

**NOBIS 96-2-01
INTRINSIEKE BIODEGRADATIE EN BIOREACTIEVE
SCHERMEN BIJ BODEMVERONTREINIGING BIJ TEXTIEL-
REINIGINGSBEDRIJVEN**

Fase 1: Probleemdefinitie en inventarisatie

drs. B.P.A. Schippers (IR-TNO)
dr.ir. T.N.P. Bosma (TNO-MEP)
ing. J.H. van den Berg (IR-TNO)
dr.ir. C.B.M. te Stroet (NITG-TNO)
ir. H.C. van Liere (TNO-MEP)
ir. L. Schipper (IWACO)
ir. T.F. Praamstra (IWACO)

mei 1997

Gouda, CUR/NOBIS

Auteursrechten

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van CUR/NOBIS.

Het is toegestaan overeenkomstig artikel 15a Auteurswet 1912 gegevens uit deze uitgave te citeren in artikelen, scripties en boeken, mits de bron op duidelijke wijze wordt vermeld, alsmede de aanduiding van de maker, indien deze in de bron voorkomt. "©"Intrinsieke biodegradatie en bioreactieve schermen bij bodemverontreiniging bij textielreinigingsbedrijven - Fase 1: Probleemdefinitie en inventarisatie", mei 1997, CUR/NOBIS, Gouda."

Aansprakelijkheid

CUR/NOBIS en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben een zo groot mogelijke zorgvuldigheid betracht bij het samenstellen van deze uitgave. Nochtans moet de mogelijkheid niet worden uitgesloten dat er toch fouten en onvolledigheden in deze uitgave voorkomen. Ieder gebruik van deze uitgave en gegevens daaruit is geheel voor eigen risico van de gebruiker en CUR/NOBIS sluit, mede ten behoeve van al degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van deze uitgave en de daarin opgenomen gegevens, tenzij de schade mocht voortvloeien uit opzet of grove schuld zijdens CUR/NOBIS en/of degenen die aan deze uitgave hebben meegewerkt.

Copyrights

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording and/or otherwise, without the prior written permission of CUR/NOBIS.

It is allowed, in accordance with article 15a Netherlands Copyright Act 1912, to quote data from this publication in order to be used in articles, essays and books, unless the source of the quotation, and, insofar as this has been published, the name of the author, are clearly mentioned. "©"Intrinsic biodegradation and bioscreens for remediation of soil at laundry sites - Phase 1: Problem definition and inventory", May 1997, CUR/NOBIS, Gouda, The Netherlands."

Liability

CUR/NOBIS and all contributors to this publication have taken every possible care by the preparation of this publication. However, it can not be guaranteed that this publication is complete and/or free of faults. The use of this publication and data from this publication is entirely for the user's own risk and CUR/NOBIS hereby excludes any and all liability for any and all damage which may result from the use of this publication or data from this publication, except insofar as this damage is a result of intentional fault or gross negligence of CUR/NOBIS and/or the contributors.

Titel rapport
Intrinsieke biodegradatie en bioreactieve schermen
bij bodemverontreiniging bij textielreinigingsbedrijven
Fase 1: Probleemdefinitie en inventarisatie

CUR/NOBIS rapportnummer
96-2-01

Project rapportnummer
96-2-01 fase 1

Auteur(s)
drs. B.P.A. Schippers
dr.ir. T.N.P. Bosma
ing. J.H. van den Berg
dr.ir. C.B.M. te Stroet
ir. H.C. van Liere
ir. L. Schipper
ir. T.F. Praamstra

Aantal bladzijden

Rapport: 57
Bijlagen: -

Uitvoerende organisatie(s) (Consortium)
Instituut voor Reinigingstechnieken TNO (drs. B.P.A. Schippers, 015-2696916)
TNO-Milieu, Energie en Procesinnovatie (dr.ir. T.N.P. Bosma, 055-5493920)
Eerland Milieutechniek Nederland (ir. Th.W.M. Vermeer, 0180-463330)
Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO (dr.ir. C.B.M. te Stroet, 015-2697160)
IWACO (ir. L. Schipper 010-2865581)
Provincie Utrecht (ir P.W.M. van Mullekom, 030-2583115)
Provincie Noord-Holland (drs. R. Zonneveld, 023-5143219)
Gemeente Rotterdam (dr. J. Corten, 010-4897019)
VENOTEX: dhr. H. Daems/voorheen Wasserij De Zwaan (H. Daems, 040-2019789)
Textielreiniging Nic Lamme B.V. (N. Lamme, 0294-258525)
Neproma Textiel Service B.V. (J. van der Linden, 026-3488140)
Newasco Wasserij Van Houten B.V. (R. van Houten, 023-5285026)
HOVO-De Maas B.V. (ing. G.E. van der Straaten, 010-4826771)

Uitgever
CUR/NOBIS, Gouda

Samenvatting

Het doel van dit NOBIS-project is het inschatten van mogelijkheden om door middel van kosten-effectieve extensieve in situ maatregelen het verspreidingsrisico van de in de bodem en grondwater aanwezige chloorkoolwaterstoffen afdoende te beperken op zes locaties. De beoordeling van natuurlijke afbraak van PER en TRI moet in ieder geval zijn gebaseerd op de volgende criteria:

1. De aanwezigheid van afbraakproducten.
2. De aanwezigheid van gunstige redoxcondities.
3. De beschikbaarheid van voldoende organisch materiaal.
4. Het optreden van grondwaterstroming.

De conclusies van fase 1 van dit project zijn:

1. Het voorkomen van afbraakproducten is onvoldoende in kaart gebracht, alhoewel natuurlijke afbraak op alle locaties plaatsheeft.
2. De redoxcondities zijn bij geen van de locaties in voldoende mate vastgesteld.
3. Brandstof voor reductieve dechlorering is aanwezig op alle locaties, maar nog onvoldoende in kaart gebracht.
4. Eén locatie is geschikt voor het uitvoeren van een stroombaanalyse.

Trefwoorden

Gecontroleerde termen:
afbreekbaarheid, bodemverontreiniging, chloor-
koolwaterstoffen, etheen, trichlooretheen

Vrije trefwoorden:
biodegradatie, bioschermen, natuurlijke
afbraak, tetrachlooretheen, textielreiniging

Titel project

Intrinsieke biodegradatie en bioreactieve schermen
bij bodemverontreiniging bij textielreinigingsbedrijven

Projectleiding

Instituut voor Reinigingstechnieken TNO
(drs. B.P.A. Schippers, 015-2696916)

Dit rapport is verkrijgbaar bij:
CUR/NOBIS, Postbus 420, 2800 AK Gouda

Report title
Intrinsic biodegradation and bioscreens for
remediation of soil at laundry sites
Phase 1: Problem definition and inventory

CUR/NOBIS report number
96-2-01

Project report number
96-2-01 phase 1

Author(s)
drs. B.P.A. Schippers
dr.ir. T.N.P. Bosma
ing. J.H. van den Berg
dr.ir. C.B.M. te Stroet
ir. H.C. van Liere
ir. L. Schipper
ir. T.F. Praamstra

Number of pages

Report: 57
Appendices: -

Executive organisation(s) (Consortium)
Instituut voor Reinigingstechnieken TNO (drs. B.P.A. Schippers, 015-2696916)
TNO-Milieu, Energie en Procesinnovatie (dr.ir. T.N.P. Bosma, 055-5493920)
Eerland Milieutechniek Nederland (ir. Th.W.M. Vermeer, 0180-463330)
Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO (dr.ir. C.B.M. te Stroet, 015-2697160)
IWACO (ir. L. Schipper, 010-2865581)
Provincie Utrecht (ir. P.W.M. van Mullekom, 030-2583115)
Provincie Noord-Holland (drs. R. Zonneveld, 023-5143219)
Gemeente Rotterdam (dr. J. Corten, 010-4897019)
VENOTEX: dhr. H. Daems/voorheen Wasserij De Zwaan (H. Daems, 040-2019789)
Textielreiniging Nic Lamme B.V. (N. Lamme, 0294-258525)
Neproma Textiel Service B.V. (J. van der Linden, 026-3488140)
Newasco Wasserij Van Houten B.V. (R. van Houten, 023-5285026)
HOVO-De Maas B.V. (ing. G.E. van der Straaten, 010-4826771)

Publisher
CUR/NOBIS, Gouda

Abstract

The objective of this study is to investigate the possibilities to contain contaminations with tetra- and trichloroethene by the application of cost-effective, extensive, in-situ remediation technologies at six contaminated sites.

The assessment of natural attenuation tetrachloroethene at a site should at least be based on the following criteria:

1. The occurrence of degradation products at the site.
2. The existence of favorable redox conditions.
3. The availability of enough organic material.
4. An assessment of the geology and of the groundwater flow to estimate the risk of spreading of the contamination.

The conclusions of phase 1 of this project are as follows:

1. The occurrence of degradation products is insufficiently established, although degradation occurs at all sites.
2. The redox conditions are insufficiently characterized at all sites
3. Fuel to drive reductive dechlorination is present at all sites but not established in a systematic way.
4. One site is suitable to carry out a flow path analysis.

Keywords

Controlled terms:

biodegradability, ethene, soil contamination
trichloroethene, volatile organic chlorides

Uncontrolled terms:

biologically reactive zone, drycleaning, natural
attenuation, natural degradation, tetrachloroethene

Project title

Intrinsic biodegradation and bioscreens for
remediation of soil at laundry sites

Projectmanagement

TNO Cleaning Techniques Research Institute
(drs. B.P.A. Schippers, 015-2696916)

This report can be obtained by: CUR/NOBIS, PO Box 420, 2800 AK Gouda, The Netherlands
Dutch Research Programme In-Situ Bioremediation (NOBIS)

VOORWOORD

Voor veel textielreinigingsbedrijven met een VOCI-verontreiniging is een patstelling ontstaan ten aanzien van de sanering van de bodem en het grondwater. De kosten van de nu gangbare sanering/beheersingsvarianten zijn in veel gevallen niet op te brengen door de bedrijven, met als resultaat dat de daadwerkelijke aanpak van de problemen stagneert. Het gevolg is niet alleen een steeds verdergaande, soms niet volledig in kaart gebrachte, verspreiding van de verontreiniging, maar ook beperkingen ten aanzien van verkoop, verbouwing en/of uitbreiding. Er is daarom dringend behoefte aan een andere, goedkopere, maar nog steeds milieuhygiënisch verantwoorde manier van omgaan met dit type verontreinigingssituaties.

Dit project is een eerste aanzet voor het zoeken naar een oplossing voor dit probleem. Nagegaan wordt of het mogelijk is om op basis van intrinsieke processen en andere extensieve methoden een beheersingsvariant te ontwikkelen, die enerzijds de risico's van de verontreiniging minimaliseert en anderzijds kan leiden tot opheffing van de huidige beperkingen ten aanzien van bijvoorbeeld verkoop en verbouwing.

In dit rapport worden de resultaten van fase 1 weergegeven. In deze eerste fase is op grond van de reeds aanwezige en de nog ontbrekende gegevens voor alle zes deelnemende locaties een hypothese gesteld, die met behulp van een aanvullend meetplan in fase 2 en 3 zal worden getoetst. De resultaten van fase 2 en 3 worden begin 1998 gerapporteerd.

mei 1997

INHOUD

		SAMENVATTING	v
		SUMMARY	vi
Hoofdstuk	1	INLEIDING	1
Hoofdstuk	2	AANPAK	3
Hoofdstuk	3	SAMENVATTING VAN DE ZES LOCATIES	7
Hoofdstuk	4	CONCLUSIES	9
Hoofdstuk	5	BESCHRIJVING VAN DE ZES LOCATIES	11
	5.1	De Zwaan te Valkenswaard	11
	5.2	Nic Lamme te Nederhorst den Berg	18
	5.3	Hoograven te Montfoort	24
	5.4	Neproma te Arnhem	35
	5.5	Newasco Wasserij Van Houten te Heemstede	43
	5.6	HOVO-De Maas te Rotterdam	47

SAMENVATTING

Intrinsieke biodegradatie en bioreactieve schermen bij bodemverontreiniging bij textielreinigingsbedrijven

Op veel locaties van textielreinigingsbedrijven is in het verleden een bodemverontreiniging met PER of TRI ontstaan. De meeste van deze bedrijven kunnen de kosten van sanering niet opbrengen.

Het doel van dit NOBIS-project is het inschatten van mogelijkheden om door middel van kosten-effectieve extensieve in situ maatregelen het verspreidingsrisico van de in de bodem en grondwater aanwezige chloorkoolwaterstoffen afdoende te beperken op zes locaties.

Allereerst wordt onderzocht in hoeverre natuurlijke afbraak een rol speelt bij het inperken van de verspreiding van de verontreiniging. De beoordeling van natuurlijke afbraak van PER en TRI moet daarbij in ieder geval zijn gebaseerd op de volgende criteria:

1. De aanwezigheid van afbraakproducten.
2. De aanwezigheid van zones met gunstige redoxcondities voor de volledige natuurlijke afbraak van PER.
3. De beschikbaarheid van voldoende organisch materiaal. De intrinsieke afbraak van PER heeft alleen plaats in aanwezigheid van voldoende brandstof. Onder zuurstofloze omstandigheden kan PER voor bacteriën de rol van zuurstof bij de verbranding van organische componenten (o.a. suikers, maar ook minerale olie en BTEX) vervullen. Een snelle intrinsieke afbraak van PER vereist daarom de aanwezigheid van organische verbindingen.
4. Het optreden van grondwaterstroming, om het risico van horizontale verspreiding van de verontreinigingen in te schatten.

Daarna wordt bekeken of door het stimuleren van de intrinsieke afbraak of door het installeren van bioschermen mogelijk een oplossing wordt gevonden.

Het onderzoek in dit project wordt uitgevoerd in 3 fasen:

1. een historische analyse van elke locatie;
2. aanvullende metingen voor de beoordeling van natuurlijke afbraak;
3. het opstellen van een "plan van aanpak" voor elke locatie.

In dit rapport worden de resultaten van fase 1 weergegeven. De conclusies zijn:

1. Het voorkomen van afbraakproducten is onvoldoende in kaart gebracht, alhoewel er sprake is van natuurlijke afbraak op alle locaties.
2. De redoxcondities zijn bij geen van de locaties in voldoende mate vastgesteld.
3. Brandstof voor reductieve dechlorering is aanwezig op alle locaties, maar nog onvoldoende in kaart gebracht.
4. Eén locatie is geschikt voor het uitvoeren van een stroombaananalyse, waarbij de afbraak van PER en de productie van afbraakproducten kan worden beoordeeld. Deze analyse is niet mogelijk voor de andere vijf locaties vanwege de volgende redenen:
 - a. de onmogelijkheid voor het traceren van de bronnen vanwege de complexe geologie;
 - b. de afwezigheid van natuurlijke grondwaterstroming;
 - c. de verstoring van het stromingspatroon door grootschalige onttrekkingen.

De resultaten van fase 2 en 3 worden gerapporteerd in februari 1998.

SUMMARY

Intrinsic biodegradation and bioscreens for remediation of soil at laundry sites

Many sites of laundries specialized in dry cleaning are contaminated with tetra- and trichloroethene. Most of these laundries are not able to bear the clean-up costs. The objective of the current study is to investigate the possibilities to contain such contaminations by the application of cost-effective, extensive, in-situ remediation technologies at six contaminated sites.

First, the effectiveness of natural degradation processes (natural attenuation) to prevent the pollution from further spreading is to be evaluated. The assessment of natural attenuation of tetrachloroethene at a site should at least be based on the following criteria:

1. The occurrence of degradation products at the site.
2. The existence of favorable reduced conditions to drive initial dechlorination and the existence of favorable redox conditions to carry on the degradation to a complete dechlorination.
3. The availability of enough organic material (co-contaminants like BTEX and mineral oil or natural organic material) to "fuel" reductive dechlorination.
4. An assessment of the geology and of the groundwater flow to estimate the risk of spreading of the contamination.

Then, the need to stimulate the natural degradation processes in-situ or via the installation of a biologically reactive zone, will be evaluated.

The research in the current project is carried out in 3 phases:

1. a historical analysis of each site;
2. additional measurements to complete the assessment of natural attenuation;
3. the formulation of a remediation set-up for each site.

The results of the historical analyses are presented in this report. The conclusions are as follows:

1. The occurrence of degradation products is insufficiently established, although degradation - via reductive dechlorination - occurs at all sites.
2. The redox conditions are insufficiently characterized at all sites.
3. Fuel to drive reductive dechlorination is present at all sites but not established in a systematic way.
4. One site is suitable to carry out a flow path analysis, in which the degradation of tetrachloroethene and the production and degradation of intermediates can be assessed. Such an analysis is not possible at the other sites, for a variety of reasons, including:
 - a. the impossibility to localize the source due to the complex geology at one site;
 - b. the absence of natural groundwater flow;
 - c. the disturbance of the flow pattern due to the presence of hydrological containment systems or large drinking water wells.

The results of phase 2 and 3 will be reported february 1998.

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

Het doel van dit project is het inschatten van mogelijkheden om door middel van kosten-effectieve extensieve in situ maatregelen het risico van in de bodem en grondwater voorkomende chloorkoolwaterstoffen (VOCI) op textielreinigingslocaties afdoende te beperken. Er zijn zes locaties in het onderzoek betrokken. Op deze locaties wordt de potentiële bijdrage aan de reductie van het verspreidingsrisico door biologische en biologisch-chemische processen onderzocht. Daarbij wordt gekeken naar:

1. het optreden van natuurlijke (intrinsieke) (bio)degradatie;
2. de toepassing van reactieve zones (geactiveerde in situ bioschermen).

Gedurende fase 1 van het project is een historische analyse van de zes locaties gemaakt. Op basis van de bestaande gegevens is een hypothese gesteld over het wel of niet optreden van intrinsieke biodegradatie. Vervolgens is per locatie een aanvullend meetplan opgesteld om de mate van dechlorering van PER/TRI en afbraakproducten vast te stellen. In dit rapport worden de resultaten van fase 1 gerapporteerd.

HOOFDSTUK 2

AANPAK

Zoals verwacht, is er een groot verschil in de gedetailleerdheid van de beschikbare informatie voor de zes locaties. Afhankelijk van de kwaliteit van de informatie en van de omstandigheden ter plaatse is voor iedere locatie een perspectief weergegeven over hoe het plan van aanpak er uiteindelijk zou kunnen gaan uitzien. Daarbij is een systematiek gehanteerd die is weerspiegeld in de inhoudsopgave voor iedere locatie:

Algemeen

In een algemene paragraaf is de historie van de locatie beschreven en wordt weergegeven hoe de verontreiniging is ontstaan. Veelal wordt ook reeds informatie verschaft over de bron(nen) van de verontreiniging.

Geohydrologische en geochemische situatie

In deze paragraaf wordt ingegaan op de samenstelling van de ondergrond en wordt - voor zover mogelijk - de richting en snelheid van de grondwaterstroming gepresenteerd. De geohydrologische situatie is een essentiële randvoorwaarde voor de beoordeling van afbraakprocessen in de ondergrond. De grondwaterstroming bepaalt bovendien in sterke mate in hoeverre er sprake is van een verspreidingsrisico. In verband met de mogelijkheid een stroombaananalyse uit te voeren, is gelet op de mate van homogeniteit van de ondergrond en de mogelijkheid een stroombaan te identificeren. Dit bleek uiteindelijk alleen op de Nepromalocatie mogelijk.

Ook de geochemische situatie heeft een grote invloed op de afbraakprocessen in de ondergrond. In sterk gereduceerd, zuurstofloos grondwater is er een grote kans dat chloorkoolwaterstoffen in een natuurlijk proces worden afgebroken door een stapsgewijze afsplitsing van chloride. In aanwezigheid van zuurstof worden sterk gechloreerde verbindingen niet of slechts zeer traag afgebroken, maar is afbraak van zwak gechloreerde componenten zeer waarschijnlijk. Met andere woorden, de karakterisering van de redoxomstandigheden (een hoge redoxpotentiaal in aanwezigheid van zuurstof, een lage redoxpotentiaal bij afwezigheid van zuurstof) is essentieel om een indruk te verkrijgen van de mogelijkheid van natuurlijke afbraak van chloorkoolwaterstoffen. Deze informatie is zelden voorhanden en nergens systematisch in kaart gebracht.

Verontreinigingssituatie

Hier is niet alleen gelet op de afbakening van het moederproduct (meestal PER), maar ook op de aanwezigheid van mogelijke afbraakproducten en begeleidende verontreinigingen (zoals minerale olie en BTEX) die de natuurlijke afbraak kunnen stimuleren.

Risico's

Over de aard van de voorhanden zijnde risico's is de informatie per locatie verschillend. Het humane risico wordt in sterke mate bepaald door verdamping van verontreinigingen via bodemlucht naar boven. Het bestaan van een verspreidingsrisico wordt vooral bepaald door de grondwaterstroming en de mate van afbraak van de verontreiniging in de ondergrond.

De humane risico's zijn niet altijd volledig in kaart gebracht. In het huidige rapport wordt een humaan risico gepostuleerd als niet afdoende is bewezen dat er geen sprake is van een humaan risico. Daarbij wordt aangenomen dat geen sprake is van een humaan risico als uit modelberekeningen blijkt dat geen van de aanwezige componenten naar de bovengrond uitdampmt en daar aanleiding tot overschrijding van de MAC-waarden geeft, of als uit metingen in (kruipruimten van) gebouwen is gebleken dat geen van de aanwezige componenten de MAC-waarde overschrijdt. De kritische stof in dit verband is bijna altijd VC, omdat hiernaar niet altijd metingen zijn verricht.

Bij het bestaan van een humaan risico wordt in het perspectief aangegeven dat dit aanleiding zou moeten zijn voor maatregelen aan de bron.

Een verspreidingsrisico is aangenomen in die gevallen waar duidelijk sprake is van grondwaterbeweging en de afbraak van de verontreiniging niet volledig in kaart is gebracht.

Conclusies

In de conclusies wordt de beschikbare informatie nog eens compact samengevat bij wijze van prelude op de hypothese. Daarbij is reeds in mogelijke oplossingen gedacht: maatregelen aan de bron, intrinsieke afbraak in de pluim en/of plaatsing van een bioscherm benedenstreams. Hierbij hebben het bestaan van actuele en/of verspreidingsrisico's en de mogelijke wisselwerking tussen de maatregelen een grote rol gespeeld.

In eerste instantie is voor geen van de locaties het plaatsen van een bioscherm als optie naar voren gebracht. In een aantal gevallen omdat er geen sprake is van stromend grondwater of omdat eerst zal worden onderzocht in hoeverre intrinsieke afbraak alleen de pluim zal stabiliseren.

Hypothese

In de hypothese wordt weergegeven welke processen op grond van de beschikbare informatie worden verondersteld een bijdrage te leveren aan intrinsieke afbraak. Daarbij is ervoor gekozen de hypothese zo te formuleren dat er alleen veronderstellingen worden gedaan die daadwerkelijk op metingen berusten. Als gevolg daarvan wordt in veel gevallen verondersteld dat PER niet verder dan tot CIS wordt afgebroken. Het meetplan is er dan op gericht aan te tonen dat er toch verdere afbraak optreedt door te gaan zoeken naar de afbraakproducten VC en etheen/ethaan.

Aanvullend meetplan

Het aanvullende meetplan is erop gericht door middel van aanvullende metingen vast te stellen of er op de verschillende locaties natuurlijke (intrinsieke) afbraak van de verontreiniging - en daarmee een inperking van het verspreidingsrisico - optreedt. Een kwalitatief oordeel over de inperking van het verspreidingsrisico door intrinsieke afbraak kan worden gegeven aan de hand van de volgende criteria (zie ook tabel 1):

- De aanwezigheid van afbraakproducten.

Deze geven aan tot hoever PER en TRI op de locatie worden afgebroken. In een aantal gevallen hebben de onderzoeken zich beperkt tot de analyse van PER, TRI, CIS en TRANS. In al die gevallen is het nodig vast te stellen of er ook volledig gedechlorideerde producten (ethaan en etheen) aanwezig zijn. Verder is het VC-gehalte van groot belang in verband met de relatief grote toxiciteit van deze stof.

- De mate van gereduceerdheid van de ondergrond.

De natuurlijke afbraak van PER vereist een lage redoxpotentiaal (afwezigheid van zuurstof). De redoxpotentiaal is bij geen van de locaties in voldoende mate vastgesteld. De redoxpotentiaal wordt bepaald aan de hand van algemene macrochemische parameters, zoals onder andere het zuurstof-, nitraat- en sulfaatgehalte (zie tabel 1).

- De beschikbaarheid van brandstof.

De intrinsieke afbraak van PER heeft alleen plaats in aanwezigheid van voldoende brandstof. Onder zuurstofloze omstandigheden kan PER voor bacteriën de rol van zuurstof bij de verbranding van organische componenten (o.a. suikers, maar ook minerale olie en BTEX) vervullen. Een snelle intrinsieke afbraak van PER vereist daarom de aanwezigheid van organische verbindingen. Het blijkt dat de aanwezigheid van minerale olie en BTEX vaak een gunstige uitwerking op het natuurlijke afbraakproces heeft. Op sommige locaties is hier summiere informatie over, vaak ontbreekt deze geheel.

- Het optreden van grondwaterstroming.

Het optreden van grondwaterstroming is de primaire oorzaak van de horizontale verspreiding van verontreinigingen. Aangezien de verontreinigingen op alle locaties al gedurende langere tijd aanwezig zijn, speelt een eventuele verticale verspreiding een ondergeschikte rol. Een nadere karakterisering van de grondwaterstroming is op geen van de onderzochte locaties aan de orde.

Ten behoeve van de systematiek in het project is ervoor gekozen analysepakketten voor bovengenoemde elementen (redox, brandstof en afbraakproducten) te construeren (zie tabel 1). Op deze wijze wordt er zorg voor gedragen dat er voor iedere locatie een gelijkwaardig pakket gegevens als basis voor het plan van aanpak wordt gebruikt.

Voor alle locaties geldt dat de algemene grondwaterkwaliteit onvoldoende is gekarakteriseerd om al gefundeerde uitspraken over het wel of niet optreden van natuurlijke degradatie te kunnen doen.

Perspectief

Deze paragraaf geeft een allereerste indicatie voor de inhoud van het plan van aanpak dat uiteindelijk in fase 3 zal worden gerapporteerd. Uiteraard zal de definitieve aanpak worden gebaseerd op de resultaten van fase 2 (de aanvullende metingen).

Bronvermelding

Hier worden de onderzoeksrapporten weergegeven die gebruikt zijn voor het opstellen van de betreffende locatiebeschrijving.

Bij elke locatie zijn een aantal figuren toegevoegd, soms aangevuld met een samenvatting van de belangrijkste analyseresultaten (zie tabel 3 t/m 6).

In hoofdstuk 5 wordt elke locatie beschreven volgens het hiervoor weergegeven stramien.

Tabel 1. Criteria voor de vaststelling van intrinsieke afbraak van PER/TRI-verontreinigingen op een locatie en de daaruit voortvloeiende analysepakketten in het aanvullend meetplan¹.

	criteria			
	aanwezigheid afbraak-producten	redoxomstandigheden	aanwezigheid brandstof	grondwaterstroming
analysepakketten	PER TRI CIS/TRANS VC etheen/ethaan	zuurstof nitraat/nitriet Fe(II)/Fe (III) Mn(II)/Mn(IV) sulfaat/sulfide methaan	BZV minerale olie BTEX	geen aanvullende metingen

¹ Tijdens de monsternamen worden verder altijd de pH, geleidbaarheid, temperatuur en redoxpotentiaal van het grondwater bepaald.

HOOFDSTUK 3

SAMENVATTING VAN DE ZES LOCATIES

In dit hoofdstuk worden de resultaten van fase 1 per locatie samengevat weergegeven in tabel 2. De zes deelnemende locaties worden uitgebreider beschreven in hoofdstuk 5. De beschrijving is steeds gebaseerd op eerder uitgevoerde onderzoeken, waarbij de conclusies uit deze onderzoeken zijn overgenomen.

Tabel 2. Resultaten van fase 1 per locatie.

	locatie					
	1 Valkenswaard	2 Nederhorst den Berg	3 Montfoort	4 Arnhem	5 Heemstede	6 Rotterdam
geanalyseerd tot	CIS	CIS	CIS	VC	etheen	VC
afbraak aangetoond tot	CIS	CIS	CIS	VC	VC	VC
BTEX/minerale olie aanwezig	ja	ja	ja	ja	ja	ja
stroombaananalyse	nee	nee	nee	ja	nee	nee
horizontale grondwaterbeweging	nee	ja	nee	nee	ja	ja
humane risico's	?	?	nee	ja	?	nee
verspreidingsrisico's	ja	ja	ja	ja	?	ja

HOOFDSTUK 4

CONCLUSIES

Voor alle locaties is er voldoende perspectief om de mogelijke aanwezigheid van intrinsieke afbraak in te zetten bij het zoeken naar een oplossing voor de betreffende verontreinigingen.

Op locatie 4, Neproma te Arnhem, is de richting en de snelheid van de grondwaterstroming zo goed bekend dat het mogelijk is tijdens fase 2 een stroombaananalyse te maken. Hierbij wordt de concentratie van de chloorkoolwaterstoffen langs een stroombaan gemeten. Uit de afhankelijkheid van de concentratie van de afstand kan een afbraak- of productiesnelheid worden geschat. Op basis van deze gegevens kan een kwantitatieve schatting van de verspreiding van de verontreiniging en de afbraakproducten worden gemaakt.

De situatie bij de voormalige wasserij de Zwaan in Valkenswaard (locatie 1) contrasteert hier volledig mee. Op deze locatie is de grondwaterbeweging zowel qua richting als snelheid ongedefinieerd. Gezien de heterogeniteit van de ondergrond is het kosten-technisch niet mogelijk hierin verbetering te brengen. Het enige dat met zekerheid kan worden gezegd is dat al het grondwater uiteindelijk via de Dommel draineert. Daarom zal hier in de bovengrond worden geverifieerd of daar een volledige dechlorering van PER mogelijk is. Van het grondwater zal alleen worden bekeken of de condities, waaronder intrinsieke afbraak kan plaatshebben, voorhanden zijn. Een interessant perspectief is de mogelijkheid dat het sediment van de Dommel als een soort natuurlijk bioscherm fungeert.

De overige vier locaties nemen een tussenpositie in. In alle gevallen is een verificatie van volledige afbraak nodig. Dit is verwoord door als hypothese te stellen dat er alleen afbraak plaatsheeft tot het "laatst gemeten" afbraakproduct (CIS of VC). Het aanvullend meetplan dient ter verificatie van de condities (redox) en de aanwezigheid van volledig gedechlorerde producten (etheen/ethaan).

In eerste instantie is voor geen van de locaties het plaatsen van een bioscherm als optie naar voren gebracht. In een aantal gevallen omdat er geen sprake is van stromend grondwater, in andere gevallen omdat eerst zal worden onderzocht in hoeverre intrinsieke afbraak reeds voldoende is om de pluim te stabiliseren.

HOOFDSTUK 5

BESCHRIJVING VAN DE ZES LOCATIES

In dit hoofdstuk worden de zes deelnemende locaties beschreven. De beschrijving is steeds gebaseerd op eerder uitgevoerde onderzoeken, waarbij de conclusies uit deze onderzoeken zijn overgenomen. De bestudeerde rapporten zijn per locatie vermeld onder het kopje "bronvermelding".

Waar verschillende onderzoeken op een locatie elkaar tegenspreken, is zoveel mogelijk geprobeerd beide conclusies weer te geven.

Daarnaast zijn er door het projectteam hier en daar aanvullingen of opmerkingen gegeven bij eerdere conclusies. Uitgangspunt blijft echter dat wordt voortgebouwd op bestaande rapportages, hetgeen het risico inhoudt dat eventuele onjuiste metingen, resultaten of conclusies uit de bestaande rapportages later in dit NOBIS-project tot verrassingen kunnen leiden.

5.1 De Zwaan te Valkenswaard

Algemeen

In de voormalige natwasserij De Zwaan, Dommelseweg 198 te Valkenswaard, is van circa 1973 tot circa 1987 een chemische wasserij gevestigd geweest. De opslag van PER had plaats in een tank die inpandig was opgesteld. De aanvoer van PER had plaats door middel van een tankwagen.

Aan de zuidoostzijde van het bedrijfspand werden de vaten met destillatieresidu (6 stuks à 200 liter) uitpandig opgeslagen. Later had de opslag (12 vaten à 200 liter) net voor het pand plaats, aan de zuidwestkant van het perceel. In eerste instantie werden deze vaten met een trechter gevuld en bij afvoer ter plaatse leeggepompt. Later werd het residu met vat en al afgevoerd.

Sinds 1978 is het bedrijf aangesloten op het gemeentelijk riool. Voor deze tijd werd het afvalwater afgevoerd naar de Dommel. Water, nodig voor de reinigingsprocessen, werd tot 1987 onttrokken aan het grondwater op 8 - 10 m-mv diep. Dit had plaats aan de oostzijde van het bedrijf ter hoogte van de kern.

Aan de westzijde van het bedrijfsgebouw heeft vanaf circa 1978 tot circa 1986 een bovengrondse dieseltank, met pomp, (1.000 liter) gestaan. Tot circa 1978 heeft ten noorden van het ketelhuis een bovengrondse tank (10.000 liter) gestaan met zware stookolie (zie fig. 1).

Waarschijnlijk zijn er twee bronnen voor de VOCl-verontreiniging:

1. onder de chemische reinigingsafdeling van de voormalige wasserij, als gevolg van PER-lekkages;
2. aan de oostzijde van het bedrijfspand, vermoedelijk als gevolg van een lekkage van het riool.

Daarnaast vormen de opslag van het destillatieresidu en de plaats van de dieselpomp (niet onderzocht) een mogelijke bron voor een BTEX-verontreiniging.

Fig. 1. Situatieschets van de locatie.

Geohydrologische en geochemische situatie

De bodem op de locatie heeft de volgende opbouw:

- deklaag (leemhoudend, matig fijn zand, plaatselijk grindhoudend)	circa 6 m-mv
- eerste watervoerende pakket (grove grindhoudende zanden)	6 - 46 m-mv
- eerste scheidende laag	46 - 60 m-mv

De deklaag is niet homogeen, maar varieert qua opbouw ter plaatse sterk. Als gevolg van de heterogeniteit van het bodemmateriaal (o.a. de aanwezigheid van scheefliggende kleilagen) is het niet mogelijk tegen een redelijke inspanning de verontreiniging in het eerste watervoerende pakket op te sporen. Het is heel goed mogelijk dat de verontreiniging over scheefliggende kleilagen, die veel in deze regio voorkomen, horizontaal is afgestroomd. Deze afstroming kan al gauw tot een horizontale verspreiding tot 100 m van de bron leiden. De doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket is 48 m/dag ($kD = 1.900 \text{ m}^2/\text{dag}$). De stromingsrichting in het eerste watervoerende pakket is noordnoordwestelijk. De actuele snelheid van het grondwater is niet gemeten. Het enige dat met zekerheid kan worden gesteld, is dat de verontreiniging - eenmaal in het eerste watervoerende pakket aangekomen - uiteindelijk met het grondwater in de Dommel zal draineren. Op grond hiervan moet worden aangenomen dat er sprake is van een verspreidingsrisico. Er zijn geen locatiespecifieke gegevens over de geochemie gevonden.

Verontreinigingssituatie

Er is een aanzienlijke VOCl-verontreiniging, die voor een belangrijk deel in kaart is gebracht. Met betrekking tot deze VOCl-verontreiniging zijn uitsluitend gegevens bekend over PER, TRI en CIS (zie fig. 2). In de kern bereikt de VOCl-verontreiniging een diepte van circa 9 m, waarbij op 2 - 3 m-mv hoge PER-, TRI- en CIS-concentraties voorkomen. Als er naar de verontreiniging over het gehele gebied wordt gekeken, valt op dat de PER-, TRI- en CIS-concentraties in veel hogere mate op 5 - 6 m-mv voorkomen dan op 9 - 10 of 13 - 14 m-mv. Het niet kunnen meten van de verontreiniging op grotere diepte, kan echter heel goed worden veroorzaakt door een horizontaal wegstromen van de verontreiniging over scheefliggende kleilagen die veel in deze regio voorkomen. Deze afstroming kan al gauw tot een horizontale verspreiding tot 100 m van de bron leiden. Er zijn geen gegevens bekend over de VC-, etheen- of ethaan-concentraties en de afbraakomstandigheden. De pluim strekt zich uit tot ten minste 100 m in noordnoordwestelijke richting. Het front van de pluim is echter niet in kaart gebracht.

Opvallend is verder dat in de kern van de verontreiniging en stroomafwaarts (peilbuizen B, 1, 2, 5 en 101) duidelijk sprake is van afbraak tot CIS, terwijl in peilbuizen 3 en 102 op 6 m-mv weinig afbraakproducten worden aangetroffen.

Er is tevens een BTEX-verontreiniging waargenomen. De omvang van deze BTEX-verontreiniging is in het grondwater niet onderzocht, maar slechts vastgesteld door middel van bodemluchtmetingen. Vermoedelijk valt deze BTEX-verontreiniging samen met de kern van de VOCl-verontreiniging onder de chemische reinigingsafdeling van de wasserij (zie fig. 3). Een tweede mogelijke bron voor een BTEX-verontreiniging is de voormalige plaats van de dieselpomp. Hiernaar is echter nog geen grondwateronderzoek uitgevoerd. Ook naar de mogelijke verontreiniging van stookolie, een tank aan de noordzijde van het bedrijf, is geen onderzoek gedaan.

Fig. 2. Concentraties van gechloreerde koolwaterstoffen in de peilbuizen.

Fig. 3. Geschatte contour van de verontreiniging.

Risico's

Verdamping van de in de onverzadigde zone aanwezige verontreiniging genereert mogelijk een actueel risico door directe blootstelling via inademing. Er zijn echter geen kruipruimten aanwezig waarin accumulatie van gassen kan plaatshebben. Bij indicatieve metingen bij een nabijgelegen veevoederopslag zijn geen PER en TRI aangetoond. Omdat er geen metingen naar DCE en VC hebben plaatsgehad, kan niet worden uitgesloten dat deze stoffen desondanks tot een blootstellingsrisico leiden.

Verspreidingsrisico's zijn er met name benedenstrooms in het eerste watervoerende pakket richting de Dommel. Aangezien de uiterste verspreiding van de pluim niet is bepaald en slechts sporadisch informatie over mogelijke afbraak voorhanden is, moet vooralsnog worden aangenomen dat de verontreiniging zich verder zal verspreiden.

Conclusies

Met name in het freatisch grondwater, onderin en net onder de deklaag, is een sterke verontreiniging aangetroffen, dit in tegenstelling tot het daaronder gelegen grondwater waar veel lagere VOCl-concentraties worden aangetroffen. Het niet kunnen meten van de verontreiniging op grotere diepte, kan echter heel goed worden veroorzaakt door een horizontaal wegstromen van de verontreiniging over scheefliggende kleilagen die veel in deze regio voorkomen. Deze afstroming kan al gauw tot een horizontale verspreiding tot 100 m van de bron leiden.

Uit de gegevens, die tot nu toe bekend zijn, is op te maken dat er reductieve dehalogenering plaatsheeft; PER, TRI en CIS worden alle drie aangetroffen, VC, etheen en ethaan zijn niet gemeten. Bekend is dat, voor een snelle reductieve dehalogenering, de aanwezigheid van een co-verontreiniging nodig is. Zo'n co-verontreiniging, in de vorm van olie of BTEX, treedt dan op als elektronendonor wat zorgt voor een verlaging van de redoxpotentiaal.

Hypothese

Op grond van de op dit moment beschikbare gegevens met betrekking tot de afbraak van PER zijn twee zones te onderscheiden:

- A. In de deklaag (tot ca. 6 m-mv) heeft afbraak plaats tot CIS als eindproduct.
- B. In het diepere grondwater heeft eveneens afbraak tot CIS plaats. Vanuit het eerste watervoerende pakket worden PER en zijn afbraakproducten naar de Dommel getransporteerd.

Aanvullend meetplan

Het aanvullend meetplan is erop gericht de hypothese op belangrijke punten onderuit te halen. Gezien de onvoorspelbare aard van de grondwaterstroming is het niet mogelijk tegen een redelijke inspanning de verontreiniging in het eerste watervoerende pakket op te sporen. Het enige dat met zekerheid kan worden gesteld, is dat de verontreiniging uiteindelijk met het drainerende grondwater in de Dommel zal belanden. De aanvullende metingen worden daarom verricht met als doel:

- het kwalitatief aantonen van volledige afbraak in de deklaag en het freatisch grondwater;
- het aantonen van geschikte omstandigheden voor afbraak in het eerste watervoerende pakket en het sediment van de Dommel.

Daarom wordt in fase 2 - nieuw te plaatsen peilbuizen - in de kern van de verontreiniging met filters tot 6 m-mv het volledige analysepakket uitgevoerd. Daarnaast worden stroomopwaarts en stroomafwaarts eveneens peilbuizen geplaatst met als doel de condities in onverstoorde grondwater te kunnen vaststellen en om een verdere afbraak dan tot CIS aan te kunnen tonen (zie fig. 4).

Fig. 4. Locaties van de nieuw te plaatsen peilbuizen ten behoeve van fase 2 van het project.

Te plaatsen peilbuizen ten behoeve van het aanvullend meetplan:		
peilbuis	diepte (m-mv)	zone ¹
N1	5 - 6	A
N2	5 - 6	B
N3	5 - 6	C
N4	9 - 10	C
N5	5 - 6	C
N6	9 - 10	C
Dommelsediment	niet van toepassing	D

- ¹ A: stroomopwaarts ten opzichte van de bron
 B: bronzone
 C: stroomafwaarts ten opzichte van de bron
 D: betreft geen peilbuis

Perspectief

Op grond van de op dit moment beschikbare gegevens moet ervan worden uitgegaan dat de kern van de verontreiniging tot circa 6 m diepte moet worden gesaneerd. Wanneer in dit project blijkt dat in de kern volledige afbraak plaatsheeft, zou deze afbraak mogelijk kunnen worden gestimuleerd met behulp van een kleinschalige grondwateronttrekking.

Voor de diepere verontreiniging vormt de Dommel mogelijk een natuurlijk bioscherm: in ieder geval is sanering van een eventueel dieper gelegen verontreiniging technisch-economisch niet mogelijk.

Bronvermelding

- Oriënterend bodemonderzoek. Tukkers, september 1991.
- Bodemluchtonderzoek. IR-TNO, april 1992.
- Nader bodemonderzoek. IR-TNO, december 1992.
- Aanvullend nader bodemonderzoek. IR-TNO, juni 1993.

5.2 Nic Lamme te Nederhorst den Berg

Algemeen

Sinds 1981 is de wasserij in bezit van de Lamme Groep. Voor 1981 is vanaf een ver verleden gereinigd met zowel PER als TRI. De belangrijkste bron voor de VOCl-verontreiniging wordt gevormd door de reinigingsmachines (mogelijk door een lekkage van de riolering aan de oostzijde van het gebouw) en de PER-opslag aan de oostzijde van het bedrijfspand. Hier zijn op een diepte van 7 à 8 m de hoogste VOCl-concentraties geconstateerd.

Tot 1981 werd het bedrijfswater (PER en TRI) direct op de sloot ten zuiden van het bedrijfsterrein geloosd. Tot 1984 werd het water via een septic tank op de sloot geloosd. De sloot mondt na circa 100 m uit in de Spiegelplas. Vanaf 1984 heeft lozing plaats op het gemeentelijk riool in de Dammerweg. Als gevolg van onderdimensionering van het riool had regelmatig overstort plaats op de sloot. Eind 1989 zijn maatregelen (lekbak, afsluiten overstort e.d.) getroffen om dit te voorkomen.

Aan de zuidzijde op het bedrijfsterrein heeft tot een aantal jaren geleden een dieselpomp gestaan. Daar bevinden zich eveneens twee bovengrondse tanks voor lichte en zware stookolie (niet meer in gebruik). Hier hebben zich in 1977 en 1982 calamiteiten voorgedaan in de vorm van lekkages van de olieleiding, waardoor de sloot en het aangrenzende rietland zijn verontreinigd met zware stookolie. De voormalige stookolie-opslag en de dieselpomp vormen samen de bron van de verontreiniging van minerale olie en aromaten.

Geohydrologische en geochemische situatie

De bodem op de locatie heeft de volgende opbouw:

- deklaag tot circa 5 m-mv (veen en klei)
- watervoerend pakket vanaf 5 tot circa 180 m-mv (zanden en op een diepte van 44 tot 55 m grindhoudende leemlagen)
- geohydrologische basis circa 180 m-mv

De grondwaterstand van het freatisch grondwater bedraagt op de locatie circa 0,3 - 1,0 m-mv. Het freatisch grondwater stroomt in zuidoostelijke richting onder invloed van de sloot aan de zuidzijde van het bedrijfsterrein en de Spiegelplas. De stroomsnelheid is gering. De verticale doorlatendheid van de deklaag is geschat op 0,1 m/dag (35 m/jaar).

De hydraulische gradiënt in het eerste watervoerende pakket onder de locatie is gering. Het gebied vormt een waterscheiding. De horizontale doorlatendheid is 0,015 - 0,030 m/dag (5 - 10 m/jaar). De verticale doorlaatbaarheid is 4 m/dag (1.450 m/jaar). In de bovenzijde van het watervoerende pakket is de grondwaterstroming ongedefinieerd. In diepere lagen is de regionale stroming westelijk.

Er wordt jaarlijks circa 12.000 m³ bronwater (eerst als koelwater en dan als waswater) door het bedrijf verbruikt. Het bedrijf beschikt over een eigen watervoorziening (grondwaterbron op 55 m diepte). Het water wordt na het oppompen onthard en achter het gebouw in betonnen reservoirs opgeslagen.

Verontreinigingssituatie

In de deklaag bevinden zich mogelijk twee verontreinigingskernen met VOCl:

1. onder het bedrijfspan, en aan de noordoost- en zuidoostzijde van het bedrijfsterrein;
2. aan de zuidzijde van het bedrijfsterrein, onder de sloot.

Van de noordoost- tot zuidoostzijde van het bedrijfsterrein is de grond en het grondwater tot een diepte van 7 à 8 m verontreinigd met PER, TRI en mogelijk minerale olie en aromaten (stookolietanks ter plaatse). De verontreiniging van minerale olie en aromaten in de deklaag is uit de analyseresultaten van Krachtwerktuigen naar voren gekomen, maar wordt niet in de analyseresultaten van IWACO teruggevonden.

In de deklaag nemen de VOCl-concentraties met de diepte toe. Op een diepte van 7 à 8 m worden de hoogste VOCl-concentraties gemeten (150.000 mg/l), onder de plaats van de reinigingsmachines. In het watervoerende pakket nemen de VOCl-concentraties met de diepte af. Op 25, 34, 44, 50 en 60 m-mv bedragen de VOCl-concentraties respectievelijk 70.000, 54.000, 20.000, 14.000 en 540 mg/l. De VOCl-gegevens zijn verkregen door de individuele concentraties van de aanwezige verontreinigingen op te tellen. In de meeste gevallen betreft het PER, TRI en CIS. Soms komt ook TRANS in licht verhoogde concentraties voor, maar dit betreft nooit meer dan 5 % van de CIS-concentratie. Aangezien de diepere boringen 3 jaar geleden in de kern van de verontreiniging zijn geplaatst, bestaat de mogelijkheid dat de dieper gelegen verontreiniging veroorzaakt is door de boring zelf.

Aan de bovenzijde van het watervoerende pakket worden verhoogde concentraties minerale olie en aromaten aangetroffen. De begrenzing van deze verontreiniging valt binnen die met VOCl. De waterbodem van de sloot aan de zuidzijde is verontreinigd met stookolie en zware metalen.

Risico's

Uit luchtmetingen op de locatie is gebleken dat de MAC-waarden voor PER, TRI en CIS niet worden overschreden. Omdat de luchtmonsters niet zijn geanalyseerd op de aanwezigheid van TRANS en met name VC, kan voornamelijk echter niet worden aangenomen dat er geen sprake is van een direct blootstellingsrisico.

Het freatisch grondwater draineert in zuidoostelijke richting op de sloot. Er is dus sprake van een verspreidingsrisico van de in het freatisch grondwater aanwezige verontreiniging. Dat er daadwerkelijk verspreiding plaatsheeft, wordt bevestigd door analyses van het slootsediment waarin minerale olie en VOCl zijn aangetoond.

De locatie vormt een waterscheiding voor het eerste watervoerende pakket. Er is geen significante grondwaterstroming wat wordt bevestigd door de ronde contour van de verontreiniging (zie fig. 5). In het diepere deel van het eerste watervoerende pakket is sprake van een regionale grondwaterstroming in westelijke richting. Een op grote diepte aanwezige verontreiniging kan zich dus in principe in westelijke richting verspreiden.

Conclusies

Tot op een diepte van 7 - 8 m worden de hoogste VOCl-concentraties gemeten. Er is echter tot nu toe maar een kleine verspreiding van deze verontreiniging opgetreden. In hoeverre er reductieve dechlorering optreedt is niet bekend, aangezien er alleen totaal VOCl-waarden worden gegeven. In principe is er voldoende brandstof (minerale olie en BTEX) beschikbaar binnen het verontreinigde gebied om voor een versnelde

afbraak te kunnen zorgen. Het is nog onduidelijk of er werkelijk sprake is van een diepe verontreiniging of dat dit een artefact is als gevolg van de plaatsing van de peilbuizen 100.1 t/m 100.3.

In verband met het verspreidingsrisico van de verontreiniging in het freatisch grondwater en het mogelijk bestaan van een direct blootstellingsrisico aan met name VC, moet er vooralsnog van worden uitgegaan dat de ondiepe verontreiniging moet worden gesaneerd. Gezien de beperkte grondwaterstroming is het risico van horizontale verspreiding in het eerste watervoerende pakket marginaal. Ten aanzien van de risico's in het diepe grondwater is op dit moment onvoldoende informatie beschikbaar om conclusies te kunnen trekken. Het is nog onduidelijk of er sprake is van een diepe verontreiniging.

Hypothese

Op grond van de op dit moment beschikbare gegevens met betrekking tot de verspreiding en afbraak van PER zijn 2 zones te onderscheiden:

- A. In de deklaag en het freatisch grondwater stroomt de verontreiniging in zuidoostelijke richting naar de sloot. Tegelijkertijd heeft afbraak tot CIS plaats. Als gevolg hiervan heeft accumulatie in de sloot plaats en mogelijk verdamping van vluchtige componenten.
- B. In het eerste watervoerende pakket heeft geen verspreiding plaats. Als gevolg van de afbraak van PER wordt accumulatie van het afbraakproduct CIS verwacht.

Aanvullend meetplan

Het meetplan is erop gericht de hypothese op een aantal punten onderuit te halen. Het verrichten van luchtmetingen valt buiten de scope van dit project; desondanks zullen aanvullende luchtmetingen worden verricht.

In het diepere grondwater van het eerste watervoerende pakket wordt door middel van een grondwaterondering geverifieerd of er inderdaad sprake is van een diepe verontreiniging. De grondwatermonsters worden daarom geanalyseerd op het voorkomen van PER en zijn afbraakproducten, op de redoxcondities en op de aanwezigheid van brandstof. Op grond van de resultaten zal blijken of er inderdaad sprake is van een diepe verontreiniging. Als deze aanwezig blijkt te zijn, is een verder vaststelling van het optreden van intrinsieke afbraak noodzakelijk.

Aan de hand van twee boringen of sonderingen in het freatisch grondwater en boven in het eerste watervoerende pakket (7 - 8 m) worden grondwatermonsters genomen die worden geanalyseerd met de drie analysepakketten (PER + afbraakproducten, redox en brandstof). Aan de hand van de resultaten kan worden nagegaan of VC en etheen/ethaan worden gevormd en of de omstandigheden in het freatisch grondwater en het eerste watervoerende pakket geschikt zijn voor het optreden van reductieve dechlorering. Op grond hiervan zou kunnen worden aangetoond dat intrinsieke afbraak vanzelf tot een verwijdering van de verontreiniging in het eerste watervoerende pakket kan leiden.

Ten slotte wordt in een monster van het slootsediment bekeken in hoeverre hier afbraak van PER kan plaatshebben. Hiertoe worden weer de drie analysepakketten uitgevoerd.

Te plaatsen peilbuizen ten behoeve van het aanvullend meetplan (zie fig. 6):

peilbuis	diepte (m-mv)	zone ¹
N1	2 - 3	A
N2	7 - 8	A
N3	2 - 3	B
N4	7 - 8	B
N5	2 - 3	B
N6	20	A
slootsediment	C	

- ¹ A: bronzone
B: buiten de bron
C: betreft geen peilbuis

Perspectief

Aangezien een direct blootstellingsrisico niet kan worden uitgesloten en omdat er sprake is van verspreiding van de verontreiniging naar de sloot in het zuidoosten, moet ervan worden uitgegaan dat een sanering van de deklaag en het freatisch grondwater noodzakelijk is.

Zolang geen verdere afbraak dan tot CIS is vastgesteld, is ook een actieve sanering van de verontreiniging in het bovendeel (7 - 8 m) van het eerste watervoerende pakket gewenst. Als de afbraakproducten VC, etheen en ethaan wel kunnen worden aangetoond, zou gebruik kunnen worden gemaakt van intrinsieke degradatie, ook al omdat het verspreidingsrisico hier beperkt is omdat tot heden nauwelijks horizontale verspreiding van de verontreiniging in het bovendeel van het eerste watervoerende pakket is vastgesteld.

Bronvermelding

- Rapportage grondwaterbemonstering. IR-TNO, november 1989.
- Rapportage grondwaterbemonstering II. IR-TNO, januari 1990.
- Bemonstering bronwater. IR-TNO, maart 1990.
- Nader onderzoek onderwaterbodembodem sloot langs bedrijfsterrein Nic Lamme. Zuiveringschap Amstel- en Gooiland, juli 1990.
- Nader bodemonderzoek bedrijfsterrein Lamme Groep Textielreinigers. Krachtwerktuigen, augustus 1991.
- Aanvullend nader onderzoek. IWACO, mei 1992.
- Aanvullend nader onderzoek. IWACO, november 1993.

5.3 Hoograven te Montfoort

Algemeen

Hoograven, Oeverweg 4 te Montfoort, is gelegen op het industrieterrein "De Hoge Waard" en fabriceert trappen. De productie is gestart in 1967/1968. Bij het fabricageproces wordt TRI gebruikt voor ontvetting. Het jaarlijks TRI-verbruik bedroeg voor 1978: 6.000 tot 8.000 liter, vanaf 1978: 2.400 tot 3.600 liter. In het verleden werd de TRI opgeslagen in een ondergrondse opslagtank, met een volume van 2.000 liter. Deze tank is verwijderd. Verder zijn er op het bedrijfsterrein twee ondergrondse tanks (beide 25.000 liter) aanwezig voor de opslag van HBO en benzine.

Naast Hoograven is sinds 1968 het bedrijf IKU b.v. (voormalig Koot b.v.) gevestigd. In dit bedrijf werd tot 1970 eveneens TRI gebruikt voor ontvetting. Op het terrein van IKU bevonden zich twee ondergrondse tanks (5.000 en 6.000 liter) voor de opslag van HBO. In de periode 1972 tot 1984 zijn deze tanks gebruikt voor de opslag van benzine. In 1984 zijn de twee tanks verwijderd. IKU had tot 1983/1984 een onttrekkingsput in gebruik voor bedrijfswater, waarmee uit het eerste watervoerende pakket op circa 25 m-mv grondwater werd onttrokken. In deze onttrekkingsput is in 1983 geconstateerd dat het grondwater verontreinigd was met VOCI en aromaten.

Voor de VOCI-verontreiniging wordt de spuitery van Hoograven als waarschijnlijke bron aangegeven (rond peilbuis 36). Voor de verontreiniging met vluchtige aromaten worden de ondergrondse benzinetanks van IKU als waarschijnlijke bron aangegeven.

De verontreiniging van de grond met minerale olie en vluchtige aromaten (oriënterend en nader onderzoek) aan de zuidzijde van het terrein van Hoograven b.v., is in het saneringsonderzoek 2^e fase niet aangetroffen. Ook voor de grote verontreiniging (oriënterend en nader onderzoek 1^e fase) van het grondwater met minerale olie en vluchtige aromaten geldt, dat alleen de vluchtige aromaten in het nader onderzoek 2^e fase in licht verhoogde gehalten zijn aangetroffen.

Geohydrologische en geochemische situatie

De bodem op de locatie heeft de volgende opbouw:

- | | |
|---|--------------|
| - deklaag (klei en veen met lemige zanden) | 0 - 8 m-mv |
| - eerste watervoerende pakket (grove grindhoudende zanden, met plaatselijk fijne zanden en leemlagen) | 8 - 55 m-mv |
| - eerste scheidende laag (klei en leem) | 55 - 63 m-mv |
| - tweede watervoerende pakket (grove (grindhoudende) zanden) | 63 - 95 m-mv |

De lokale bodemopbouw wordt weergegeven in de dwarsdoorsneden van de verontreinigingssituatie. De horizontale doorlatendheid van de deklaag is sterk wisselend, afhankelijk van de verdeling zand/klei (25/0,001 m/dag). De verticale doorlatendheid is 0,01 - 0,1 m/dag. De C-waarde van de deklaag varieert van 80 tot 800 dagen. De doorlatendheid van het eerste watervoerende pakket is 50 - 60 m/dag ($kD = 2.500$ tot $3.000 \text{ m}^2/\text{dag}$). Op de locatie is de stromingsrichting zuidwestelijk en de stroomsnelheid circa 25 m/jaar. De C-waarde van de eerste scheidende laag is circa 4.000 dagen.

Door De Ruiter wordt voor het tweede watervoerende pakket een noordoostelijke stromingsrichting opgegeven met een stroomsnelheid van 50 m/jaar.

Verontreinigingssituatie

De verontreinigingssituatie is enorm afhankelijk van de plaatselijke bodemopbouw. Met name de opbouw van de deklaag is hierbij van belang. In de zone van de terreinen van Hoograven en IKU bestaat de deklaag uit een afwisseling van klei-zand-klei, waardoor er stagnatie optreedt van pure VOCI op de tweede kleilaag.

De tweede kleilaag is echter niet continu, waardoor een verticale verspreiding van de verontreinigingen door de deklaag mogelijk blijft.

In het eerste watervoerende pakket is de horizontale omvang van de verontreiniging goed afgeperkt. De hoogste VOCI-concentraties zijn aangetoond direct boven de eerste scheidende laag (boring D2). In de buitenste boringen (D4, D5 en D6) zijn VOCI-gehalten net boven de detectiegrens aangetroffen.

De VOCI-verontreiniging is in kaart gebracht. Met betrekking tot deze VOCI-verontreiniging zijn uitsluitend gegevens bekend over PER, TRI, TRANS en CIS; er zijn geen gegevens bekend over VC-concentraties en afbraakomstandigheden. De verontreinigingen bestaan vrijwel volledig uit TRI. In mindere mate is PER en 1,1,1-trichloorethaan (beide waarschijnlijk ook gebruikt als ontvettingsmiddel) aanwezig. Alleen in filter 27 (op het terrein van IKU) vormen deze twee laatste componenten de belangrijkste gehalogeneerde verbindingen. Mogelijk gaat het hierbij om een aparte bron.

Een goed inzicht in de horizontale en verticale verspreiding van de oorspronkelijke VOCI-verontreiniging wordt gegeven in de bijlagen 11 (doorsneden), 12.1 en 12.2 (verticale verspreiding), 13 (horizontale verspreiding op 2 - 3 m-mv) en 14 (horizontale verspreiding op 6 - 8 m-mv) van het rapport Nader en saneringsonderzoek d.d. nov. 1990 (zie fig. 7 t/m 11).

Vanaf 23 februari 1993 wordt een sanering op de locatie uitgevoerd. Door de sanering zijn de verontreinigingsgegevens uit het nader onderzoek en saneringsonderzoek niet relevant. De meest up-to-date gegevens zijn terug te vinden in de voortgangsrapportage van de sanering met betrekking tot 1995 en in de rapportage van de risico-evaluatie (1996). In de rapportage van de risico-evaluatie wordt in de bijlagen 6, 7 en 8 de horizontale verspreiding van de VOCI-verontreiniging gegeven in respectievelijk de deklaag, het eerste watervoerende pakket en het tweede watervoerende pakket (zie fig. 12 t/m 14).

Uit het voortgangsrapport uit 1995 komt naar voren dat de grond in de kern van de grondwaterverontreiniging verontreinigd is met gehalten aan VOCI boven de A-waarden, met name PER, TRI en CIS. Het grondwater in de kern (tot 70 m-mv) is echter nog steeds verontreinigd met VOCI-concentraties boven de C-waarden.

Het grondwater op het zuidelijke deel van het terrein van Hoograven b.v. is verontreinigd met thinner (voornamelijk toluen). Over de verspreiding van deze verontreiniging valt voornamelijk nog weinig te zeggen. Ook is er een BTEX-verontreiniging aangetroffen. De omvang van deze BTEX-verontreiniging is nog niet onderzocht.

Risico's

Hoewel de concentraties door de sanering drastisch zijn afgenomen, bevinden zich in het grondwater nog steeds hoge concentraties VOCl-verbindingen.

Er is geen sprake van actuele humane en ecologische risico's, maar wel van een actueel verspreidingsrisico (zowel in de deklaag als in het eerste en tweede watervoerende pakket).

In de huidige situatie wordt de verspreiding beïnvloed door de onttrekkingen en infiltratie ten behoeve van de sanering. Daarbij lijkt de verspreiding in de deklaag meer noordoostelijk gericht, en de verspreiding in het eerste watervoerende pakket meer westelijk gericht.

Voordat werd gesaneerd, had in de deklaag verspreiding plaats in noordnoordoostelijke richting en in het eerste watervoerende pakket in westzuidwestelijke richting. De verspreiding in het eerste watervoerende pakket is tot 1984 mogelijk nog beïnvloed door de onttrekking van Koot (nu IKU) uit het eerste watervoerende pakket.

Over de verspreiding in het tweede watervoerende pakket bestaat nog onduidelijkheid. Mogelijk is deze verontreiniging ontstaan door de doorboring van de scheidende laag. De verontreiniging zou daardoor beperkt van omvang kunnen zijn. De verspreiding in het tweede watervoerende pakket wordt waarschijnlijk beïnvloed door de onttrekking van pompstation Linschoten en door de onttrekking van Van Kooten (voorheen Van de Laan), beide ten noordoosten van de verontreiniging. Door De Ruiter is aangetoond dat de verontreiniging in het tweede watervoerende pakket geen gevaar oplevert voor de drinkwaterwinning in Montfoort en Linschoten. Wel bestaat er een risico voor de grondwaterwinning bij Van Kooten (voorheen Van de Laan).

Conclusies

Met name het grondwater is sterk verontreinigd, dit in tegenstelling tot de grond waar slechts zeer lage VOCl-concentraties worden aangetroffen.

Er heeft gedeeltelijk reductieve dehalogenering plaats. In welke mate dit proces optreedt is niet precies bekend, omdat in de rapportages steeds de totale concentraties worden gegeven. Wel is bekend dat de omzettingen tot CIS/TRANS plaatshebben. Verdere afbraakproducten in het dehalogeneringsproces, zoals VC en etheen, zijn nog niet gemeten.

Hypothese

In de deklaag en in het eerste en tweede watervoerende pakket heeft slechts afbraak plaats tot CIS, zodat op lange termijn een ophoping van deze afbraakproducten zal plaatshebben.

Aanvullend meetplan

In het meetplan wordt de hypothese getoetst. In de deklaag en in het eerste en tweede watervoerende pakket worden uit bestaande monitoringsfilters grondwatermonsters genomen die worden geanalyseerd met de drie analysepakketten (afbraakproducten, redox en brandstof). Aan de hand van de resultaten kan worden nagegaan of VC en etheen/ethaan worden gevormd en of de omstandigheden in het freatisch grondwater en het eerste en tweede watervoerende pakket geschikt zijn voor het optreden van reductieve dechlorering.

Daarnaast wordt op het zuiddeel van het terrein van Hoograven b.v nog in twee peilbuizen (deklaag) gekeken naar de verontreiniging met thinner.

Te bemonsteren peilbuizen ten behoeve van het aanvullend meetplan:

peilbuis		diepte (m-mv)	zone ¹
D2 (D7)	63	A	
D2 (D7)	46	A	
D6		46	C
59	7	A	
69	7	A	
24	7	C	
50	7	B	
53	7	B	
41	7	D	
35	7	D	

- ¹ A: kern van de verontreiniging
B: aan de rand van de verontreiniging
C: buiten de verontreiniging
D: indicatie voor thinnerverontreiniging

Perspectief

In dit project wordt gekeken in hoeverre de huidige grondwateronttrekking stopgezet of in omvang gereduceerd kan worden.

Wanneer blijkt dat afbraak in de deklaag en/of het eerste watervoerende pakket niet of niet volledig plaatsheeft, kan afbraak mogelijk worden gestimuleerd, bijvoorbeeld door de aanleg van een of meer bioschermen.

Wanneer afbraak volledig plaatsheeft, moet worden onderzocht of deze afbraak voldoende is om eventuele risico's te minimaliseren, bijvoorbeeld door middel van een monitoringsprogramma.

Bronvermelding

- Oriënterend/historiografisch onderzoek. De Ruiter, april 1986.
- Nader onderzoek fase 1. De Ruiter, december 1986.
- Nader onderzoek fase 2. De Ruiter, augustus 1989.
- Saneringsonderzoek fase 1. De Ruiter, oktober 1989.
- Saneringsonderzoek fase 2. De Ruiter, mei 1990.
- Nader en saneringsonderzoek. De Ruiter, november 1990.
- Derde voortgangsrapport. De Ruiter, januari/december 1995.
- Risico-evaluatie van het project Industrierrein de Hoge Waard. De Ruiter, 23 oktober 1996.

5.4 Neproma te Arnhem

Algemeen

Neproma is vanaf 1979 gevestigd op het terrein aan de Pieter Calandweg 2 te Arnhem. Langs de noordwestgevel hebben in het verleden diverse calamiteiten plaatsgehad in de vorm van het overstromen van sludgetanks, waarbij de sludge bestaat uit minerale olie, alkanen, aromaten en circa 5 tot 10 % PER. Deze calamiteit heeft zich driemaal voorgedaan: in 1987 (onbekend aantal liters), in 1992 (1.000 liter) en in 1993 (1.000 liter). Langs de noordwestgevel bevindt zich eveneens de afvoergoot, waarin het contactwater van de reinigingsmachines is geloosd. Deze goot mondt uit in een vuilwatertank. Het afvalwater van de wasmachines en het contactwater worden op de hoek Lelyweg en Cruquiusweg op het gemeentelijk riool geloosd. Vanaf 1993 zijn er aanvullende maatregelen getroffen om bodemverontreiniging te voorkomen. Het terrein langs de noordwestgevel is zodoende aan te wijzen als de bron van de VOCl-verontreiniging, ontstaan vanaf 1979 tot 1994.

Daarnaast vallen een minerale olie- en BTEX-verontreiniging voor een belangrijk deel samen met de VOCl-verontreiniging. Naast de voormalige goot langs de westgevel en de sludgetanks is een andere bron waarschijnlijk het Shellstation gelegen aan de Dr. C. Lelyweg 31.

Geohydrologische en geochemische situatie

De bodem op de locatie heeft de volgende opbouw:

- matig fijn tot matig grof zand tot 2 m-mv (C-waarde 2.000 - 4.000 etm)

- holocene deklaag vanaf 2 tot 5,5 m-mv (1,0 à 1,5 m zeer zware klei; 1,5 m veen en 0,6 m matig zware klei)
- fijn zand en grovere zandlagen met grind vanaf 5,5 tot 21 à 25 m-mv
- hieronder een dunne kleilaag
- vervolgens fijn tot matig grof zand tot ten minste 70 m-mv

De grondwaterstand van het freatisch grondwater bedraagt circa 1,5 m-mv. De kD-waarde in het freatisch watervoerende pakket bedraagt 3 à 10 m²/etm. In de zanderige toplaag stroomt het grondwater in westelijke richting in de richting van een sloot. Er is sprake van inzijging naar het eerste watervoerende pakket. De verticale verplaatsingssnelheid in de klei/veenlaag is gemiddeld 0,2 à 0,5 m/j. De verblijftijd van het grondwater in de klei/veenlaag bedraagt circa 7 à 18 jaar.

De dikte van het eerste watervoerende pakket is 15 m; de C-waarde 1.000 à 1.500 etm. De eerste scheidende laag (Formatie van Drente) heeft een dikte van 15 m (C-waarde 1.000 à 2.500 etm).

De grondwaterstroming in het eerste watervoerende pakket staat onder invloed van de Rijnstand. Op de locatie is de stromingsrichting zuid tot zuidwestelijk en de stroomsnelheid circa 125 m/j. De verontreiniging heeft zich inderdaad in zuidwestelijke richting verspreid (zie fig. 15). Op grond hiervan moet in eerste linie worden uitgegaan van het bestaan van een verspreidingsrisico, tenzij het transport stroomafwaarts wordt gecompenseerd door afbraak.

De redoxpotentiaal van het diepere grondwater is duidelijk lager dan 0 mV binnen de contour van de minerale olie- en BTEX-verontreinigingen (zie tabel 3). Buiten de minerale olievlek is de redoxpotentiaal in het diepere grondwater rond 0 mV of hoger, ook in het gebied waar alleen VOCl wordt aangetroffen (zie tabel 3).

Verontreinigingssituatie

De grond is aan de westgevel vanaf het maaiveld sterk verontreinigd met PER, TRI en VC, minimaal over een breedte van 3 m en een diepte van 6 m. De sterkste verontreiniging bevindt zich in het veen (zie fig. 16, dikke getrokken lijn). Berekeningen met C-Soil laten zien dat er sprake is van een actueel risico in de kern van de verontreiniging. Het verdampen van chloorkoolwaterstoffen wordt echter verhinderd door de aanwezigheid van een dichte vloer.

Het freatisch grondwater is sterk verontreinigd met VOCl en met minerale olie C8-C10. Een combinatie van de contourkaarten voor VOCl en minerale olie laat zien dat deze verontreinigingen in de zuidwesthoek overlappen (zie fig. 16).

Tabel 3. Grondwaterkarakteristieken in het gebied van de verontreiniging [ontleend aan rapportage Grontmij, 1996].

	105	108	123	gws4	gws4	gws7	gws7	gws11	gws11	404	406	409
diepte m				8	24	8	24	8	15	2,5	2,5	2,5
pH	7,5	7,2	7,1	6,7	6,6	7,2	7,5	5,7	6,5	6,9	6,2	6,1
geleidbaarheid ms/cm	0,49	0,4	0,71	0,91	0,55	0,86	0,33	1,06	0,92	1,21	0,585	0,290
redox mV	256	63	-5	-73	-187	-96	-110					
BTEX: g/l				<	<	<	<					
EOX: g/l	64	61	190	<	<	<	<					
VC: g/l	<	35	13	<	<	<	<	400	0,5			

Van 6 tot 8 m-mv is het grondwater sterk verontreinigd met PER en VC en licht verontreinigd met minerale olie. De VC-pluim strekt zich stroomafwaarts uit tot 600 m vanaf de bron (zie fig. 15 en 17). Onduidelijk is hoever de minerale olie zich in deze richting heeft verspreid, aangezien de minerale olie verder van de bron niet in de analyses is meegenomen.

Op 12 tot 15 m diepte is de uitbreiding van de pluim geringer (zie fig. 15 en 17).

Fig. 17. Globale bodemopbouw bij de Neproma-locatie en weergave van de verspreiding van VOCl in zuidelijke richting. De kern van de verontreiniging is in zwart weergegeven. Het grondwater in de bovenste zandlaag bij de kern van de verontreiniging stroomt in westelijke richting af (40 m/jaar). Het dieper gelegen grondwater stroomt in zuidelijke richting (125 m/jaar).

In de kern van de verontreiniging zijn naast zeer hoge VOCl-concentraties ook aanzienlijke BTEX-concentraties aangetroffen. In de contourkaart (zie fig. 16) zijn de gegevens voor BTEX en minerale olie gecombineerd.

De redoxpotentiaal van het diepere grondwater is duidelijk lager dan 0 mV binnen de contour van de minerale olie- en BTEX-verontreinigingen (aangegeven met de zwarte cirkel in fig. 15). Buiten de minerale olievlek is de redoxpotentiaal in het diepere grondwater rond 0 mV of hoger, ook in het gebied waar alleen VOCl wordt aangetroffen (zie de open cirkels in fig. 15). Er is geen systematisch onderzoek naar de geochemie en de redoxtoestand van het grondwater verricht.

Risico's

Berekeningen met C-Soil laten zien dat er sprake is van een actueel risico in de kern van de verontreiniging. Het verdampen van chloorkoolwaterstoffen wordt echter verhinderd door de aanwezigheid van een dichte vloer. De verontreiniging heeft zich in zuidwestelijke richting verspreid (zie fig. 15). Op grond hiervan moet in eerste linie worden uitgegaan van het bestaan van een verspreidingsrisico, tenzij het transport stroomafwaarts wordt gecompenseerd door afbraak. Het feit dat de contour van de verontreiniging wordt bepaald door het afbraakproduct VC, wijst erop dat afbraak plaatsheeft.

Conclusies

Aangezien reductieve dehalogenering van PER en TRI het snelst verloopt bij een lage redoxpotentiaal in aanwezigheid van organische verbindingen, zijn er goede condities voor de afbraak van VOCl in het gebied waar de minerale olie- en BTEX-verontreinigingen overlappen (zie fig. 15 en 16). Het domineren van VC op grotere afstand van de bron van de verontreiniging wijst erop dat inderdaad intrinsieke degradatie van PER plaatsheeft.

In het licht van de bovengrondse risico's rond het bedrijfsgebouw lijkt het noodzakelijk ten minste het bovenste deel van de verontreiniging (tot minimaal 2 m-mv) te verwijderen. Onduidelijk is of het verstandig zou zijn de kern van de verontreiniging volledig te verwijderen, dat wil zeggen tot op grote diepte. Gezien de - op basis van de huidige gegevens - geringe verspreiding van de minerale olie- en BTEX-verontreinigingen zou het kunnen zijn dat daarmee tegelijkertijd de brandstof voor de intrinsieke afbraak van de verontreiniging op grotere afstand van de bron wordt verwijderd. Daarmee zouden de mogelijkheden voor intrinsieke bioremediatie worden beperkt.

Intrinsieke degradatie van VC is mogelijk onder reducerende omstandigheden, hoewel over de potentiële snelheid van dit proces in het veld nog onduidelijkheid bestaat. Onder oxische en suboxische omstandigheden (het bereik van zuurstofhoudend tot zuurstofloos met ijzerreductie) is een snelle oxidatie van VC mogelijk. Als inderdaad het gebied buiten de minerale olievlek suboxisch blijkt te zijn, mag worden verwacht dat daarmee de VC-pluim effectief kan worden afgestopt.

Hypothese

Op grond van de huidige gegevens met betrekking tot de intrinsieke afbraak van de VOCl-verontreiniging zijn op de locatie 2 zones te onderscheiden:

- A. Het "brongebied" vanaf de bron tot circa 200 m stroomafwaarts, waar intrinsieke afbraak plaatsheeft en waar VC verschijnt.

- B. De "pluim" van de verontreiniging, vanaf circa 200 tot 600 m stroomafwaarts, waar geen intrinsieke afbraak meer plaatsheeft.

Aanvullend meetplan

Het algemene beeld is dat de omstandigheden op de locatie geschikt zijn voor het optreden van reductieve dehalogenering, gevolgd door een oxidatieve omzetting van VC op grotere afstand van de bron. Het doel van het aanvullend meetplan is daarom met name om de hypothese voor zone B (geen verdere omzetting meer) onderuit te halen. Daartoe moet een inschatting worden gemaakt van de mate van dehalogenering en oxidatieve omzettingen op grotere afstand van de bron.

Daarvoor is informatie nodig over:

1. de hoeveelheid brandstof (minerale olie, BTEX en BZV);
2. de redoxtoestand van het grondwater;
3. de aanwezigheid van etheen en ethaan in de pluim.

Aangezien de stromingsrichting op deze locatie goed is gedefinieerd, wordt voorgesteld een meetcampagne in een stroombaan in het eerste watervoerende pakket te verrichten. Hiertoe kunnen de bestaande peilbuizen 423, 321, 325 en 326 worden gebruikt, mits deze nog functioneren en aan de huidige criteria voldoen. Daarnaast zullen er acht nieuwe buizen (N1 t/m N8) in de stroombaan worden geplaatst, waarvan de eerste (N1) stroomopwaarts ten opzichte van de verontreiniging is geplaatst en de laatste (N8) naar verwachting stroomafwaarts van de pluim is geplaatst (zie fig. 18).

Perspectief

Gezien het bestaan van actuele risico's is een verwijdering van de kern van de verontreiniging noodzakelijke. Gezien het bestaan van een verspreidingsrisico in het eerste watervoerende pakket, moet ervan worden uitgegaan dat er een bioscherm zal moeten worden geplaatst om de verspreiding tegen te gaan. Als in dit project blijkt dat in de pluim van de verontreiniging toch volledige afbraak plaatsheeft, zou de verontreiniging net behulp van een monitoringsprogramma kunnen worden gevolgd, eventueel gecombineerd met een bioscherm. Bij een mogelijke sanering/beheersing van de bron moet terdege rekening worden gehouden met de mogelijk nadelige gevolgen van een dergelijke sanering voor de biologische afbraak in de pluim van de verontreiniging.

Bronvermelding

- Briefrapport betreffende milieukundige begeleiding rioolvernieuwing Cruquiusweg. Fugro, juni 1993.
- Verkennend bodemonderzoek Neproma. Fugro, 1992.
- Controleonderzoek riool tracé Neproma. Fugro, augustus 1993.
- Nader onderzoek Neproma. IGN, 1994.
- Nader bodemonderzoek, fase 1.1. GMD, 1995.
- Nader bodemonderzoek, fase 1.2. GMD, 1995.
- Nader bodemonderzoek, fase 2. Grontmij, november 1996.

5.5 Newasco Wasserij Van Houten te Heemstede

Algemeen

Op het bedrijfsterrein van Newasco Van Houten aan de Blekersvaartweg 47 te Heemstede is een verontreiniging aangetoond met VOCl. De verontreiniging strekt zich uit over ruim 150 m langs de Blekersvaartweg (nr. 41 t/m 49) en is ontstaan door de activiteiten van 3 wasserijen (op nr. 43, 45 en 47/49) en een galvano-afdeling van een grammofonplatenfabriek (nr. 45). Onder de locatie Blekersvaartweg 47/49 bevindt zich één van de andere losstaande verontreiniging.

Ook bevindt zich op het terrein een olievlek, ter plaatse van de Blekersvaartweg 45, die zich over een oppervlak van circa 250 m² in horizontale richting heeft verspreid. In verticale richting wordt de verontreiniging zintuiglijk aangetroffen van circa 0,7 tot 3,2 m-mv. Analytisch is de verontreiniging aangetroffen van circa 0,7 tot 1,7 m-mv.

Andere verontreinigingen, zoals BTEX, zijn niet waargenomen.

Geohydrologische en geochemische situatie

In 1993 is door IWACO al een lokale bodemopbouw bepaald: vanaf het maaiveld tot circa 9 m-mv bevindt zich fijn zand met schelpengruis. De bodem daaronder, van 9 tot circa 18 m-mv bestaat uit fijn tot matig fijn zand afgewisseld met kleilensjes. Onder deze laag ligt een watervoerend pakket. Vanaf 18 tot circa 35 m-mv ligt er matig fijn tot matig grof zand, wat vermengd is met schelpengruis.

In 1996 heeft ook Grondmechanica Delft de lokale bodemopbouw bepaald:

- | | |
|--|---------------|
| - bovenste watervoerende pakket | tot 12 m-mv |
| - plaatselijke kleilaagjes/-lensjes 6 - 9 m-mv | |
| - deklaag Westlandformatie | 12 - 16 m-mv |
| - eerste watervoerende pakket 16 - 65 m-mv | |
| - eerste scheidende laag | vanaf 65 m-mv |

De slecht doorlaatbare kleilaag op 12 m-mv vormt waarschijnlijk een zinklaag, waar de vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen de bodem infiltreren. Onder het infiltratiepunt zal de lucht en het water in de poriën in de onverzadigde zone van de bodem worden verdrongen door de koolwaterstoffen. Het infiltratieproces wordt voorgezet totdat fijnere bodemlagen verdere infiltratie verhinderen. Boven deze lagen kan horizontale dichtheidsstroming plaatshebben.

Door IWACO is het grondwaterstromingspatroon in het bovenste watervoerende pakket vastgesteld. Er is geconcludeerd dat het regionale beeld op de onderzoekslocatie wordt beïnvloed door de Blekersvaart en het open water ten noorden daarvan. Uit het stijghoogteverloop is een zuidoostelijke stroming naar de Blekersvaart toe vastgesteld. De poriewatersnelheid is berekend op 16 m/jaar. Uit de resultaten van stijghoogtemetingen, uitgevoerd in oktober 1992, november 1992 en september 1996, is geconcludeerd dat er vrijwel geen sprake is van een infiltratiesituatie.

Verontreinigingssituatie

De verontreiniging onder de locatie Blekersvaartweg 47/49 bestaat uit drie kernen. De hoofdkern bevindt zich onder en nabij het riool, lopend vanaf de chemisch reinigingsafdeling (bron) naar de Blekersvaartweg. In het ondiepe grondwater (3 m-mv) bevindt deze kern zich rond de peilbuizen 300 en 504. In deze kern zijn volgens het Nader onderzoek fase 1 en 2, uitgevoerd door IWACO, tot op een diepte van 15 m-mv hoge VOCl-concentraties gemeten. Daarentegen zijn bij het Nader onderzoek fase 4, uitgevoerd door Grondmechanica Delft, op een diepte van 15 m-mv aanzienlijk lagere concentraties gemeten (zie fig. 19).

Fig. 19. Globale VOCI-verontreinigingscontour.

Verder bevinden zich op de locatie 2 kleine verontreinigingskernen, rond respectievelijk peilbuis 602 en 604, met een relatief lage VOCl-concentratie. In de meeste monsters worden, naast PER en TRI, ook CIS en TRANS aangetroffen, wat erop wijst dat het afbraakproces in gang is gezet. In tabel 4 en 5 wordt een overzicht gegeven van de verontreinigingssituatie met betrekking tot VOCl in het ondiepe en diepere grondwater.

Tabel 4. Verontreiniging op 3 m-mv.

	peilbuis										
	300	301	302	400	501	502	503	504	504B	505	506
concentratie (: g/l)											
PER	5700	32	0,2	<	24	1,2	19	1700	110	<	25
TRI	5,3	4,2	<	<	7,7	1,8	9,9	280	2900	<	4,0
CIS	6,0	5,2	<	0,7	26	3,5	35	260	100	1,8	3,1
TRANS	<	0,6	<	<	28	0,7	39	4,8	0,8	0,5	<
VC	-	-	-	-	-	-	-	-	< 2	-	-
	peilbuis										
	507	510	601	603	603	605	GD8	GD9	GD10	GD12	
concentratie (: g/l)											
PER	28	<	<	280	3,5	94	<	<	19	17	
TRI	12	<	<	31	0,6	1,6	<	<	1,9	0,6	
CIS	12	1,6	0,4	23	<	<	<	26	0,1	0,1	
TRANS	0,5	<	0,3	33	0,3	<	<	<	<	<	
VC	-	-	-	-	-	-	<	<	<	<	

Tabel 5. Verontreiniging op 8, 15, 25 en 35 m-mv.

	peilbuis									
	A 8	A 15	A 25	A 35	B 8	B 15	B 25	B 35	GD38 8 - 12	GD38 15
concentratie (: g/l)										
PER	1100	620	0,9	<	3300	480	0,2	<	34000	90
TRI	53	2200	0,7	<	1500	1100	<	<	1300	120
CIS	28	720	<	<	4200	370	0,2	<	140	310
TRANS	48	1100	<	<	87	64	<	0,4	-	470
VC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13

Tabel 6 geeft naast de VOCl-gegevens ook informatie over andere zaken die van invloed kunnen zijn op de (intrinsieke) afbraak van de verontreinigde grond. Uit tabel 6 valt op te maken dat in de ondiepe waterlaag, boven de zinklaag (3 m-mv), de omzetting tot CIS en TRANS wel heeft plaatsgehad, maar dat er een stagnatie van de omzetting van PER is opgetreden. In de dieper gelegen waterlaag, onder de zinklaag (15 m-mv), heeft er geen ophoping van PER plaatsgehad, maar heeft er juist een ophoping van CIS en TRANS plaats. Bekend is dat reductieve dehalogenering het snelst verloopt bij een lage redoxpotential (-166 mV) in aanwezigheid van organische verbindingen (olie) die als brandstof voor het proces fungeren. Aangezien de redoxsituatie niet is gemeten voor de ondiepe waterlaag is het moeilijk hierover een uitspraak te doen. Het lijkt erop dat in de bovenste waterlaag een hogere redoxpotential heerst, gezien de ophoping van PER.

Tabel 6. Analyseresultaten ten behoeve van de beoordeling van het afbraakmilieu.

	peilbuis	
	504 4 m-mv	GD38 15 m-mv

TRI	(: g/l)	110	120
PER	(: g/l)	2900	90
CIS	(: g/l)	100	310
TRANS	(: g/l)	0,8	470
VC	(: g/l)	< 2	13
ethaan	(: g/l)	< 1	< 1
etheen	(: g/l)	< 1	< 1
chloroform	(: g/l)	1,0	-
redox	(mV)	?	-166
O ₂	(%)	?	1,9
pH	-	6,7	718
geleidbaarheid	(: s/cm)	1070	1181
Mn	(: g/l)	3	740
N-Kjeldahl	(: g/l)	< 1	5,6
ammonium	(: g/l)	< 0,01	4,7
sulfide	(: g/l)		
sulfaat	(: g/l)	110	77
TOC	(: g/l)	5,3	13
ijzer	(: g/l)	20	230

Er is een inschatting gemaakt van de vracht van de VOCl-verontreiniging:

Uitgaande van 40 jaar gebruik van PER en een lozing van 50 liter contactwater per week kan er via een lek in de riolering 16 kg PER in de bodem zijn terechtgekomen. Voor zover bekend hebben zich nooit calamiteiten voorgedaan.

Risico's

Een uitgebreide risico-analyse is nog niet uitgevoerd. Waarschijnlijk is er geen sprake van actuele humane en ecologische risico's, maar wel van een actueel verspreidingsrisico.

Conclusies

Reductieve dehalogenering heeft plaats. Waarschijnlijk fungeert de aanwezige olieverontreiniging als elektronendonor. Afhankelijk van de actuele redoxpotential heeft er een langzame of snelle dechlorering plaats.

De snelheid van de afbraak en de heersende omstandigheden zijn tot nu toe onvoldoende geweest om tot een volledige afbraak te kunnen leiden.

Hypothese

De bovenste waterlaag (tot ca. 12 m-mv) heeft een hoge redoxpotential, waardoor de omstandigheden voor het optreden van intrinsieke afbraak door middel van reductieve dechlorering niet gunstig zijn. Op 15 m-mv zijn de omstandigheden wel gunstig (redoxpotential -166 mV), maar hier heeft slechts afbraak plaats tot CIS en TRANS, zodat op lange termijn een ophoping van deze afbraakproducten zal plaatshebben.

Aanvullend meetplan

Om de hypothese te testen is het volgende meetplan opgesteld:

1. bepaling van de redoxtoestand en de afbraakproducten op 3, 8 en 15 m-mv;
2. nadere bepaling van de ligging van de olieverontreiniging;
3. bepaling van de redoxtoestand buiten de VOCl-contour.

Te bemonsteren peilbuizen ten behoeve van het aanvullend meetplan:

peilbuis	diepte (m-mv)	zone ¹
300	3	A
301	3	C
302	3	C
GD8	3	B
GD12	3	B
B	8	B
B	15	B
GD38	8 - 12	A
GD38	15	A

- ¹ A: kern van de verontreiniging
B: buiten de verontreiniging
C: indicatie voor olieverontreiniging

Perspectief

Wanneer uit het project blijkt dat er géén volledige afbraak plaatsheeft, maar de afbraak niet verder loopt dan CIS en/of VC, zal de biologisch afbraak moeten worden gestimuleerd, of de verontreiniging met een andere saneringsvariant moeten worden aangepakt.

Wanneer er wel volledige afbraak plaatsheeft tot onschadelijke eindproducten, zou de diepere verontreiniging met behulp van een monitoringsprogramma kunnen worden gevolgd, gecombineerd met een kleinschalige grondwateronttrekking van de ondiepe verontreiniging (tot 3 m-mv of tot 12 m-mv). Door de kleinschalige grondwateronttrekking wordt de verspreiding van de verontreiniging beheerst, wordt de kern van de verontreiniging gesaneerd en de biologische afbraak mogelijk gestimuleerd.

Omdat ter plekke van de locatie de grondwaterstroming in het freatisch pakket gering is, is het aanbrengen van een bioscherm niet reëel.

Bronvermelding

- Nader onderzoek fase 1. IWACO, 1992.
- Nader onderzoek fase 2. IWACO, 1993.
- Nader onderzoek fase 4. Grondmechanica Delft, 1996.

5.6 HOVO-De Maas te Rotterdam

Algemeen

Op de locatie Pelmolenstraat 21 te Rotterdam was tot 1960 de Melkinrichting Sterovita gevestigd. Vanaf 1960 tot 1974 lag de locatie braak. Vanaf 1976 is het textielreinigingsbedrijf De Maas B.V. op deze locatie gevestigd. In 1982 is het bedrijf overgenomen door HOVO en is de naam van het bedrijf veranderd in HOVO-De Maas B.V. De ligging en inrichting van de locatie is weergegeven in figuur 20. De locatie heeft een oppervlakte van circa 1.280 m².

Ten noordwesten van het bedrijfsgebouw zijn er op 12 augustus 1975 drie ondergrondse tanks geplaatst. De tanks hebben de volgende omvang en inhoud:

- tank A à 4.000 liter gasolie;
- tank B à 4.000 liter sludge (residu);
- tank C à 4.000 liter PER.

Op 12 augustus 1981 is door de DCMR Milieudienst Rijnmond op de locatie een controle uitgevoerd. Tijdens deze controle is het volgende geconstateerd:

- op de locatie is veel sludge gemorst;
- op het terrein heeft sludge opgeslagen gelegen.

De sludge is een destillatieresidu, dat onder andere bestaat uit restproducten PER en uit kleding opgeloste stoffen. Morsing van sludge heeft plaatsgehad bij het vulpunt op 5 à 10 m ten zuiden van de ondergrondse tanks. Voorheen is het kokend hete destillatieresidu (circa 105 °C) met een kruiwagen afgevoerd en gestort in een trechterbak (afmeting 1 x 1 m). Via de trechterbak en een ondergrondse leiding kwam het residu vervolgens terecht in de ondergrondse tank B. Op basis van de beschikbare historische gegevens wordt het voormalige vulpunt van tank B voor de opslag van sludge als hoofdoorzaak gezien van de ontstane bodemverontreiniging (morsing).

Momenteel is geen van de ondergrondse tanks meer in gebruik. Sinds 1982 wordt het destillatieresidu opgevangen in vaten en afgevoerd naar een erkend verwerkingsbedrijf. De tanks A en B zijn op 9 juli 1987 buiten gebruik gesteld en na het afpompen van het product volgestort met zand. Tank C is buiten gebruik gesteld nadat in 1990 een bovengrondse tank is geplaatst in het ketelhuis aan de achterzijde van de locatie. Onduidelijk is of tank C na het afpompen van het product ook is volgestort met zand.

Een deel van het water, dat vrijkomt bij de bedrijfsactiviteiten, wordt geloosd op het gemeentelijk rioolstelsel in de Pelmolenstraat. De afvoerleiding naar het gemeentelijk rioolstelsel ligt langs de westelijke gevel van het bedrijfsgebouw (zie fig. 20). In 1993 zou een lekkage van de riolering zijn opgetreden waardoor water, dat afkomstig was van de wasmachines, in de grond is geïnfiltrerd. Dit heeft waarschijnlijk mede geleid tot de ontstane bodemverontreiniging met VOCl.

Geohydrologische en geochemische situatie

De lokale bodemopbouw is hieronder weergegeven:

- | | | |
|---|----------------------|-------------------------|
| - matig fijn tot matig grof zand | 0,1 - 1,0 m-mv | |
| - zandige klei | 1,0 - 1,5 à 2,0 m-mv | |
| - matig fijn tot matig grof zand | 1,5 à 2,0 - 3,5 m-mv | |
| - grof zand of kleiig zand | | 3,5 - 4,5 à 5,5 , -mv |
| - (zwak humeuze) klei | | 4,5 à 5,5 - 8,5 m-mv |
| - kleiig veen | | 8,5 - 10,0 m-mv |
| - (zwak humeuze) klei | | 10,0 - 19,0 à 19,5 m-mv |
| - matig fijn tot zeer grof zand (watervoerend pakket) | | 19,0 à 19,5 - 25,5 m-mv |
| - klei (eerste scheidende laag) | > 25,5 m-mv | |

Het organisch stofgehalte van de bodem vanaf maaiveld tot circa 6,5 m-mv varieert van 1,6 % (zand) tot 5,4 % (klei).

De k-waarde van het watervoerende deel van de deklaag is bepaald op 1 à 2 m/dag. De k-waarde van het watervoerende pakket is bepaald op 15 à 30 m/dag. De verticale weerstand in het slecht waterdoorlatende deel van de deklaag bedraagt circa 27 jaar.

De gemiddelde grondwaterstand van het freatische grondwater bedraagt circa 1,5 m-mv. De gemiddelde stijghoogte in het watervoerende pakket bedraagt circa 4,5 m-mv. Op basis van de metingen wordt geconcludeerd dat er sprake is van een infiltratiesituatie.

De stromingsrichting van het freatisch grondwater is niet eenduidig. Opvallend is dat de grondwaterstand aan de noordzijde van de locatie circa 30 cm lager is dan ter plaatse van de locatie. Een verklaring hiervoor zou de aanwezigheid van de gedempte Kreekse Haven kunnen zijn die direct aan de noordzijde van de locatie grenst.

De invloed van de Nieuwe Maas op de stijghoogte in het watervoerende pakket is dusdanig dat er sprake is van een waterscheiding ten noorden van de locatie. Op basis van de metingen lijkt het grondwater in het eerste watervoerende pakket op de locatie in noordelijke richting te stromen. Dit wordt naar verwachting veroorzaakt door de onttrekking van koelwater op de locatie, gelegen tussen 20 en 28 m-mv (2 koelwaterbronnen). In 1995 is circa 10.000 m³ grondwater uit koelwaterbron 1, die ten noorden van het gebouw ligt, en circa 36.000 m³ grondwater uit koelwaterbron 2 onttrokken. De verwachting is dat in de toekomst evenveel grondwater zal gaan worden onttrokken als in 1995. In figuur 21 is de stijghoogteverlaging van het watervoerende pakket ten gevolge van de huidige koelwateronttrekking weergegeven.

Verontreinigingssituatie

Voor een overzicht van de verontreinigingssituatie met VOCI in de grond en het grondwater wordt verwezen naar de figuren 22 en 23.

Grondverontreiniging VOCI

De belangrijkste bron van de VOCI-verontreiniging wordt gevormd door de aanwezigheid van puur product bij het voormalige vulpunt van de sludgetank. Hier is PER in het grondwater in een zodanig hoge concentratie aangetroffen (> 1 g/l), dat rekening moet worden gehouden met dichtheidsstroming. Tot minimaal 8 m-mv is de grond verontreinigd met VOCI in gehalten boven de I-waarde. De ondergrens van de verontreiniging is hier niet exact vastgesteld. Als gevolg van de dichtheidsstroming bestaat de mogelijkheid dat het afdekkend pakket over de gehele diepte is verontreinigd.

Daarnaast zijn plaatselijk, zoals bij de riolering ter plaatse van de oprit aan de Pelmolenstraat en bij de reinigingsmachines, in de grond tot 1,5 m-mv VOCI aangetroffen in gehalten boven de I-waarde. De oorzaak en omvang van deze verontreinigingen zijn niet exact bekend. De verontreiniging is mogelijk veroorzaakt als gevolg van een lekkage bij de aansluiting van de bedrijfsriolering op het gemeentelijk rioolstelsel.

Grondwaterverontreiniging VOCI

Het freatisch grondwater is sterk verontreinigd met VOCI tot minimaal 8,0 m-mv. De verontreiniging met VOCI is aangetoond tot in het grondwater in het eerste watervoerende pakket. In het grondwater, dat wordt onttrokken uit het eerste watervoerende pakket voor het gebruik als koelwater, zijn PER, CIS en VC aangetoond in gehalten boven de I-waarden. Echter, in de diepe peilbuizen (115 en 116) in het watervoerende pakket (filterstellingen 19 tot 21 m-mv en 24 tot 26 m-mv), zijn tot nu toe niet of nauwelijks verhoogde VOCI-gehalten in het grondwater aangetoond.

De horizontale omvang van de verontreiniging met PER in het freatisch grondwater blijft hoofdzakelijk beperkt tot de grenzen van de onderzoekslocatie Pelmolenstraat 21. Als gevolg van biologische afbraak van PER blijken CIS en VC te worden gevormd. In dit geval blijken deze stoffen de maatgevende parameters te zijn voor de afperking van de verontreiniging met VOCl. Buiten de grenzen van de locatie Pelmolenstraat 21 is alleen ten westen en ten zuidwesten het grondwater verontreinigd met hoofdzakelijk de afbraakproducten CIS en VC.

Opgemerkt moet worden dat de redoxpotential van het grondwater tot nu toe nog niet is gemeten. Datzelfde geldt voor chemische gegevens, zoals de concentraties S^{2-} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , O_2 , NO_3^-/NO_2^- en CH_4 , waarmee een indicatie kan worden verkregen van de redoxstatus van het grondwater. Ook zijn de concentraties ethaan en etheen niet gemeten, die zouden kunnen worden gebruikt voor het doen van een uitspraak over de afbraak van VC.

Grondwaterverontreiniging PAK, VAK en minerale olie

Aan de noordzijde van de locatie is, nabij de voormalige (gas)olietoevoerleiding van tank B naar de stoomketel, vanaf 1,7 tot minimaal 3,0 m-mv het grondwater sterk verontreinigd met VAK (ethylbenzeen en xylenen, respectievelijk 350 : g/l en 2.400 : g/l), PAK (naftaleen, 5.400 : g/l) en minerale olie (490 : g/l). Tevens is een verontreiniging met minerale olie (8.000 tot 16.000 : g/l) en VAK (xylenen, 56 tot 210 : g/l) aangetoond in het grondwater vanaf 2,3 tot minimaal 8,0 m-mv bij de westgevel van het ketelhuis.

Risico's

De humane, ecologische en verspreidingsrisico's zijn tijdens het onderzoek in beeld gebracht. Er zijn luchtmetingen uitgevoerd in en om het woonhuis Pelmolenstraat 29, aangezien in het freatisch grondwater bij de woning VOCl is aangetroffen in gehalten boven de I-waarde. Uit de luchtmetingen blijkt dat er geen significante verhoging van de VOCl-concentraties in de kruipruimten en/of woning aanwezig is. Uit de risico-evaluatie blijkt dat er op de locatie geen sprake is van actuele humane risico's en actuele ecologische risico's. Daarentegen is er wel sprake van een actueel verspreidingsrisico: ten eerste op basis van het voorkomen van de dichtheidsstroming (concentraties in peilbuis 101 van 1 miljoen : g/l PER) en ten tweede op basis van de aangetoonde horizontale verspreiding van de VOCl-verontreiniging tot onder het aangrenzende perceel Pelmolenstraat 29 en de Pelmolenstraat zelf.

Conclusies

Gezien de aangetoonde metabolieten TRI, CIS en VC, is er duidelijk sprake van reductieve dechlorering. Dit betekent dat de bodem ter plaatse van de verontreiniging een lage redoxpotential heeft. Er ontbreken echter directe gegevens omtrent de redoxstatus van de bodem/het grondwater ter plaatse van de verontreiniging en daarbuiten. Het domineren van VC op grotere afstand van de verontreinigingsbron aan noordwest-, west- en zuidzijde (zie fig. 23) wijst erop dat op de onderzoekslocatie in ieder geval dechlorering tot VC optreedt. Aan de noordoost- en oostzijde is niet duidelijk een VC-front aangetoond. Hier zijn echter lage PER- en TRI-concentraties aanwezig.

Onduidelijk is in hoeverre VC zelf wordt afgebroken, aangezien in het verleden (vanaf 1988 tot 1995) noch op CIS noch op VC is geanalyseerd. Daar waar heranalyse heeft plaatsgehad (grondwater in 3 peilbuizen), is wel een concentratie-afname (in circa 4 jaar tijd) van de parent compound PER en tevens van TRI aangetoond. Dit kan echter niet direct worden gerelateerd aan afbraak, aangezien stoftransport tevens een belangrijke factor is.

Bekend is dat reductieve dechlorering sneller verloopt als primair substraat (dat als koolstofbron en elektronendonor fungeert) in voldoende mate beschikbaar is. Hoewel 2 vlekken minerale-oliecomponenten (minerale olie en BTEX) aanwezig zijn, zijn deze klein in omvang. Een eventuele positieve bijdrage aan de afbraaksnelheid van VOCl is te verwachten bij de VOCl-verontreiniging nabij het voormalige vulpunt van de sludgetank. De VOCl-verontreiniging aan de zuidwestzijde heeft echter geen enkele overlap met beide olievlekken.

Hypothese

Op de locatie zijn 2 zones te onderscheiden met betrekking tot de intrinsieke afbraak van de VOCl-verontreiniging:

- A. Het brongebied van de twee noordelijke bronnen met elk een diameter van circa 35 m en van de zuidelijke bron met een diameter van circa 20 m, waar intrinsieke afbraak tot VC onder gereduceerde omstandigheden plaatsheeft.

- B. De "pluim" van de verontreinigingen, vanaf zone A tot circa 10 m daarbuiten, waar intrinsieke afbraak van VC plaatsheeft. Dit is gebaseerd op de gemeten afname van de VC-concentratie buiten de I-waarde contour (zie fig. 23).

Aanvullend meetplan

De contouren van de VOCl-verontreiniging zijn voldoende in beeld gebracht.

Om de hypothese met betrekking tot zone A te toetsen is inzicht in de redoxtoestand vereist. Tevens is informatie binnen de S-waarde contour van PER/TRI nodig met betrekking tot de hoeveelheid *beschikbaar* en tegelijkertijd *afbreekbaar* organisch materiaal (BZV). Hiermee kan inzicht worden verkregen in de afbraakpotentie van het grondwater, met andere woorden: hoe lang kan de intrinsieke biologische afbraak nog doorgaan op een voldoende hoog niveau.

Er zijn nog veel onzekerheden met betrekking tot het voorkomen van (meetbare) biologische afbraak van VC (via etheen). Om de hypothese met betrekking tot zone B te toetsen is hiervoor enerzijds aanvullende informatie nodig over de redoxtoestand van het grondwater tot minimaal 10 m-mv, circa 10 m buiten de I-waarde contour van VC. En anderzijds zijn analyses op etheen (omzettingsproduct) en nog enkele aanvullende analyses op VC (bepaling afname VC met afstand) gewenst. Ook hier is het verkrijgen van inzicht in de afbraakpotentie van het grondwater van belang.

Het bepalen van de redoxtoestand kan direct door meting van de redoxpotentiaal of indirect door analyse op macroparameters (indicatoren). Het analyseren op enkele macroparameters heeft mede het voordeel, dat een indicatie wordt verkregen van de afbraakpotentie. Zo duidt de aanwezigheid van bijvoorbeeld methaan op de aanwezigheid van methanogenen.

Vanwege het grote aanbod aan bestaande te bemonsteren peilbuizen, zal de aanvullende bemonstering zich beperken tot de laatst geplaatste. Dat wil zeggen dat D1 tot en met D6 (1988) en M11 tot en met M19 (1990) niet worden meegenomen.

Aangezien de stromingsrichting van het freatisch grondwater niet eenduidig is, is het noodzakelijk om het grondwater concentrisch om de vlek heen te bemonsteren. Daarbij wordt het grondwater bemonsterd op 3 plaatsen ten opzichte van de te onderscheiden contouren:

1. binnen de I-waarde contour PER/TRI (zone A);
2. buiten de I-waarde contour PER/TRI en binnen de I-waarde contour VC (zone B);
3. buiten de I-waarde contour VC.

Te bemonsteren peilbuizen ten behoeve van het aanvullend meetplan:

peilbuis	diepte (m-mv)	plaats ten opzichte van contouren
101	3,0 - 4,0	binnen de l-waarde contour PER/TRI
101	7,0 - 8,0	binnen de l-waarde contour PER/TRI
109	2,0 - 3,0	binnen de l-waarde contour PER/TRI
T3	1,5 - 2,0	binnen de l-waarde contour PER/TRI
102	3,0 - 4,0	binnen de l-waarde contour VC
105	2,0 - 3,0	binnen de l-waarde contour VC
112	2,0 - 3,0	binnen de l-waarde contour VC
112	7,0 - 8,0	binnen de l-waarde contour VC
113	2,0 - 3,0	binnen de l-waarde contour VC
113	7,0 - 8,0	binnen de l-waarde contour VC
123	2,0 - 3,0	binnen de l-waarde contour VC
T11	2,0 - 3,0	buiten de l-waarde contour VC
107	4,0 - 5,0	buiten de l-waarde contour VC
110	7,0 - 8,0	buiten de l-waarde contour VC
122	2,0 - 3,0	buiten de l-waarde contour VC

Perspectief

Als uit de resultaten van dit project blijkt dat volledige afbraak tot onschadelijke eindproducten plaatsheeft in de deklaag, kan bij verdere uitwerking van de voorgestelde saneringsvarianten [Saneringsonderzoek IWACO, 15 oktober 1996] biodegradatie als aanvullende maatregel worden gebruikt. Zo is er bijvoorbeeld een combinatie denkbaar van biodegradatie en kleinschalige grondwateronttrekking in het freatisch pakket. Met de kleinschalige grondwateronttrekking wordt de verspreiding (in meer of mindere mate) beheerst, zal een deel van de verontreiniging worden verwijderd en kan de biologische afbraak mogelijk worden gestimuleerd. (N.B.: Voor het beheersen van de verspreiding van de verontreiniging van het freatisch grondwater naar het grondwater in het watervoerende pakket kunnen de huidige koelwaterbronnen worden gebruikt)

Als uit de resultaten van dit project blijkt dat onvolledige afbraak plaatsheeft tot schadelijke producten, zoals VC, of dat de biologische afbraak dermate langzaam verloopt dat op termijn de omvang van de (VC-)pluim toch toeneemt, zal hetzij de biologische afbraak op enigerlei wijze moeten worden gestimuleerd, hetzij moeten worden gedacht aan andere, civieltechnische, saneringsvarianten. Aangezien de grondwaterstroming in het freatisch pakket niet eenduidig is, is plaatsing van een bioscherm niet een reële optie.

Bronvermelding

- Oriënterend onderzoek. DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V., rapport C1608-32002, november 1988, in opdracht van de gemeente Rotterdam.
- Aanvullend onderzoek. Mourik Groot-Ammers B.V., rapport MGA/90-608, 31 mei 1990, in opdracht van HOVO-De Maas B.V.
- Aanvullend bodemonderzoek. Instituut voor Reinigingstechnieken TNO, rapport 70.1016, 26 juli 1991, in opdracht van HOVO-De Maas B.V.
- Bodemonderzoek. Instituut voor Reinigingstechnieken TNO, rapport 70.2007, 24 maart 1992, in opdracht van HOVO-De Maas B.V.
- Onderzoek naar de historie van de locatie. IWACO B.V., rapportnummer 10.4840.0, 13 maart 1992, in opdracht van HOVO-De Maas B.V.

- Nader onderzoek. IWACO B.V., (concept)rapportnummer 1057880, 7 augustus 1996, in opdracht van HOVO-De Maas B.V.
- Saneringsonderzoek. IWACO B.V., (concept)rapportnummer 1057880, 15 oktober 1996, in opdracht van HOVO-De Maas B.V.