgevoerd, resulterend in onderzoeksvragen. Deze analyse heeft geholpen een optimale onderzoekopzet te kunnen realiseren. Binnen het consortium heeft daarbij in sterke mate onderlinge kennisoverdracht plaatsgevonden met betrekking tot probleemaanpak, mogelijkheden en beperkingen van technieken in relatie de cases die representatief zijn voor een grote groep van bodemverontreinigingsgevallen. De resultaten hiervan kunnen dus goed gebruikt worden om het vertrouwen en draagvlak van innovatieve bodemonderzoekstechnieken te versterken.

De informatie stroom vanuit het project naar buiten verliep niet volgens plan. Door vertraging in het beschikbaar komen van de definitieve rapporten van de cases kon de kennisoverdracht naar niet-consortiumpartijen pas in november 2002 goed op gang komen. Met betrekking tot de kennisoverdracht naar deze grote groep actoren die aan de periferie staan wat betreft overzicht van beschikbare innovatieve bodemonderzoekstechnieken en inzicht in nieuwe ontwikkelingen is gebleken dat hiervoor veel interesse is.

Op de Bodembreed site werd een projectsite ingericht over het project. Deze heeft een aantal keren het predikaat site van de maand gekregen.

Na een selectie uit ca. 900 adressen werden 387 personen benaderd of zij geïnteresseerd waren in het DIB project en daarvan op de hoogte gehouden willen worden. Uit de respons bleek een duidelijke interesse.

Op verzoek van SKB is de feitelijke kennisoverdracht middels de factsheets en lesbrieven opgeschort tot na het beschikbaar komen van de eindrapportage van het totale project.

Initiatie platform van adviseurs, aanbieders, ontwikkelaars, probleemeigenaren en bevoegd gezag

Uniek voor het DIB project is dat voor de twee locaties waar veldwerk is uitgevoerd, alle relevante partijen³ bij elkaar zijn geweest om hun visie te geven op het uit te voeren bodemonderzoek. De locaties werden gezamenlijk bezocht. Vervolgens werd een presentatie gehouden over de condities op de locatie en de verontreinigings situatie en de gewenste informatie. Vervolgens stelde iedere techniekaanbieder een aanpak van het bodemonderzoek voor. In de volgende discussie werd duidelijk hoe de verschillende technieken elkaar aanvullen en kunnen versterken. Ook werd de problematiek van de probleemeigenaren voor de techniekaanbieders door de discussie sterk verduidelijkt.

Aan de hand van de techniekmatrix (welke techniek is in principe per onderzoeksvraag toepasbaar) is gediscussieerd over de meest doelmatige aanpak. Op hoofdlijnen is hierover tot overeenstemming gekomen en is op basis hiervan een feitelijke onderzoeks aanpak uitgewerkt. Voor de locatie in het Rotterdams havengebied werd duidelijk dat als strikt aan de gefaseerde aanpak zou worden vastgehouden dit niet tot een doelmatige onderzoeks aanpak zou leiden. De techniekaanbieders zijn vervolgens met een onderbouwde aanbieding aan het consortium gekomen⁴.

5.2 Meerwaarde innovatieve technieken bij beide cases

5.2.1 Algemeen

Tabel 5 geeft concluderend uit de beide uitgevoerde cases de meerwaarde aan van de innovatieve technieken. Deze conclusies zijn gerubriceerd aan de hand van veel toegepaste beoordelingsaspecten van projecten.

Tabel 5: Meerwaarde innovatieve technieken n.a.v. cases

Beoordelings-Aspect	Conclusie
Tijd	- Voor de voorbereiding is doorgaans meer tijd nodig dan traditioneel doordat er 'beter nagedacht' moet worden over de invulling van de informatiebehoefte. Dit aspect geldt met name indien er meerdere –elkaar aanvullende techniekaanbieders- een gezamenlijke aanbieding uitbrengen - De periode voor de uitvoering van het veldonderzoek is zeer veel korter. Een belangrijke bijdrage hieraan wordt geleverd doordat in één veldwerkfase een kartering van een verontreiniging kan plaatsvinden in tegenstelling tot een traditioneel onderzoek dat vaak plaatsvindt in meerdere onderzoeksfases. Dynamisch verkennen - Voor de interpretatie is doorgaans meer tijd nodig dan traditioneel. Een reden hiervan is de complexering van het onderzoek doordat er meer typen bodemgegevens gecombineerd en/of gemodelleerd moeten worden en de dataverwerkingstechniek nog niet standaard zijn. De informatie inhoud van de technieken is groter dan bij toepassing van peilbuizen waardoor een completer beeld verkregen wordt en waarin onzekerheden beter zichtbaar en kwantificeerbaar worden Dit punt geldt met name indien er meerdere –elkaar aanvullende techniekaanbieders- een gezamenlijke interpretatie uitvoeren - Doordat de gegevens in het veld beschikbaar zijn kan het meetprogramma 'interactief' (nog tijdens de uitvoering van het meetprogramma zelf) worden aangepast aan de eerste resultaten.

³ Probleembezitters, intermediairs, kennisinstituten, techniekaanbieders

⁴ Dit lijkt op de aanpak zoals voorgestaan door Rijkswaterstaat in de Meetstrategie 2000+, waarin de zogenaamde rugbybal-aanpak is ontwikkeld⁴, waarin voor zowel het bepalen van de informatiebehoefte als voor het bepalen van de in te zetten technieken. Deze aanpak is vooral relevant voor de grotere sites waarbij het bodemonderzoek in de orde van EURO 30.000 of meer bedraagt.

Beoordelings-Aspect	Conclusie
Organisatie	Innovatieve onderzoekstechnieken stellen geen bijzondere eisen aan de organisatie. Een punt van aandacht is hier wel bij dat als meerdere techniek aanbidders bij de opdracht betrokken zijn er duidelijke afspraken worden gemaakt wat betreft praktische aspecten als de uitvoeringscoördinatie, rapportage etc. Bij de twee cases is dit soepel verlopen.
Kwaliteit	De cases hebben aangetoond dat de kwaliteit van de informatie niet alleen hoger is dan bij een gebruikelijk bodemonderzoek, ook is de betrouwbaarheid van de informatie duidelijk 'harder'. Uit de gecombineerde toepassing van verschillende technieken wordt vanuit meer perspectieven een bijdrage geleverd aan bijv. Één en hetzelfde ondergrondmodel. Bij de onderhavige cases versterken de verkregen waarnemingen elkaar hetgeen meer vertrouwen geeft in de betrouwbaarheid van het onderzoek in zijn totaliteit.
Geld	In beide cases is het uitgevoerde bodemonderzoek aanmerkelijk goedkoper geweest dan als het traditioneel (peilbuizen) zou zijn onderzocht (gebaseerd op indicatieve schaduwraming van een traditioneel onderzoek). Met name de diepte (in m.) is een kostenbepalende factor die vaak voordelig uitpakt. NB. Dit is geen garantie dat dit per definitie voor alle bodemonderzoek- of saneringsgevallen het geval zal zijn !
Informatie	- Voor aanvang van het onderzoek -al in de tenderfase- is, van de zijde van de eindgebruiker/adviseur meer detailinformatie over beschikbare en ontbrekende informatie nodig om tot een kwalitatief goed eindproduct te komen. Deze informatie dient tijdig en volledig ter beschikking te worden gesteld aan de techniek aanbieder - Tijdens de uitvoering van het veldonderzoek kan de onderzoeks aanpak aan de tussentijds vrijgekomen resultaten worden aangepast. Met de probleembezitter kan / moet worden afgesproken wat dit voor informatiebehoeften zijn en wat de consequenties kunnen zijn. - Er kan op verschillende wijze worden gerapporteerd: op dataschaal (wat is de uitslag van een instrument?) of op oplossingsniveau (kan ik de aquifer binnen een bepaalde tijd geheel doorspoelen?). Hierover dienen in de tenderfase duidelijke afspraken worden gemaakt op basis van behoeften van de opdrachtgever.

Voor de toepassing van innovatieve bodemonderzoekstechnieken wordt de grootste meerwaarde bereikt bij keuze voor inzet op 'oplossingsniveau'. Voorwaarde is dan wel dat er sprake is van een 'soepele' samenwerking tussen data-inwinners en adviseurs. De eerste draagt bij in het aangeven van de maximale informatie-inhoud (wat kun je wel/niet zeggen), de tweede kan vanuit de probleemstelling alternatieve invalshoeken aandragen voor de interpretatie (wat kan er nog meer uit de data gehaald worden). Bij de twee cases is gebleken dat het vinden van een balans hierin lastig is, maar dat de meerwaarde hierdoor toeneemt.

5.2.2 De rol van de opdrachtgever

Een tenderdocument (verzoek tot uitbrengen aanbieding) is een basis voor een opdracht. Hiermee kan de probleembezitter zijn wensen te kennen geven met betrekking tot de uit te voeren werkzaamheden. Een probleembezitter kan vraagstellingen van geheel verschillende orde hebben al naar gelang zijn eigen inzichten, vaardigheden en mogelijkheden tot verwerking van de metingen. In de onderstaande tabel zijn de twee uitersten inclusief gevolgen aangegeven.

Deze tabel gaat naast de vanzelfsprekendheid van de beroepsethiek (alleen aanbieden wat de doelmatigheid van het onderzoek dient, of anders er expliciet over communiceren) ervan uit dat techniek aanbidders wel eens over de grenzen van hun eigen dienstenpakket heen kijken. Dit laatste geldt met name voor het geval er voor een optimale onderzoeks aanpak gebruik van technieken van een derde partij noodzakelijk zijn.

Tabel 6: Verschillende orden van vraagstellingen

'Orde' vraagstelling probleembezitter	Gevolgen ten aanzien van opstelling opdrachtnemer	Gevolgen ten aanzien van de resultaten
Verzoek om leveren van data ('meters draaien')	• Geen inleving in problematiek • Geen mogelijkheden in te spelen op afwijkingen die zich mogelijk tijdens de uitvoering van het onderzoek voordoen • Het is geen uitnodiging voor aandragen van een alternatieve aanpak • Op voorhand is niet vastgesteld dat een optimale meettechniek wordt ingezet gegeven de onderhavige omstandigheden • Dynamisch verkennen niet mogelijk	• Er wordt data geleverd en geen informatie • De oplossing voor de problematiek dient door de opdrachtgever zelf (achteraf) te worden gehaald uit de meetdata • De interpretatie dient door de opdrachtgever zelf te worden uitgevoerd • De effectiviteit van het onderzoek is op voorhand niet aan te geven • Vaak snel leverbaar • Er is een betrekkelijke grote zekerheid te krijgen over de te leveren resultaten (data) • Men kan volledig werken volgens regels en protocollen • Risico ligt vrijwel volledig bij de opdrachtgever
Verzoek om oplossing van probleem te bieden	• Dient zich in te leven in de problematiek • Krijgt mogelijkheden om in te spelen op afwijkingen die zich mogelijk tijdens de uitvoering van het onderzoek voordoen • Krijgt de mogelijkheid te zoeken naar een optimale onderzoeksopzet met de juiste inzet van meettechniek	• Resultaten zijn gericht op oplossing van problematiek • Grotere kans op doelmatigheid van onderzoek • In meerdere opzichten is er een relatieve onzekerheid over de te leveren resultaten; bijvoorbeeld wat betreft de in te zetten technieken, aantallen, meetlocaties, kosten • Mits er goede afspraken zijn over kosten worden 'technische' risico's verdeeld

Bij bovenstaande overwegingen dient overigens wel de complexiteit van de te onderzoeken problematiek in overweging te worden genomen.

Zo hebben '*routinematige*' problemen van beperkt budget vaak al een beproefde onderzoekaankpak met vaste procedures en interpretaties. In dergelijke gevallen zou wel degelijk van de 'eerste orde vraagstelling' van een opdrachtgever uit kunnen en mogen worden gegaan.

Daartegen kunnen problemen worden afgezet die qua inhoud en of omvang als complex zijn te beschouwen. Bij dergelijke problemen vindt vaak een stuk ontwikkeling en pionieren plaats.

De geselecteerde cases kunnen onder de middencategorie worden geschaard. Bij dergelijke projecten is het de kunst een balans te vinden tussen enerzijds het standaardmatig toepassen van technieken en het valideren van de technieken en anderzijds de vereiste inspanning en de toegevoegde waarde van de extra informatie die dit oplevert. Ondanks dit 'extra' balanceerwerk is er echter bij deze middencategorie wel een enorm voordeel te behalen in termen van efficiëntie en kwaliteit ten opzichte van traditionele bodemonderzoekstechnieken.

Een belangrijk document waarmee een probleembezitter zijn wensen aan een techniekaanbieder kenbaar kan maken is het zogenaamde 'tenderdocument'. Hierin zouden - afhankelijk van de wensen van de probleembezitter - de elementen in opgenomen moeten worden die in de onderstaande tabel zijn aangegeven.

Tabel 7: Checklist inhoud tenderdocument

-
- Achtergrond, probleemstelling, kader
 - Beschikbare achtergrondinformatie (bestaande onderzoeksrapportages)
 - Analyse informatiebehoefte
 - Gewenste informatiedichtheid
 - Welke beslissingen moeten er op basis van de nieuwe info worden genomen en door wie
 - Logistieke randvoorwaarden
 - Welke onzekerheden zijn acceptabel (bijv. financiële risico's in samenhang met saneringsoplossing)
 - Gewenste rolverdeling partijen
 - Toetsingscriteria eindresultaat
 - Beschikbare tijd voor levering van het onderzoek
-

5.2.3 Aanbiedingsdocumenten

Als onderdeel van de aanbiedingen door de techniekaanbieders moet de volgende informatie worden verschaft:

- Welke partijen nemen deel aan het onderzoek en wie fungeert daarbij als aanspreekpunt/projectleider?
- Welke onderzoeksvragen worden met het project opgelost? Het is denkbaar dat een aanbidding niet tegelijk voor alle onderzoeksvragen een oplossing biedt.
- Welke activiteiten worden uitgevoerd, wanneer, voor welke kosten (specificatie, ook van meer- en minderwerk!) en door wie? Welke ondersteunende activiteiten moeten andere partijen (bijvoorbeeld eigenaar/gebruiker van het terrein) daarvoor uitvoeren
- Welke technieken worden ingezet? Welke ervaring is met de in de aanbidding voor-gestelde technieken opgedaan? Wat is volgens de aanbieders de kans dat de onderzoeksvragen worden opgelost?
- Hoe worden projectrisico's verdeeld en verrekend? Te denken valt aan technische risico's (verlies apparatuur e.d.) en risico's voortvloeiend uit onzekerheden in de ondergrond en de feitelijke verontreinigingssituatie
- Volgens welke tijdsplanning wordt het onderzoek uitgevoerd?
- Op welke wijze kunnen de resultaten van het onderzoek dat met innovatieve onderzoekstechnieken wordt uitgevoerd, worden geverifieerd met traditionele technieken?

Tevens dient te worden omschreven wat de verwachte meerwaarde van de innovatieve technieken ten opzichte van "standaard" onderzoek is: wat is de demonstratiewaarde: gaat het efficiënter, is het technisch beter, wordt geheel betrouwbaarder, etc.

Waarom vinden de techniekaanbieders dat we in dit geval voor de innovatieve aanpak moeten kiezen (verwachte meerwaarde voor adviseur/eindgebruiker). Wat kunnen we met de bereikte resultaten at we niet met de conventionele aanpak kunnen? Wat zijn de risico's van het gebruik van deze technieken. Wat is volgens de aanbieders de kans dat de onderzoeksvragen worden opgelost?

5.2.4 Randvoorwaarden voor succesvolle inzet innovatieve technieken

Onderzoeksmethodieken/strategien en afwegingen daarbij: nieuwe ontwikkelingen door nieuwe onderzoekstechnieken, gefaseerd versus on-site data-evaluatie en beslissen, wijze waarop data van verschillende aard elkaar aanvult

Omgaan met begrippen als betrouwbaarheid en onzekerheid

Onderzoekstrategie:

- optimale balans tussen verschillende soorten waarnemingen en aantallen
- nieuw is 'Rapid site assessment'-achtige benadering ('Prik, Meet en Beslis'), vanuit probleem- en vraagstelling

Interpretatie:

- integreer alle info over bodemeigenschappen
- ontstaat kennis over toepassing en bruikbaarheid van één bodemonderzoekstechniek
- dus meer
- de adviseur fungeert als trekker maar moet ruimte bieden voor de professionele inbreng van de data-inwinner (communicatie)

Belangrijk is verder dat de uitvoerende partij ervaring heeft met, danwel toegang tot de achterliggende interpretatietechnieken als het gaat om innovatieve technologie die bij derden (bijvoorbeeld in het buitenland) is ontwikkeld.

Er is een aantal factoren aan te geven om tot een succesvolle inzet van innovatieve technieken te komen. Deze succesfactoren zijn sterk afhankelijk van het bewustzijn van rollen gerelateerd aan rol van verschillende spelers in het veld. In Tabel 8 is dit voor de verschillende actoren in dit krachtenveld nader uitgewerkt.

Tabel 8: Succesfactoren voor inzet innovatieve onderzoekstechnieken gerelateerd aan rol van verschillende spelers in het veld

Partij	Rol	Suggesties voor praktijk
Probleembezit	Open communicatie over probleemstelling	
Intermediair	- Aan elkaar knopen verschillende technieken die ieder hun eigen bijdrage aan de puzzel leveren, vereist goed inzicht in toepassingsgebied/geldigheid technieken - Analyse van probleemstelling naar informatiebehoefte voldoende aandacht geven - Draagvlak voor alternatief onderzoek creëren - Weet tot hoever je kunt gaan met je eigen interpretatie van gegevens.	- Laat dit niet over aan leken maar aan specialisten - De voorbeeldcases uit deze rapportage geven enkele voorbeelden hiervoor - Vooroverleg met bevoegd gezag, probleembezit en techniekaanbieders - De techniekaanbieders hebben hier een opvoedende taak - Ken je eigen beperkingen als intermediair - Sluit vaker zaken kort met techniekaanbieders, maak helder wat risico's (technisch, financieel) zijn die beheersbaar gemaakt moeten worden in de vervolgstappen - Indien er nieuwe onderzoeksgegevens zijn, 'extrapoleer niet 'zomaar' de resultaten van innovatieve technieken.
Techniekaanbieders	- Objectieve informatie verstrekken over toepassingsgebied technieken - Communiceer over slagingskans / risico van inzetten techniek en meerwaarde bijkomende meetgegevens - Deelresultaten van meting van een bepaalde techniek in context van andere informatie bezien - Leer de taal van de opdrachtgevers spreken	- Vertaal meetresultaten in termen die relevant zijn voor de onderzoeksvraag - Maak onzekerheden die eigen zijn aan technieken (óók de 'gewone' peilbuizen) hanteerbaar
Bevoegd gezag	- Open staan voor ander referentiekader dan alleen traditionele boringen - Open staan voor ander normen en richtlijnen	- Leer verstandig omgaan met gebreken. Traditionele technieken als peilbuizen hebben net als andere technieken gebreken. Hier wordt gedachteloos te vaak zonder meer aan voorbij gegaan, met alle gevolgen van dien. Door onzekerheden van technieken – en dus óók die van bijvoorbeeld 'traditionele peilbuizen' - bespreekbaar en zichtbaar te maken staat de weg open voor een 'eerlijke concurrentie met innovatieve technieken. Er zal vaker worden gekozen voor een optimale onderzoeks aanpak waarbij verschillende technieken elkaar versterken en onzekerheden hanteerbaar zijn te maken. - Iedere techniek heeft zijn beperkingen. Hierover moet objectief en open worden gecommuniceerd. - Toetsing van onderzoekresultaten aan beleid moet niet alleen plaatsvinden met traditioneel verkregen resultaten maar ook met resultaten verkregen met innovatieve technieken. Dit vergt in bepaalde gevallen meer inlevingsvermogen maar leidt – uitgaande van een goed uitgevoerd onderzoek – tot beter onderbouwde beschikkingen.

6 References

ⁱ GeoDelft et. al.

Demonstratie en kennisoverdracht innovatieve bodemonderzoekstechnieken.
Definitief basisprojectplan, oktober 2000.

ⁱⁱ Kinneging, N.A.

Evaluatie metingen Ketelmeer
Rapport MDGAP200.11, RWS-MD, mei 2001, Delft

ⁱⁱⁱ GeoDelft et. al.

Eindrapportage van het onderzoek op de locatie Case Leparo: Demonstratie kennisoverdracht van innovatieve bodemonderzoekstechnieken, Case Leparo
Eindrapport, november 2002, CO-404790/29, GeoDelft, Fugro, Millvision, GeoMet

^{iv} Tenner, W.A., A.C. Belfroid, A.G.M. van Hattum en H. Aiking
Ecologische aspecten bij het bodemsaneringsbeleid in Amsterdam
Instituut voor Milieuvraagstukken, Amsterdam, 1997

^v Nader onderzoek Ketelmeer, 1992

^{vi} RWS-RIZA, 1991

^{vii} Fugro et. al.

Rapportage: Inzet van innovatieve onderzoekstechnieken voor de drijfslagverontreiniging in de bodem ter plaatse van de locatie Tankplaat op het NS emplacement te Arnhem
Rapport Opdrachtnummer Fugro: 82010144, d.d. 11 oktober 2002.

Appendix 1 Leden consortium

Organisatie	: GeoDelft
Contactpersoon	: drs. C.C.D.F. van Ree
Adres	: Postbus 69; 2600 AB DELFT
Telefoon	: 015 – 2 69 37 04
e-mail	: c.c.d.f.vanree@geodelft.nl
Organisatie	: TNO-NITG
Contactpersoon	: Dr. J.A.C. Meekes
Adres	: Postbus 6012; 2600 JA DELFT
Telefoon	: 015-2 69 71 92
e-mail	: j.meekes@nitg.tno.nl
Organisatie	: Van Hall Instituut Business Centre
Contactpersoon	: F. Debets
Adres	: Postbus 1754; 8901 CB LEEUWARDEN
Telefoon	: 058-2 84 65 00
e-mail	: FL.Debets@pers.vhall.nl
Organisatie	: Fugro
Contactpersoon	: drs. B.L. Schalk
Adres	: Postbus 5122; 6802 EC ARNHEM
Telefoon	: 0182-54 06 91
e-mail	: b.schalk@fugro.nl
Organisatie	: Deltaconsult
Contactpersoon	: dhr. J. de Ruiter
Adres	: 't Zwint 1; 4436 NA OUDELANDE
Telefoon	: 0113-5 485 22
Fax	: 0113 5 483 87
Organisatie	: Geomet Holding
Contactpersoon	: ir. R. van Hooydonk
Adres	: Geo Center; Röntgenweg 22; 2408 ALPHEN A/D RIJN
Telefoon	: 0172 – 46 09 11
e-mail	: vanhooydonk@geomet.nl
Organisatie	: Grontmij Advies & Techniek B.V.
Contactpersoon	: drs. R.P. Heijer
Adres	: Postbus 119; 3990 DC HOUTEN
Telefoon	: 030-6 34 46 16
e-mail	: rob.heijer@grontmij.nl
Organisatie	: MAP Benelux
Contactpersoon	: D. van der Roest
Adres	: Postbus 485, 6800 AL ARNHEM
Telefoon	: 026 – 3 72 26 00
Fax	: 026 – 3 55 81 24
e-mail	: info@mapgpr.nl

Organisatie : **Stichting Bodemsanering N.S.**
Contactpersoon : ir. G. Stokman
Adres : Postbus 2809; 3500 GV UTRECHT
Telefoon : 030-2 988 310
e-mail : g.n.m.stokman@sbns.nl

Organisatie : **Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam**
Contactpersoon : ir. W.A. van Hattem
Adres : Postbus 6622; 3002 AP ROTTERDAM
Telefoon : 010-2 521 447
e-mail : hattem.w@port.rotterdam.nl

Organisatie : **Rijkswaterstaat**
Contactpersoon : ir. W.H. Mulder
Adres : Postbus 20907; 2500 EX DEN HAAG
Telefoon : 070-3 114 517
e-mail : w.h.mulder@rikz.rws.minvenw.nl

Organisatie : **Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem**
Contactpersoon : ir. E.P.C. Visser - Westerweele
Adres : Postbus 420; 2800 AK GOUDA
Telefoon : 0182-540 680
e-mail : skb@cur.nl

Organisatie : **Delft Cluster**
Contactpersoon : drs. F.M. Roschar
Adres : Postbus 69; 2600 AB DELFT
Telefoon : 015 – 2 69 36 91
e-mail : info@delftcluster.nl

Leden van de klankbordgroep:

Organisatie : **VU Amsterdam Faculteit Aardwetenschappen**
Contactpersoon : Drs. J. Groen
Adres : Lage Morsweg 11, 2332 XA LEIDEN
Telefoon : 071 – 5 76 33 72
e-mail : grok@geo.vu.nl

Organisatie : **TTE (tot 1 augustus 2002)**
Contactpersoon : ir. K. Weijtingh
Adres : Grote Poot 2; 7411 DEVENTER
Telefoon : 057-06 65 870
e-mail : weijtingh@engineers.nl

Appendix 2

Factsheets innovatieve bodemonderzoektechnieken

Op alfabetische volgorde

BAT-sonde

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	BAT-sonde
2	Parameter	Nemen van grondwatermonsters uit redelijk doorlatende lagen, meten van poriëndruk en doorlatendheid in slecht doorlatende lagen ($>10^{-6}$ m/s).
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	Ontwikkeld in Zweden, in gebruik bij Fugro, GeoDelft
4	Werkingsprincipe	Het filter wordt weggedrukt in de grond tot de filterpunt op gewenste diepte is gebracht. Door de buis, waarmee de filterpunt is weggedrukt laat men een (vacuum getrokken) monsterbuisje of drukmeter zakken tot het filterpunt. Met behulp van een dubbelzijdige injectienaald wordt er contact gemaakt tussen het inwendige van de filterpunt en het monsterbuisje of de meetapparatuur. Voor het meten van de doorlatendheid wordt de sonde uitgerust met andere meetapparatuur, die ook door de buis wordt neergelaten en contact maakt met de filterpunt.
5	Toepassing	Nemen van ongestoorde grondwatermonsters (vooral belangrijk bij aeroob afbreekbare verontreinigingen) en voor de beoordeling van de bodem voor de geschiktheid van in situ sanering.
6	Technische specificaties	Bestaat uit een filter, monsterbuisjes en een meetapparaat. Sonde is commercieel verkrijgbaar.
7	Meetgegevens	Poriëndruk en permeabiliteit. Is ook geschikt voor het nemen van grondwatermonsters.
8	Beperkingen in het veld	Sonde is wegduikbaar tot een diepte van mv -50 m. Dichtgepakt zand kan probleem vormen. In slecht-doorlatende lagen (10^{-9} m/s) wordt geen eenduidig resultaat verkregen.
9	Referentieprojecten	Tankplaat (dit project), diverse milieu- en geotechnische projecten
10	Vergelijkbare techniek	Monstername met de grondwatermonstersonde of via peilbuis (laatstgenoemde kwalitatief minder).
11	Foto	



Bioassays als instrument in ecologische risicobeoordeling

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Bioassays als instrument in ecologische risicobeoordeling
2	Parameter	Bepaling van toxische effecten van verontreinigde grond en/of grondwater op het functioneren (bijvoorbeeld kieming, overleving, groei en reproductie) van organismen.
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	AquaSense Productgroep Ecologische Risico Beoordeling Postbus 95125 1093 JL Amsterdam Tel: 020 – 592 22 44 Fax: 020 – 592 22 49
4	Werkingsprincipe	Bioassays zijn gestandaardiseerde laboratorium experimenten waarin levende testorganismen worden blootgesteld aan een (extract van een) milieumonster om vast te stellen of de aanwezige verontreinigingen een effect hebben op deze organismen.
5	Toepassing	- Bepaling daadwerkelijk aanwezig negatieve effecten van verontreiniging op organismen om daarmee de <u>saneringsurgentie</u> al dan niet te onderbouwen; - Het <u>prioriteren</u> tussen meerdere locaties, die allen saneringsurgent zijn op basis van ecologische risico's, maar waarvoor onvoldoende financiële ruimte en/of uitvoeringscapaciteit bestaat om ze allemaal simultaan aan te pakken. <u>Evaluatie</u> van een saneringsingreep. - Bepalen van een eco(toxico)logisch onderbouwde <u>terugsaneerwaarde</u>. - Bepalen van de ecologische risico's van een <u>restverontreiniging</u>. <u>Sturing bij herinrichting</u> op basis van aanwezige risico's.
6	Technische specificaties	- Bij de opzet van ecotoxicologisch onderzoek wordt over het algemeen uitgegaan van een Triade-benadering. Bij deze benadering worden de resultaten van drie onderdelen gecombineerd, te weten chemische analyses van de aanwezige verontreinigingen, effectmetingen door middel van bioassays en veldinventarisaties van organismen in het veld. Door deze informatie te integreren is een betere en locatiespecifieke inschatting van het daadwerkelijke ecologische risico mogelijk dan op basis van elk van de componenten afzonderlijk. Elk van de onderdelen geeft zijn eigen specifieke informatie. Bioassays geven inzicht in de gecombineerde toxiciteit van alle aanwezige, biologisch beschikbare verontreinigingen. Chemische analyses geven aan welke verontreinigingen verantwoordelijk kunnen zijn voor de toxiciteit. Chemische analyses zijn dus van belang om oorzaak-gevolg relaties vast te kunnen stellen. Veldinventarisaties van aantallen en soorten, samenstelling van planten en/of bodemorganismen tenslotte geven aan wat de effecten onder veldomstandigheden zijn. - Meestal wordt een testbatterij bioassays toegepast. Hierbij worden bioassays gekozen met organismen die elkaar qua ecologische functie en gevoeligheid zo min mogelijk overlappen, bijvoorbeeld door organismen uit meerdere trofische niveaus te kiezen.
7	Meetgegevens	Bioassays geven inzicht in de gecombineerde effecten van <i>alle</i> aanwezige, bekende en onbekende, biologisch beschikbare verontreinigingen.
8	Beperkingen in het veld	Bioassays kunnen niet worden toegepast bij milieumonsters met hele extreme eigenschappen, bijvoorbeeld hele lage pH.
9	Referentieprojecten	<i>Risicobeoordeling van bodemverontreiniging met behulp van een Triade-benadering (NOBIS, 2001).</i> Een in opdracht van NOBIS uitgevoerd demonstratieproject, waarbij een TRIADE-benadering (chemie, bioassays en veldinventarisaties) door een consortium van Bioclear, AquaSense, IWACO, BLGG en Alterra, in de praktijk werd uitgetoetst voor diverse verontreinigingssituaties en bodemtypen. <i>Omgaan met actuele ecologische risico's van verontreinigde landbodems door het bevoegd gezag (AquaSense, Grontmij & Van Hall Instituut, 2001).</i> Een in opdracht van SKB en onder andere provincie Overijssel speciaal voor het bevoegd gezag ontwikkelde cursus over ecologische risicobeoordeling. Deze cursus is ook eenmaal aan medewerkers van provincie Overijssel gegeven. Het SKB-project is nagenoeg afgerond. In november 2001 zal de cursus voor het eerst buiten SKB om worden

		gegeven. • <i>Ecologische risico's van met mijnsteen en mijnslik opgevulde grindgaten in Limburg (AquaSense, 2001).</i> In opdracht van provincie Limburg zijn de ecologische risico's onderzocht van mijnsteen en mijnslik, dat in het verleden is gebruikt om de gaten op te vullen die bij grindwinning zijn ontstaan. Het onderzoek is uitgevoerd volgens de TRIADE-benadering, aangevuld met bioaccumulatieonderzoek. • <i>Locatiespecifieke beoordeling van actuele ecologische risico's in verontreinigde landbodems. Een beslissingsondersteunend systeem voor ecologische beoordeling en prioritering van saneringsurgentie (AquaSense, 1999).</i> In dit beslissingsondersteunend systeem, dat in opdracht van provincie Noord-Holland is ontwikkeld, worden biologische technieken (bioassays en veldinventarisaties) ingezet om de saneringsurgentie op basis van ecologische risico's te kunnen onderbouwen én om de saneringsurgentie van verschillende locaties onderling te kunnen prioriteren. • <i>Ecologische risico's van metaalverontreinigingen in de oevers van de Baakse beek, Geelmolensebeek en de Eperbeken.</i> Een drietal projecten waarbij in opdracht van een Waterschap Veluwe en Waterschap Rijn en IJssel de ecotoxicologische risico's van metaalverontreinigingen in de oevers van een drietal beken zijn onderzocht. Doel was zowel het onderbouwen van de saneringsurgentie als het bepalen van de terugsaneerwaarde. • <i>Een basisbenadering voor de locatiespecifieke, functiegerichte, ecologische risicobeoordeling van bodemverontreiniging voor de praktijk.</i> Een methode die in opdracht van de PGBO werd opgesteld door het RIVM, Alterra en RIZA/AquaSense. PGBO-rapporten nr. 16 en 29.
10	Vergelijkbare techniek	-
11	Foto	-

Veldinventarisaties van bodemflora en -fauna als instrument in ecologische risicobeoordeling

	Titel van het invoveld	Toelichting
1	Naam	Veldinventarisaties van bodemflora en -fauna als instrument in ecologische risicobeoordeling
2	Parameter	Veldinventarisaties van planten, regenwormen, nematoden, mijten, springstaarten, vliegenlarven, keverlarven en anderen.
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	AquaSense Productgroep Ecologische Risico Beoordeling Postbus 95125 1093 JL Amsterdam Tel: 020 – 592 22 44 Fax: 020 – 592 22 49
4	Werkingsprincipe	Bij veldinventarisaties worden organismen in het veld verzameld, waarna de aantallen, de soortensamenstelling, maar ook bijvoorbeeld de verdeling over voedselgroepen en levenstrategieën kunnen worden bepaald. De resultaten worden vergeleken met een lokale referentie en/of ecotoop afhankelijke referentiewaarden.
5	Toepassing	Veldinventarisaties geven inzicht in het effect van bodemverontreiniging onder veldomstandigheden. Veldinventarisaties hebben grote ecologische relevantie. Bij de interpretatie dient echter gerealiseerd te worden dat populaties van organismen in het veld behalve door verontreinigingen ook door een groot aantal andere factoren worden beïnvloed.
6	Technische specificaties	Bij de opzet van ecotoxicologisch onderzoek wordt over het algemeen uitgegaan van een Triade-benadering. Bij deze benadering worden de resultaten van drie onderdelen gecombineerd, te weten chemische analyses van de aanwezige verontreinigingen, effectmetingen door middel van bioassays en veldinventarisaties van organismen in het veld. Door deze informatie te integreren is een betere en locatiespecifieke inschatting van het daadwerkelijke ecologische risico mogelijk dan op basis van elk van de componenten afzonderlijk. Elk van de onderdelen geeft zijn eigen specifieke informatie. Bioassays geven inzicht in de gecombineerde toxiciteit van alle aanwezige, biologisch beschikbare verontreinigingen. Chemische analyses geven aan welke verontreinigingen verantwoordelijk kunnen zijn voor de toxiciteit. Chemische analyses zijn dus van belang om oorzaak-gevolg relaties vast te kunnen stellen. Veldinventarisaties van aantallen en soortensamenstelling van planten en/of bodemorganismen tenslotte geven aan wat de effecten onder veldomstandigheden zijn.
7	Meetgegevens	Veldgegevens geven ecologische relevante informatie over het functioneren van bodemorganismen onder chemische druk.
8	Beperkingen in het veld	- De dichtheden van bodemorganismen vertonen zeer duidelijke seizoensfluctuaties. Veldinventarisaties kunnen daarom niet het hele jaar door plaatsvinden. Ook zijn er seizoensgebonden fysische beperkingen zoals vorst of grote droogte. - Bij de interpretatie van de resultaten van veldinventarisaties dient rekening gehouden te worden met het feit dat populaties in het veld, behalve door verontreiniging, ook beïnvloed worden door verdroging, vermessing, verstoring, onderlinge concurrentie enzovoorts, waardoor voor de interpretatie expert judgement nodig is.
9	Referentieprojecten	<i>Risicobeoordeling van bodemverontreiniging met behulp van een Triade-benadering (NOBIS, 2001).</i> Een in opdracht van NOBIS uitgevoerd demonstratieproject, waarbij een TRIADE-benadering (chemie, bioassays en veldinventarisaties) door een consortium van Bioclear, AquaSense, IWACO, BLGG en Alterra, in de praktijk werd uitgetoetst voor diverse verontreinigingssituaties en bodemtypen. <i>Ecologische risico's van met mijnsteen en mijnslik opgevulde grindgaten in Limburg (AquaSense, 2001).</i> In opdracht van provincie Limburg zijn de ecologische risico's onderzocht van mijnsteen en mijnslik, dat in het verleden is gebruikt om de gaten op te vullen die bij grindwinning zijn ontstaan. Het onderzoek is uitgevoerd volgens de TRIADE-benadering, aangevuld met bioaccumulatieonderzoek. <i>Locatiespecifieke beoordeling van actuele ecologische risico's in verontreinigde landbodems. Een beslissingsondersteunend systeem voor ecologische beoordeling en prioritering van saneringsurgentie (AquaSense,</i>

		<i>1999).</i> In dit beslissingsondersteunend systeem, dat in opdracht van provincie Noord Holland is ontwikkeld, worden biologische technieken (bioassays en veldinventarisaties) ingezet om de saneringsurgentie op basis van ecologische risico's te kunnen onderbouwen én om de saneringsurgentie van verschillende locaties onderling te kunnen prioriteren.
10	Vergelijkbare techniek	-
11	Foto	-

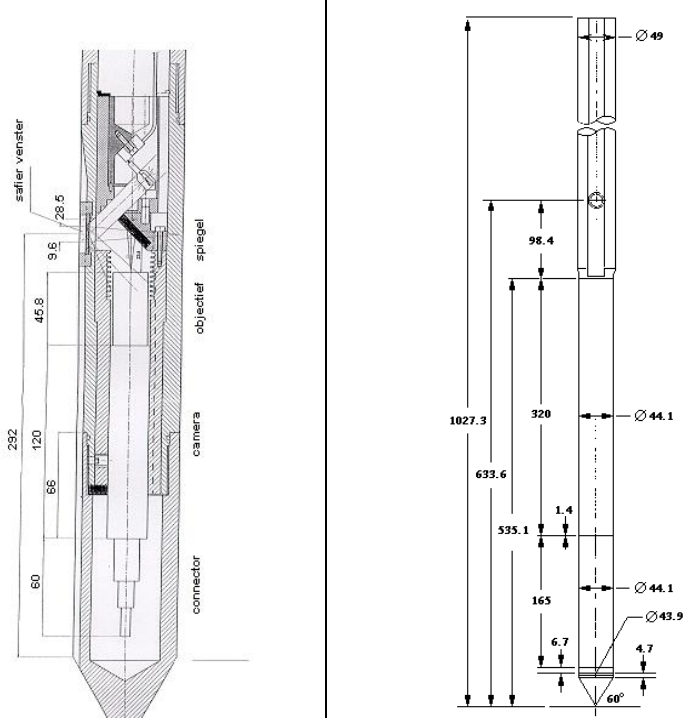
Bodemlucht sonde

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Bodemlucht sonde
2	Parameter	Detectie vluchtige vervuilingen (o.a.: BTEX, benzine, koolwaterstoffen, ammoniak, per en tri)
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	Dräger
4	Werkingsprincipe	Zie 6.
5	Toepassing	De bodemluchtsonde is geschikt voor saneringsbegeleiding en het uitkarteren van vervuilingen
6	Technische specificaties	De sonde bestaat uit een conus met een buis waarin Dräger proefbuisjes geplaatst kunnen worden. Via de open conus punt kan gas de Dräger buisjes instromen. De conus punt kan geopend worden op een gewenste diepte. Met behulp van een gaspomp aan het oppervlak wordt er een bepaalde hoeveelheid gas aangezogen en door een Dräger buisje gepompt. De vervuilingen die door de buis worden gezogen worden herkend aan de hand van verkleuringen in de buis. Ieder buisje is specifiek gevoelig gemaakt voor 1 stof of stofgroep. Wanneer deze stof door het buisje stroomt reageert deze met de specifieke stof. De lengte van de verkleuring in de buis is een maat voor de concentratie van de vervuiling. De verkleuring van de buisjes wordt handmatig afgelezen, dit gebeurt on-site.
7	Meetgegevens	Met deze sonde worden kwalitatieve metingen uitgevoerd. De vervuilingen die gemeten kunnen worden met de Dräger buisjes zijn diverse, onder andere koolwaterstoffen en BTEX. Detectielimieten voor de verschillende stoffen liggen op ppm niveau. Onnauwkeurigheden treden op doordat stoffen met hetzelfde chemische gedrag ervoor zorgen dat er een hogere concentratie wordt waargenomen voor een bepaalde vervuiling, waarvoor het buisje gebruikt wordt, dan er in de bodem aanwezig is.
8	Beperkingen in het veld	Het dieptebereik van deze sonde is beperkt tot 10 beneden maaiveld. Kan alleen toegepast worden in de onverzadigde zone.
9	Referentieprojecten	
10	Vergelijkbare techniek	
11	Foto	



Camera Sonde

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Camera Sonde
2	Parameter	korrelgrootte precieze locatie van dunne lenzen gasgehalte/gasbellendetectie in slib drijf- en zinklaag detectie middels kleur
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	Rijkswaterstaat/RIKZ met TNO en GeoDelft (Camera Sonde), GeoMil Equipment (Piëzo/Video cone penetrometer)
4	Werkingsprincipe	Conus met ingebouwde videocamera
5	Toepassing	Voor het verkrijgen van additionele informatie voor het bepalen van de samenstelling van bodemlagen, is een video-opname van de bodem een bruikbare aanvulling op standaard CPT data of geofysische data. De precieze locatie van zand en klei lenzen kunnen met de camera sonde bepaald worden.
6	Technische specificaties	In een conus is een camera geplaatst om direct de bodem te observeren. Veranderingen in stratigrafie en de precieze locatie van een vervuiling of klei/zand lenzen kunnen nauwkeurig bepaald worden. Met behulp van een video conus, wordt er informatie verkregen over de structuur van bodemlagen, korrelgrootte en samenstelling. Met deze techniek wordt er extra informatie verkregen over een bodemopbouw. De video conus bevat camera die een opname maakt van de ondergrond. Met behulp van een gloeilamp of LED, ingebouwd in de conus, wordt de ondergrond door een saffier venster belicht. De gloeilamp wordt gekoeld door een koeling die in de conus is verwerkt. Het beeld van de camera wordt aan het oppervlak opgeslagen met behulp van een videorecorder. Camera Sonde: De bodem wordt met deze sonde belicht met behulp van een halogeenlamp. Specificaties camera module: Camera: 720 x 576 pixels, 7 mm x 5 mm beeld Lichtbron: halogeenlamp Diameter: 67mm Piëzo/video conus: Specificatie video module: Camera: 768 x 494 pixels, 9mm x 6mm beeld, 11µm resolutie Licht bron: 4 high-brightness wit-licht LED's Stroomvoorziening: 120 VAC Camera unit: Ø: 44mm Tevens is het mogelijk om de standaard CPT gegevens te verkrijgen.
7	Meetgegevens	Met de camera sonde wordt een nauwkeurig, continu beeld van de bodem verkregen. Met de beelden van de ondergrond wordt de textuur van een laag verkregen. De video-conus van Geomil kan ook de conuspunt weerstand en de schuifweerstand bepalen. Tevens is er een filter in de conus aangebracht waarmee de waterspanning gemeten wordt.
8	Beperkingen in het veld	Het dieptebereik van deze conussen is afhankelijk van de wegdrukkapparaatuur en het bodemtype. Met deze sonde wordt een kwalitatieve gegevens verkregen.
9	Referentieprojecten	Creosoot zinklaag (Biosoil), gasdetectie Slufter (RWS)
10	Vergelijkbare techniek	
11	Foto	Zie onder

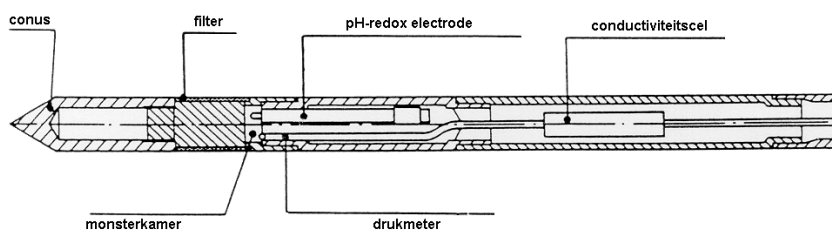
11	Foto	 The technical drawing shows a cross-section of a probe assembly. On the left, a vertical section is labeled with components: 'connector', 'camera', 'objectief', 'spiegel', and 'safir venster'. Dimensions for this section are 60, 65, 120, 45.8, 9.5, and 28.5. On the right, a side view shows the probe's profile with dimensions: 1027.3, 633.6, 535.1, 165, 6.7, 4.7, 1.4, 320, 98.4, and a 60° angle at the tip. Diameters are indicated as Ø 49, Ø 44.1, and Ø 43.9.
----	------	--



Chemo Sonde

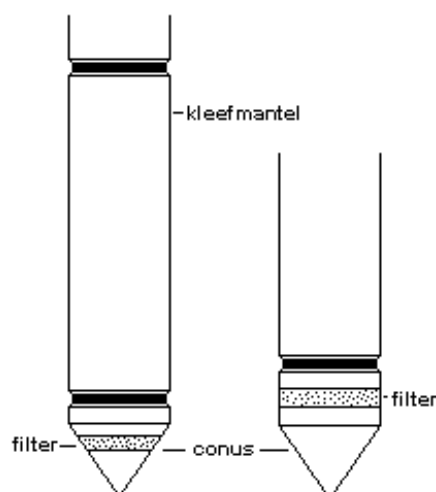
	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Chemosonde
2	Parameter	pH redox potentiaal temperatuur elektrische geleidbaarheid waterspanning
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	Geodelft
4	Weringsprincipe	In de meetkamer, nabij de punt van de sonde, wordt via een filter grondwater ingelaten. Met commercieel verkrijgbare sensoren worden de parameters gemeten. Zie verder 6.
5	Toepassing	De chemosonde is ontworpen om in-situ de grondwaterkwaliteit te meten. De chemische parameters geven inzicht in de chemische evenwichten, waarmee voorspellingen gedaan kunnen worden over de mobiliteit van een vervuiling.
6	Technische specificaties	Deze sonde maakt het mogelijk om transport van een verontreiniging nauwkeurig te voorspellen. De chemosonde is een conus die fysisch/chemische parameters meet en met behulp van CPT uitrusting op diepte wordt gebracht. De maximale penetratiediepte van de chemosonde is ongeveer 50m beneden maaiveld, een diepte die gelimiteerd wordt door de 20ton truck die gebruikt wordt voor het wegdrukken van de sonde. Onder de conus punt is een roestvrijstalen filter aangebracht met een poriëndiameter van 40µm. Achter dit filter is een meetkamer geplaatst met een volume van 15ml waarin de elektrodes zich bevinden voor het meten van de redox potentiaal en pH. Tevens bevindt zich in de meetkamer een drukopnemer die de waterspanning opneemt. Een smalle buis verbindt de meetkamer met de elektrische conductiviteit elektrode. De temperatuur wordt gemeten met een thermokoppel in de conductiviteitscel. De conductiviteitscel staat in verbinding met het oppervlak via een slang door de wegdrubbuis. Tijdens het wegdrukken wordt er een kleine overdruk opgebouwd in de monsterkamer, door stikstof te injecteren. De overdruk in de meetkamer voorkomt dat tijdens het wegdrukken het filter verstopt raakt met bodemdeeltjes. Op gewenste diepte wordt de druk afgelaten en vult de monsterkamer zich met grondwater of bodemvloeistof. De metingen voldoen aan alle normen door te meten in stromend water en tussen sonderingen door te kalibreren met standaarden. Binnen een minuut bereiken de pH en redox potentiaal een constante waarde die niet meer mag variëren dan 0.1 pH-eenheid (gemeten met een standaard elektrode) en 10mV over een periode van 3 minuten (olie et.al.,1992). De variatie in het signaal wordt bepaald als de standaard deviatie over 3 metingen. Na het meten van de parameters wordt de meetcel weer onder druk gebracht met stikstof, om het grondwater-monster uit de meetcel te blazen. Met demi-water wordt de meetcel gereinigd voordat op grotere diepte een nieuwe meting verricht wordt. De onderlinge afstand tussen twee meetdieptes is minimaal 0.5m, zodat de volgende meting geen last ondervindt van het demi-water waarmee de meetkamer gespoeld is. Het filter kan vervangen worden na iedere sondering. Diameter van de sonde: 44 mm
7	Meetgegevens	Met de chemosonde worden kwantitatieve metingen uitgevoerd. pH: wordt gemeten met een standaard elektrode met een elektrolyt, bestand tegen een druk van 3 bar. bereik: 1-14 pH-eenheid nauwkeurigheid: afwijking <0.1pH eenheid over 3 minuten. pH kan ook gemeten worden met een ISFET(Ion Sensitive Field Effect Transistor)-chip nauwkeurigheid: 0.01-0.03 pH eenheid over 3 minuten De pH is druk en temperatuur gevoelig. In de sonde is een thermokoppel ingebouwd om voor de temperatuur te corrigeren, corrigeren voor druk is niet nodig. De pH meting begint vanaf 2 atmosfeer kleine afwijkingen, 0.1 pH-

		eenheid, te vertonen. Uit testresultaten is gebleken dat de afwijking in de pH niet hoger waren dan 0.7%, of <0.1 pH-eenheid (gemeten met een standaard-elektrode). Deze afwijking is een gevolg van de druk, waarvoor de standaard-elektrode gevoelig is. De pH-ISFET is minder druk gevoelig dan een standaard elektrode. Testen uitgevoerd op in boorputten op 600m diepte resulteerde in een afwijking 0.03pH-eenheid over een periode van 3 minuten. REDOX-potentiaal: gemeten een platina-elektrode. bereik ligt tussen de -400mV en +400mV nauwkeurigheid: $\pm 10\text{mV}$ over 3 minuten. De kleine schommelingen in het meetsignaal van de pH en de redox potentiaal over 3 minuten, maakt de chemosonde een betrouwbaar apparaat. De reproduceerbaarheid van de pH zijn zeer hoog. De verandering van de waterdruk die gemeten wordt in de meetkamer in de meetcel van de sonde met verloop van tijd wordt gebruikt voor een schatting van de hydraulische conductiviteit. De metingen met de chemosonde voldoen aan alle normen, die gelden op dit gebied, door te meten in stromend water en te kalibreren tussen de sonderingen door.
8	Beperkingen in het veld	- De chemosonde kan alleen toegepast worden in watervoerende pakketten. - De chemosonde kan niet in zoute en brakke milieus meten. Elektrische geleidbaarheid van deze milieus ligt buiten het meetbereik van deze sonde. - Diepebereik is ongeveer 50m. - De chemsonde kan alleen in de verzadigde zone gebruikt worden.
9	Referentieprojecten	
10	Vergelijkbare techniek	Envirocone
11	Schematische weergave van de chemosonde. De sonde kan verdeeld worden in drie delen. Het eerste deel bevat de conuspunt met het filter waardoor grondwater toestroomt. Het tweede deel bevat de meetcel met de elektrodes voor pH en redox potentiaal meting en een waterspanningsmeter. In het derde deel bevindt zich de conductiviteitscel met een thermokoppel   : foto van de chemosonde Schets chemosonde: zie onder	



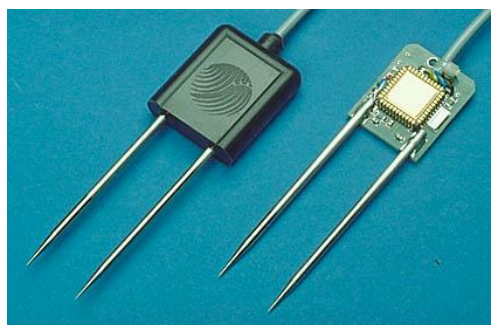
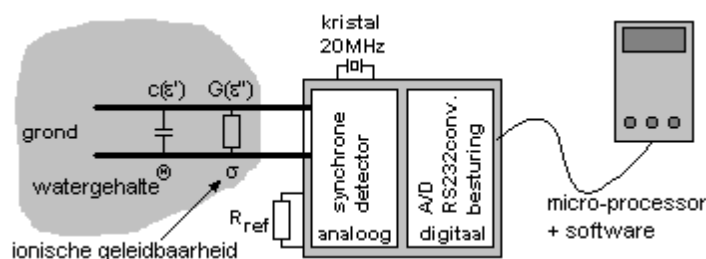
Conus – en waterspanningpenetrometer (CPTU)

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Conus – en waterspanningpenetrometer (CPTU)
2	Parameter	Conusweerstand, schuifweerstand en waterspanning. Interpretatie van deze parameters levert een beeld op van de bodemopbouw. Niet alle CPT's zijn in staat om de waterspanning te meten.
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	Diverse bedrijven, onder andere GeoDelft (CPT met waterspanningsmeting), Fugro, Geomet.
4	Werkingsprincipe	De CPTU wordt weggedrukt met verschillende sondeer-apparatuur, die een sonde kunnen wegdrücken met een maximale kracht van ongeveer 200kN. De penetratiesnelheid is standaard 20mm/s. De waterspanningspenetrometer kan zeer dunne kleilaagjes opsporen in een zandpakket of zandlaagjes opsporen in een kleipakket.
5	Toepassing	De diepte die een sonde kan bereiken is afhankelijk van de gebruikte wegdrukapparatuur en grondslag. Het dieptebereik kan verhoogd worden door toepassing van wrijvingsreductie.
6	Technische specificaties	Met de CPTU wordt de waterspanning tijdens een sondering gemeten en eventueel dissipatie testen uitgevoerd voor het verkrijgen van een permeabiliteit van de lagen. In de conus is een piëzoresistief drukelement aangebracht, dat via een filter in direct contact staat met het poriënwater. Het filter is vlak boven de conuspunt of in de conuspunt geplaatst. De meetcel in de conus heeft een klein volume waardoor snel een meetresultaat wordt verkregen. Door middel van het meten van de snelheid waarmee de waterspanning dissipeert, wordt een indruk verkregen van de doorlatendheid van een laag. De snelheid van de afname is afhankelijk van de doorlatendheid. Voor een goed doorlatende laag zal de afname van de waterspanning snel zijn in vergelijking met slecht-doorlatende lagen. Het wegdrücken van de CPTU gebeurt met standaard sondeer-apparatuur, met een standaard snelheid van 2 cm/s. Naast het meten van de waterspanning tijdens het wegdrücken van de conus worden tevens conuspunt weerstand en schuif weerstand gemeten. Gewerkt wordt volgens de NEN 5140
7	Meetgegevens	Schuifweerstand en conuspuntweerstand worden omgerekend naar een wrijvingsgetal (= schuifweerstand/ puntweerstand). Met behulp van de gegevens over puntweerstand, schuifweerstand en wrijvingsgetal en de eventueel gemeten waterspanning wordt er een interpretatie gemaakt van de bodemopbouw.
8	Beperkingen in het veld	Locatie moet met een sondeerwagen of rupstrekker bereikbaar zijn. Bij zeer hoge bodemweerstand (dichtgepakt zand) is sonderen met wrijvingsreductie te overwegen. Obstakels in de bodem kunnen problemen (breken conus) veroorzaken.
9	Referentieprojecten	Deze techniek is al gedurende vele jaren toegepast. Informatie is beschikbaar bij onder andere GeoDelft, Fugro en Geomet.
10	Vergelijkbare techniek	Bodemopbouw kan ook worden vastgesteld op basis van boringen (echter duurder bij toenemende diepte, en minder nauwkeurig).
11	Foto	Zie onder



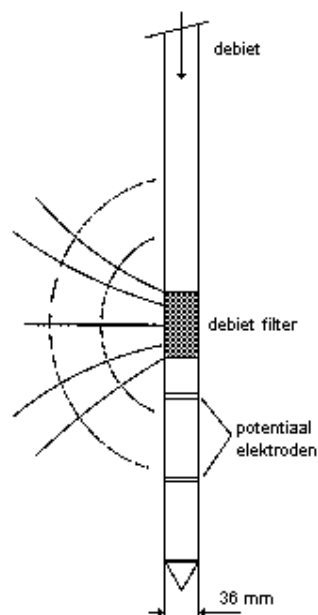
Diëlektrische bodemvocht sensor

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Diëlektrische bodemvocht sensor
2	Parameter	Diëlektrische eigenschappen, bodemvocht en geleidbaarheid
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	IMAG-DLO (ook bij hen in gebruik)
4	Werkingsprincipe	Vochtgehalte wordt berekend uit de mate waarin in de bodem fase en amplitude van een gegenereerde hoogfrequente elektrische stroom zich ontwikkelen (en worden opgevangen door een detector).
5	Toepassing	Bepalen bodemvochtigheid.
6	Technische specificaties	Deze meetmethode meet de diëlektrische eigenschappen (capaciteit en geleidbaarheid) om de bodemvochtigheid en de ionische geleidbaarheid te bepalen. Een signaalgenerator stuurt een stroom door het diëlektrische medium. De fase en amplitude van de spanning die zich ontwikkelt over het medium (bodem) wordt door de synchrone detector gedetecteerd en is een maat voor de diëlektrische eigenschappen van het materiaal. De output wordt vervolgens omgezet naar een digitaal signaal en software-matig omgezet in de gewenste gegevens (bijv. watergehalte). Voor het meten van de complexe impedantie van de bodem, waarmee de diëlektrische eigenschappen worden bepaald, is een ASIC (Application Specific Integrated Circuit) ontwikkeld. De ASIC chip is ontworpen voor de constructie van de diëlektrische watergehalte sensor voor de bodem. De sensor meet de diëlektrische eigenschappen van een bodem bij 20MHz. In het midden van de elektroden is een temperatuursensor opgenomen. De sensor kan aangesloten worden op een handmeter of een PC.
7	Meetgegevens	Diëlektrische eigenschappen; bodemvochtigheid.
8	Beperkingen in het veld	Nauwelijks.
9	Referentieprojecten	
10	Vergelijkbare techniek	Time Domain Reflectometer
11	Foto	Zie onder



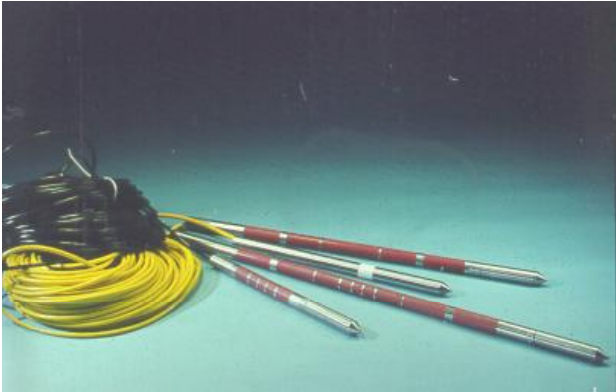
Doorlatendheidssonde/monopoolsonde

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Doorlatendheidssonde/monopoolsonde
2	Parameter	Permeabiliteit
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	GeoDelft
4	Werkingsprincipe	Een sonde (conus) wordt naar de gewenste diepte weggedrukt waarna uit de sonde water de bodem wordt ingepompt. Op verschillende plaatsen in de conus wordt de potentiaal gemeten, het drukverschil is een maat voor de permeabiliteit.
5	Toepassing	Doorlatendheden kunnen gemeten worden in het bereik van $k = 10^{-3}$ - 10^{-6} m/s.
6	Technische specificaties	De sonde ($\varnothing$ 36mm) wordt met standaard sondeer- apparatuur weggedrukt. In de doorlatendheidssonde wordt via een filter een constant debiet water de grond in gepompt, waardoor er een potentiaalveld opgewekt wordt. Het water wordt in de grond gepompt via een 10 cm hoog filter met een poriëndiameter van $40\mu\text{m}$. Op twee plaatsen onder het filter wordt de gegenereerde potentiaal gemeten, waarmee de doorlatendheid van de bodem mee wordt bepaald. Het berekenen van de doorlatendheid berust op de wet van Darcy, waarbij het debiet recht evenredig is met het potentiaalverschil maal de doorlatendheid.
7	Meetgegevens	Permeabiliteit
8	Beperkingen in het veld	Locatie moet bereikbaar zijn met een sondeerwagen of rupstrekker. Obstakels in de bodem en extreem dichtgepakte zandlagen vormen een belemmering. De maximale diepte van deze sonde is 30m.
9	Referentieprojecten	
10	Vergelijkbare techniek	Permeabiliteit kan ook worden ingeschat met laboratoriumproeven en een (in situ) pompproef.
11	Foto	Zie onder



Elektrische Conductiviteitssonde

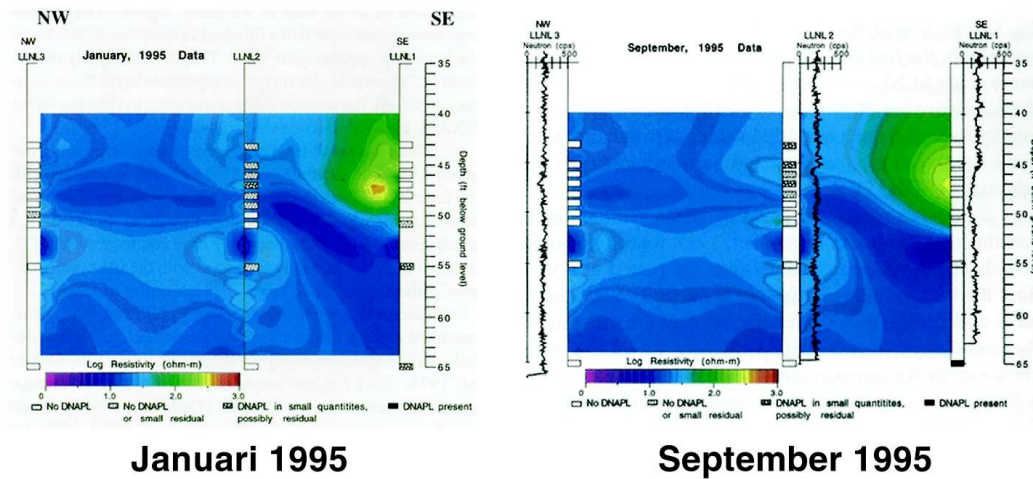
	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Elektrische Conductiviteitssonde
2	Parameter	- conus weerstand - schuifweerstand - elektrische conductiviteit
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	GeoDelft en Fugro
4	Werkingsprincipe	Met behulp van de elektrodes in de conus wordt de elektrische weerstand gemeten daarmee wordt de elektrische geleidbaarheid bepaald. Het meten van de conductiviteit wordt gedaan met behulp van elektrodes die aan de buitenkant van de sonde zijn aangebracht. Met behulp van een aangebrachte spanning en een gemeten stroom wordt de elektrische conductiviteit bepaald. Elektrische geleidbaarheidsconussen meten met een elektrode set bevestigd aan de buitenkant van de sonde, die in direct contact met de bodem staan, de conductiviteit van de bodem (=grond + poriënwater). Voor het meten van de elektrische conductiviteit van het poriënwater kan een conus met een ingebouwde meetkamer gebruikt worden. Door een filter kan de meetcel volstromen met poriënwater en met behulp van de ingebouwde elektrodes in de meetcel wordt de elektrische conductiviteit van het poriënwater bepaald. Watergehalte van een bodem kan bepaald worden aan de hand van twee verschillende elektrische geleidbaarheidsmetingen, een meting voor de totale conductiviteit en een conductiviteitsmeting van het grondwater. Door het gelijktijdig meten van de conuspuntweerstand en de schuifweerstand kan de invloed van kleideeltjes op de elektrische conductiviteit bepaald worden, zodat de invloed van verschillende parameters op de geleidbaarheid gereduceerd kan worden naar een enkele parameter. De elektrische conductiviteitsconus wordt met standaard sondeermaterieel weggedrukt en kan in ieder type grondslag gebruikt worden. Het dieptebereik is afhankelijk van de gebruikte wegdrukapparatuur.
5	Toepassing	Opsporen van zand en klei laagjes op locaties waar de grondwater eigenschappen constant zijn. Detecteren van vervuilingen in verzadigde en onverzadigde bodem. Detecteren van zoet water en zout water voerende pakketten in kustgebieden.
6	Technische specificaties	De elektrische conductiviteitsconus wordt met standaard sondeermaterieel weggedrukt en kan in ieder type grondslag gebruikt worden. Het dieptebereik is afhankelijk van de gebruikte wegdruk apparatuur
7	Meetgegevens	Met de conductiviteitsconus wordt een kwantitatieve meting uitgevoerd. Met deze resultaten wordt een kwalitatieve interpretatie gemaakt. De conductiviteitssonde kan ingezet worden voor het karakteriseren van verschillende bodemparameters. De compositie van de grond kan bepaald worden met een elektrische geleidbaarheidssonde, zandlagen hebben een lagere conductiviteit dan kleilagen, waardoor onderscheid is te maken tussen deze twee grondsoorten. In de conuspunt zit een temperatuur sensor, zodat voor het effect van temperatuur op de elektrische conductiviteit gecorrigeerd kan worden. De afstand tussen de twee stroomelektrodes bepaalt de grootte van het meetvolume waarover gemeten wordt. Een kleine ondelinge afstand maakt het mogelijk om dunne lagen en laagovergangen beter te bepalen. GeoDelft: Grondsonde: elektrische weerstand wordt gemeten met 2 sets elektrodes voor meten dichtbij de conus en op enige afstand. een set elektrodes bestaat uit 2 stroom-en 2 meetelektrodes (afstand tussen stroomelektrodes: 10 en resp. 40 cm) Conus diameter: 36 mm Bereik: 0.3-20 kΩm Nauwkeurigheid: ±1% Watersonde: is voorzien van een meetcel met elektrodes, waarin grondwater toestroomt en na de meting weer wordt uitgeperst. Conus diameter: 36 mm. Bereik: 0.3-20 kΩm Nauwkeurigheid: ±1% A.P. van den Berg: 1 set elektrodes. diameter: 36 mm en 44 mm afstand tussen de elektrodes: 5cm.

		Bereik: 0-400 mS, 0-40 mS, 0-4 mS en 0-400 μS Gemeten output voltage: 0-4 V Nauwkeurigheid: $\pm 1\%$. Eijkeldkamp Agrisearch equipment: dieptebereik: tot 1,1 meter diepte (met de hand weg te drukken) 4 ringvormige elektrodes (gescheiden van elkaar door isolatie ringen). De onderlinge afstand tussen de elektrodes is 25mm. De buitenste twee elektrodes zijn stroomelektrodes en de twee middelste zijn meet-elektrodes.
8	Beperkingen in het veld	Het dieptebereik is afhankelijk van het bodemtype en het gebruikte wegdruk-apparaatuur.
9	Referentieprojecten	
10	Vergelijkbare techniek	
11	Foto	 

Elektrische Resistiviteits Tomografie

	Titel van het invoveld	Toelichting
1	Naam	Elektrische Resistiviteits Tomografie
2	Parameter	De gemeten parameter is de soortelijke elektrische weerstand, welke voor sommige verontreinigingen zoals DNAPL's, erg hoog is, voor andere, ionisch opgeloste, verontreinigingen juist erg laag is
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	ERT is ontwikkeld door verschillende organisaties in het buitenland en in Nederland geoperationaliseerd door TNO-NITG
4	Werkingsprincipe	Bij ERT worden elektroden in boorgaten en eventueel ook aan het oppervlak geplaatst. Door twee elektroden wordt een stroom gevoerd. Over twee andere elektroden wordt de spanning gemeten die deze stroom veroorzaakt. Door verschillende combinaties van stroom- en spanningselektroden te selecteren kan een ruimtelijk beeld van de ondergrond tussen de boorgaten en tussen een boorgat en het oppervlak worden verkregen. Het idee is om te werken vanuit boorgaten die sowieso geplaatst worden voor de verkenning van de bodemverontreiniging
5	Toepassing	De verkregen ruimtelijke verdeling van elektrische weerstand van de bodem kan worden gerelateerd aan de ruimtelijke verdeling van een combinatie van grondsoort en bijv. DNAPL-concentratie.
6	Technische specificaties	De verwachte ruimtelijke resolutie voor een onderzoeksdiepte van maximaal 25 m ligt voor standaard metingen in de orde grootte van 0,5 - 1 m. Vaak zijn resultaten welke in de literatuur worden gepresenteerd gebaseerd op een grid van 0,5 m x 0,5 m of 1 m x 1 m cellen. De techniek werkt naar verwachting goed voor zinklagen in sedimenten. Drijfslagen zijn waarschijnlijk moeilijker te detecteren door het beperktere weerstandsverschil tussen de onverzadigde zone en de drijfslaag; hierbij hangt het meer van de specifieke lokale omstandigheden af. De techniek levert gegevens tot zo diep als de boorgaten zijn.
7	Meetgegevens	Het eindresultaat is een ruimtelijk beeld van de ondergrond tussen de boorgaten en tussen een boorgat en het oppervlak. Deze ruimtelijke verdeling van elektrische weerstand van de bodem kan worden gerelateerd aan de ruimtelijke verdeling van een combinatie van grondsoort en bijv. DNAPL-concentratie.
8	Beperkingen in het veld	De aanwezigheid van geleidende objecten in of op de grond zijn ongewenst voor de metingen, omdat dit voorkeursbanen van de elektrische stroom zijn. Het nadelig effect van deze objecten neemt af met toenemende afstand. Het is niet duidelijk tot welke afstand van de elektroden deze objecten geen invloed meer uitoefenen op de metingen. Het effect is er overigens minder indien de objecten loodrecht gekruist worden; hiermee kan bij het ontwerp rekening worden gehouden. Een beperking van alle geofysische elektrische methoden is dat de soortelijke weerstand wordt bepaald door een combinatie van lithologie, EC van het grondwater en de aanwezigheid van overige bestanddelen (in dit geval DNAPL's). Voor een eenduidige interpretatie is het belangrijk gegevens uit boringen/CPT's, algemene bodemkarakteristieken en eventueel aanvullende metingen beschikbaar te hebben. Omdat gewerkt wordt vanuit boorgaten, dienen deze geplaatst te kunnen worden. De ERT-metingen zelf kunnen overal worden uitgevoerd.
9	Referentieprojecten	ERT is een relatief nieuwe techniek die slechts enkele keren is toegepast, aanvankelijk vooral in de VS door het Lawrence Livermore National Laboratory (LLNL), en in de VS aan populariteit wint. In de Verenigde Staten zijn reeds succesvolle proeven uitgevoerd met ERT voor het volgen van DNAPL's tijdens bodemsaneringen voor onder andere DNAPL-verwijdering en stoominjectie. Newmark et al. (1998) geven een voorbeeld van gebruik van ERT voor het monitoren van veranderingen in een DNAPL bronzone tijdens een sanering.
10	Vergelijkbare techniek	Andere DNAPL-karakterisatietechnieken, zoals PITT leveren soortgelijke gegevens op. Vanuit technisch oogpunt is de meting vergelijkbaar met geo-elektrische metingen van het oppervlak, maar door de aanwezigheid van metingen op diepte is de ruimtelijke resolutie van ERT-metingen aanzienlijk beter dan de oppervlaktmetingen en ondervinden de metingen minder last van geleiders nabij het oppervlak.
11	Foto	zie hieronder

Tomogram voor en na onttrekking



uit: Newmark,et al.: Monitoring DNAPL Pumping Using Integrated Geophysical Techniques, 1998

Envirocone

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Envirocone
2	Parameter	pH redox potentiaal temperatuur conus weerstand conus frictie waterspanning
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	A.P. van den Berg
4	Werkingsprincipe	Zie 6.
5	Toepassing	Met de Envirocone kan de omvang van een verontreiniging bepaald worden, chemische evenwichten kunnen bepaald worden aan de hand van de verschillende gemeten parameters, wat een inzicht geeft in speciaties.
6	Technische specificaties	De Envirocone gebaseerd op het CPT-systeem. De conus wordt hydraulische de grond ingedrukt waarbij het dieptebereik afhangt van de kracht van het wegdruk systeem en het bodemtype. In zachte bodem kunnen dieptes tot 80m bereikt worden. De Envirocone meet continue pH, redox en temperatuur tijdens het wegdrukken. De parameters worden gemeten met behulp van elektrodes die aan de buitenkant de conus zijn geplaatst. De gemeten waarden van de conus zijn niet direct stabiel, maar bereiken langzaam een stabiele waarde. Een stabiele waarde wordt bereikt na een periode van 7 tot 18 minuten. Dit effect wordt veroorzaakt door een verhoogde water- en CO₂-druk vlak na het wegdrukken van de conus in de grond. Voor stabiele waarden moet de conus stilgezet worden. De Envirocone heeft een diameter van 44mm en een lengte van 360mm.
7	Meetgegevens	Met deze conus worden kwantitatieve resultaten verkregen. De meetresultaten van de envirocone geven een continue beeld van de bodem als functie van de diepte. pH: bereik: 1.00 – 14.00 nauwkeurigheid: ±0.5pH-eenheid. REDOX-potentiaal: bereik: -1000mV - +1000mV nauwkeurigheid: ±25mV
8	Beperkingen in het veld	Het gebruik van de Envirocone is beperkt tot verzadigde bodemlagen.
9	Referentieprojecten	
10	Vergelijkbare techniek	Chemosonde
11	Foto	Zie onder



EnviScan

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	EnviScan
2	Parameter	Geleidbaarheidsonderzoek: detecteert geleidbaarheidsverschillen o.a veroorzaakt door afbraakproducten van biologisch afbreekbare stoffen (voornamelijk olieproducten). Als parameter zou hier het meest voorkomend "Olieachtige producten" vermeld kunnen worden
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	MAP Environmental Research BV
4	Werkingsprincipe	Geleidbaarheidsonderzoek: detecteert geleidbaarheidsverschillen o.a veroorzaakt door afbraakproducten van biologisch afbreekbare stoffen (voornamelijk olieproducten). Met Radarapparatuur worden radiogolven de grond ingestuurd. Naarmate de elektrische geleiding van de grond toeneemt neemt de radarreflectie in sterkte af. Deze gegevens gekoppeld aan analyseresultaten geeft een praktisch bruikbaar 3D beeld van de verontreiniging. Voorwaarde is dat de te detecteren stof geleidbaarheidsverschillen veroorzaakt, cq (biologisch) afbreekbaar is
5	Toepassing	Uitkarteren verdachte gebieden en monitoring.
6	Technische specificaties	Oudere verontreinigingen > 50 µg/l Aromaten en minerale olie en > 500 mg/kg ds aromaten en minerale olie. Temperatuur bereik: -10 tot +50 °C.
7	Meetgegevens	Data is beschikbaar in Ascii en *.DXF format. Aan te leveren grid is (afhankelijk van het gridnet) vlakdekkend en 3D. Positionering gebeurt via een lokaal gridnet met automatisch afstandswiel of met GPS.
8	Beperkingen in het veld	Te hoge geleidbaarheid voor radar gebruik in het algemeen: kleigronden (klei als top laag) of zoute gronden. Dieptebereik varieert van enkele meters tot 20-25 m in zandige gronden
9	Referentieprojecten	- Verscheidene Internationale Vliegvelden - Raffinaderijen verspreid in binnen en Buitenland - Industriële locaties - Nieuwbouw locaties
10	Vergelijkbare techniek	Op de schaal van grondradar is geen vergelijkbaar product beschikbaar
11	Foto	zie onder

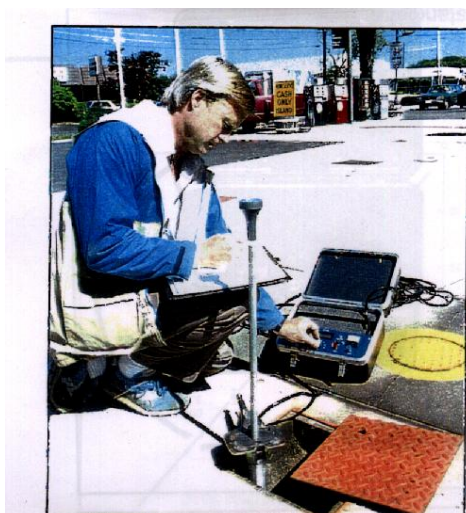


Gassonde

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Gassonde
2	Parameter	- detectie VOC - detectie anorganische gassen - gasdruk
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	Geodelft
4	Werkingsprincipe	Zie 6.
5	Toepassing	Met deze sonde worden on-site gasmonsters gescreend op VOC en biodegradatie producten. De sonde is geschikt voor het in kaart brengen van vervuilingen. Het afspelen van biodegradatie processen in een bodem kan met behulp van deze sonde bepaald worden door gasmonsters te analyseren op CO ₂ en andere gassen geproduceerd tijdens biodegradatie.
6	Technische specificaties	De gassonde wordt weggedrukt in de onverzadigde zone van een bodem met een gesloten filter van 0.3m hoogte. Op gewenste diepte kan er een monster genomen worden van het gas aanwezig in de bodem door het filter open te zetten, dit gebeurt door de stangen van de sonde een beetje terug te trekken waardoor het filter vrij komt. Met behulp van een vacuümpomp wordt het gas monster via slangen naar het oppervlak gebracht waar het on-line gescreend wordt door een MIRAN infrarood spectrofotometer. De MIRAN is geschikt voor het analyseren van bijna alle organische gassen en vele anorganische gassen. Het volume lucht dat aan de bodem onttrokken wordt, wordt met behulp van een flow-meter gemonitord. Het IR-absorptie spectrum van een monster wordt in de MIRAN wordt bij atmosferische druk bepaald. Tevens is het mogelijk om een monster na analyse met de MIRAN te bewaren en in een lab te analyseren.
7	Meetgegevens	Een vereiste bij het gebruik van de gassonde is dat de vervuiling vluchtig is of dat de vervuiling vluchtige componenten bevat. De MIRAN heeft een zeer gevoelige detectie en kan concentraties < ppm meten.
8	Beperkingen in het veld	De gas sonde kan alleen gebruik worden in de onverzadigde zone. De gassonde is niet toepasbaar in klei, veen en slib. The maximale diepte waarop een monster genomen kan worden is 25m. Alleen vluchtige elementen kunnen gedetecteerd worden.
9	Referentieprojecten	Project Kottendijk Enschede
10	Vergelijkbare techniek	
11	Foto	

Geoflo

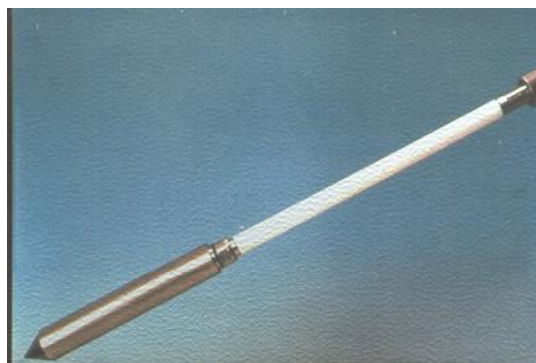
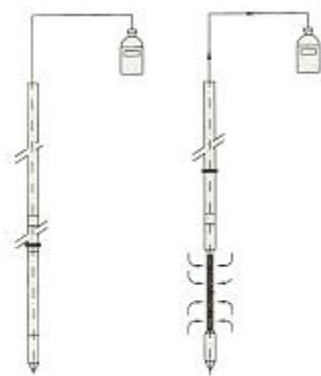
	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Geoflo
2	Parameter	Grondwaterstroming: richting en grootte, in indirecte zin ook de permeabiliteit.
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	Ontwikkeld door K-V-Associates. In gebruik bij Mateboer Milieutechniek B.V. en Fugro
4	Werkingsprincipe	Heat pulse, centrale hitte emitter, 8 hitte sensors equidistant op 45° interval, sonde gevuld met glazen kogeltjes (diam. 1.5 mm). Warmte verspreidt zich vanaf de emitter iets makkelijker stroomafwaarts, daarom meten sensoren in stromingsrichting grootste temperatuurverschil en er loodrecht op kleinste. Dit geeft de richting (heetste sensor stroomafwaarts), Temperatuurverschil is maat voor de snelheid. In een doorstroomkamer waarin exact bekende grondwaterstroming kan worden aangebracht, wordt de meetsonde gekalibreerd. Voor elk type filter behoeft dit slechts eenmalig plaats te vinden.
5	Toepassing	Het instrument kan gebruikt worden in het kader van flexibele emissiebeheersing, IBC maatregelen, verspreidingsberekening i.v.m. urgentiepaling, monitoring van (voormalige) vuilstorten, kartering van grondwaterbeschermingsgebieden, koude-warmte opslag
6	Technische specificaties	Spanning: 12V dc, 95 mA m.u.v. 2 A voor warmte opwekking, 2 oplaadbare batterijen, 6V, 6 Ah Oplaadadapters: 12V (120 VA) 18V (120VA) in combinatie met converter bij gebruik in Europa Uitlezing: LCD Heat pulse tijd: 25 secs, meettijd: 2 min 15 secs Grondwatertemperatuur 2-25°C
7	Meetgegevens	Meetbereik: grondwaterstromingsnelheid: Ondergrens: 0.02 m/dag Bovengrens: geen
8	Beperkingen in het veld	Maximale meetdiepte 135 meter. Meetsonde kan gebruikt worden in 50 of 100 mm inwendige diameter filter, geometrie filter moet geschikt zijn. Stijgbuis en filter moeten zelfde diameter hebben, gladde overgang tussen koppelingen
9	Referentieprojecten	Bodemsanering Superfos Packaging BV te Ede Defensielocatie in Prov. Utrecht Maas-Markt project te Maastricht HVB bodemsaneringlocatie te Dordrecht Publ.: Geoflo: een instrument voor de in-situ meting van de richting en grootte van de grondwaterstroming
10	Vergelijkbare techniek	Geen
11	Foto	Zie onder



Grondwatermonstersonde met doorstroomcel

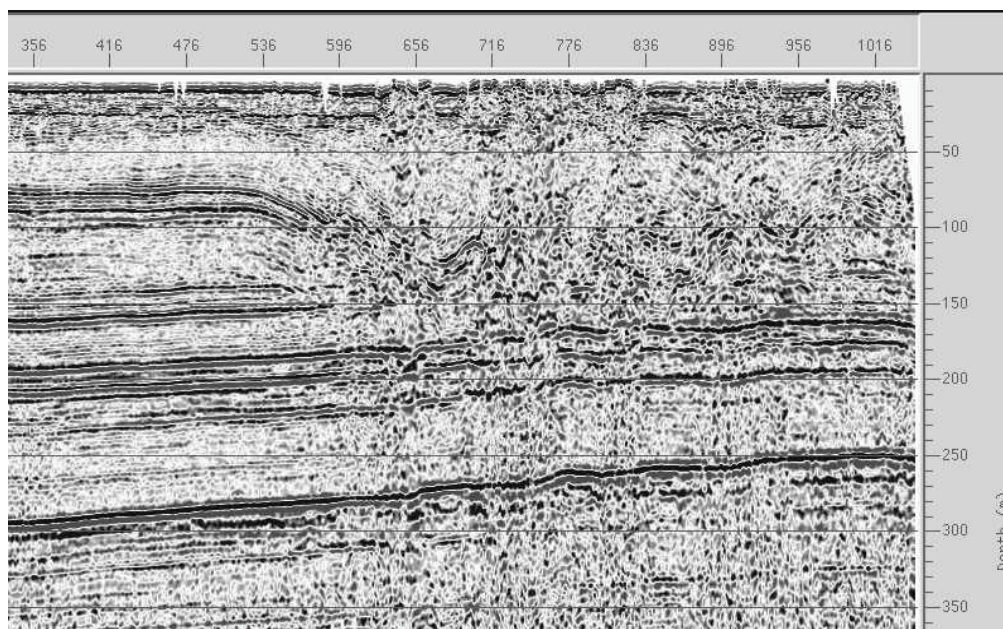
	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Grondwatermonstersonde
2	Parameter	Bij bemonstering worden de volgende parameters gemeten in een bijbehorende doorstroomcel: - Elektrische geleidbaarheid - pH - Temperatuur - Redox - opgeloste O₂
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	GeoDelft
4	Werkingsprincipe	Zie 6.
5	Toepassing	De grondwatermonstersonde is zeer geschikt voor het bemonsteren van grondwater met daarin opgelost vluchtige stoffen. Tevens is het mogelijk om anaërobe monsters te nemen.
6	Technische specificaties	De grondwatermonstersonde (Ø=36mm) is wegdrukbaar met standaard sondeerapparatuur tot dieptes van 70meter of meer. De grondwatermonstersonde bevat een filter, waardoor een grondwatermonster aan de bodem onttrokken kan worden. De filterconstructie wordt in gesloten toestand naar de gewenste diepte weggedrukt. Op gewenste diepte worden de sondeerstangen een klein stukje teruggetrokken, waardoor het filter (0.3meter lang) vrijkomt en er grondwater toestroomt. Een boven het filter ingebouwde pomp perst het grondwatermonster naar het maaiveld (50-200ml per minuut). Aan het oppervak kan het monster opgevangen worden in monsterflessen of on-site geanalyseerd worden met behulp van een doorstroomcel. De bemonsteringsslang van de grondwatermonstersonde wordt aangesloten op de doorstroomcel. De cel, opgebouwd uit teflon materiaal is geschikt voor het anaëroob meten van pH, Redox potentiaal, Elektrische geleidbaarheid, temperatuur en opgeloste zuurstof. Het monsterwater treedt aan de onderzijde van de cel binnen en verlaat de cel weer aan de bovenkant. In de celkamer vindt de meting plaats van de verschillende parameters. Ondanks dat het monster niet in contact komt met de buitenlucht kan toch permeatie optreden van zuurstof door de slangen. Dit heeft een effect op de meting van opgeloste zuurstof en zuurgraad. Door het toepassen van mantelslangen en het continu doorstromen van stikstof wordt deze permeatie voorkomen. Na het nemen van het monster wordt de sonde terug getrokken en worden de monsterslangen vervangen en de sonde gereinigd.
7	Meetgegevens	Met een doorstroomcel kunnen de verkregen monsters on-site geanalyseerd worden. Een kleine meetfout kan ontstaan doordat stoffen absorberen aan het slangenmateriaal. pH: meetbereik: 2-11 nauwkeurigheid: ±0.1 pH Geleidbaarheid: meetbereik: 500µS/cm – 1S/cm nauwkeurigheid: ±3% van de meetwaarde Opgeloste zuurstof: meetbereik: 0.1-15 mg/l nauwkeurigheid: 5% van de meetwaarde Redox potentiaal: meetbereik: -200 - +800mV nauwkeurigheid: 30mV Temperatuur: meetbereik: 0-50°C nauwkeurigheid: ±1°C
8	Beperkingen in het veld	De sonde is goed toepasbaar in zandlagen. In klei-, leem- of veenlagen is de toestrooming van grondwater te langzaam.

9	Referentieprojecten	
10	Vergelijkbare techniek	
11	Foto	<i>Schematische weergave van de grondwatersonde in gesloten toestand (links), om een monster te verkrijgen worden de stangen teruggetrokken waardoor het filter vrijkomt (rechts)</i>



Hoge Resolutie Seismiek (HRS)

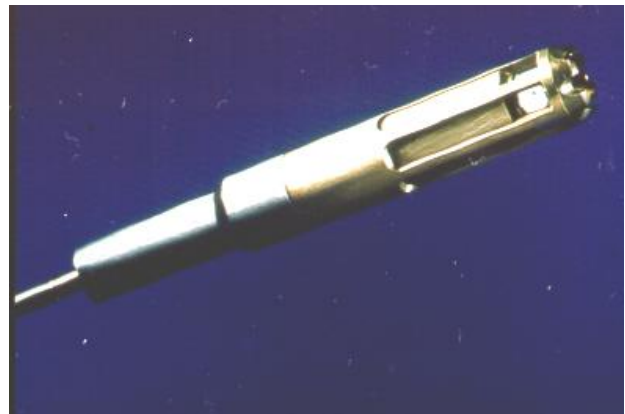
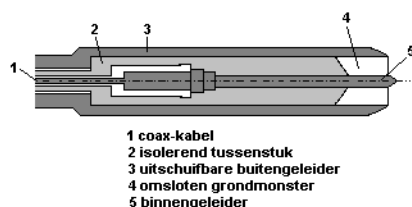
	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Hoge Resolutie Seismiek (HRS)
2	Parameter	De gemeten parameter is de structuur van de ondergrond in de vorm van een “akoestische foto”.
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	Reflectie seismiek wordt veel gebruikt in de olie- en gaswereld en is sinds eind jaren '80 in ontwikkeling bij TNO-NITG voor ondiepe toepassingen.
4	Werkingsprincipe	Reflectie-seismiek maakt gebruik van seismische golven die zich door de ondergrond voortplanten. Een seismische golf is een mechanische trilling die zich voortplant vanaf een seismische bron waar hij wordt opgewekt. Wanneer de seismische golf invalt op een grensvlak tussen twee lagen met verschillende dichtheid of snelheid, dan wordt een klein deel ervan gereflecteerd. Deze gereflecteerde golf wordt dan door ontvangers aan het aardoppervlak geregistreerd. Bij een ontvanger zullen reflecties aan diepere grensvlakken later aankomen. Door het doen van seismische metingen langs een lijn kan de aarde op continue wijze worden ‘doorgemeten’ en kan een dwarsprofiel van de aarde worden opgebouwd bestaande uit de reflecterende laaggrenzen in de ondergrond
5	Toepassing	HRS kan worden gebruikt om de diepere ondergrond (> 20 m) in kaart te brengen. Situaties waarbij HRS vaak een rol speelt zijn: - als er niet geboord kan worden - als de relevante diepte zo groot is dat boren duur is - het nauwkeurig detecteren van laterale overgangen in de ondergrond, hetgeen met boringen niet efficiënt mogelijk is (reduceren van het aantal boringen) - als de ondergrond complex is, zodat met boren niet voldoende betrouwbare informatie kan worden verkregen. HRS is vooral interessant als we te maken hebben met afzettingen op grotere diepte. De uitvoering van geofysisch onderzoek leidt in het algemeen tot een goed inzicht in de structuur van de bodem: de geometrische ligging van de verschillende lagen. Door correlatie met gegevens uit één of twee putten kan de ligging van individuele klei- of zandlichamen langs een geofysisch profiel worden vastgesteld.
6	Technische specificaties	HRS kan worden toegepast vanaf ca. 20 m diepte. De ruimtelijke resolutie in het eindresultaat is in de orde van enkele meters. Vooral door de continuïteit in de opname wordt inzicht in de bodemstructuur verkregen.
7	Meetgegevens	Het eindresultaat is een ruimtelijk beeld van de ondergrond. Dit ruimtelijke beeld van de bodem kan worden gebruikt voor karakterisatie van de ondergrond en voor verbetering van modellering van bijv. grondwaterstroming
8	Beperkingen in het veld	HRS metingen kunnen op veel locaties worden uitgevoerd. Vaak wordt (een zeer kleine hoeveelheid) springstof gebruikt, waarvoor vergunningen nodig zijn. Het aanbrengen van springstof in de bodem gebeurt met spoellansen en is niet mogelijk indien de bodem is afgedekt met beton/asfalt e.d. Een ondiepe grondwaterstand (enkele meters) werkt kwaliteitsbevorderend.
9	Referentieprojecten	Er zijn reeds vele onderzoeken uitgevoerd met HRS. De doelstellingen van deze onderzoeken waren voornamelijk: - laterale verbreiding en grenzen van klei- of zandlichamen; - dikte en continuïteit van klei- en zandlichamen; - kartering van breuken in de ondergrond; - karakterisatie van gestuwde formaties - kartering van grens gestuwde en ongestuwde gebieden De opdrachtgevers van een HRS zijn vaak waterleidingbedrijven en geo(hydro)logische onderzoeksinstituten.
10	Vergelijkbare techniek	HRS is een alternatief voor veel boren, vooral in een ondergrond die lateraal varieert.
11	Foto	zie hieronder



Voorbeeld van een seismische sectie waarin laterale overgangen goed zijn waar te nemen. In dit geval betreft het een overgang van gelaagde sedimenten naar gestuwde sedimenten.

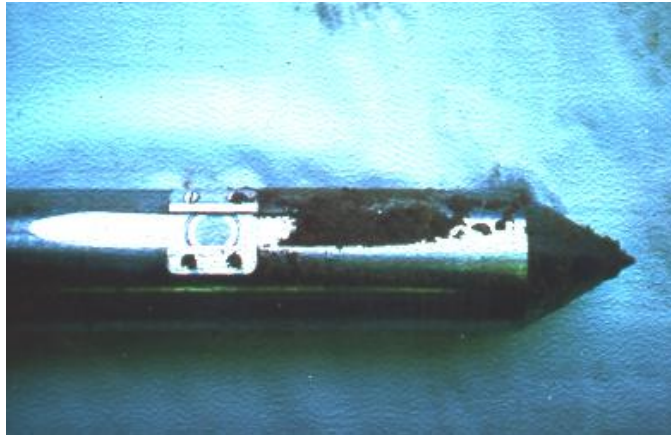
Hoogfrequent-impedantiemeter (HIM) sonde

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Hoogfrequent-impedantiemeter (HIM) sonde
2	Parameter	Diëlektrische eigenschappen
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	GeoDelft
4	Werkingsprincipe	De sonde wordt in gesloten staat weggedrukt in de grond waar deze op gewenste diepte een grondmonster kan omsluiten, de conuspunt blijft op zijn positie terwijl de buitenmantel wordt doorgedrukt. Na de meting kan de sonde doorgedrukt worden naar de volgende diepte. De HIM heeft een binnen- en buitengeleider, waartussen een grondmonster aanwezig is. Aan het oppervlak wordt een elektromagnetische puls met een hoge frequentie (10-500MHz) golf gecreëerd die via een coaxkabel naar de centrale pin van de sonde wordt geleid. De gereflecteerde signalen worden gedetecteerd en via de coaxkabel naar het oppervlak getransporteerd en worden verwerkt. Met behulp van de reflecties van hoogfrequent elektrische signalen worden de diëlektrische constante en de elektrische geleidbaarheid bepaald.
5	Toepassing	Met de diëlektrische constante en elektrische geleidbaarheid kunnen DNAPL en LNAPL onderscheiden worden van de boven en onder gelegen waterhoudende bodemlagen. De meetwaarden geven een indicatie over het dieptebereik van grondradar.
6	Technische specificaties	Zie 4
7	Meetgegevens	Het frequentie bereik is tussen de 10 en 500 MHz. De nauwkeurigheid in de diëlektrische constante en de geleidbaarheid is $\pm 5\%$. Het diepte bereik is circa 10 meter in ophooglagen.
8	Beperkingen in het veld	Het bereik van deze sonde is beperkt tot circa 10 meter in ophooglagen en in slappe lagen. De kabel die de signalen transporteert naar de oppervlakte is gevoelig voor knikken.
9	Referentieprojecten	
10	Vergelijkbare techniek	Soil Moisture Probe van Geomil/Geomet
11	Foto	Zie onder



HydroCarbonsonde

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	HydroCarbonsonde
2	Parameter	detectie (aromatische) koolwaterstoffen
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	GeoDelft
4	Werkingsprincipe	De Hydrocarbonsonde is gebaseerd op light induced fluorescence. Aromatische koolwaterstoffen fluoresceren wanneer deze belicht worden met UV-licht.
5	Toepassing	De hydrocarbonsonde is geschikt voor het detecteren van koolwaterstoffen in ieder type grond. De sonde is tevens geschikt voor het in-situ monitoren van een sanering. Met behulp van deze sonde kan, na ijking, benzine, diesel, olie en teer worden gedetecteerd.
6	Technische specificaties	De oliesonde bestaat uit een conus met een ingebouwde UV-lichtbron en detector die achter een saffier venster zijn aangebracht. De diameter van deze conus is 67 mm. De sonde wordt met standaard wegdruk materiaal weggedrukt. De diepte van wegdrukken is afhankelijk van de stratigrafie en het gebruikte wegdruk-apparaat. De Oliesonde is gebaseerd op light induced fluorescence. Aromatische koolwaterstoffen fluoresceren wanneer deze belicht worden met UV-licht. De sonde bevat een UV-licht bron en een UV-detector die in visueel contact staat met de bodem via een saffiervenster. De lichtbron die in de hydrocarbon sonde wordt gebruikt is een gloeilamp die licht uitstraalt met een golflengte van 250nm die door een saffier venster de bodem belicht. Een ingebouwde fotomultiplier, met hoogspannings voeding, (een licht detector die gebruikt worden voor lage intensiteit toepassingen) detecteert de fluorescentie met een golflengte van 390nm. De fluorescentie intensiteit wordt geregistreerd als een voltage.
7	Meetgegevens	De hydrocarbon sonde detecteert koolwaterstoffen in de pure vorm. Met deze sonde kunnen zowel kwalitatieve als kwantitatieve metingen gedaan worden. De minimale dikte van een drijfslag voor detectie is 2mm. Het detectiesysteem kan worden aangepast, zodat het meetsysteem ook te gebruiken is voor andere golflengtes. Het is dus mogelijk om ook andere producten te detecteren. Met behulp van deze techniek wordt zowel informatie verkregen van de concentratie van de vervuiling als van de samenstelling van het pure product. Verdringing van de olie voor de penetrerende conus uit is gering. Detectie van een drijfslag vindt plaats wanneer de hoeveelheid vervuiling voor het venster 5 µl is. Wanneer er minder vervuiling voor het venster is dan deze 5µl, dan wordt het niet gedetecteerd. De waargenomen intensiteit van de fluorescentie wordt geregistreerd als een voltage. De achtergrondwaarde is 100mV met een afwijking in de achtergrond waarde van ± 30mV. Detectie van een drijfslag vindt plaats wanneer de waarde van de detectie >±30mV.
8	Beperkingen in het veld	De diepte van penetratie van de hydrocarbonsonde is maximaal ongeveer 10-15 meter. Alleen vervuilingen van koolwaterstoffen die als puur produkt in de bodem voorkomen kunnen gedetecteerd worden. Olie is detecteerbaar door aanwezige fluoricerende verontreinigingen
9	Referentieprojecten	EPON Nijmegen, Voormalige vleesfabriek Wassenaar.
10	Vergelijkbare techniek	FuelFluorescenceDetector-probe van Geomil/Geomet
11	Foto	Zie onder



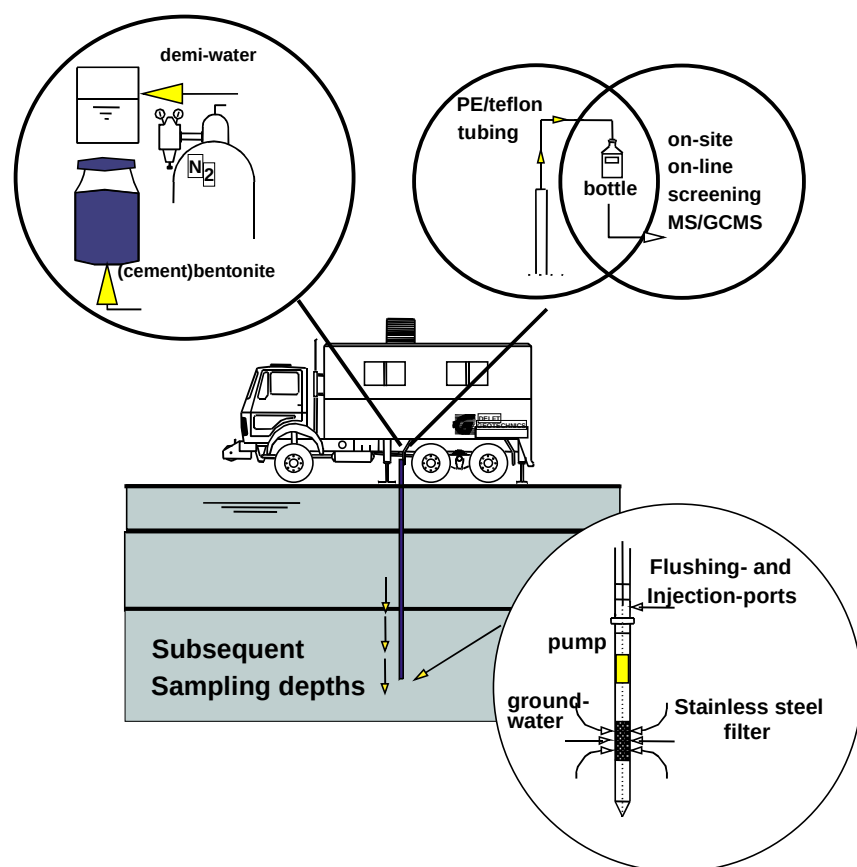
Membrane Interface Probe (MIP)

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Membrane Interface Probe (MIP)
2	Parameter	- meten van VOC's - elektrische geleidbaarheid (Geoprobe-uitvoering)
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	Geoprobe systems, Fugro
4	Werkingsprincipe	Zie 6.
5	Toepassing	De MIP sonde kan worden gebruikt voor het lokaliseren en identificeren van vluchtige organische bestanddelen. De MIP kan vluchtige verbindingen (VOC) detecteren met een on-line meetsysteem. Met de MIP sonde kunnen zinklagen gedetecteerd worden. De MIP sonde kan worden toegepast in de vadoze en verzadigde zones, met een dieptebereik van 30 meter.
6	Technische specificaties	De MIP-sonde wordt met behulp van standaard sondeer-apparatuur op diepte gebracht met een snelheid van 30cm per minuut. Data wordt verkregen per 1.5 cm. Tijdens het wegdrukken worden tevens conuspunt weerstand en schuifweerstand gemeten. Vervuilingen met VOC's worden gescheiden van de bodem en in de gasfase getransporteerd naar een detector. Aan de buitenkant van de MIP sonde is een verwarmd membraan aangebracht (verhit tussen de 80 en 120°C). Het membraan is gemaakt van een dunne film, bestaande uit fluorcarbon, ongeveer 6.35 mm doorsnede en actief oppervlak van 0.38 cm ² . Het membraan staat in direct contact met de bodem. Een roestvrijstalen bescherming is aangebracht voor een stevige ondersteuning van het membraan. Waterstof, stikstof of heliumgas circuleert door de binnenkant van het membraan, met een stroomsnelheid van 15 tot 40 ml/min. Tijdens het penetreren van de sonde in de bodem komen organische bestanddelen in contact met het membraan en worden tijdens het contact opgenomen in het membraan. Wanneer ze geadsorbeerd zijn, transporteert het transporterende gas ze naar het oppervlak waar de gasstroom wordt geanalyseerd met behulp van FID (Flame Ionisation Detector), PID (Photo Ionisation Detector) en DELCD (Dry Electrolytic Conductivity Detector). Vanwege de hoge diffusiesnelheid in het membraan, door de hoge temperatuur en omdat de koolwaterstoffen licht zijn, neemt het opnemen en transport door het membraan plaats in minder dan een seconde. Het transport naar het oppervlak duurt ongeveer 60 seconden.
7	Meetgegevens	Organische bodembestanddelen in de gasfase, opgelost, geadsorbeerd of als vrij product kunnen opgenomen worden in het membraan. De bulk vloeistof kan niet opgenomen worden door het membraan, wat meten in de verzadigde en onverzadigde bodems toestaat. Afhankelijk van het on-line meetsysteem kunnen de volgende stoffen gedetecteerd worden: PID: aromaten, deel van de CKW's FID: aromaten, CKW, Methaan DELCD: alle CKW's Detectielimieten voor BTEX is minder dan 500ppb, voor gechlorideerde VOC's 5ppm. De MIP logs leveren semiquantitatieve/qualitatieve informatie over de mate van vervuiling en maakt het mogelijk om monsters te nemen van vervuilde zones, waarmee specifieke bestanddelen en concentraties kunnen worden bepaald. Informatie over de MIP en geleidbaarheid logs verschaffen informatie over de distributie en migratie van vervuilingen in relatie tot de bodemopbouw.
8	Beperkingen in het veld	De MIP-sonde is alleen geschikt voor het detecteren van vluchtige verbindingen.
9	Referentieprojecten	Dit project, Leparo-locatie Rotterdam
10	Vergelijkbare techniek	
11	Foto	Zie onder



Multi-grondwatermonster sonde met doorstroomcel en GC-PID

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Multi-grondwatermonster sonde
2	Parameter	Bepalen BTEX en VOC, fysisch/chemische macro parameters (pH, T, elektrische geleidbaarheid, redox)
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	GeoDelft
4	Werkingsprincipe	Zie 6.
5	Toepassing	Detecteren en analyseren van zinklagen Bemonsteringen onder waterbodems
6	Technische specificaties	De multi-grondwatermonster sonde wordt weggedrukt met standaard sondeer apparatuur. De multi-grondwatermonster sonde kan tijdens een wegdrukoperatie meerdere monsters op verschillende dieptes nemen. De sonde wordt onder stikstofdruk weggedrukt tot een gewenste diepte, waar de stikstofdruk weggenomen wordt en een monsterkamer gevuld wordt met grondwater. Na de monsternamen wordt het monster naar het oppervlak gepompt, via een slang in de sondeerstangen, waar de elektrische geleidbaarheid, T, pH, redox potentiaal van het monster gemeten wordt met een doorstroomcel. Na een meting wordt de sonde schoongebazen met stikstof en gereinigd met demi-water. Het monster kan on-line geanalyseerd worden op chemische en fysische parameters. Met behulp van een gaschromatograaf wordt er een chemische analyse uitgevoerd, die BTEX en VOC's detecteert tot op ppb niveau. Na monsternamen wordt de monsterkamer met stikstof schoongebazen en met demi-water omgespoeld waarna op grotere diepte een nieuw monster genomen kan worden. Conus diameter: 36 mm.
7	Meetgegevens	De multi-grondwatermonstersonde is een gevalideerd en kwalitatief hoogwaardig monsternamen apparaat, waarmee kwantitatieve gegevens worden verkregen. Met behulp van deze sonde kunnen verontreinigingspluimen direct en met hoge resolutie geanalyseerd worden. De detectielimieten voor de BTEX en VOC's liggen op ppb niveau, met behulp van MS/GC. Met een doorstroomcel worden de volgende parameters gemeten: pH: meetbereik: 2-11 nauwkeurigheid: ± 0.1 pH Geleidbaarheid: meetbereik: $500 \mu\text{S}/\text{cm} - 1\text{S}/\text{cm}$ nauwkeurigheid: $\pm 3\%$ van de meetwaarde Opgeloste zuurstof: meetbereik: 0.1-15 mg/l nauwkeurigheid: 5% van de meetwaarde Redox potentiaal: meetbereik: -200 - +800mV nauwkeurigheid: 30mV Temperatuur: meetbereik: 0-50°C nauwkeurigheid: $\pm 1^\circ\text{C}$
8	Beperkingen in het veld	Sommige vluchtige elementen kunnen adsorberen aan het slangmateriaal, waarmee een monster naar de MS/GC getransporteerd wordt. Toepasbaar in verzadigde zand bodems. Met deze sonde kunnen er monsters genomen worden tot 100m diepte.
9	Referentieprojecten	
10	Vergelijkbare techniek	
11	Foto / Schets	zie onder



Nabij Infra Rood (NIR concept)

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Nabij Infra Rood (NIR concept)
2	Parameter	- Met name Organische vervuilingen o.a. PAK's, PCB, minerale olie - Zware metalen - Korrelgrootte
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	DC Milieutechniek-Millvision
4	Werkingsprincipe	- Absorptie of reflectie van NIR energie welke statistisch via Principale Component Analyse bewerkt wordt - IJklijnen worden opgezet door vergelijking met klassiek chemisch bepaalde parameters
5	Toepassing	Thans alleen nog baggermonsters en vervuilde grond - In kaart brengen van vervuilingen t.b.v. b.v. baggeroperaties; - Evaluatie van baggeroperaties
6	Technische specificaties	- Niet destructieve techniek - Aan boord uit te voeren of op locatie - Near real time meting - Door 1maal ijklijnen op te zetten is er een kostenvoordeel
7	Meetgegevens	Reproduceerbare gegevens op ppm niveau: PAK's, minerale olie, Zink via XRF, PCB's(ppb)
8	Beperkingen in het veld	- Vooral nog monsters nemen en die scannen; een sonde is in ontwikkeling(vergelijk witboor) - Voor elke bodem type (= andere matrix) geldt een andere ijklijn
9	Referentieprojecten	- Nieuwe Merwede - Hollandsche IJssel - Maaswerken - Evaluatie metingen Ketelmeer (1996 en 2000) (DG RWS, Meetstrategie 2000+, dr.ir. N.A. Kinneging)
10	Vergelijkbare techniek	Klassiek chemische laboratorium analyses;
11	Foto	



Rapid Optical Screening Tool (ROST)

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Rapid Optical Screening Tool (ROST)
2	Parameter	- detectie koolwaterstoffen - conusweerstand - conusfrictie
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	Fugro Milieu Consult
4	Werkingsprincipe	De ROST is gebaseerd op het principe van Laser Induced Fluorescence (LIF). Aromatische koolwaterstoffen fluoresceren wanneer deze met UV-licht belicht worden.
5	Toepassing	Met behulp van de ROST-sonde wordt er een karakterisatie van de ondergrond verkregen. De exacte locatie en omvang van vervuilingen van koolwaterstoffen die als puur product aanwezig zijn kunnen met deze sonde bepaald worden.
6	Technische specificaties	De ROST sonde wordt hydraulisch weggedrukt met standaard sondeer-apparatuur. De diepte van wegdrukken is ongeveer 20 tot 25 m, afhankelijk van de stratigrafie en de sondeer apparatuur. Tijdens het wegdrukken wordt naast de fluorescentie ook conusweerstand en conusfrictie gemeten. De ROST is gebaseerd op het principe van Laser Induced Fluorescence (LIF). Aromatische koolwaterstoffen fluoresceren wanneer deze met UV-licht belicht worden. Met een UV-licht-bron wordt de grond belicht met een golflengte van 290nm. De lichtpuls wordt via een glasvezelkabel in de sondeerconus geleid, waar deze door een saffier venster de bodem belicht. Vier golflengtes van de fluorescentie van de olie verontreinigingen worden gedetecteerd, namelijk 340nm, 390nm, 440nm en 490nm. Het fluorescentie-signaal wordt via glasvezelkabels naar de sondewerktruck geleid, waar het signaal geanalyseerd wordt. Twee verschillende tests kunnen uitgevoerd worden met de ROST: 1. Continue meting van de intensiteit van fluorescentie als functie van de diepte. Iedere 2 cm wordt er een fluorescentie meting gedaan, waarmee de concentratie wordt bepaald in de bodem. (kwantitatieve meting) 2. Bepaling van de samenstelling van een vervuiling. Op een bepaalde diepte wordt de fluorescentie intensiteit gemeten gedurende 3 minuten, waardoor levensduur en golflengte worden bepaald. Met behulp van deze techniek worden de koolwaterstoffen gedetermineerd. (kwalitatieve meting) De ROST-sonde wordt geijkt met monsters die verschillende PAK's bevatten.
7	Meetgegevens	Met de ROST sonde kunnen diverse PAK's en olietypen onderscheiden worden. De nauwkeurigheid van de techniek wordt beïnvloed door de korrelgrote verdeling, mineralogie en contactvlak. De detectiegrens voor bijv. diesel is voor zandlagen minder dan 50 mg/kg (ppm niveau) en voor lagen met een sterke samenhang minder 100 mg/kg.
8	Beperkingen in het veld	Vervuilingen van koolwaterstoffen die als puur product voorkomen, kunnen gedetecteerd worden, danwel in zeer hoge concentraties in grondwater.
9	Referentieprojecten	Dit project, Tankplaat Arnhem
10	Vergelijkbare techniek	
11	Foto	

Time-domain reflectometer (TRIME) bodem en vochtmeter

	Titel van het invoerveld	Toelichting
1	Naam	Time-domain reflectometer (TRIME) bodem en vochtmeter
2	Parameter	Bodemvochtgehalte
3	Ontwikkeld en/of in gebruik	IMKO Micromoduletechniek GMBH. Leverancier: Eijkelkamp Agrisearch Equipment
4	Werkingsprincipe	De TRIME (Time domain Reflectometry with Intelligent Micromodule Elements) is een TDR die vochtigheid van een bodem bepaalt aan de hand van de diëlektrische constante. De diëlektrische constante wordt voornamelijk bepaald door het watergehalte. De diëlektrische constante wordt bepaald aan de hand van de snelheid waarmee een magnetische puls zich voortbeweegt door een materiaal.
5	Toepassing	Bepalen bodemvochtigheid.
6	Technische specificaties	De TRIME maakt gebruik van integrated circuits, onder ander de laatste GaAs techniek. De sensor bepaalt de voortplantingstijd die nodig is voor het afleggen van een bepaalde afstand. Deze tijd is afhankelijk van het watergehalte van een bodem. De sonde met 2 of 3 meet-pennen wordt weggedrukt in de grond tot enkele meters diepte of kan worden gebruikt in boorgaten. Verschillende uitvoeringen van de sensor zijn beschikbaar. Twee- en driepens sensoren zijn beschikbaar en de uitvoering van de meting kan tevens op verschillende manieren uitgevoerd worden, handmatig wegdrukken, in een boorgat wegdrukken.
7	Meetgegevens	Bodemvochtgehalte
8	Beperkingen in het veld	Maximale diepte 0,15 m.
9	Referentieprojecten	Veel toegepast in land- en tuinbouw
10	Vergelijkbare techniek	Diëlektrische bodemvochtsensor
11	Foto	Zie onder



Appendix 3 Case Tankplaat

Basisinformatie locatie

Algemeen

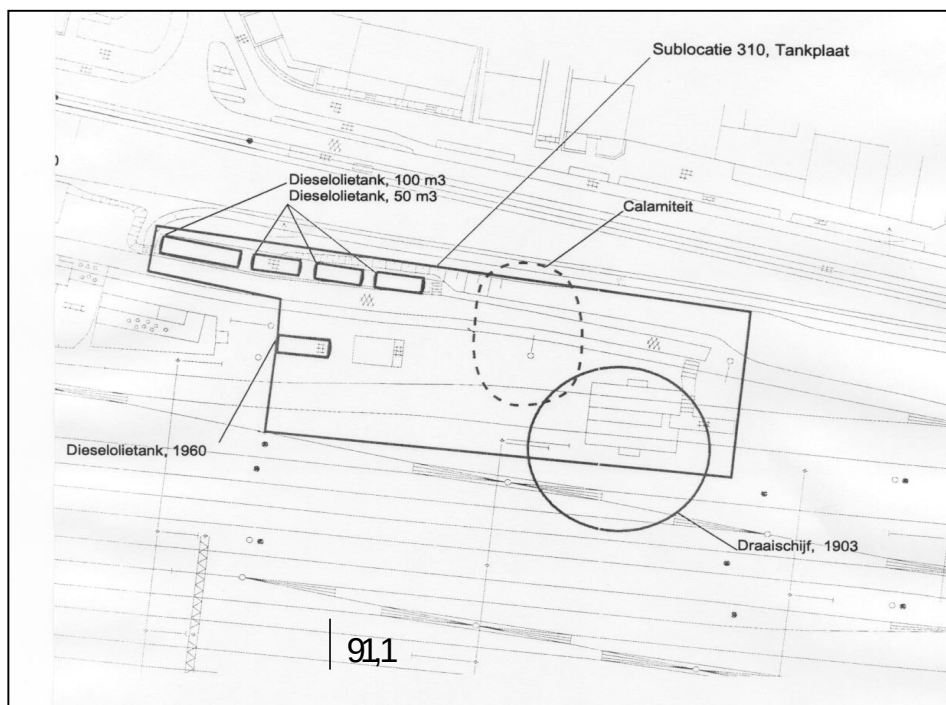
De locatie 'Tankplaat 1' bevindt zich op het NS-emplacement te Arnhem.

De tankplaat bevindt zich ter hoogte van km. 91.1.

De historie van de tankplaat ziet er samengevat als volgt uit:

- Begin van de 20^e eeuw bevond zich op de locatie een draaischijf
- Tijdens de oorlog hebben er bombardementen plaatsgevonden
- Rond 1960 is de draaischijf afgebroken en is er een dieselolietank geplaatst
- In 1973 is er een nieuw pompgebouw en een tankinstallatie geplaatst, de tankplaat wordt gepositioneerd ten zuidoosten van het huidige pompgebouw
- Rond 1980 zijn viertal dieselolietanks geplaatst

Onderstaande figuur 4 geeft de verdachte locaties ter plekke van de tankplaat weer. De gebieden omgeven met een stippenlijn, geven de locatie van een calamiteit weer, een aaneengesloten lijn betreft een object.



Figuur 3: Overzicht verdachte locaties

Bron: Geo & Hydro Consulting, 2000

Bodemopbouw

De bodemopbouw in de omgeving van de locatie wordt als zeer complex omschreven. In het algemeen wordt de bodemstructuur rondom de tankplaat, van 0 tot 50 m –mv., beschreven als een pakket van scheefgestelde, gestuwde, grove zandlagen met leem- en fijne zandlagen.

Door zijn hoge pakking is de ondergrond bovendien met sonderingen niet goed te onderzoeken.

De hoogte van het maaiveld bedraagt ± 30 m +NAP. Over de hoogte van de grondwaterspiegel worden verschillende uitspraken gedaan, variërend van 10 tot 20 m –mv. Meest waarschijnlijk lijkt een grondwaterspiegel van ca. 15 m –mv.

De regionale stromingsrichting van het grondwater is globaal zuid / zuidwestelijk, richting de Nederrijn, onder een sterk verhang. De lokale grondwaterstroming kan eventueel beïnvloed zijn door de aanwezigheid van kleilagen en naburige grondwateronttrekkingen. Daarnaast kunnen lokaal, boven de kleilagen, schijngrondwaterspiegels aanwezig zijn.

Verontreinigings situatie

De grond is tot 4 m –mv. sterk vervuild met olie, licht met aromaten. De grondverontreiniging strekt zich uit tot ca. 16 m –mv. Het grondwater is sterk vervuild tot een diepte van minimaal –55 m –mv. De drijflaag bevindt zich op een diepte van ca. –15 m –mv. en de globale omvang wordt geschat op een oppervlakte van ca. 1900 m². Hij bevindt zich deels in de zuidwesthoek van de deellocatie en strekt zich uit tot buiten de NS-locatie.

Ter plaatse van de tankplaat wordt een sterke grond- en grondwaterverontreiniging aangetroffen met minerale olie tot een diepte van 16 m –mv., ter hoogte van de grondwaterstand wordt een drijflaag aangetroffen. Aan de hand van resultaten van de verschillende onderzoeken is de grootte, dikte en het volume van de laag bepaald.

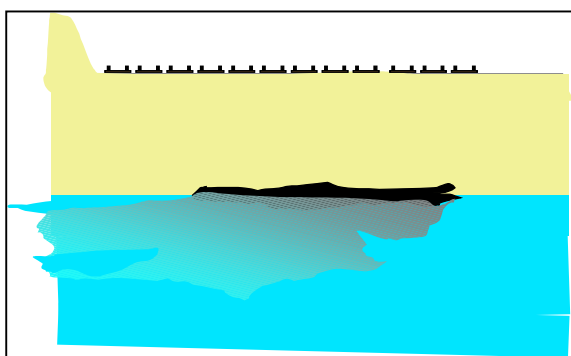
De verwachting is dat de drijflaag groter is dan wordt beschreven maar minder dik en voornamelijk zal bestaan uit residuair product. Dit en de complexiteit van de bodem maken de drijflaag moeilijk te saneren en zal waarschijnlijk bepalen of een eindige sanering uitvoerbaar is of niet.

Emissie uit de drijflaag is onbekend en de ondergrens van de pluim die gerelateerd kan worden aan de NS-locatie is onzeker. Daarmee is onduidelijk welk grondwater wel of niet gesaneerd moet worden. Daarnaast is er een kleine kans dat er een zinklaag aanwezig is.

Het onderzoek naar de drijflaag heeft tot nu toe erg veel inspanning geleverd maar heeft nog geen betrouwbaar en bruikbaar beeld opgeleverd.

Onderstaand figuur 5 geeft in profiel een schematische weergave van de situatie weer.

Figuur 4: Schematische weergave verontreinigings situatie (geen schaal)



Tenderdocument

In het tenderdocument zijn de volgende vraagstellingen geformuleerd.

A. Kan de drijflaag worden gesaneerd, en zo ja hoe?

Gezien de gegeven situatie kan deze informatiebehoefte als volgt verder worden geanalyseerd:

1. Kan de bodem worden doorspoeld (hor/vert) met water t.b.v. het saneren van de drijflaag?
Hiervoor moet inzicht worden verschaft in de bodemstructuur op een schaal van cm tot dm in de directe omgeving (5 meter boven en onder de drijflaag, 15 meter rondom de drijflaag). Met

deze bodemstructuur moet kunnen worden vastgesteld of de bodem grindlagen, kleilagen en/of oerbanken (samengedrukte laagjes) bevat en wat daarvan de geometrie is.

2. Vormt de drijflaag één geheel of komt deze voor in hydraulisch ‘onafhankelijke pockets’? Als de olie nog mobiel is en de drijflaag één geheel vormt, zal de sanering anders worden aangepakt dan bij losse pockets.

B. Kan uit de drijflaag een pluim ontstaan die een probleem kan gaan vormen.

De te beantwoorden vragen zijn:

1. Vindt er uitloging plaats vanuit de drijflaag naar het grondwater?
Hiervoor moet inzicht worden verschaft in het verloop van de grondwaterkwaliteit in de bodem onder de drijflaag (eerste vijf meter). Er wordt voorgesteld om de grondwaterkwaliteit (in casu gehalte minerale olie en vluchtige aromaten) vast te stellen door metingen op verschillende dieptes uit te voeren. Mogelijkheden zijn metingen in situ en analyse van grondwatermonsters. Concentraties op het niveau van de tussenwaarde moeten kunnen worden gedetecteerd.
2. Zijn de biologische condities in de bodem gunstig voor natuurlijke afbraak van de pluim?
Is het mogelijk om deze vraag te beantwoorden met innovatieve bodemonderzoekstechnieken?

Aanbiedingen techniekaanbieders

De volgende drie partijen hebben een aanbieding voor een demonstratie-onderzoek voor de case Tankplaat ingediend: Fugro, Geomet en GeoDelft.

De volgende innovatieve technieken zijn hierbij inbegrepen:

- ROST-sonde
- BAT-sonde
- SMP-sonde
- FFD-sonde
- Camerasonde
- Spitsmuis
- Grondwatermonstersonde.

In Appendix 2 zijn de technische achtergronden van deze technieken nader toegelicht.

Enkele belangrijke aspecten van de aanbieding van de techniekaanbieders zijn:

- Het niet met sonderingen doordrukbaar deel van het bodemprofiel tot 13 m –mv wordt met een avegaar voorbewerkt. Dit levert geen bezwaar op voor versmeringen of anderszins beïnvloeding van de metingen aangezien in het traject waar de avegaar wordt ingezet geen metingen noodzakelijk zijn voor de onderzoeksdoelstelling
- Per dag worden de onderzoeksresultaten geëvalueerd en kan zonodig de onderzoeksopzet van dag tot dag verder worden aangepast aan de waarnemingen

Een bijzondere aspecten van de onderzoeksopzet is de gefaseerde opzet.

- **Fase 1: verkenningsfase:** In deze fase wordt getracht de omvang van de drijflaag vast te stellen en een beeld te krijgen van de rol die de bodemheterogeniteiten hierin een rol speelt.
Er wordt gewerkt in meetraaien met waarnemingspunten met een onderlinge afstand van 1 tot 5 m. Per waarnemingspunt met de FFD- en de ROST-sonde de *verdeling* van de verontreiniging over het profiel in beeld gebracht.
De meetdichtheid is zodanig gekozen dat detailinformatie kan worden verkregen over de continuïteit van de drijflaag en over heterogeniteiten op schaal die van belang is voor de onderzoeksvraag. Door in meerdere profielen te meten kan de betrouwbaarheid van deze waarnemingen worden vergroot en de begrenzing van de drijflaag mogelijk worden vastgesteld.
- **Fase 2: Detailwaarnemingen drijflaag.** Met doelgerichte waarnemingen op enkele kenmerkende plaatsen in de drijflaag worden specifieke waarnemingen uitgevoerd.
Met de camerasonde en ongeroerde dieptemonsters wordt onderzocht of de drijflaag uit een

geheel bestaat (zelfde product) danwel uit meerdere pockets. Met ongeroerde monsters (spitsmuis) kan een karakterisatie van de drijfslaag worden uitgevoerd.

- **Fase 3: Monstername grondwater op kenmerkende posities onder drijfslaag.** Op basis van fase 2 wordt per kenmerkend deel van de drijfslaag een 'niet door ingrepen'-beïnvloed grondwatermonster genomen van grondwater onder de drijfslaag.

Door de inzet van innovatieve technieken kan deze aanpak binnen relatief kort tijdsbestek worden uitgevoerd. Doordat bovendien per dag de onderzoeksresultaten kunnen worden geëvalueerd kan de onderzoeksopzet van dag tot dag verder worden aangepast aan de waarnemingen. Op deze wijze kan de doelmatigheid van het onderzoek worden verhoogd.

Vooraf gegeven het korte tijdsbestek waaronder het treinbaanvak onder de zware veiligheidsomstandigheden vrij kan worden gegeven, is dit een zeer groot voordeel.

Gunning en contract

In opdrachtbrief zijn twee de volgende twee bijzondere aanvullingen opgenomen:

1. **'go/no go'-beslismoment:** de uitvoering van het bodemonderzoek wordt na de eerste dag een 'go/no go'-beslismoment opgenomen. Op dit beslismoment wordt op basis van de verwachting over de slagingskans besloten of voortgang van het bodemonderzoek zinvol is. Als wordt besloten het bodemonderzoek niet voort te zetten wordt een vastgesteld bedrag uitgekeerd.
 2. **'bonus-malusregeling:** de uitvoerende partijen krijgen vergoed de gemaakte projectkosten, verminderd met de eigen bijdrage van de uitvoerende partijen aan het project van 30% en vermenigvuldigd met een bonus/malus-percentages dat wordt berekend conform vastgestelde prestatieregels.
- De belangrijkste reden om deze regeling voor deze case toe te passen is bij deze bijzondere niet alledaagse wijze van samenwerken de techniekaanbieders te stimuleren het 'onderste uit de kan' te halen voor deze bijzondere onderzoeksdoelstelling van het demonstratieproject. De prestatieregels hadden met name betrekking op de volgende kenmerken: verticaal detail, informatiekwaliteit / onderlinge consistentie en de slagingskans.

Resultaat bodemonderzoek

Het veldonderzoek is uitgevoerd in de periode van 19 tot en met 26 november 2001.

In Tabel 9 is aangegeven welke technieken zijn aangeboden en uiteindelijk toegepast.

Tabel 9 Aangeboden en toegepaste technieken

Fase	Techniek	Geoffreerd	Uitgevoerd
1	FFD	16 stuks van 17 m	15
2	ROST	3 tot 20 m	3 tot 20 m en 1 minder diepe
	Camera	3	2, op derde locatie was het zand te dicht voor de sondering om op diepte te komen
	Spitsmuis/ soil sampler	3	3
3	BAT/ Grondwatersonde	3 locaties, 3 dieptes	3 locaties, op 1 diepte

Onderstaand wordt per onderzoeksvraag wordt onderstaand ingegaan op de resultaten van het onderzoek.

Kan de bodem worden doorspoeld (horizontaal en verticaal) met water t.b.v. het saneren van de drijfslaag?

Voor het beantwoorden van deze vraag zijn van belang de doorlatendheid van de betreffende bodemlaag en lokale verschillen hierin.

De beschikbare informatie van 11 onderzochte locaties bij Tankplaat Arnhem geeft aan dat het relevante bodempakket voornamelijk uit matig tot zeer vast gepakt matig grof en matig fijn tot siltig zand bestaat met wisselende doorlatendheid. Van enkele monsters van het matig grove materiaal is vastgesteld dat het een goede doorlatendheid hebben uit de waarnemingen van de camerasonde blijkt dat het fijn gepakte siltige zand veel gasbellen bevat, hetgeen wijst op minder goede doorlatendheid. De variatie in de sondeerwaarden en de waterspanningen duiden op verspreid voorkomen van matig tot slecht doorlatende silt- en kleilaagjes, met een dikte van enkele decimeters tot meer dan een meter. Gezien de over afstanden van 4 tot 5 meter sterk wisselende waarnemingen van de bodemopbouw wordt geconcludeerd, dat deze slecht doorlatende lagen over niet meer dan één of enkele meters een doorlopend geheel vormen. Dit is in lijn met de geologische genese van dit zandpakket (ijsgestuwd riviersediment).

Gezien de verschillen in laagopbouw die over zeer korte afstand worden waargenomen, lijkt het op basis van de momenteel voorliggende gegevens niet mogelijk om door eenvoudige interpolatie te komen tot een model van de verschillende bodemlagen.

Vormt de drijfslaag één geheel of komt deze voor in hydraulisch ‘onafhankelijke pockets’?

Met de FFD sonderingen is de ligging en dikte van de drijfslaag in beeld gebracht. De gemeten dikte van de drijfslaag varieert van ca. 1,0 m tot 2,4 m.

Uit de ROST sonderingen zijn vergelijkbare getallen afgeleid.

Uit de interpretatie van de beelden van de camera sonde kunnen geen conclusies getrokken worden omtrent de dikte van de drijfslaag. In tegenstelling tot de veronderstelling van Geodelft heeft de oliedrijfslaag geen sterk donkerbruine kleur. In de monsters uit de door Geomet in 2000 verrichte boringen was een licht groene doorzichtige fase te zien. Deze was als zodanig niet met de camerasonde waar te nemen.

Er is sprake van een niet geheel abrupte overgang van een waterfase naar overheersend oliefase. Deze overgang is te omschrijven als een smeerzone.

Uit de fluctuaties in meetuitslag van de FFD-sonderingen blijkt dat er geen sprake is van een aaneengesloten oliefase met een zelfde verzadiging. Binnen de drijfslaag varieert de verzadiging van de bodem met olie namelijk zeer grillig. Dit blijkt niet alleen uit het grillige responspatroon van de FFD-sonderingen maar ook uit de gasbellen die met de camerasonde op verschillende plaatsen zijn waargenomen en de verschillen in conusweerstand duidend op plaatselijke sterke pakking van het zand.

Uit het golflengteverdelingspatroon van de ROST-sonderingen kan worden afgeleid dat de samenstelling van de olie in de drijfslaag min of meer uniform is. Het verkregen patroon komt globaal overeen met dat van diesel.

Er is geen systematisch verschil tussen de bovenkant en de onderkant van de drijfslaag

Vindt er uitloging plaats vanuit de drijfslaag naar het grondwater?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden is het volgende onderzoek uitgevoerd

- *Drijfslaag:* er zijn grond en grondwatermonsters (olie) genomen uit de drijfslaag (spitsmuis sonde en soilsampler). Van deze monsters is een oliekarakterisatie gemaakt (door TTE en de TU Twente) Hierbij is naast de samenstelling van de olie in de grond de samenstelling van de emissie naar de waterfase, die middels een uitloogproces wordt gecreëerd, bepaald. Deze emissie uit de waterfase zegt iets over de potentiële uitloging.
- *Onder de drijfslaag en smeerzone:* met behulp van de BAT sampler zijn monsters genomen van het grondwater dicht onder de drijfslaag. De samenstelling van het grondwater dicht onder de drijfslaag zegt iets over de uitloging die recentelijk heeft plaatsgevonden.

Uit de monsters die met de BAT-sampler zijn genomen blijkt dat binnen een meter onder de drijflaag oliegehaltes van ca. 1800 tot ca. 2800 ug/l gemeten worden.

NB. Over de exacte afstand tussen de onderzijde van de drijflaag en de diepte waarop het grondwatermonster genomen is, is moeilijk meer te zeggen, aangezien uit de verschillende FFD en ROST sonderingen per locatie duidelijk is dat het exacte niveau van de onderzijde van de drijflaag over korte afstand (ca. 1 m) ca. 0,5 m kan verschillen.

Zijn de biologische condities in de bodem gunstig voor natuurlijke afbraak van de pluim?

Om deze vraag te kunnen beantwoorden zijn de met behulp van de BAT sonde verkregen grondwatermonsters relevante analyses uitgevoerd. De temperatuur, de redox potentiaal en het zuurstofgehalte zijn direct in het veld met behulp van een multimeter bepaald. De overige analyses zijn uitgevoerd in een laboratorium.

Bij de meting van de redox potentiaal en het zuurstofgehalte deed zich een praktisch probleem voor: de elektrodes van de multimeter pasten niet door de nauwe hals van de monsterflesjes van het BAT systeem. Het monster is daarom eerst overgeschonken in een flesje met ruimere hals, waarna direct gemeten is.

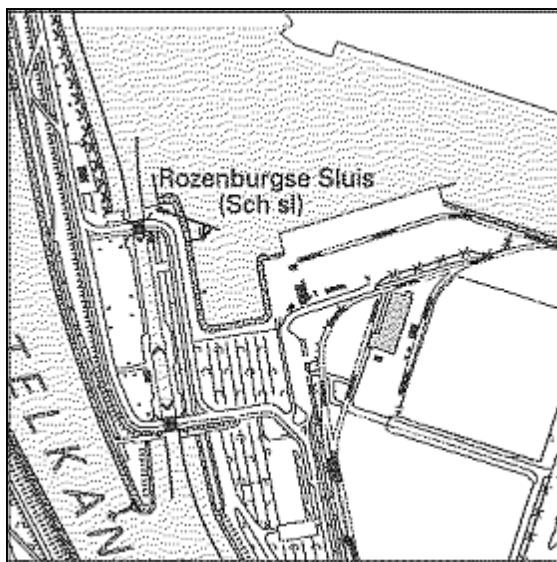
Appendix 4 Case Leparo

Basisinformatie locatie⁵

Geografische en geologische situatie

Het Leparoterrein is gesitueerd aan de Theemsweg te Rozenburg (zie Figuur 5). Het terrein heeft een oppervlakte van circa 110 m x 200 meter. Het terrein zal in de nabije toekomst overdragen worden van de huidige gebruiker aan de eigenaar, het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam. In dit kader wil de eigenaar dat op kosten van de huidige gebruiker het terrein gesaneerd wordt voordat de overdracht plaatsvindt.

Figuur 5: Ligging Leparo-terrein



Op het terrein staat een loods van circa 40 m x 100 m (gespikkeld in figuur aangegeven). Teneinde ook in de loods zelf bodemonderzoek uit te kunnen voeren, is de stelconvloer uit de loods verwijderd. Samengevat bestaat de bodemopbouw uit overwegend zandige lagen van de Westlandformatie met siltige kleilagen. Vanaf het maaiveld tot een diepte van circa NAP -0.20 m is er een opgespoten laag van hoofdzakelijk zand aanwezig. De in de Westlandformatie aanwezige kleilagen zijn op de volgende dieptes aangetroffen:

1. circa NAP -0.20 m tot NAP -4.20 m: klei, siltig tot sterk siltig met zandige zones
2. circa NAP -7.40 m tot NAP -7.80 m: idem
3. circa NAP -8.20 m tot NAP -10.0 m: klei, zandig tot zand, kleiïg
4. circa NAP -25 m tot een onbekende diepte: Kedichem klei

De hoogte van het maaiveld is NAP +5.20 m, het grondwater bevindt zich op een diepte van circa NAP + 3.70 m.

⁵ Eindrapportage van het onderzoek op de locatie Case Leparo: Demonstratie kennisoverdracht van innovatieve bodemonderzoekstechnieken, Case Leparo, november 2002, CO-404790/29, GeoDelft, Fugro, Millvision, GeoMet

Verontreinigingssituatie

In het verleden werd de loods gebruikt voor opslag van chemische stoffen door ICI. In de loop van de jaren hebben in de loods verschillende stoffen opgeslagen gelegen, variërend van (chloorhoudende) oplosmiddelen, alifatische en aromatische koolwaterstoffen, hogere alcoholen, alifatische aminen, gewasbeschermingsmiddelen, weekmakers tot pigmenten en kleurstoffen.

In totaal zijn in verschillende onderzoeken ca. 30 boringen tot 0,5 m – MV gezet, enkele boringen tot 2 m –MV en 3 boringen tot 7 m –MV. Daarnaast is een tiental peilbuizen geplaatst, waarvan de meeste het ondiepste grondwater aansnijden. In de verschillende studies zijn verschillende analysepakketten toegepast. Tevens is in 1997 een aantal bodemluchtmetingen (PID: Photo Ionisatie Detector) uitgevoerd.

De verschillende onderzoeken zijn globaal met elkaar in overeenstemming, maar niet in detail. Dit wijst erop dat de vervuiling een heterogeen karakter heeft waardoor de aan de hand van grondmonsters geobserveerde concentraties over korte afstand kunnen verschillen. Fouten in het onderzoek en vooral de spreiding in de resultaten van de chemische analyses kunnen ook het heterogene karakter veroorzaken.

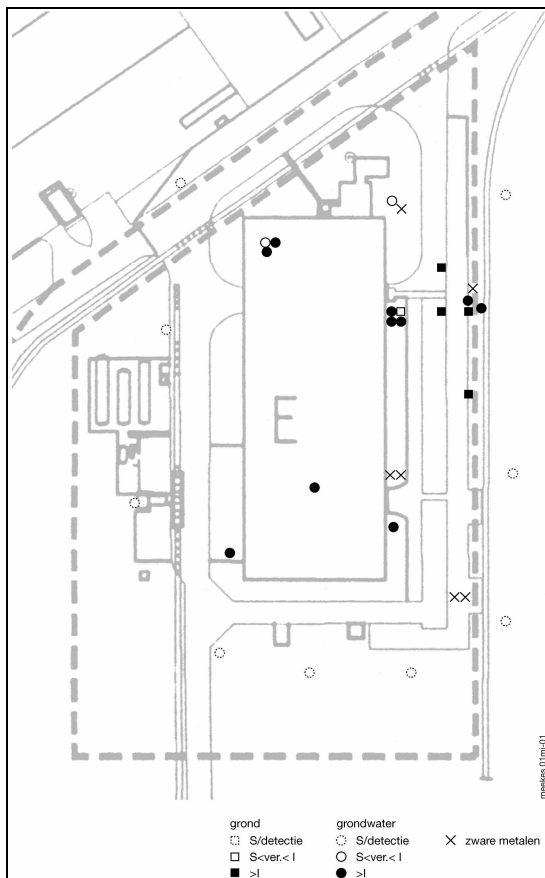
Grond

In reeds uitgevoerd onderzoek is een sterk verhoogd gehalte aan per (en tri) aangetoond in 2 boringen en een licht of matig verhoogd gehalte in een aantal andere boringen. Het gebied van de per-bodemverontreiniging is aangegeven in figuur 6.

Tevens is in een drietal boringen een verhoogd zinkgehalte aangetroffen. In twee van deze drie boringen is ook verhoogd koper aangetroffen en in 1 boring tevens een verhoogd nikkel- en loodgehalte. De locaties zijn weergegeven in deze figuur. Het tot nu toe uitgevoerde onderzoek heeft zich vooral beperkt tot de ophooglaag. Het is onbekend of er sprake is van een zaklaag die als bron moet worden beschouwd. Dit lijkt overigens onwaarschijnlijk omdat alle vervuiling zich in de bovenste 3 m bevindt en in enkele dieper genomen monsters nabij het meest vervuilde gebied geen verontreiniging is waargenomen.

De bodemluchtanalyses zijn rond de ingang van de loods uitgevoerd en vertonen een sterke concentratie net buiten de ingang van de loods met daaromheen sterk afnemende concentraties.

Figuur 6: Onderzoeksterrein met verontreiniging grond, grondwater en zware metalen.



waarin:

S/detectie : meetwaarde onder streefwaarde

S<ver.<I : meetwaarde tussen streef- en interventiewaarde

>I : meetwaarde boven interventiewaarde

Grondwater

In een vijftal peilbuizen is een verhoogd tri- en pergehalte en verhoogd cis en vinylchloride (alleen dieper dan 5,5 m) aangetroffen. De omvang van de pluim is in horizontale richting enigszins, maar nog niet voldoende nauwkeurig vastgesteld. Figuur 6 laat de locatie van de grondwaterverontreiniging zien.

Een grondwatermonster van een diepte van 18 m -mv bleek tot boven de interventiewaarde verontreinigd met cis 1,2-dichlooretheen. Kruisverontreiniging als oorzaak van deze diepe verontreiniging wordt niet uitgesloten.

De grondwaterverontreiniging suggereert dat er naast het “brongebied” bij de ingang van de loods ook een ander brongebied (grondverontreiniging die emissies naar het grondwater opleveren) zou kunnen zijn, bijvoorbeeld in het zuidelijk deel van de loods.

Tenderdocument

Probleemanalyse

Het centrale probleem is dus de keuze van de saneringsvariant op technische, financiële en milieuhygiënische gronden. Een overzicht van varianten waaruit moet worden gekozen is in de onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 10: Mogelijke scenario's voor saneringsaanpak

Scenario's			Saneringsvarianten
Nr.	Zaklaag	Alleen afbreekbare stoffen	
I	Aanwezig	Ja	<i>Bron:</i> ontgraven, co-solvent flushing, chemische oxidatie <i>Pluim:</i> natuurlijke afbraak, n.a. gestimuleerd
II	Niet-aanwezig	Ja	<i>Bron:</i> in situ sanering dmv perslucht- of stoominjectie in combinatie met bodemluchtexttractie <i>Pluim:</i> natuurlijke afbraak, n.a. gestimuleerd
III	Aanwezig	Nee, ook niet-afbreekbare	<i>Bron:</i> ontgraven, colvent flushing, chemische oxidatie <i>Pluim:</i> smart pump&treat
IV	Niet-aanwezig	Nee, ook niet-afbreekbare	<i>Bron:</i> in situ sanering dmv perslucht- of stoominjectie in combinatie met bodemluchtexttractie <i>Pluim:</i> smart pump&treat

Informatiebehoefte

Om een goede keuze te kunnen maken uit de voorgeselecteerde saneringsvarianten is bodemonderzoek noodzakelijk. In Tabel 11 is vastgesteld welke informatiebehoefte volgt uit de probleemstelling. Tevens is aangegeven welke eisen worden gesteld aan de te verzamelen informatie omdat deze eveneens samenhangen met de probleemstelling. Zo is de nauwkeurigheid waarmee de omvang van de pluim zou moeten worden vastgesteld voor het ontwerp van een pluimaanpak gebaseerd op natuurlijke afbraak (kosten hangen samen met monitoringinspanning) anders dan wanneer zou worden gekozen voor smart pump&treat (kosten hangen af van dimensionering onttrekkingssysteem).

Tabel 11 kan ook als referentie dienen op basis waarvan de kosten kunnen worden geraamd die gemoeid zijn met het onderzoek als alleen traditionele technieken zouden worden ingezet.

Tabel 11: Eisen aan de verschillende onderzoeksvragen

	Onderzoeksvragen	Bron			Pluim	
		Ontgraven	Chem. Oxidatie Sparging/ Extractie	Stoominjectie Co-solvents	NA pump&treat	NA+ Schermb
1	Zijn er nog meer CKW-bronnen ?	++	++	++	++	++
2	Contour brongebied [m]	++ [1m]	++ [1-5m]	+ [2-10m]	n.v.t.	n.v.t.
3	Samenstelling bron (microchemie)	n.v.t.	+	++	0	0
4	Concentratieverloop bron	0	++	+	+	+
5	Diepte brongebied [m] Welke waarde als grens	++	+	+	0	0
6	Samenstelling pluim(microchemie)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	++	++
7	Massa in bron	0	++	++	+	+
8	breedte contour pluim [m]	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	+ [10-20m]	++[2-5m]
9	lengte contour pluim	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	++ [10-25m]	++ [5-10m]
10	Macrochemie Waar wil je dat weten	n.v.t.	+	+	++	++
11	Organisch koolstof Waar wil je dat weten	n.v.t.	+	++	++	+
12	Aanwezigheid niet-afbreekbare stoffen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	++	++
13	Concentratieverloop pluim	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	++	++
14	Aanwezigheid en Omvang zaklaag	+	++	++	0	0
15	Aanwezigheid slechtdoorlatende lagen inclusief 3D beeld		++	++	0	0
16	Doorlatendheid lagen	n.v.t.	++	++	++	++
17	Snelheid horizontale verspreiding grondwater	n.v.t.	n.v.t.	+	+	+

waarin:

[xx] *gewenste nauwkeurigheid*

++ *heel belangrijk*

+ *belangrijk*

0 *minder belangrijk*

Verder is er een stroomschema ontwikkeld dat de volgorde aangeeft waarin de verschillende onderzoeksvragen van belang zijn (zie Figuur 7). Het is gebaseerd op de redeneergang om te komen tot de keuze van een saneringstechniek. Dit stroomschema bestaat uit stap A t/m H en is hieronder weergegeven. Indien dit stroomschema in deze volgorde wordt doorlopen, wordt voorkomen dat informatie wordt verzameld die niet in het belang is voor de oplossing van de problematiek. Dit schema zal, normaal gesproken, tot een doelmatige onderzoeksopzet leiden.

Figuur 7: Stroomschema volgorde onderzoeksvragen

A. Bevat de bodem ook niet-afbreekbare verontreinigingen? Met het antwoord op deze vraag kan worden vastgesteld welke saneringsvarianten wel/niet haalbaar zijn vanuit het oogpunt van de verontreiniging	
Onderzoeksvraag 12. Herbemonsteren bestaande peilbuizen en analyseren op uitgebreid pakket.	
Antwoord: ja	Antwoord: nee
Ga gewoon verder maar stel niet de onderzoeksvragen die verband houden met NA als saneringsvariant (10) in blok F	Ga gewoon verder.
B. Zit de onderzijde van de bron zo diep dat ontgraven technisch problematisch is?? Ontgraven kan technisch problematisch worden bij te grote diepte (orde 4 m ?).	
Onderzoeksvragen 5 en 14	
Antwoord: ja	Antwoord: nee
Ontgraven is nu geen optie meer. Ga verder met D.	Ga verder met C
C. Is er sprake van een enkel brongebied? Als er meerdere kleinere bronnen zijn is ontgraven mogelijk niet aantrekkelijk.	
Onderzoeksvraag 1: Zijn er meerdere bronnen?	
Antwoord: ja	Antwoord: nee
Ga verder naar D en daarna naar E etc.	Ga verder naar D.
D. Is de potentie van de bron zodanig dat een bronaanpak nodig is om de pluim beter te kunnen beheersen? Als dit niet zo is hoeft je de bron niet apart aan te pakken, of kun je besluiten kleinere bronnen te laten zitten.	
Onderzoeksvragen: 2, 3, 4 en 7.	
Antwoord: ja	Antwoord: nee
Een aparte bronaanpak is noodzakelijk. Voor de selectie van de techniek voor bronaanpak moeten naast bovengenoemde vragen ook 10, 11, 13, 15 en 16 worden beantwoord. Ga vervolgens verder met E.	Een aparte bronaanpak is niet noodzakelijk. Ga verder met E.
E. Wat zijn de eigenschappen van de pluim Van belang voor de dimensionering van pluimmaatregelen en het opstellen van deel F.	
Onderzoeksvragen: 6, 8, 9 en 13.	
Ga hierna verder met F.	
F. Is de chemie van de (bodem t.p.v. de pluim) geschikt voor NA? Van belang voor de vraag of een NA-gebaseerde aanpak van de pluim haalbaar is.	
Onderzoeksvraag 10.	
Antwoord: ja	Antwoord: nee
NA-gebaseerde varianten voor de pluim zijn haalbaar. Ga verder met G.	NA-gebaseerde varianten voor de pluim zijn niet haalbaar. Ga verder met G.
G. Hoe vindt verspreiding in het holocene en pleistocene pakket plaats? Afhankelijk hiervan bepaal je de meest gunstige bemonsteringspunten in diepere pakketten.	
Onderzoeksvragen: 15, 16 en 17.	
Ga verder met H.	
H. Is het watervoerend pakket al verontreinigd en zo ja hoe zal de pluim zich ontwikkelen? Is een pluimaanpak (nu al) nodig en hoe ziet die er uit?	
Onderzoeksvragen: 10 en 17.	

Informatiebehoefte over het dieper pakket in het kader van het WELCOME project

Het SKB heeft aan het consortium verzocht om met het DIB-project aan te sluiten op het WELCOME-project. De relevante doelstelling van het DIB-project voor het WELCOME project is

het bepalen van het natuurlijk afbraakpotentieel van het diepere pakket (tussenzandlaag op 10 – 25 m diepte en het watervoerend pakket op >25 m diepte) in het Rijnmondgebied. Dit wordt bereikt door op verschillende locaties het afbraakpotentieel te bepalen, waar onder het Leparo-terrein.

In het algemeen kan het bepalen van de omstandigheden voor natuurlijke afbraak op basis van veldmetingen op verschillende manieren:

- Aan de hand van concentratietrends van verontreinigingen (uitgangs- en afbraakproducten) in de tijd;
- Aan de hand van (veranderingen van) geochemische omstandigheden.

Omdat op de locatie niet bekend is of en waarmee (Chloorethenen of BTEX) het diepere pakket vervuild is zal de afbraakpotentie in ieder geval gemeten moeten worden aan de hand van de redoxparameters, dit betreft de concentraties van: zuurstof, nitraat, ijzer, sulfaat, sulfide en methaan. Het concentratiebereik van deze stoffen is sterk verschillend per locatie, maar bevindt zich in de volgende range: zuurstof: 0-20 mg/l; nitraat: 0-100 mg/l; ijzer: 0-50 mg/l, sulfaat: 0-500 mg/l, sulfide: 0-10 mg/l en methaan: 0-20 mg/l.

Daarnaast zullen op plaatsen waarvan bekend is, of waarbij een sterk vermoeden bestaat dat er verontreiniging aanwezig is, ook gemeten worden op de relevante verontreinigingen en afbraakproducten. Voor chloorethenen zijn dit: PER, TRI, CIS, VC, etheen en ethaan, en voor BTEX zijn dit: benzeen, toluen, ethylbenzeen, en xylenen. Aangezien de concentraties in het diepe pakket over het algemeen lager zijn dan in het ondiepe pakket, moet rekening worden gehouden met concentratiebereik van maximaal 1000 µg/l.

Verder is op dit moment niet bekend in welke mate de Natuurlijke Afbraak-parameters ruimtelijk variëren. Naar verwachting zullen 5-10 ruimtelijk goed verdeelde metingen voldoende zijn voor de karakterisatie van het diepe grondwater op het Leparo-terrein (2,1 ha).

Aanbiedingen techniekaanbieders

In

Tabel 12 wordt een overzicht gegeven van de in te zetten technieken gekoppeld aan de onderzoeksvragen. Niet alle vragen worden in dit onderzoek beantwoord, maar het is een voorbeeld van technieken waarmee de onderzoeksvragen beantwoord kunnen worden.

Tabel 12: Inzet technieken gekoppeld aan onderzoeksvragen

Onderzoeksvraag	Techniek
A 12 Bevat de bodem ook niet afbreekbare verontreinigingen?	NIR [eventueel m-gwms]
B 5, 14 Zit de onderzijde van de bron zo diep dat ontgraven technisch problematisch is?	MIP, SMP
C 1 Is er sprake van een enkel brongebied?	NIR [eventueel MIP, SMP]
D 2, 3, 4, 7 Is de potentie van de bron zodanig dat een bronaanpak nodig is om de pluim beter te kunnen beheersen?	MIP, SMP, NIR
E 8, 9, 13 Wat zijn de eigenschappen van de pluim?	m-gwms
F 10 Is de chemie van de bodem t.p.v. de pluim geschikt voor natuurlijke afbraak?	m-gwms spitsmuis
G 15, 16, 17 Hoe vindt verspreiding in het holocene en pleistocene pakket plaats?	MIP, SMP
H 10, 17 Is het watervoerend pakket al verontreinigd en zo ja hoe zal de pluim zich ontwikkelen?	MIP, SMP, m-gwms

waarin:

NIR : Nabij Infra Rood

MIP : Membrane Interface Probe

SMP : Soil Moisture Probe

m-gwms : Multi Grondwatermonstersonde

De in Tabel 10 vermelde mogelijke scenario's voor de saneringsaanpak zijn door beperkte financiële middelen beperkt tot de vragen:

- is er al dan niet sprake van een zaklaag (onderzoeksvraag 14)
- zijn er al dan niet niet-afbreekbare stoffen aanwezig (onderzoeksvraag 12)

Voorts is er ook gekeken naar de macrochemie voor het bepalen van NA-potentie.

Hieruit volgend zijn de volgende innovatieve meettechnieken aangeboden:

- MIP-sonde;
- SMP-sonde;
- NIR-meetsysteem;
- Multigrondwatermonstersonde;
- Spitsmuisboring.

De twee laatst genoemde technieken zijn niet echt innovatief maar worden ingezet ter aanvulling van de benodigde informatie.

De innovatieve bodemonderzoekstechnieken worden ondersteund door traditioneel bodemonderzoek en klassieke chemische analyses.

Indien bovenstaande onderzoeksvragen beantwoord zouden moeten worden met alleen traditionele technieken, met name die zich richten op de verspreiding van de verontreinigingen en de aanwezigheid van meerdere brongebieden, zou zeer veel en kostbaar onderzoek nodig zijn. Er zouden bijvoorbeeld veel en diepe boringen uitgevoerd moeten worden, aangevuld met vele laboratoriumbepalingen. Juist hierbij loont de inzet van innovatieve technieken.

In Tabel 13 wordt dit nader toegelicht per voorgestelde techniek.

Tabel 13: Meerwaarde innovatieve technieken voor de case Leparo

Techniek	Meerwaarde voor de case Leparo
MIP / SMP	Met een MIP-sondering kan in één verticaal een snelle screening worden uitgevoerd op vluchtige organische verontreinigingen. De MIP geeft een relatief nauwkeurig beeld waar en welke verontreinigingen aanwezig zijn en geeft tevens een indruk van de bodemopbouw (conusweerstand en kleef). Metingen met de SMP leveren een meer indirecte beeld op over de aanwezigheid van verontreinigingen in de bodem aangezien de techniek de meetwaarde afleidt uit de verandering van de diëlektrische constante. De SMP geeft wel een continu beeld in de ondergrond, puur productlagen en zoet/zout-overgangen zullen door een andere weerstand "zichtbaar" worden. Een combinatie van een snellere SMP-sondering met een meer nauwkeurige MIP-meting kan een effectieve screening opleveren. De grote waarde van de inzet MIP/SMP ligt in geval van deze case op het gebied van rapid site assesment en dynamisch meten. Ter plaatse kan de onderzoekstrategie op basis van net verkregen gegevens worden aangepast aan nieuwe inzichten.
NIR	De NIR is ingezet 'contrareferentie' om de monsters afkomstig van de handboringen en spitsmuisboringen. De ontwikkeling van de NIR vertoont een duidelijke progressie. Voor een snelle in-situ kartering, zonder analyse van bodemonsters, lijkt dit een goede methode om een groot terrein of systematisch of dynamisch te verkennen (via het testen van (handmatig) opgeboord materiaal) en zo een indruk te verkrijgen over de totale omvang van het milieuprobleem aan de oppervlakte. Een andere potentie is het gebruik tijdens saneren: is de grond die afgegraven wordt nog verontreinigd? Dit Leparo-project levert met name de beheerder van het Rotterdams havengebied de mogelijkheid deze methodiek op zijn merites te beoordelen. Op dit moment is er een ontwikkeling gaande om het NIR-meetsysteem in een wegdrukbaar apparaat in te bouwen; nu is er alleen een laboratoriumopstelling beschikbaar, als gevolg waarvan er voorlopig toch monsters ter analyse genomen moeten worden. De ontwikkeling van een wegdrukbaar NIR-meetsysteem bevindt zich momenteel in de evaluatiefase.
m-gwms	De multi-grondwatermonstersonde (m-gwms) neemt tijdens één wegdrukoperatie meerdere

grondwatermonsters op een milieuchemisch verantwoorde wijze. Ten opzichte van de traditionele peilbuis kan relatief snel een monster op diepte worden genomen. Het grondwater wordt in een glovebox in een stikstofomgeving opgevangen in monsterflessen.

Om het gedrag van verontreinigingen in de bodem te kunnen voorspellen is het nodig om de bodemcondities te bepalen. Voor natuurlijke afbraak is het van belang te weten wat de oxidatietoestand van de bodem is. Macroparameters zoals, zuurstof, nitraat, ijzer, sulfaat, sulfide, methaan zijn hierbij belangrijk. De samenstelling van het grondwater geeft een beeld van welke reacties er kunnen plaatsvinden en of er natuurlijke afbraak van gechloreerde verbindingen. Dit in combinatie met het gehalte in de bodem aan organisch stof (beschikbaarheid van substraat), ijzer [III] (beschikbaarheid van elektronenacceptoren) en zware metalen (remming van biologische omzettingsprocessen).

Resultaat bodemonderzoek

De veldwerkzaamheden zijn uitgevoerd van 17 juni 2002 tot en met 21 juni 2002. Het onderzochte gebied heeft een oppervlakte van circa 1.500 m².

Tabel 14: overzicht uitgevoerde metingen

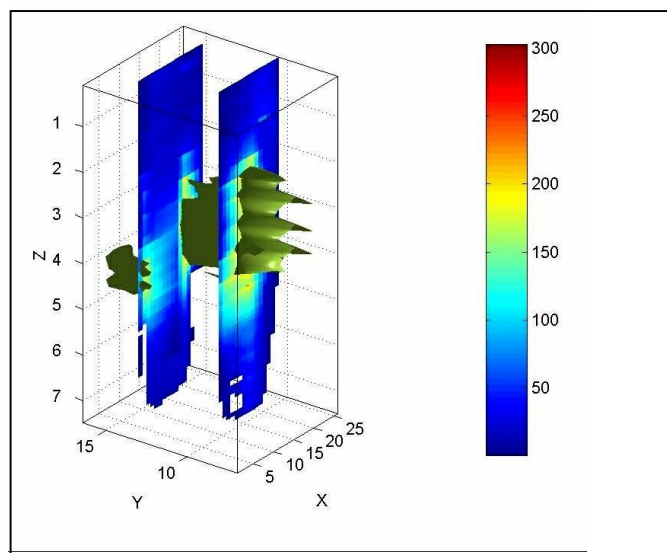
Techniek	Aantal	Diepte (gemiddeld, indicatief)
MIP	12	6 à 7 en 26 m –mv
SMP	6	11 m –mv
NIR	11	3 en 18 m –mv
Multigrondwatersonde	4	20 m –mv
Spitsmuisboring	3	18 m –mv
Handboringen	8	3 m –mv
Chemische analyses (laboratorium)	18	

Onderstaand wordt per onderzoeksvraag wordt onderstaand ingegaan op de resultaten van het onderzoek.

Aanwezigheid van een zaklaag

Op basis van de in dit rapport vermelde resultaten kan geconcludeerd worden dat in één van de twee diepe MIP-sonderingen kleine pieken op dieptes van MV-14 meter, MV-17 meter en tussen MV-24 meter en MV –26 meter zijn geregistreerd die waarschijnlijk duiden op de aanwezigheid van een zaklaag (alhoewel er geen sprake is van puur product kan er toch worden gesproken van een accumulatie van verontreinigingen op deze dieptes), hetgeen ook wordt ondersteund door de resultaten van de grondwatermonsters van deze locatie. De in deze grondwatermonsters aangetroffen vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen worden voor het grootste deel niet teruggevonden in de spitsmuismonsters. In het grondwater wordt een concentratie aan cis-dichlooretheen van 7 mg/l gevonden, in de spitsmuismonsters wordt omgerekend een concentratie van 1 mg/l gevonden. Dit is mogelijk te wijten aan de heterogeniteit van de bodem. De grondmonsters zijn grofweg op een meter afstand van de grondwatermonsters genomen. Vervluchtiging van de verontreiniging is ook een mogelijke foutenbron. Dit geldt zeker voor de verontreiniging vinylchloride. Dit is dan een duidelijk pluspunt van de toepassing van MIP-sonderingen ten opzichte van de conventionele methode van monsternamen en bemonstering in het laboratorium.

Figuur 8: Voorbeeld van 3-D beeld van meetresultaten van MIP



Aanwezigheid van niet afbreekbare stoffen

Op basis van metingen in het grondwater kan worden vastgesteld of de bodemomstandigheden geschikt zijn voor natuurlijke afbraak. Aan de hand van afbraakproducten en concentraties van uitgangsverontreinigingen kan snel een inzicht worden verkregen van die omstandigheden.

Daarnaast kan op basis van geochemische parameters worden vastgesteld of de bodem potentie heeft voor natuurlijke afbraak. In het bijzonder wordt dan gekeken naar de concentraties van nitraat, ijzer (II), sulfide, DOC en methaan in het grondwater. Dit kan nog worden uitgebreid met mangaan, sulfide en nitriet. De geochemische parameters zijn in dit onderzoek niet meegenomen.

Uitgaande van de analyseresultaten van de monsters van de handboringen kan worden afgeleid dat er in de bovengrond niet-afbreekbare stoffen aanwezig zijn. De concentraties zijn echter in alle gevallen lager dan de streefwaarde, zodat de hieraan verbonden problemen beperkt zullen zijn. In één geval (monster 8, locatie ROZ 11, 2m-MV) gaat de kwikconcentratie (0.19 mg/kg d.s.) richting de streefwaarde (0.3 mg/kg d.s.), voor de overige stoffen en monsters zijn alle gemeten concentraties significant lager dan de streefwaarde.

Uitgaande van de analyseresultaten van de diepe grondwatermonsters van locatie ROZ9 kan worden vastgesteld dat de omstandigheden voor reductieve dehalogenering gunstig zijn. De uitgangsverontreinigingen Per en Tri worden niet in de tussenzandlaag (10 m-MV tot 25 m-MV) aangetroffen. Wel vindt er een ophoping plaats van cis-dichlooretheen en vinylchloride. Op de diepte MV – 17 m en – 22 m worden ook hoge concentraties (> 1 mg/l) methaan aangetroffen. Dit wijst op methanogene condities in het grondwater wat gunstig is voor de afbraak van Per en Tri. Tevens wordt op de diepte MV – 17 m een verhoging van de etheen- en ethaanconcentratie in het grondwater waargenomen, wat wijst op een verdergaande dehalogenering.

De concentraties aan metalen gemeten in de diepe grondmonsters vallen alle onder de streefwaarde. Alleen in het geval van het grondmonster ROZ9 MV – 21 m, wordt aan nikkel een lichte verhoging t.o.v. de streefwaarde aangetroffen. In dit grondmonster worden, vergeleken met de twee ondiepere monsters, de hoogste concentraties aan metalen gemeten. In de grondmonsters worden geen concentraties gemeten die de bacteriële afbraak mogelijk zouden kunnen remmen. Voor lood wordt

pas bij een concentratie van ver boven de interventiewaarde problemen verwacht op de bacteriële populatie. Dit geldt in grote lijnen ook voor de concentraties kwik, koper arseen en zink⁶.

Alhoewel er van het diepere grondwater geen DOC-gehalten zijn bepaald, kan op basis van de gemeten gloeiverliesgehalten (organische stof) in de gestoken grondmonsters toch een kwalitatieve uitspraak over de potentie voor reductieve dehalogenering worden gedaan. Zo is in één van de drie diepe spitsmuismonsters een organischstofgehalte van 3.7% gemeten (ROZ09, 14.0-14.5 m-mv). In de overige twee monsters (diepere grondlagen) is een laag organischstofgehalte van minder dan 1% gemeten. Hieruit kan worden afgeleid dat op die locatie op een diepte van 14.0 tot 14.5 m-MV, gezien de aanwezigheid van organisch stof, ook om deze reden de omstandigheden voor natuurlijke afbraak gunstig zijn. In de diepere grondlagen zijn de omstandigheden voor natuurlijke afbraak naar verwachting minder gunstig.

Wellicht dat deze info van waarde kan zijn voor het Welcome project. Het Welcome project richt zich op de afbraakpotentie in de diepere grondlagen. Teneinde hier informatie over te kunnen leveren richtte een deel van dit onderzoek op de diepere grondlagen.

Evaluatie case

Onderstaand is per innovatieve techniek een evaluatie gegeven van de resultaten van de inzet van deze techniek voor deze specifieke case.

Tabel 15: Evaluatie MIP-metingen

Detectiegrenzen Zoals in hoofdstuk 3.2.1 is beschreven moet het MIP-meetsysteem gezien worden als een screening tool waarmee organische verbindingen kunnen worden gedetecteerd. Echter door verschillende oorzaken is het moeilijk een correlatie tussen de output van de MIP-detectoren en het feitelijke verontreinigingsniveau is te leggen. De detectiegrens van het MIP-meetsysteem is afhankelijk van het type MIP-detector en specifieke omstandigheden, zo is de FID-detector relatief ongevoelig. Vanaf een output van 5 mV is deze significant, hetgeen overeen komt met ongeveer 50 ppb. In de praktijk wordt een veilige detectiegrens van ongeveer 100 ppb aangehouden. De verwachting is dat deze detectiegrens niet verlaagd kan worden door nieuwe technieken en/of uitvoeringsmethoden. Er wordt een globaal onderscheid aangehouden van de mate van verontreiniging: Licht verontreinigd: < 1 ppm Matige verontreinigd: 1-10 ppm Sterk verontreinigd 10-100 ppm Zeer sterk verontreinigd > 100 ppm
Productie en kosten De snelheid van een MIP-sondering is iets lager dan van een normale sondering. Waar bij een normale sondering een productie van ongeveer 100 tot 150 meter per dag gehaald kan worden, wordt met een MIP-sondering een snelheid van 60 tot 90 meter per dag gehaald. De mobilisatieduur bedraagt 2 tot 3 uur. In het geval van het DIB-project heeft, onder meer door een slecht functionerende kleefmantel, die vervangen moest worden, de mobilisatie enkele extra uren geduurd. De tijdsduur benodigd om van meetpunt te wisselen bedraagt ongeveer een half uur. In deze tijd moet de zogenaamde Flashtest uitgevoerd worden. Deze flashtest bestaat uit het geven van een korte puls met gas, om zodoende de triptijd van de conus naar de detectoren te bepalen. Deze test moet voor elke sondering uitgevoerd worden. Daarnaast moet om de paar dagen het membraan vervangen worden, omdat deze na verloop van tijd gaat lekken. Het membraan wordt voor elke sondering getest door middel van de zogenaamde bellentest. Ook het verwarmingsblok is aan slijtage onderhevig. Dit blok gaat gemiddeld enkele weken mee. De vervangtijd bedraagt enkele uren. De kosten van een MIP-sondering tot circa 30 meter bedragen ongeveer Euro 1500,- exclusief BTW en exclusief interpretatie.
Interpretatie Exclusief de interpretatie van een meting is de benodigde tijd om een meetgrafiek te produceren ongeveer 1

⁶ Tenner, W.A., A.C. Belfroid, A.G.M. van Hattum en H. Aiking (1997), Ecologische aspecten bij het bodemsaneringsbeleid in Amsterdam, Instituut voor Milieuvraagstukken, Amsterdam

uur. Door verdergaande automatisering moet dit sneller kunnen. Op de sondeerwagen worden de gegevens zonder de zogenaamde baseline correctie getoond. Deze gegevens geven inzicht in waar en hoe groot de respons is. Op basis van deze gegevens kan op de wagen de meting voldoende inzicht worden verkregen om direct een besluit te nemen omtrent eventuele volgende onderzoekslocaties. Dit is in dit project ook gebeurd, hetgeen onder meer te zien aan de nummering van de MIP-sonderingen in de loods. Na ROZ3 is in eerste instantie een punt overgeslagen om de rand van de verontreiniging te detecteren. Toen bij ROZ4 vrijwel geen verontreiniging meer werd aangetroffen, is de locatie bij ROZ5 alsnog onderzocht. Maar ook buiten de loods zijn onderzoekslocaties aangepast aan de aangetroffen verontreinigingsgraad bij eerdere metingen. Door de baselinecorrectie wordt echter achteraf een beter beeld verkregen.

De software op de wagen is van Geoprobe. De verwerkings- en presentatiesoftware is van Fugro zelf. Door deze presentatiesoftware wordt de MIP- en de normale sondeerdata naast elkaar gepresenteerd.

Meerwaarde

Een belangrijke meerwaarde van de MIP-techniek is dat online de verontreinigingen gedetecteerd en gepresenteerd worden, zodat keuzen met betrekking tot volgende sondeerlocaties direct genomen kunnen worden. Dit is bij dit project ook gebeurd (zie boven).

Een ander groot voordeel is dat over de hele verticaal de verontreinigingen worden gemeten en dat eventuele onverwachte verontreinigingen worden gedetecteerd. Met de gebruikelijke technieken wordt op hooguit enkele dieptes per verticaal monsters genomen. De kans dat hiermee onverwachte verontreinigingslocaties worden gevonden is uitgesloten. Doordat zowel de verontreinigingen als de grondopbouw gemeten wordt, is het eveneens mogelijk relaties tussen beide te leggen. Op deze wijze kan bepaald worden of het voorkomen van de verontreinigingen samenhangt met de bodemopbouw. Een voorbeeld van een dergelijke relatie is in MIP09 te zien op een diepte van 14 m-MV (PID en DELCD). In deze sondering zijn naast de hiervoor vermelde piek, ook pieken op dieptes van 17 m-MV (PID en DELCD) en tussen 24 m-MV en 26 m-MV (FID) waargenomen. Hoewel de laatste piek waarschijnlijk gerelateerd is aan de veenlaag op die diepte (de veenlaag bevat immers veel verschillende koolwaterstoffen die door de FID gedetecteerd worden), geven de hoger gelegen pieken aan dat verontreinigingen hoogstwaarschijnlijk naar de diepere grondlagen migreren.

Bij de conventionele methoden worden specifieke typen verontreinigende stoffen onderzocht. Dit betekent dat als er een verontreiniging in de bodem aanwezig is die niet tot het standaard onderzoekspakket behoort, deze verontreiniging niet gedetecteerd zal worden als hiervoor niet specifiek opdracht voor wordt gegeven bij de analyse. Met het MIP-meetsysteem worden echter groepen verontreinigingen gemeten (chloorkoolwaterstoffen, aromatische koolwaterstoffen). Dit heeft tot gevolg dat hierdoor verontreinigingen gedetecteerd kunnen worden die via de conventionele methodieken niet gedetecteerd zouden worden.

Tabel 16: Evaluatie SMP-metingen

Detectiegrenzen De SMP is evenals de MIP een screening tool voor het aantonen van verontreinigingen met koolwaterstoffen. De detectiegrens is afhankelijk van de aangetroffen verontreinigingen en ligt in de orde grootte van 100ppb in zandgronden.
Productie en kosten. De snelheid van sonderen van de SMP is gelijk aan een standaard sondering, waardoor afhankelijk van de toegankelijkheid en de terreinomstandigheden ca 100 tot 150 meter per dag gemeten kan worden. De mobilisatie en demobilisatie tijd is gelijk aan een standaard sondering. Kalibratie van de conus vindt plaats op kantoor. De kosten van een SMP-sondering tot een diepte van circa 30 meter bedragen circa Euro 700,- exclusief interpretatie en rapportagekosten
Interpretatie en uitwerking gegevens. Een SMP sondering tot ca 10 m-MV neemt ca een half uur in beslag. De verkregen sondeer- en SMP-gegevens kunnen direct in het veld worden afgelezen, afhankelijk van de aanwezige concentratie verontreinigende stoffen kan in principe in het veld al een interpretatie en aanpassing van de onderzoeksstrategie plaats vinden Voor de rapportage en verdere interpretatie van de gegevens kunnen deze eventueel in een driedimensionaal grondmodel worden uitgewerkt Zie
Meerwaarde. De SMP dient gezien te worden als een 'rapid screening tool', die in tegenstelling tot conventionele technieken per punt een continue meting geeft. Afhankelijk van het aantal metingen kunnen de gegevens in een driedimensionaal model verwerkt worden. De methodiek geeft op een relatief goedkope manier uitgebreide informatie over bodemopbouw en indien aanwezig over de aanwezige koolwaterstofverontreinigingen en hun verspreiding.

Tabel 17: Evaluatie NIR-metingen

Detectiegrenzen De nauwkeurigheid van het NIR-meetsysteem is afhankelijk van de nauwkeurigheid van de kalibratielijijn. De detectiegrens ligt in de orde van 1 ppm.
Productie en kosten Met het NIR-meetsysteem kunnen zeer snel metingen worden uitgevoerd. De meeste tijd is nodig om de benodigde monsters gereed te maken of om de monsters op te boren. Vanaf het moment dat het apparaat wordt aangezet, dient een opwarmtijd van ongeveer een half uur in ogenschouw worden genomen. Voordat de metingen kunnen worden uitgevoerd dient voor elke te analyseren stof een kalibratielijijn vastgesteld te worden. Hiervoor zijn in theorie ongeveer 40 monsters voor nodig, die via klassieke chemische methoden geanalyseerd moeten worden. Dit aantal is nodig om over het totale bereik voldoende informatie te verkrijgen. Bij het DIB-project zijn in plaats van deze 40, slechts 8 monsters voor de kalibratie gebruikt. Hoewel door dit geringe aantal de significantie van de kalibratielijijn geringer is, lijken de geconstrueerde kalibratielijijnen redelijk betrouwbaar te zijn. De correlatiecoëfficiënten liggen allen tussen de 0.99 en 1.0 in. Eén en ander laat onverlet dat bij een hoger aantal testmonsters de betrouwbaarheid van de kalibratielijijn sterk zal toenemen. Voorafgaand aan elke meetdag dient een zogenaamde suitability test uitgevoerd te worden, waarbij een reflectieopbrengst van minimaal 90% geconstateerd dient te worden. De kosten van een meting bedragen Euro 50,- tot Euro 75,- per monster (afhankelijk van het aantal monsters). Door het apparaat aan te bieden in combinatie met een de uitvoering van een (hand)boring kan het opgeboorde materiaal direct bemonsterd worden en zijn de kosten laag.
Interpretatie De resultaten kunnen direct in het veld geïnterpreteerd worden. De nauwkeurigheid van de interpretatie is afhankelijk van de betrouwbaarheid van de kalibratielijijn. Het blijkt dat de bestaande database ook gebruikt kan worden voor de interpretatie. In dat geval hoeven kalibratielijijnen niet vooraf vastgesteld te worden, maar kunnen tijdens het meten in het veld monsters meegenomen worden waarop de benodigde laboratoriumbepalingen worden uitgevoerd. Dan kunnen achteraf de resultaten verder verfijnd worden. Bij de interpretatie is van belang te melden dat de zware metalen niet direct gemeten worden, maar via organische verbindingen waar de metalen aan gebonden zitten. Hoewel het mechanisme van de binding en de detectie van zware metalen niet duidelijk is, blijkt uit dit, maar ook uit andere onderzoeken, dat met de statistische analyse van de meetgegevens betrouwbare ijkgrafieken te construeren zijn. Met de kennis die nu voorhanden is geldt dan dat voor de detectie van zware metalen enig organisch materiaal in de bodem aanwezig dient te zijn.
Meerwaarde De meerwaarde van de NIR techniek is dat op een snelle en relatief eenvoudige wijze verontreinigingen kunnen worden gemeten. Zo is het denkbaar dat bij het plaatsen van een peilbuis de opgeboorde grond direct geanalyseerd wordt. Ook kan bij ondiepe verontreinigingen met behulp van handboringen en analyse van het opgeboorde materiaal snel de omvang van de verontreiniging bepaald worden. Ook in dit geval kan de boorstrategie ter plekke worden aangepast naar aanleiding van de resultaten van de bepalingen.

Conclusies

De gestelde onderzoeksvragen zijn beantwoord met inachtnaam van het volgende:

- De waarnemingen die met verschillende technieken zijn uitgevoerd zijn onderling consistent;
- De betrouwbaarheid van de individuele technieken is vergelijkbaar met traditionele technieken.
- Door combinatie van de resultaten van de verschillende technieken verhoogd deze betrouwbaarheid.
- Doordat in het veld zelf al tijdens het veldwerk resultaten beschikbaar zijn gekomen, kon hiermee wat betreft het meetprogramma flexibel worden ingespeeld op de feitelijke situatie. Hierdoor is een optimaal meetprogramma uitgevoerd; meeste waarnemingen zijn op een 'slimme' plaats uitgevoerd.
- Door on-site referentiemetingen is de betrouwbaarheid van deze aanpak verhoogd.
- De veldwerkzaamheden zijn in een zeer korte tijdspanne uitgevoerd; namelijk in één veldwerkfase van 4 dagen.

Deze kwalificatie dient in vergelijking met een traditionele aanpak te worden gezien. In geval een traditionele aanpak zou zijn toegepast zou een periode waarover de verschillende veldwerk-monstername-analysefasen zouden zijn uitgesmeerd minimaal een half jaar in beslag hebben genomen.

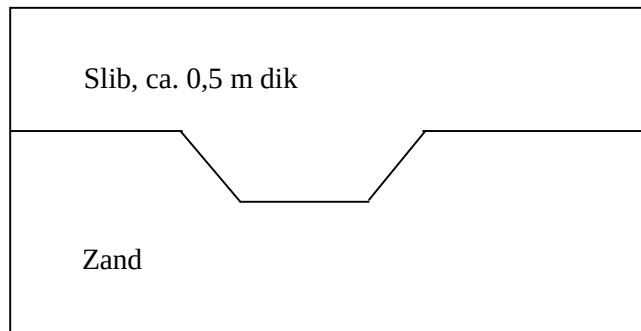
De gehanteerde aanpak is voor de plaatselijke situatie als praktisch werkbaar en doelmatig ervaren.

- De kosten voor een traditioneel onderzoek met dezelfde inhoudelijke resultaten als die van het uitgevoerde onderzoek liggen naar verwachting minimaal een factor twee tot drie hoger.

Appendix 5 Case Ketelmeer-West

De zandwinkuilen zijn relevant omdat deze in het Digitaal Terrein Model als een apart gebied worden ingebracht. Daarmee zal ook het baggeren van de kuilen anders geschieden. Deze worden tot maximaal 5 m onder de waterbodem gebaggerd. De onderkant van de kuil is relevant tot deze diepte van 5 m met een meetnauwkeurigheid van ongeveer 10 cm.

Figuur 9: Schematisch ondergrondmodel zandwinkuil



Potentieel relevante technieken

Het schematisch model van de ondergrond onder de waterbodem is als volgt. De bovenste laag, is een sliblaag van enkele decimeters dik. Deze ligt op een zandlaag. In de oude zandwinputten ligt onder deze deksliblaag echter geen zand, maar slib. Deze extra dikke slib is in de orde van één tot enkele meters. De afmetingen van de zandwinputten is in de orde van 100 m bij 100 m.

De waterdiepte, welke ook van belang is voor de beoordeling van de toepasbaarheid van de technieken, is⁷:

- gemiddeld bijna 3 m
- bij voormalige zandwinputten mogelijk dieper (hoe diep?)
- in oostelijk deel 0-2 m
- in westelijk deel 5 –10 m of zelfs dieper.

Naar verwachting kunnen geofysische technieken een belangrijke bijdrage leveren aan het bepalen van de locatie van de kuilen door het continue karakter van de geofysische gegevens. Voor het opsporen van de zandwinkuilen dienen zich de volgende geofysische opties aan:

- akoestiek: deze valt echter direct af vanwege de reeds genoemde te verwachten aanwezigheid van gas
- georadar
- geo-elektrische metingen
- Om de geschiktheid van elektrische en radarmetingen in te kunnen schatten is het belangrijk dat de fysische eigenschappen van het slib en het (grond)water bekend zijn. RWS heeft alleen gegevens van slib uit het Markermeer beschikbaar, dat qua samenstelling lijkt op dat van het Ketelmeer. Ook is informatie uit de Geohydrologische Atlas IJsselmeergebied⁸ meegenomen in de evaluatie. De volgende gegevens zijn relevant:
- soortelijke weerstand van het water; deze blijkt in de orde van 11 – 15 Ohmm
- soortelijke weerstand van verzadigd slib; orde 14 – 20 Ohmm

⁷ Nader onderzoek Ketelmeer, 1992

⁸ RWS-RIZA, 1991

- soortelijke weerstand van verzadigd zand onder het slib; uitgaande van een formatie factor van 4, is de weerstand 44 – 60 Ohmm. De elektrische weerstandsmetingen in een boorgatmeting langs de Ketelmeerdijk in de Noordoostpolder suggereren een weerstand in de orde van 30 Ohmm voor het met brak water verzadigde zand.
- de eventuele aanwezigheid van zoute grondwaterpockets die de penetratie van georadar kunnen beperken en bij geo-elektriek voor versturende schijnanomalieën kunnen zorgen zijn mogelijk aanwezig. Helaas is echter geen informatie beschikbaar.

Samengevat: het slib heeft een formatiefactor van ongeveer 1, het zand waarschijnlijk van 4, waardoor het weerstandscontrast tussen het slib en het zand een factor 4 bedraagt bij hetzelfde water in de poriën.

Voor de radar geldt dat bij een weerstand van 11 – 30 Ohmm de penetratie naar verwachting minder dan 1 m zal zijn. Hiermee valt grondradar af als techniek voor dit probleem in Ketelmeer-West.

De modelering met een weerstandscontrast van 3 (voor de zekerheid is een lager contrast genomen dan in de vorige paragraaf vermeld) is weergegeven in figuur 2. De figuur laat zien dat voor bijv $L/2 = 4$ m, een slibdikteverandering van enkele decimeters goed is waar te nemen. Het bepalen van de locatie van de zandwinputten is in het ideale geval naar verwachting mogelijk met geo-elektriek. De nauwkeurigheid waarmee de diepte bepaald kan worden is waarschijnlijk in de orde van 25% van de dikte van het slib (algemene geo-elektrische regel).

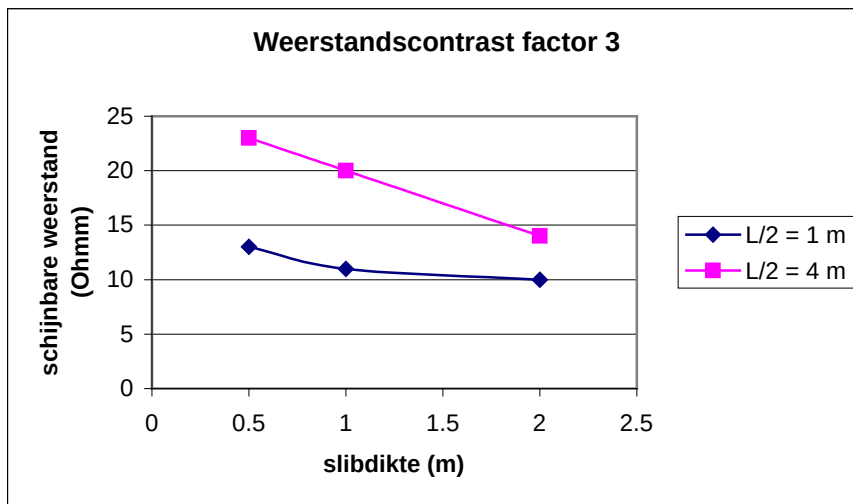
Een vlakdekkend beeld met geo-elektrische methoden is in principe aantrekkelijk om op te nemen voor de detectie van zandwingaten. Waarschijnlijk kan in eerste instantie beter worden gekozen voor een benadering waarin de meetlijnafstand wordt bepaald aan de maat van het kleinst (relevante) verwachte gat. Indien een gat is gedetecteerd kan dan lokaal een dichter net worden gevaren om de afmetingen nauwkeuriger te bepalen.

Voorgesteld wordt in de buurt van een bekende relatief kleine zandwinkuil opnames te maken:

- in een grof lijnengrid
- “vlakdekkend” over de gehele kuil met een vaarafstand van bijvoorbeeld 15 m.

De zandwingaten dienen tot 5 m dikte te worden bemeten. Daarom lijkt een maximale $L/2$ van 15 m voldoende. Voorgestelde Meetpuntafstand: 10 m

Figuur 10: Schijnbare (meetbare) weerstand voor verschillende slibdiktes.



Kanttekeningen/onzekerheden bij de geo-elektrische methode zijn:

- De vraag is of er zout grondwater in pockets voorkomt onder de meerbodem. Deze kunnen verstrend werken op de resultaten. Indien een zoutwaterpocket wordt gevonden levert dit een verlaging van de schijnbare weerstand op die niet te onderscheiden is van een verdikking van het slib (zandwinkuil). De vorm van de anomalie op een kaartbeeld geeft mogelijk aan of er sprake is van een zoutwaterpocket of een zandwinkuil. Een zoutwaterpocket welke gedeeltelijk samenvalt met een zandwinput (nu dus een slibput) zal het karteren van de randen van deze put wel bemoeilijken.
- De modellering betreft die waarbij geen rekening is gehouden met de waterlaag boven de elektroden (“standaard land geo-elektriek”). Deze waterlaag zal de resultaten naar verwachting enigszins beïnvloeden, maar niet drastisch.
- Ervaring leert echter dat door omstandigheden als heterogeniteiten resultaten van geo-elektrische metingen tegen kunnen vallen. Hoeveel de praktijk mag tegenvallen wil deze techniek nog bruikbare info opleveren is niet duidelijk.

Op basis van de onzekerheden in combinatie met het beperkte contrast in elektrische weerstand is besloten geen veld demonstratie uit te voeren.

Appendix 6 Case Heesseltsche Uiterwaarden

Inleiding en achtergrond

Het doel van het project “Heesseltsche uiterwaarden” is het herinrichten van de uiterwaarden van de toren bij Varik tot aan de schaaldijk bij Opijnen aan de hand van een daartoe opgesteld inrichtingsplan, dat voldoet aan de binnen Ruimte voor Rijntakken vastgestelde rivierkundige eisen en aan de binnen Visie Fort Sint Andries (nu: Strategisch Groenproject Fort Sint Andries) vastgestelde eisen ten aanzien van natuur en recreatie (Kinneging, 2001).

Belangrijke aspecten waarom het inrichtingsproject Heesseltsche Uiterwaarden geschikt is voor DIB zijn:

- De informatiebehoefte rondom bodemonderzoek speelt bij inrichtings-projecten een toenemend belangrijke rol
- Het project vormt het eerste inrichtingsproject in een reeks van nog uit te voeren projecten in de uiterwaarden. Hierbij kan de opgedane ervaring en ontwikkelde methode van het bepalen van de informatiebehoefte bij het project “Heesseltsche Uiterwaarden” verder toegepast worden.

Historie project

De overstromingen eind jaren negentig hebben de impuls gegeven voor activiteiten in het kader van Ruimte voor Rivieren. Een van de locaties voor herinrichting van uiterwaarden betreft de uiterwaarden van Heesselt.

Met het project wordt beoogd om de benodigde rivierverruiming ter plaatse van de Heesseltsche Uiterwaarden te realiseren, die nodig is voor het opvangen van de verwachte toename van de afvoer tot 16.000 m³/sec. bij Lobith, in combinatie met natuur- en landschapsontwikkeling, behoud van cultuurhistorische waarden, kleinschalige recreatie en rekening houdend met de wensen van diegenen die in het gebied wonen en werken.

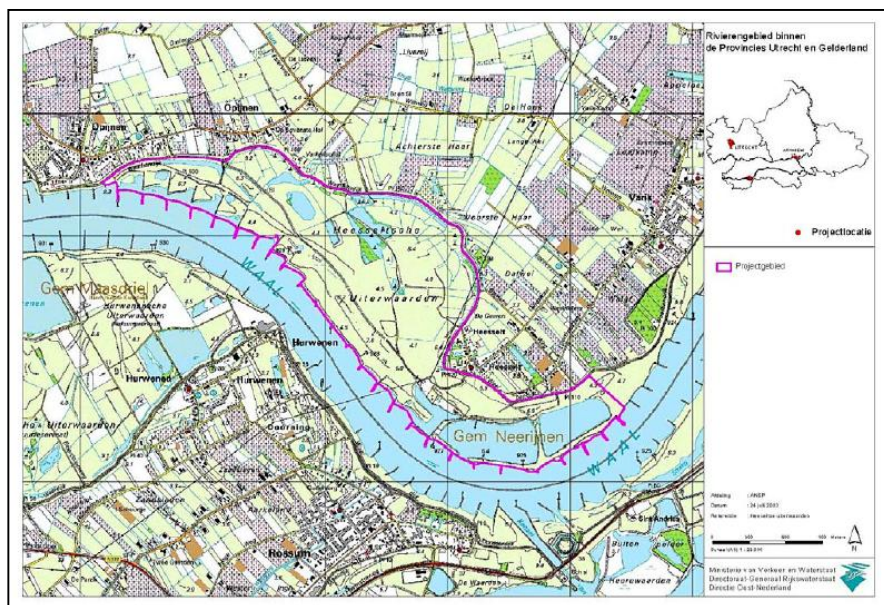
Door Arcadis zijn notities (2001, 2001) opgesteld met mogelijk ontwikkelingsrichtingen. Recentelijk is een internetsite ontwikkeld met actuele informatie. Daarop is ook de Startnotitie MER Heesselt te vinden, waarin de meest actuele informatie over het project bijeengebracht is.

Locatie

De Heesseltsche Uiterwaarden zijn gelegen aan de noordelijke Waaloever, halverwege Tiel en Zaltbommel. Het gebied ligt binnen het Strategisch Groenproject Fort Sint Andries (Appendix 2) en is ca. 350 Ha. groot.

De Heesseltsche Uiterwaarden liggen in een hoefijzervorm aan de rivier, zo ontstaan door sterke meandering in het verleden. De uiterwaarden worden gekenmerkt door een half open tot open landschappelijk karakter. De weidegrond wordt afgewisseld met struikgewas en verspreide boomgroepen. Er zijn drie ontsluitingswegen. Lange tijd (eeuw) is een steenfabriek operationeel geweest.

Figuur 11: Ligging locatie



Bodem

- **Bodemopbouw:** Bron: REGIS en matig diepe boringen uit DINO.
De bodem bestaat uit een kleiige deklaag van de Formatie van Echteld (voorheen: Betuwe Formatie) welke 7 - 8 meters dik is en hier en daar zandiger is ontwikkeld. Daaronder een zandpakket van de Formatie van Kreftenheye en de Formatie van Sterksel en de Formatie van Waalre. Daaronder, op ca. 50 m –mv, de eerste scheidende laag van de Formatie van Waalre of Stramproy (voorheen Kedichem Formatie).
Diepere informatie is voor dit onderzoek niet van belang.
- **Grondwater:**
De grondwaterstand in de bovenste zandige laag (Kreftenheye, Sterksel, Waalre) varieert tussen de ca. 4 m en 1 m boven NAP.

Verontreinigingssituatie

De Klinker (2000) vat de situatie als volgt samen.

Er is sprake van een diffuse verontreiniging met zink in het uiterwaardengebied, welke veelal in de klei-toplaag voorkomt. Hierbij wordt wel verwacht dat het over het algemeen over vermarktbaar partijen gaat (vnl. klasse 0 t/m 3). De klei kan gedeeltelijk in de keramische industrie worden gebruikt.

Verder komen asfaltresten en kooldelen voor, waarbij PAK als meest kritische component kan worden beschouwd. Ook komt bijmenging met puindelen voor, waarbij het vooral gaat om zware metalen. Hier betreft het niet-vermarktbaar partijen grond.

Voor het materiaal van de waterbodem geldt dat de bovenste 2 m niet bruikbaar zijn, maar daaronder wel, als categorie 1 of als multifunctionele grond. Verontreinigende elementen zijn: zink, koper, daarnaast ook cadmium, PAK, PCB en DDT.

Binnen het huidige bodemgebruik is geen sprake van ecologische en humane risico's. Bij een herinrichting ligt dat anders.

Uitgevoerde bodemonderzoeken

De boven weergegeven samenvatting is gebaseerd op ondermeer de volgende onderzoeken, waarvan De Klinker (2000) een overzicht geeft:

- Fugro-Ecolyse: indicatief milieukundig bodemonderzoek (april 1995): zandlaag nauwelijks verontreinigd
- Fugro-Ecolyse: oriënterend milieukundig bodemonderzoek (november 1995): kleilaag sterk verontreinigd met Zink, Arseen zware, metalen en PAK.
- Fugro-Milieu: aanvullend milieukundig bodemonderzoek (december 1995): concentraties Zink variëren sterk, ernstige verontreiniging. Onderscheid tussen wel en niet verwerkbare grond I niet te maken op basis van de gegevens.
- Heidemij Advies (oktober 1995): oriënterend onderzoek
- Heidemij Advies (1996): aanvullend onderzoek
- BKH Adviesbureau (1998): historisch onderzoek
- MH Nederland (1999): waterbodemonderzoek
- Meet BV (2000): Globaal kleionderzoek (Bruikbaarheid klei)
- De Klinker (2000).

In 1995 bleek in een onderzoek uitgevoerd door Fugro ecolyse dat de kleimengmonsters ter plaatse van vier deelgebieden sterk verontreinigd zijn met zink en dat één deelgebied sterk verontreinigd is met arseen. Vervolgonderzoek heeft aangetoond dat de zinkconcentraties sterk variëren, dat er sprake is van een ernstig geval van bodemverontreiniging en dat de zandlaag nauwelijks verontreinigd is. In twee andere gebieden zijn verhoogde concentraties zware metalen en PAK aangetroffen. De klei blijkt niet toepasbaar in werken volgens de richtlijnen van IPO-nota “Werken met secundaire bouwstoffen”.

Op terreinen waar een steenfabriek heeft gestaan is veelal een ondergrondse brandstofopslag geweest en zijn veelal verontreinigd met PAK, PCB en arseen.

Het havenslib op de onderzoekslocatie is veelal zwaar verontreinigd.

Situatie diepere (> 7 m) formaties:

Het onderzoek van Fugro Ecolyse (nov 1995, oriënterend, rechteroever St. Andries) geeft aan dat de zandlaag niet tot licht is verontreinigd met PAK en enkele zware metalen. Op basis van de resultaten is de ondergrond multifunctioneel tot ongeïsoleerd toepasbaar.

Gewenste informatie voor de eindgebruiker

Aandachtspunten bij het bodemonderzoek zijn:

- Inzicht in de bodemsamenstelling, hergebruik (delfstoffenwinning).
- Inzicht in de puntbronnen van vervuiling, in verband van ontgravingsactiviteiten en het Wbb vergunningentrajec
- Gebruik zandwinputten als depot.

Gedurende het herinrichtingsproject zullen vele fasen worden doorlopen. Elk van deze fasen zal een eigen informatiebehoefte kennen, van meer globale informatie aan het begin van het project (startnotitie en m.e.r. studie) tot zeer gedetailleerde informatie in de uitvoeringsfase.

Een van de aspecten die speelt is die van de grondstromen. Er gelden drie mogelijkheden voor de materialen die worden verplaatst bij de herinrichting:

- omputten
- vermarkten
- opslag in depot (slufter etc.) elders.

Een en ander is afhankelijk van de chemische en fysische kwaliteit van de materialen.

Voor de opslag in het depot geldt daarbij als bijzonderheid dat vanuit de wet op de belasting milieuhygiëne (WBM) VROM een heffing legt (NLG 30 per kub m) indien meer dan 60% zand aanwezig is.

Wat betreft de fysische kwaliteit geldt de volgende classificatie: beton- en metselzand betreft matig tot zeer grof zand, korrelgrootte variërend tussen 210 µm en de 2 mm, en ophoogzand is zand met een fijne korrel grootte, variërend van 63 tot 210 µm.

Voor RWS-DON is het belangrijk te weten hoeveel materiaal in welke stroom terecht zal komen.

De DIB-informatiebehoefte is zo als volgt:

- bepalen van de verontreiniging in de deklaag (bovenste 2 m) en de variabiliteit van de verontreiniging in deze deklaag;
- bepaling van de kwaliteit in termen van delfstoffenwinning van formaties tussen 2 en 15 m diepte en van formaties tussen 15 en 40 m diepte en de variabiliteit daarin; korrelgrootteverdeling is daarbij maatgevend.

Nu staan diepe boringen en CPT's gepland. Maar is dit voldoende om de ruimtelijke verdeling vast te stellen?

Technieken

In bijgaande tabel is een overzicht gemaakt van technieken die potentieel in aanmerking komen voor bodemverkenning in de Heesseltsche Uiterwaarden (HU).

Tabel 18: Potentieel geschikte technieken

Techniek	Verontreinigingen HU gevoeligheid	Verkenning van bodem matrix
MIP	VOC, aromaten en CKW	cpt
NIR	PAK zware metalen, korrelgrootte	korrelgrootte van monster
HIM	DNAPL, LNAPL	cpt
ROST	koolwaterstoffen, waaronder PAK	cpt
Oliesonde	koolwaterstoffen	cpt
Geofysica	-	zand-klei overgangen en detectie van risicovolle onverwachte structuren

Meetplan

Er wordt een voorstel voor de inzet van technieken gegeven.

Het locatiespecifieke meetplan kan nog niet worden bepaald aangezien er nog geen herinrichtingsoptie is geselecteerd.

Deklaag

De deklaag is vervuild met vooral zware metalen en met PAK. De concentratie van de vervuiling varieert sterk. DON geeft aan dat het om de bovenste twee meter gaat, maar bodemtechnisch gezien betreft de deklaag de bovenste 7 – 8 m.

In principe kunnen de ROST, de FFD en de oliesonde PAK's waarnemen. Het voordeel van de wegdrukbaar sondes is dat in relatief korte tijd op veel plaatsen gemeten kan worden. Dit is relevant omdat de concentraties sterk variëren op de onderzoekslocatie.

Zo zou op een volle meetdag met de ROST-sonde ca. 50 sonderingen tot 2 m gemaakt kunnen worden, iets dat met boren en monsteranalyse veel meer inspanning zou kosten. Op deze wijze wordt inzicht verkregen in de laterale (en verticale) variatie van de PAK concentratie. Daar moet wel worden bijgezegd dat de PAK concentraties in de orde van 20 mg/kg dienen te zijn. Er wordt aanbevolen om een onderzoek vooraf te doen om vast te stellen:

- of de gehalten PAK voldoende zijn om met de wegdrukbaar sonde waar te nemen, mogelijk zijn geringere concentraties meetbaar

- omdat het detectieniveau varieert met de samenstelling van de PAK, is het goed vast te stellen hoe de locatiespecifieke PAK reageert.

Hiervoor dienen enkele referentiemonsters te worden aangeleverd welke voor de sonde worden gehouden. Een onderzoek vooraf geeft een goed beeld van de mogelijkheden voor dit en ander soortelijke onderzoeken.

De zware metalen kunnen met behulp van de NIR worden gedetecteerd. Hiervoor zijn wel boringen nodig. Het voordeel van de NIR is dat de monsters direct en in het veld kunnen worden geanalyseerd, zodat het boorplan kan worden aangepast aan de hand van de resultaten. Een zeker aantal (10 – 40) ijkmonsters zijn nodig om goede resultaten te verkrijgen.

Het is van belang te weten dat de zware metalen niet direct gemeten worden, maar via organische verbindingen waar de metalen aan gebonden zijn. Hoewel het mechanisme van de binding en de detectie van zware metalen niet duidelijk is, blijkt uit verschillende onderzoeken, dat met de statistische analyse van de meetgegevens betrouwbare ijkgrafieken te construeren zijn. Met de kennis die nu voorhanden is geldt dan dat voor de detectie van zware metalen enig organisch materiaal in de bodem aanwezig dient te zijn. Dit zal naar verwachting het geval zijn voor de bovenste kleilaag.

Delfstoffen tussen 2 en 15 m en tussen 15 en 40 m

De fysische kwaliteit van de delfstoffen wordt vooral bepaald door de korrelgrootteverdeling. Hiervoor is de NIR-techniek geschikt. Omdat momenteel nog geen wegdrubbare NIR-sonde beschikbaar is, zullen monsters op een andere manier verkregen moeten worden (boren of spitsmuis).

Referenties

- Arcadis, 2001. Project Startnotitie, “Inrichting Heesseltsche Uiterwaarden” Werkdocument Fase 1 Afbakening en Verkenning (Heesselt-51-1, mei 2001) en Werkdocument Fase 2 Ontwikkelingsrichtingen (Heesselt-51-3, augustus 2001).
- De Klinker Milieu Adviesbureau, 2000. Historisch onderzoek, boor- en bemonsteringsplan projectgebied “Heesseltsche Uiterwaarden”. Auteurs: Smeenk en Willemsen. De Klinker Milieu Adviesbureau, Zutphen. Rapportnr. 000114HW.010.
- Kinneging (2001) dr.ir. N.A., van Vraag naar Antwoord; Evaluatie pilotprojecten waterbodems, de informatiekringloop van Meetstrategie 2000+ in praktijk, mei 2001, Rapportnummer: MDGAP 2001.12.