

SKB PT04-104

Toepassingsmogelijkheden van  
diffusiesamplers bij een VOCl-  
grondwaterverontreiniging

Drs. Ing. C.J.M.M. Mels  
Drs. Th.M. Prins  
April, 2005

Gouda, CUR/SKB



**Titel rapport**

Toepassingsmogelijkheden van diffusiesamplers bij een VOCl-grondwaterverontreiniging

**CUR/SKB****Rapportnummer****Project rapportnummer**

---

**Auteurs**

Drs. Ing. C.J.M.M. Mels

Drs. Th.M. Prins (projectleider)

**Aantal bladzijden****Rapport:** 24**Bijlagen:** 23

---

**Uitvoerende organisaties**

SKB

DGW&amp;T

Ingenieursbureau Oranjewoud B.V.

Hannover Milieu en Veiligheidstechniek

---

**Uitgever**

CUR/SKB, Gouda

---

**Samenvatting**

Diffusiesamplers zijn permeabele kunststof membranen (ballon) gevuld met gedemineraliseerd water. De werking van de diffusiesampler berust op diffusie van organische koolwaterstoffen uit het grondwater in de diffusiesampler. Na verloop van tijd (enkele weken tot maanden) ontstaat een evenwicht tussen de concentratie aan verontreiniging in het grondwater en de concentratie in de diffusiesampler. De diffusiesampler verblijft dus voor langere tijd in de peilbuis.

Het grote voordeel van diffusiesamplers is de eenvoud ervan. Bij conventionele grondwaterbemonsteringmethoden is afpompen van de peilbuis noodzakelijk, dat met name bij diepe peilbuizen veel tijd kost. Bij gebruik van diffusiesamplers is afpompen niet meer nodig. De diffusiesampler wordt met een touw in de peilbuis ter hoogte van het filter gehangen en na verloop van tijd weer opgehaald. Hierdoor is in zeer korte tijd (5 tot 10 minuten) de diffusiesampler aan te brengen en op te halen. Het gebruik van diffusiesamplers is eenvoudig, betrouwbaar, snel en goedkoop.

---

**Trefwoorden****Gecontroleerde termen:**

Chloorkoolwaterstoffen

Kosteneffectiviteit

Verspreiding

Grondwater

In situ

**Vrije trefwoorden:**

Diffusiesampler

Monitoring

Sanering

---

**Titel project**

Toepassingsmogelijkheden van diffusiesamplers bij een VOCl-grondwaterverontreiniging

**Projectleiding**

Ingenieursbureau Oranjewoud B.V.

---

Dit rapport is verkrijgbaar bij:

CUR/SKB, Postbus 420, 2800 AK Gouda

## Voorwoord

Naar analogie met luchtmetingen voor vluchtige verbindingen is met behulp van diffusiesamplers een eerste aanzet gegeven om een, in potentie, kosteneffectieve meetmethode voor mobiele verontreinigingen in het grondwater in te zetten. Voorliggend document betreft een beschrijving van een aantal proeven die zijn uitgevoerd op een locatie die gekenmerkt wordt door diepe grondwaterstanden, een omvangrijke grondwaterverontreiniging en hoge stromingssnelheden van het grondwater. De resultaten van deze proeven zijn veelbelovend en staan een verdere ontwikkeling van diffusiesamplers niet in de weg. Een eerste stap richting verdere ontwikkeling is reeds gezet. De auteurs bedanken Eddie Ritsema van de firma Eijkelkamp ten aanzien van de voortvarendheid waarmee een meer voor de Nederlandse markt geschikte diffusiesampler in concept is ontwikkeld.

Het verkrijgen van meer ervaring met de voor- en nadelen van diffusiesamplers is een eerste voorwaarde voor toekomstige acceptatie door het bevoegd gezag. Hierbij wordt opgemerkt dat in principe nooit sprake is van een goede of foute bemonsteringsmethode. Voor iedere methode zijn in meer of mindere mate bezwaren aan te voeren. Gezien de beperkte kosten kan de inzet van diffusiesampler in eerste instantie overwogen worden ter controle van de conventionele bemonstering. Uit de af te leiden relaties kan dan in een later stadium sprake zijn van een omgekeerde situatie. De reguliere bemonstering wordt uitgevoerd met diffusiesamplers met als controle de conventionele methode. Daarnaast zijn de auteurs van mening dat reeds nu in het geval van het aantonen van stabiele verontreinigingspluim, ofwel een schone peilbuis blijft schoon, diffusiesamplers als een zeer serieus alternatief mogen worden aangemerkt.

De auteurs bedanken Gineke van Bergen van de provincie Utrecht, Rob Breedveld van Hydron en Timo Heimovaara van Groundwater Technology uit Delft voor hun commentaar en ideeën.

Chris Mels  
Theo Prins

# Inhoudsopgave

## Samenvatting

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Demonstratie</b>	<b>9</b>
2.1	<i>Diffusiesamplers</i>	9
2.2	<i>Locatie</i>	11
2.3	<i>Demonstratie</i>	12
<b>3</b>	<b>Resultaten demonstratie</b>	<b>14</b>
3.1	<i>Proef 1</i>	14
3.2	<i>Proef 2</i>	15
3.3	<i>Proef 3</i>	17
3.4	<i>Macroparameters</i>	18
<b>4</b>	<b>Evaluatie demonstratie</b>	<b>19</b>
<b>5</b>	<b>Conclusies</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Aanbevelingen</b>	<b>24</b>

## Literatuurlijst

### Bijlagen

Bijlage 1:	Analysecertificaten
Bijlage 1A:	Analysecertificaten proef 1
Bijlage 1B:	Analysecertificaten proef 2
Bijlage 1C:	Analysecertificaten proef 3
Bijlage 2:	Overzicht onderzochte stoffen en parameters

### Tekening

PT04-104-S1:	Situatie peilbuizen
--------------	---------------------

## Samenvatting

In het kader van de eerste tender van de Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem in 2004, hebben Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. en Hannover Milieu en Veiligheidstechniek een demonstratie uitgevoerd. Deze demonstratie betrof het onderzoeken van de toepassingsmogelijkheden van diffusiesamplers bij een verontreiniging met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl). De demonstratie is in de periode september 2004 tot en met maart 2005 uitgevoerd.

Het consortium bestond uit het Ministerie van Defensie (Dienst Gebouwen, Werken & Terreinen), Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem, Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. en Hannover Milieu en Veiligheidstechniek.

### *Probleemstelling en doel*

Monitoringsprogramma's waarbij in een groot gebied en op grote diepte grondwater gemonitord wordt, is arbeidsintensief en dus relatief duur. In gevallen waar de grondwaterstand op grotere diepte staat, vergt dit aanpassing van de standaard peilbuizen. Pompkamers en onderwaterpompen zijn hierbij noodzakelijk. Deze problematiek heeft geleid tot een nieuwe meettechniek voor grondwater: diffusiesamplers. In Nederland worden diffusiesamplers (nog) niet gebruikt voor grondwatermonitoring. Middels een demonstratie wordt onderzocht of de diffusiesampler een eenvoudig, betrouwbaar en goedkoop alternatief is voor de conventionele grondwaterbemonsteringstechnieken.

### *Locatie*

De demonstratie is bij de Mechanisch Centrale Werkplaats (MCW) te Leusden uitgevoerd. Het grondwater is verontreinigd met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl). De verontreiniging heeft zich tot ver over de terreingrens verspreid (circa 1.500 m) en vormt een bedreiging voor de waterwinning Berg te Amersfoort. Door het ontbreken van natuurlijke afbraak bestaat de verontreiniging op en buiten het terrein uit tetrachlooretheen (per).

### *Demonstratie*

Op de locatie zijn reeds vele peilbuizen geplaatst. Één peilbuis is gebruikt voor de demonstratie. Deze peilbuis is in het midden van de pluim gesitueerd en bevat meerdere filters. Op verschillende diepten (59-64, 68-73 en 77-82 m –mv.) en een verschillend concentratiebereik (0-100, 100-1.000 en 1.000-5.000 µg/l) is de demonstratie uitgevoerd.

Tijdens de demonstratie zijn drie proeven uitgevoerd:

- Proef 1: benodigde verblijftijd van de diffusiesampler in de peilbuis;
- Proef 2: locatie van de diffusiesampler in de peilbuis;
- Proef 3: langdurige plaatsing en controle op fysieke toestand van de diffusiesampler.

De resultaten van de diffusiesamplers en de reguliere bemonsteringsmethode (afpompen) zijn aan elkaar getoetst.

### *Diffusiesamplers*

Diffusiesamplers zijn gemaakt van een dun plastic membraan in de vorm van een ballon van circa 30 cm lang en 4,5 cm breed. Het membraan is gevuld met gedemineraliseerd water. De diffusiesampler wordt in het geperforeerde deel (filter) van een peilbuis geplaatst. Verschillende (organische) stoffen in het grondwater diffunderen door het membraan heen. Hierbij ontstaat na verloop van tijd een evenwicht tussen de concentratie aan stoffen in en buiten de diffusiesampler.

Een groot aantal vluchtige organische verbindingen vertonen goede diffusiekenmerken. Zware metalen en anorganische verbindingen diffunderen niet door het membraan heen.

De kosten voor een grondwaterbemonstering zijn sterk afhankelijk van de benodigde tijd en gebruikt materiaal (zie tabel). Een grondwaterbemonstering middels conventionele bemonsteringsmethoden (afpompen) duurt voor ondiepe peilbuizen (< 10 m –mv.) 15 tot 30 minuten. Voor diepe peilbuizen duurt de bemonstering circa 30 tot 90 minuten. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid grondwater die moet worden afgepompt.

Bij diffusiesamplers bedraagt de totale benodigde tijd gemiddeld 5 tot 10 minuten. De kostenbesparende factor bij gebruik van diffusiesamplers is met name de tijdsbesparing.

Materiaal	Diffusiesampler*	Reguliere methode***
Investeringskosten	60,00	3.000,00
Kosten per bemonstering	20,00**	20,00****
Bemonsteringstijd	5 – 10 min.	10 – 90 min.

\* Diffusiesampler, gewicht, touw, gedemineraliseerd water, klein materiaal

\*\* Diffusiesampler, gedemineraliseerd water, touw

\*\*\* Onderwaterpomp MP1 met frequentieomvormer (Eijkelkamp)

\*\*\*\* Bemonsteringsslang, afschrijving pomp (3 jaar bij intensief gebruik), afvoerkosten water

### Resultaten

Na een verblijftijd van twee weken is een significante verschil ten opzichte van de reguliere bemonsteringsmethode aanwezig. Dit verschil verkleint na een periode van vier weken. Na enkele maanden zijn vergelijkbare concentraties aan verontreinigende stoffen gemeten tussen de diffusiesampler- en reguliere bemonsteringsmethode (zie tabel). In deze periode is geen beïnvloeding van het membraan, zoals bacteriegroei en residuvorming, geconstateerd die de werking van het membraan verstoort. Bemonstering met diffusiesamplers is met name geschikt voor langdurige monitoring, waarbij één à twee keer per jaar wordt bemonsterd.

Filter (m –mv.)	Verblijftijd		
	2 weken	4 weken	4 maanden
	Vershil (%)	Vershil (%)	Vershil (%)
1009 (59-64)	-63	-36	28
1009 (68-73)	-248	-107	-15
1009 (77-82)	-353	37	36

Bij grondwaterbemonstering middels afpompen wordt het water bóven het filter (stijgbuis), het grondwater ter plaatse van de gehele lengte van het filter én een hoeveelheid in de omgeving van het filter afgepompt. Deze bemonsteringswijze betreft geen puntbemonstering, maar een gemiddelde monsternamen van het grondwater over de gehele lengte van het filter. Hierbij geldt dat er gemakkelijker (en dus meer) water onttrokken wordt uit goed doorlatende bodemlagen, waardoor verschillen kunnen ontstaan in de gemeten concentraties aan stoffen.

Grondwater dat het filter van de peilbuis passeert, maakt deels contact met de diffusiesampler. Het grondwater dat boven en onder de diffusiesampler passeert heeft nauwelijks invloed op het diffusieproces. Bemonstering met diffusiesamplers betreft een puntbemonstering.

### Kwaliteit

Bemonstering met diffusiesamplers levert reproduceerbare resultaten op. De betrouwbaarheid wordt vergroot door reductie van noodzakelijke handelingen tijdens bemonstering.

Door geometrische aanpassingen van de diffusiesampler is de sampler in iedere standaard peilbuis te gebruiken.

### Aanbevelingen

Aanbevolen wordt om:

- Vergelijkend onderzoek uit te voeren met puntbemonstering;
- Vervolgonderzoek uit te voeren naar de werking van diffusiesampler bij andere organische mobiele verontreinigingen en afbraakproducten;
- Aanlevering van diffusiesamplers af te stemmen met laboratoria;
- Deze demonstratie te koppelen aan het SKB project omtrent sorbisamplers.

Het gebruik van diffusiesamplers is een eenvoudige, snelle, betrouwbare en goedkope methode die met name geschikt is voor langdurige monitoring van organische verbindingen in grondwater.

## 1 Inleiding

In het kader van de eerste tender van de Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB) in 2004, hebben Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. en Hannover Milieu en Veiligheidstechniek (HMVT) een demonstratie uitgevoerd. Deze demonstratie betrof het onderzoeken van de toepassingsmogelijkheden van diffusiesamplers bij een verontreiniging met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOC). De demonstratie is in de periode september 2004 tot en met maart 2005 uitgevoerd.

### Probleemstelling

Met behulp van monitoringspeilbuizen wordt het verloop van een sanering en worden verspreidingsprocessen van een grondwaterverontreiniging gemonitord. Monitoringprogramma's waarbij in een groot gebied en op grote diepte grondwater gemonitord wordt, zijn arbeidsintensief en dus relatief duur. Grondwaterbemonstering waarbij de grondwaterstand op grotere diepte staat (> 7 m), vergt bemonstering met een onderwaterpomp. Dit vraagt aanpassing van het ontwerp van de monitoringspeilbuizen (grotere diameters, pompkamers). Daarnaast zal bij het voorkomen van een diepe verontreiniging sneller gekozen worden voor langere filters. Verticale differentiatie in de concentratie aan verontreiniging gaat op deze manier verloren.

Bovenstaande problematiek heeft geleid tot een inventarisatie van nieuwe meettechnieken. Het gebruik van diffusiesamplers voor monitoring van vluchtige verbindingen in de lucht van afgesloten ruimten wint steeds meer terrein. Het toepassen van deze techniek voor grondwater(monitorings)doeleinden wordt in Nederland nauwelijks toegepast.

### Doelstelling

Het doel van de demonstratie met diffusiesamplers is het toetsen van een goedkoop en betrouwbaar alternatief voor de heden ten dage toegepaste bemonsteringsmethoden. Hierdoor kan zowel in de saneringsfase als in de nazorgfase op een kosteneffectieve wijze invulling worden gegeven aan de controle van mobiele verontreinigingen.

Gezien de doelstelling van het onderzoek is ingegaan op de volgende vragen:

- in hoeverre zijn de gemeten concentraties van de standaard bemonsteringsmethode en het alternatief met diffusiesamplers onderling vergelijkbaar?
- in hoeverre is de locatie van de diffusiesampler van invloed op de concentratie?
- welke ervaringen zijn internationaal verkregen op het gebied van diffusiesamplers?
- in welke mate worden de resultaten door het bevoegd gezag geaccepteerd?

### Consortium

Het consortium bestaat uit de volgende partijen:

- Ministerie van Defensie, Dienst Gebouwen, Werken & Terreinen (Directie West, probleemhebber en eindgebruiker);
- Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem;
- Ingenieursbureau Oranjewoud B.V., adviesbureau en expert;
- Hannover Milieu en Veiligheidstechniek (HMVT), techniekaanbieder.

### Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de aanpak en de uitgevoerde werkzaamheden beschreven en in hoofdstuk 3 de resultaten hiervan. In hoofdstuk 4 volgt de evaluatie van de resultaten. In hoofdstuk 5 zijn de conclusies en in hoofdstuk 6 de aanbevelingen beschreven.



## 2 Demonstratie

### 2.1 Diffusiesamplers

Diffusiesamplers zijn gemaakt van dun Low Density PolyEthylene (LDPE) plastic in de vorm van een ballon (membraan). Deze is gevuld met gedemineraliseerd water (zie figuur 1). In de demonstratie is een diffusiesampler gebruikt die circa 30 cm lang en 4,5 cm breed is.

In het geperforeerde deel (filter) van een peilbuis wordt de diffusiesampler geplaatst. Het betreft een zogenaamde passieve sampler waarbij verschillende stoffen in het grondwater door het membraan heen diffunderen. Hierbij ontstaat een evenwicht tussen de concentratie aan stoffen in en buiten de diffusiesampler. Wanneer het evenwicht zich instelt, is afhankelijk van een aantal fysische factoren (concentratieverschil, afstand, temperatuur, etc.) en de te bemonsteren stof. De concentratie aan stof in de diffusiesampler is aan tijd gerelateerd. De diffusiesampler bemonstert het grondwater in de directe omgeving ervan. Het grondwater dat boven of onder de diffusiesampler stroomt wordt niet bemonsterd. Indien sprake is van een verticale stroming (bijvoorbeeld door onttrekking) bemonstert de diffusiesampler het grondwater uit de best doorlatende bodemlaag.

De diffusiesampler wordt momenteel met name gebruikt voor het monitoren van vluchtige organische koolwaterstoffen. Hiervoor wordt een membraan gebruikt met een poriegrootte van circa 10 angstrom (1 angstrom =  $1 \cdot 10^{-10}$  meter). Stoffen die groter zijn dan 10 angstrom diffunderen niet in de diffusiesampler. Dit maakt van de diffusiesampler een relatief stofspecifiek bemonsteringsinstrument. Door het gebruik van verschillende soorten membranen, en dus verschillende poriegrootte, zijn andere (an)organische stoffen te monitoren [1, 5, 6].



figuur 1: diffusiesampler

De diffusiesnelheid en het ontstaan van een evenwicht is afhankelijk van meerdere factoren. Deze factoren zijn onder andere temperatuur, contactoppervlakte, stroomsnelheid van het grondwater en concentratieverschil in en buiten de diffusiesampler. Onderzoek [1] heeft aangetoond dat na circa 2 weken (veldcondities) een evenwicht ontstaat.

Er is voornamelijk laboratorium- en veldonderzoek [1, 5, 6, 7] verricht naar het gebruik van diffusiesamplers in combinatie met vluchtige organische verbindingen. Hierbij wordt een diffusiesampler blootgesteld aan bekende concentraties aan deze verbindingen. Na bepaalde tijdsintervallen wordt de concentratie van de organische verbindingen in de diffusiesampler bepaald. Hieruit blijkt dat een groot aantal van deze verbindingen goede diffusiekenmerken vertoont (zie tabel 1) [1, 6].

Naast onderzoek naar organische verbindingen zijn de diffusiekenmerken van zware metalen en anorganische verbindingen onderzocht. Hieruit blijkt dat deze stoffen niet diffunderen door het LDPE membraan. In de evaluatie van deze demonstratie wordt hier nader op ingegaan (hoofdstuk 4).

In analogie met luchtdiffusiesamplers is het principe van de diffusiesampler gebaseerd op het langs stromen van verontreinigd grondwater. Dit impliceert dat het grondwater uit een peilbuis niet hoeft te worden afgepompt. Anderzijds is het noodzakelijk dat er sprake is van een bodem met enige doorstroming [5].

tabel 1: laboratoriumonderzoek diffusiekaracteristieken organische verbindingen [1, 6]

Goede diffusiekaracteristieken		
Benzeen	1,3-Dichloorbenzeen	Naftaleen
Broomdichloormethaan	1,4-Dichloorbenzeen	1,1,2,2-tetrachloorethaan
Bromoform	Dichloordifluormethaan	Tetrachlooretheen
Chloorbenzeen	1,2-Dichloorethaan	Tolueen
Koolstoftetrachloride	1,1-Dichlooretheen	1,1,1-trichloorethaan
Chloorethaan	Cis-1,2-dichlooretheen	1,1,2-trichloorethaan
Chloroform	Trans-1,2-dichlooretheen	Trichlooretheen
Chloormethaan	1,2-Dichloorpropaan	Trichloorfluormethaan
2-Chloorvinylether	Cis-dichloorpropaan	1,2,3-Trichloorpropaan
Dibroomchloormethaan	1,2-Dibroommethaan	Vinylchloride
Dibroommethaan	Trans-1,3-dichloorpropeen	Xylenen (totaal)
1,2-Dichloorbenzeen	Ethylbenzeen	
Slechte diffusiekaracteristieken		
Aceton	Methyl tert-butyl ether	
Methyl iso-butyl keton	Styreen	

### Kosten

De kosten voor het gebruik van diffusiesamplers ten opzichte van andere (conventionele) bemonsteringsmethoden, vormen een belangrijk aspect in de afweging om diffusiesamplers te gebruiken. De eenvoud van het aanbrengen, ophalen en behandelen van de diffusiesampler voorziet in een reductie van de tijd. Dit geldt met name wanneer op grote diepte grondwater wordt bemonsterd en/of indien het een uitgebreid monitoringsgebied betreft. De tijd die nodig is voor de bemonstering kan inzichtelijk worden gemaakt:

Het prepareren (diffusiesampler voorzien van gedemineraliseerd water, gewicht en touw), op diepte plaatsen, ophalen en gereed maken voor verzending naar het laboratorium bedraagt gemiddeld 5 tot 10 minuten. De benodigde tijd voor het bemonsteren via conventionele bemonsteringsmethoden is sterk afhankelijk van de bemonsteringsdiepte. Het opstellen van de apparatuur, afpompen, bemonsteren en gereed maken voor verzending naar het laboratorium duurt voor ondiepe peilbuizen (< 10 m –mv.) circa 15 tot 30 minuten. Voor diepe peilbuizen duurt de bemonstering circa 30 tot 90 minuten. Dit is afhankelijk van de hoeveelheid grondwater die moet worden afgepompt.

Uit bovenstaande blijkt dat een behoorlijke besparing in tijd (en dus geld) per bemonstering bereikt kan worden bij gebruik van diffusiesamplers.

De investerings- en gebruikskosten zijn wel inzichtelijk te maken. In tabel 2 zijn de benodigde materialen en de globale kosten weergegeven. Een complete diffusiesampler, inclusief gedemineraliseerd water, kost circa 60 euro. Dit bedrag is de investering bij aanschaf, echter gewichten en eventueel touw zijn her te gebruiken. Hierdoor wordt het gebruik circa 65% goedkoper, waardoor de gebruikskosten circa 20 euro bedragen. De gebruikskosten voor de reguliere bemonsteringsmethode zijn ongeveer gelijk aan diffusiesamplers. Echter, de bemonsteringstijd is aanzienlijk langer. Dit geldt met name voor diepe peilbuizen. De geld-besparing zit met name in personele kosten.

Diffusiesamplers worden momenteel door 2 Amerikaanse bedrijven aangeboden: Columbia Analytical Services (CAS) en EON products.

tabel 2: investerings- en bemonsteringskosten diffusiesampler versus reguliere methode (onderwater pomp)

Materiaal	Diffusiesampler*	Reguliere methode***
Investeringskosten	60,00	3.000,00
Kosten per bemonstering	20,00**	20,00****
Bemonsteringstijd	5 – 10 min.	10 – 90 min.

\* Diffusiesampler, gewicht, touw, gedemineraliseerd water, klein materiaal

\*\* Diffusiesampler, gedemineraliseerd water, touw

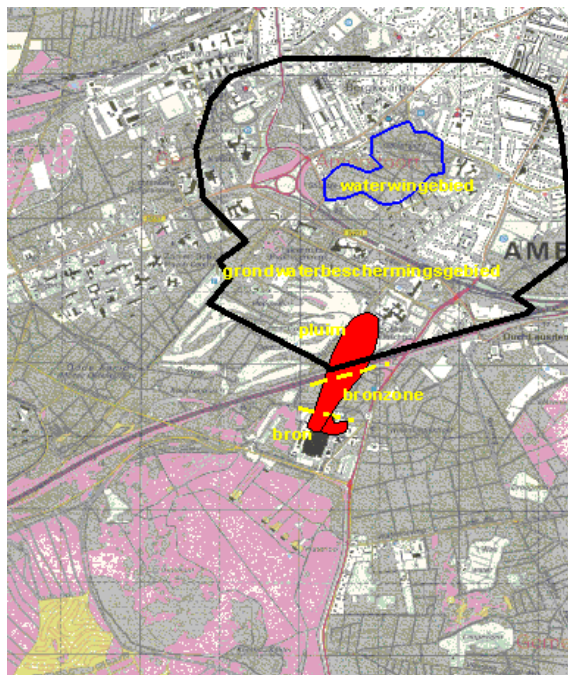
\*\*\* Onderwaterpomp MP1 met frequentieomvormer (Eijkelpomp)

\*\*\*\* Bemonsteringsslang, afschrijving pomp (3 jaar bij intensief gebruik), afvoerkosten water

## 2.2 Locatie

De locatie van de demonstratie is de Mechanisch Centrale Werkplaats (MCW) te Leusden. Het grondwater met vluchtige gechloroerde koolwaterstoffen (VOC) heeft zich tot ver over de terreingrens verplaatst en vormt een bedreiging voor de waterwinning Berg te Amersfoort (figuur 2). Door het ontbreken van natuurlijke afbraak bestaat de verontreiniging op en buiten het terrein uit tetrachlooretheen (per). Inmiddels is verspreiding opgetreden tot circa 1.500 meter van de bron en bevindt een deel van de verontreiniging zich binnen het Grondwaterbeschermingsgebied. Ter plaatse geldt een grondwaterstromingssnelheid van 30 tot 50 meter per jaar [10].

Op de onderzoekslocatie is een groot aantal monitoringspeilbuizen geplaatst. In één monitoringpeilbuis (1009) is de demonstratie met diffusiesamplers uitgevoerd. De reden hiervoor is het concentratieverschil in een aantal filters. Hierdoor is de toepasbaarheid van de diffusiesampler bij verschillende concentraties te onderzoeken. Peilbuis 1009 is op ongeveer de helft van de pluim gesitueerd (tekening PT04-104-S1).



figuur 2: situatieschets locatie

### Historie verontreiniging

De verontreiniging op de locatie is reeds eerder gemonitord. In tabel 3 zijn de resultaten weergegeven van de meerjarige monitoring (peilbuis 1009). Uit de tabel blijkt dat er een verschuiving van de concentraties optreedt. In 2001-2002 is de concentratie aan per in het bovenste filter het hoogst, terwijl in 2004-2005 in het middelste filter de hoogste concentratie aan per is gemeten. Deze concentratieverschillen zijn ter plaatse van andere locaties ook aangetoond. In verband met het voorkomen van gestuwde bodemlagen in de ondergrond is het aannemelijk te veronderstellen dat heterogeniteit van de bodem de concentratieverschillen veroorzaakt. Aanwijzingen voor het verwisselen van de monsters zijn niet gevonden.

De gemeten concentratie aan per (1.000 µg/l) van 19-11-2004 wordt als uitbijter beschouwd. Dit wordt mede onderbouwd doordat tijdens alle bemonsteringronden dezelfde bemonsteringsmethode, monsternemer en laboratorium voor de bemonstering en analyse hebben gezorgd.

tabel 3: meerjarige monitoring (concentratie aan per in µg/l)

Filter (m –mv.)	Reguliere bemonstering						
	18-7-2001	15-8-2001	9-10-2002	23-9-2004	22-10-2004	19-11-2004	2-3-2005
1009 (59-64)	4.200	3.600	3.500	830	900	980	570
1009 (68-73)	830	730	1.900	3.200	3.100	1.000	3.100
1009 (77-82)	2	32	51	24	12	23	77

### 2.3 Demonstratie

De demonstratie wordt uitgevoerd door middel van drie proeven. In deze proeven worden de toepassingsmogelijkheden van diffusiesamplers onderzocht. Hierbij worden vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl) als te onderzoeken stoffen gebruikt. De zuurgraad (pH), het elektrisch geleidingsvermogen (EC), de redoxpotentiaal en het zuurstofgehalte worden in alle proeven gemeten. Hierdoor wordt beoordeeld of de heersende bodemcondities worden overgenomen in de diffusiesampler. Dit kan invloed hebben op de concentraties aan te onderzoeken stoffen indien biologische afbraak plaatsvindt.

#### Uitgevoerde veldwerkzaamheden

##### *Proef 1*

In de eerste proef is de verblijftijd van de diffusiesampler onderzocht. Het principe van de diffusiesampler berust op diffusie van stoffen in en uit de diffusiesampler. Er ontstaat een evenwicht tussen de concentratie in en buiten de diffusiesampler. Het verkrijgen van dit evenwicht kost tijd. Uit laboratoriumtesten blijkt dat binnen enkele dagen een evenwicht ontstaat. In het veld wordt circa twee weken aangehouden.

##### *Aanpak proef 1*

1. Drie filters (1009) zijn, conform de norm (NEN 5745) voldoende afgepompt met een onderwaterpomp, waarna het grondwater op de reguliere manier is bemonsterd en geanalyseerd door het door de Raad van Accreditatie erkende laboratorium van ALcontrol Laboratories.
2. Alle monsters zijn onderzocht op vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl), de zuurgraad (pH), het elektrisch geleidingsvermogen (EC), de redoxpotentiaal en het zuurstofgehalte.
3. De EC en de grondwaterstanden zijn ter plaatse gemeten.
4. Per filter zijn, zo dicht mogelijk bij elkaar, twee diffusiesamplers geplaatst.
5. Twee weken na plaatsing is per filter één diffusiesampler opgehaald en ter analyse aangeboden aan het laboratorium. De monsters zijn onderzocht op vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen (VOCl), de zuurgraad (pH), het elektrisch geleidingsvermogen (EC) en de redoxpotentiaal.
6. Vier weken na plaatsing is de tweede diffusiesampler opgehaald en ter analyse aangeboden aan het laboratorium (zie 5).
7. De drie filters zijn na het verwijderen van de tweede diffusiesampler voldoende afgepompt en op de reguliere manier bemonsterd en geanalyseerd (zie 2).

##### *Proef 2*

Door heterogeniteit van de bodem kunnen concentratieverschillen optreden in het filter. In deze proef zijn op verschillende diepten diffusiesamplers geplaatst om de mogelijke concentratieverschillen in het filter te meten.

Onderin het filter kan ophoping plaatsvinden van verontreiniging plaatsvinden (Dense Non Aqueous Phase Liquids -trap: DNAPL-'trap'). In deze proef is één diffusiesampler onderin het filter geplaatst om dit te onderzoeken.

##### *Aanpak proef 2 (in vervolg op punt 7 van proef 1)*

8. In het grondwater uit de drie filters zijn opnieuw de EC en de grondwaterstand gemeten.
9. Per filter zijn twee diffusie samplers geplaatst: één sampler aan de bovenkant van het filter en één direct aan de onderkant van het filter.
10. Vier weken na plaatsing zijn de diffusiesamplers opgehaald en ter analyse aangeboden aan het laboratorium (zie 5).

### *Proef 3*

In proef 3 is de verblijftijd van de diffusiesampler in de peilbuis ongeveer vier maanden. Hierdoor ontstaat over een langere periode een evenwicht tussen de concentraties aan VOCl in en buiten de sampler. Naast de fysisch/chemische eigenschappen is tevens gekeken naar de fysieke toestand van de diffusiesampler: aantasting door bacteriegroei of neerslagvorming waardoor de membraanfunctie kan worden verstoord.

### *Aanpak proef 3 (in vervolg op punt 10 van proef 2)*

11. Drie filters zijn voldoende afgepompt en op de reguliere manier bemonsterd en geanalyseerd (zie 2).
12. In het grondwater uit de drie filters zijn opnieuw de EC en de grondwaterstand gemeten.
13. Per filter is één diffusiesampler midden in het filter geplaatst.
14. Na circa vier maanden zijn de diffusie samplers opgehaald en ter analyse aangeboden aan het laboratorium (zie 5). Daarnaast heeft in het veld een visuele inspectie van de sampler plaatsgevonden.

### 3 Resultaten demonstratie

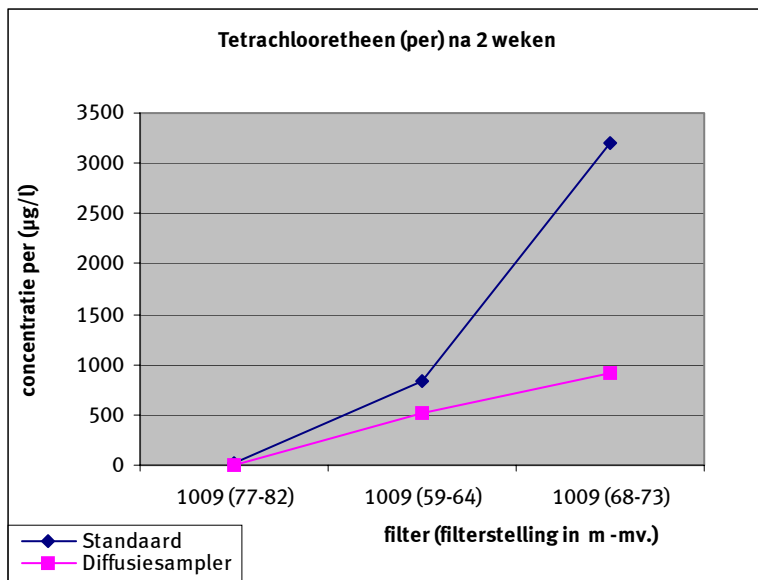
In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de proeven afzonderlijk beschreven (paragrafen 3.1 tot en met 3.3). In hoofdstuk 4 is de gehele demonstratie geëvalueerd.

De resultaten van beide bemonsteringsmethoden zijn niet vergelijkbaar. De wijze van bemonstering berust immers op totaal verschillende technieken: punt- en trajectbemonstering (zie proef 2). De resultaten van beide methoden zijn getoetst aan elkaar.

#### 3.1 Proef 1

Uit de analyseresultaten blijkt dat er voornamelijk tetrachlooretheen (per, zie bijlage 1) in het grondwater is gemeten. Met per is een beschouwing tussen de reguliere bemonsterings- en de diffusiesampler-methode gemaakt.

In onderstaande figuren is het verschil aan per tussen beide bemonsteringsmethoden weergegeven. In figuur 3 en figuur 4 zijn de resultaten na twee respectievelijk vier weken verblijftijd weergegeven. Hieruit blijkt dat naarmate de concentratie aan verontreiniging (per) stijgt, er een grotere afwijking tussen beide bemonsteringstechnieken ontstaat. De concentratie aan verontreiniging in de diffusiesampler is lager dan de concentratie aan verontreiniging bij reguliere bemonstering. In tabel 4 is het procentuele verschil tussen beide bemonsteringsmethoden weergegeven. In deze tabel is het verschil per bemonsteringsronde berekend én het verschil na middeling van de analyseresultaten van de reguliere bemonsteringsmethode.



figuur 3: verschil na 2 weken verblijftijd diffusiesamplers

tabel 4: procentueel verschil tussen beide bemonsteringsmethoden

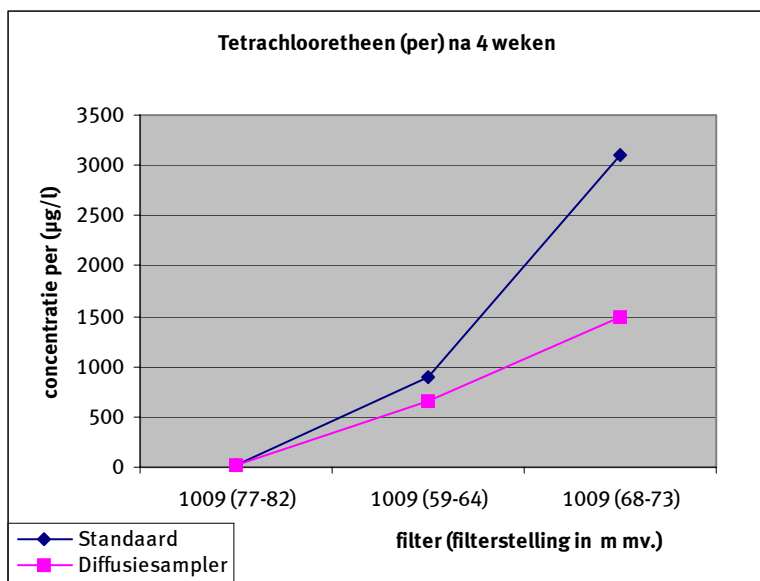
	0 – 100 µg/l (1009: 77-82)	100 – 1.000 µg/l (1009: 59-64)	1.000 – 5.000 µg/l (1009: 68-73)
Afwijking na 2 weken	-353 <sup>1</sup>	-63	-248
Afwijking na 4 weken	58	-27	-52
Afwijking na 2 weken (gem. conc.) <sup>2</sup>	-71	-41	-71
Afwijking na 4 weken (gem. conc.)	6	-24	-52

<sup>1</sup>: indien de concentratie aan verontreiniging in de diffusiesampler lager is dan de concentratie bij reguliere bemonstering is in de tabel een negatieve waarde weergegeven

<sup>2</sup>: gerekend met de gemiddelde concentratie van de standaard bemonsteringsmethode

Uit tabel 4 blijkt dat:

- er na twee weken verblijftijd een zeer grote verschil tussen beide methoden is;
- het verschil na vier weken verblijftijd sterk gereduceerd is ten opzichte van een verblijftijd van twee weken;
- het verschil toeneemt naarmate de concentratie aan verontreiniging stijgt.



figuur 4: verschil na 4 weken verblijftijd diffusiesamplers

### Evaluatie proef 1

Het verschil in verblijftijd en de concentratie aan verontreiniging in de diffusiesamplert is significant. Hierbij is het concentratieverschil aan per tussen beide methoden na vier weken kleiner dan na twee weken. Bij hogere concentraties aan per neemt het concentratieverschil tussen de diffusiesamplert- en de reguliere bemonstering toe.

### 3.2 Proef 2

In tabel 5 zijn de concentraties aan per ten opzichte van de locatie van de diffusiesamplert weergegeven. Hieruit blijkt een significant concentratieverschil per diepte. Dit onderzoek wijst uit dat met behulp van diffusiesamplers concentratieverschillen op verschillende diepten aantoonbaar zijn. Hierdoor kan op 0,5 meter nauwkeurig (lengte diffusiesamplert 0,3 meter; diffusiemarge 0,2 meter) worden vastgesteld wat de concentratie aan verontreiniging is. Uit de analysesresultaten wordt vastgesteld dat bemonstering door middel van diffusiesamplers een *puntbemonstering* betreft.

tabel 5: concentraties aan tetrachlooretheen per locatie in het filter

Filter (m -mv.)	Diepte (m -mv.)	Concentratie per (µg/l)	Vershil (µg/l)
1009 (59-64)	-59	420	320
	-64	740	
1009 (68-73)	-68	1.800	400
	-73	1.400	
1009 (77-82)	-77	37	35
	-82	2,3	

tabel 6: verschil reguliere- en diffusiesamplertbemonstering

Filter (m -mv.)	Diffusiesamplers	Reguliere bemonstering	Vershil t.o.v. reguliere bemonstering (%)
	Gemiddelde concentratie per (µg/l)	Concentratie per (µg/l)	
1009 (59-64)	580	980	-41
1009 (68-73)	1.600	3.100*	-48
1009 (77-82)	20	23	-15

\*: analysesresultaat was een uitbijter. Derhalve zijn de concentraties aan per uit proeven 1 en 3 gebruikt.

In tabel 6 zijn de analysesresultaten en het procentuele verschil tussen beide bemonsteringsmethoden weergegeven. Hierbij zijn de analysesresultaten van de diffusiesamplers per filter gemiddeld om de concentraties aan elkaar te toetsen. Hieruit blijkt dat er een significant verschil is tussen beide bemonsteringsmethoden.

In proeven 1 en 2 zijn met beide bemonsteringsmethoden na een periode van vier weken het gehalte aan per in het grondwater gemeten. Hieruit blijkt dat beide bemonsteringsmethode reproduceerbare waarden geven (zie tabel 7).

tabel 7: reproduceerbaarheid (concentratie per in  $\mu\text{g/l}$ ; periode: vier weken)

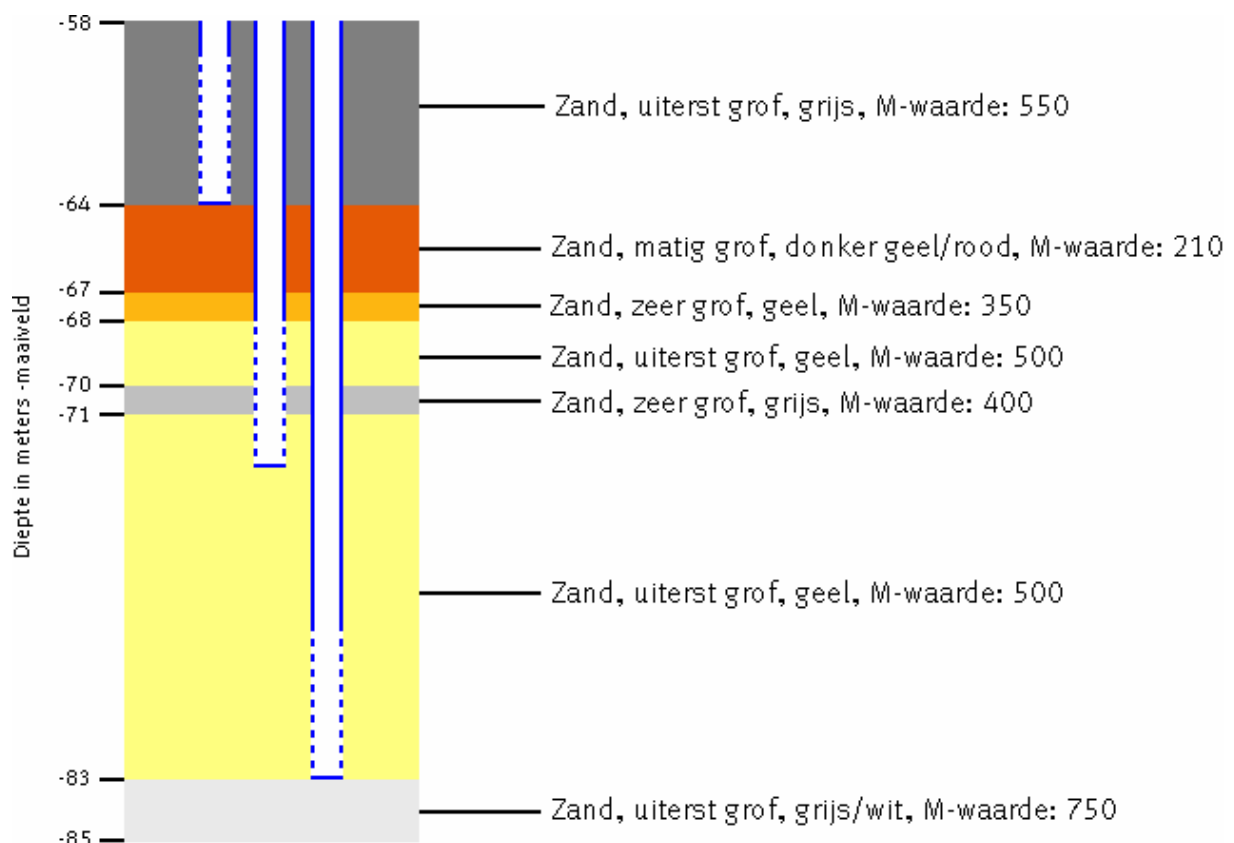
Filter (m -mv.)	Diffusiesamplers		Reguliere bemonstering	
	Proef 1	Proef 2	Proef 1	Proef 2
1009 (59-64)	660	580	900	980
1009 (68-73)	1.500	1.600	3.100	3.100*
1009 (77-82)	19	20	12	23

\*: analysesresultaat was een uitbijter. Derhalve zijn de concentraties aan per uit proeven 1 en 3 gebruikt.

In figuur 5 is de bodemopbouw weergegeven waar de demonstratie is uitgevoerd (peilbuis 1009). De bodem bestaat uit matig tot uiterst grof zand. De zandfractie is uitgedrukt in de zandmediaan. Dit is de korrel diameter ten opzichte waarvan de helft van de massa aan zandkorrels uit het grondmonster uit grotere korrels bestaat en de diameter van de andere helft van de korrels uit het monster kleiner is.

Ter plaatse van het filter op een diepte van 68 tot 73 m -mv. zijn 2 verschillende zandlagen aanwezig, namelijk zeer grof grijs zand en uiterst grof geel zand. De andere filters staan ieder in één zandlaag (uiterst grof grijs/wit zand).

Uit het boorprofiel [10] zijn geen duidelijke aanwijzingen waarom een verschil in concentratie optreedt boven- en onderin het filter. Door gelaagdheid in de bodem kunnen concentratieverschillen per bodemlaag ontstaan. Gelaagdheid heeft effect op de stroomsnelheid van het grondwater. Dit kan een reden zijn waardoor concentratieverschillen optreden binnen één filter.



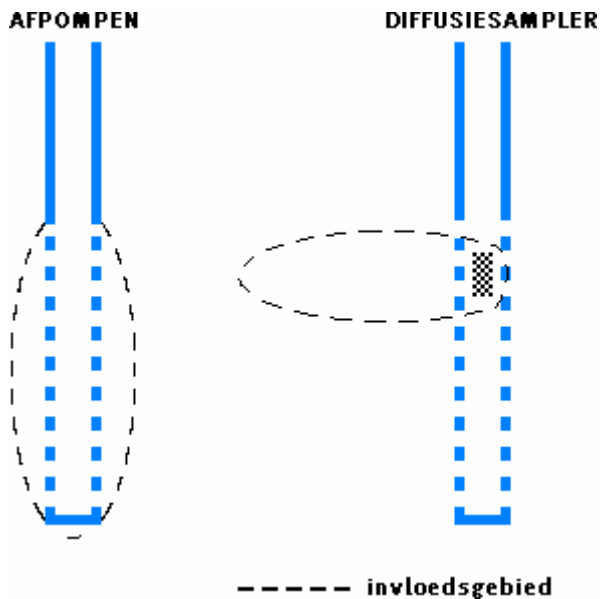
figuur 5: boorbeschrijving en filterstelling peilbuis 1009



## Evaluatie proef 2

Met behulp van diffusiesamplers is op circa 0,5 meter nauwkeurig de concentratie op een bepaalde diepte te bepalen. De analyseresultaten geven geen aanleiding tot het vermoeden dat een peilbuis als DNAPL- 'trap' zou fungeren.

In figuur 6 is het invloedsgebied van het bemonsterde grondwater schematisch weergegeven voor de reguliere bemonsteringsmethode (afpompen) en de diffusiesamplermethode. Uit figuur 6 blijkt dat bij het afpompen van het filter het grondwater rondom het gehele filter wordt bemonsterd. Dit kan worden gezien als een trajectbemonstering. Bij gebruik van diffusiesamplers is het verticaal invloedsgebied circa 50 cm. In verhouding met de lengte van het filter en de diepte van de bemonstering, betreft het een puntbemonstering.



figuur 6: invloedsgebied reguliere bemonsteringsmethode (afpompen) en diffusiesamplermethode

### 3.3 Proef 3

In tabel 8 zijn de gemeten concentraties aan per met beide bemonsteringsmethoden weergegeven. In tabel 9 en tabel 10 zijn het concentratieverschil ten opzichte van de verblijftijd respectievelijk het procentuele verschil hiervan weergegeven.

tabel 8: concentraties aan tetrachlooretheen bij diffusiesamplermethode en reguliere bemonstering

Filter (m –mv.)	Diffusiesamplermethode	Reguliere methode	Verskil (%)
	Concentratie per (µg/l)	Concentratie per (µg/l)	
1009 (59-64)	790	570	28
1009 (68-73)	2.700	3.100	-15
1009 (77-82)	120	77	36

tabel 9: concentratieverschillen diffusiesamplermethode en reguliere bemonstering t.o.v. verblijftijd

#### Diffusiesamplermethode

Filter (m –mv.)	2 weken	4 weken	4 maanden
	Concentratie per (µg/l)	Concentratie per (µg/l)	Concentratie per (µg/l)
1009 (59-64)	510	660	790
1009 (68-73)	920	1.500	2.700
1009 (77-82)	5	19	120

#### Reguliere methode

Filter (m –mv.)	2 weken	4 weken	4 maanden
	Concentratie per (µg/l)	Concentratie per (µg/l)	Concentratie per (µg/l)
1009 (59-64)	830	900	570
1009 (68-73)	3.200	3.100	3.100
1009 (77-82)	24	12	77

tabel 10: procentueel verschil tussen diffusiesampler- en reguliere bemonstering t.o.v. verblijftijd

Filter (m –mv.)	Verblijftijd		
	2 weken	4 weken	4 maanden
	Vershil (%)	Vershil (%)	Vershil (%)
1009 (59-64)	-63	-36	28
1009 (68-73)	-248	-107	-15
1009 (77-82)	-353	37	36

Uit de bovenstaande tabellen blijkt dat naarmate de diffusiesampler langer in het filter verblijft, het verschil in concentratie aan per tussen de diffusiesampler- en de reguliere bemonsteringsmethode kleiner wordt.

De concentratie aan per bij reguliere bemonstering blijft over de gehele demonstratieperiode vrijwel constant, bij de diffusiesamplermethode neemt de concentratie toe.

De diffusiesampler is visueel beoordeeld op het voorkomen van bacteriegroei en/of neerslagen in de diffusiesampler. Uit deze visuele inspectie blijkt dat er geen bacteriegroei is aan het membraan en het beschermingsnet rond het membraan. In de diffusiesampler zijn geen aanwijzingen dat er neerslagen zijn gevormd. De diffusiesampler kan zonder problemen voor langere tijd in het filter geplaatst worden. Opgemerkt wordt dat de proef is uitgevoerd in een omgeving waarbij de bodem uit zand bestaat. Indien de bodem meer humusrijk is, zou de kans op bacteriegroei, op lange termijn, groter kunnen zijn.

### Evaluatie proef 3

Bemonstering met diffusiesamplers blijkt over een periode van enkele maanden vergelijkbare resultaten op te leveren als bemonstering middels afpompen. Opgemerkt wordt dat bemonstering met diffusiesamplers een puntbemonstering betreft. Reguliere bemonstering middels afpompen van het grondwater is geen puntbemonstering.

Na een periode van circa vier maanden is geen negatieve beïnvloeding van het membraan door bijvoorbeeld bacteriegroei of residuvorming in de diffusiesampler waargenomen.

### 3.4 Macroparameters

In alle proeven zijn bij beide bemonsteringsmethode een aantal macroparameters gemeten (zie bijlage 2), namelijk:

- Zuurgraad (pH);
- Elektrisch geleidingsvermogen (EC);
- Redoxpotentiaal;
- Zuurstofgehalte (alleen bij de reguliere bemonsteringsmethode).

Deze parameters geven een eerste indicatie over de heersende bodemcondities. Bij biologische afbraak van verontreinigingen zijn de bodemcondities belangrijk. Indien door diffusie deze bodemcondities ook in de diffusiesampler gaan heersen, continueert eventueel optredende biologische afbraak. Dit heeft gevolgen voor de gemeten concentraties aan verontreinigende stoffen in de diffusiesampler.

Uit de proeven blijkt dat de macroparameters niet veranderen in de diffusiesamplers met uitzondering van de EC. De EC wordt bepaald door de aanwezigheid van oplosbare zouten (anorganische stoffen). Deze diffunderen niet door het membraan.

Ten aanzien van de zuurgraad en de redoxpotentiaal wordt opgemerkt dat voor het gedemineraliseerde water en het natuurlijke grondwater nauwelijks verschillen zijn aangetoond.

## 4 Evaluatie demonstratie

De werking en de toepasbaarheid van diffusiesamplers is gedemonstreerd door middel van drie proeven. Deze twee aspecten van de diffusiesampler worden in dit hoofdstuk besproken.

### *Algemeen*

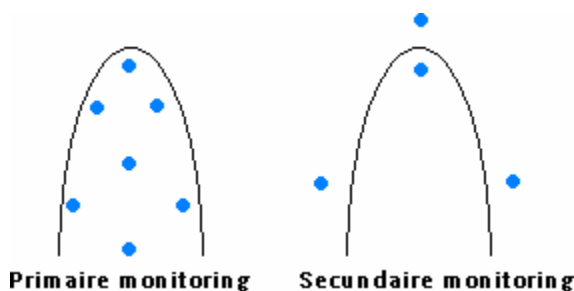
De meest gebruikte grondwaterbemonsteringsmethode berust op het afpompen van het grondwater. Hiervoor zijn normen opgesteld (bijvoorbeeld NEN 5745 [11]) die een mate van betrouwbaarheid en reproduceerbaarheid waarborgen van de bemonstering. Voor diffusiesamplers bestaat zo'n norm in Nederland (nog) niet.

Door het verschil in bemonsteringstechniek tussen de reguliere bemonsteringsmethode en de diffusiesamplermethode, is geen uitspraak te doen welke methode goed of fout is. Dit wordt versterkt door de heterogeniteit van de bodem waardoor concentratieverschillen kunnen ontstaan.

### *Diffusie*

De bemonstering van grondwater met diffusiesamplers berust op het diffunderen van stoffen in en uit de diffusiesampler. De tijd die nodig is voordat een stof vanuit het grondwater in de diffusiesampler diffundeert is afhankelijk van een aantal fysische factoren (zie paragraaf 2.1). Het doel is om een evenwicht te bereiken van de concentratie aan de stof in het grondwater en in de diffusiesampler. De demonstratie heeft uitgewezen dat een verblijftijd van circa twee weken in de peilbuis te kort is voor het bereiken van een evenwicht. In tegenstelling tot laboratorium- en veldonderzoeken met diffusiesamplers in Amerika wordt het evenwicht dus niet bereikt in een periode van twee tot 14 dagen. Na circa vier weken verblijftijd in de peilbuis is een hogere concentratie aan tetrachlooretheen gemeten in de diffusiesamplers in vergelijking met twee weken verblijftijd. Na circa vier maanden verblijftijd zijn de concentraties aan tetrachlooretheen in de diffusiesampler vergelijkbaar met de reguliere bemonsteringsmethode. Diffusiesamplers zijn hierdoor geschikt voor langdurige monitoring. Deze resultaten zijn behaald bij de Mechanisch Centrale Werkplaats te Leusden, waarbij de metingen in de pluim zijn verricht (pluimgerichte of verifiërende monitoring). In situatie waarbij buiten de pluim wordt gemonitord (omgevingsgerichte of signalerende monitoring), ter controle van de verplaatsing van de pluim (stabiele eindsituatie), kan met zowel een korte als lange bemonsteringstijd worden volstaan (zie figuur 7). Een dergelijke meting heeft een kwalitatief doel (ja/nee antwoord), waarbij gesignaleerd wordt of de pluim zich verplaatst.

Organische stoffen hebben de neiging te adsorberen aan organische materialen. Het membraan is gemaakt van LDPE (Low Density PolyEthylene). Hierdoor bestaat de kans dat adsorptie optreedt aan het membraan. Tijdens de demonstratie en in de literatuur [1, 5] zijn geen aanwijzingen die duiden op significante adsorptie aan het membraan.



figuur 7: voorbeelden van een verifiërende en signalerende monitoring

### *Bemonstering*

Het grondwater dat het filter van de peilbuis passeert maakt deels contact met de diffusiesampler. Het grondwater dat boven en onder de diffusiesampler passeert heeft nauwelijks invloed op het diffusieproces. Door deze wetenschap betreft een bemonstering met diffusiesamplers een puntbemonstering: stoffen in de directe omgeving van de diffusiesampler diffunderen hierin. Bij een 'reguliere bemonstering' middels een (onderwater)pomp (volgens de geldende normen) worden grote hoeveelheden grondwater afgepompt. Hierbij wordt het water bóven het filter (stijgbuis), het grondwater ter plaatse van de gehele

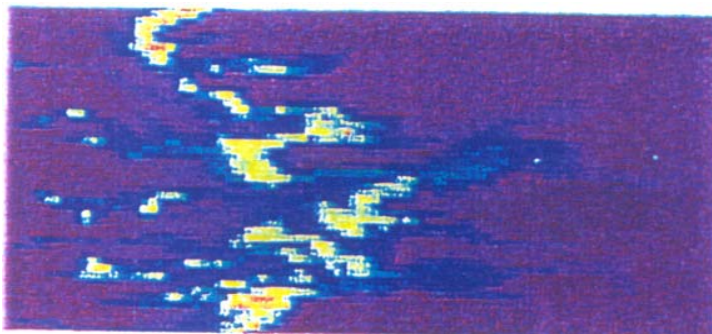
lengte van het filter én een hoeveelheid in de omgeving van het filter afgepompt. Deze bemonsteringswijze betreft geen puntbemonstering, maar een gemiddelde monstername van het grondwater over de gehele lengte van het filter. Hierbij geldt dat er gemakkelijker (en dus meer) water onttrokken wordt uit goed doorlatende bodemlagen. Hierdoor kunnen verschillen ontstaan in de gemeten concentraties aan stoffen.

In figuur 8 is schematisch weergegeven wat het effect is van gelaagdheid in de bodem op de doorlatendheid. Hierdoor ontstaan concentratieverschillen in bepaalde trajecten in de bodem. Indien een lang filter wordt gebruikt ( $> 2$  m) kunnen deze concentratieverschillen bij puntbemonstering waarneembaar zijn. Indien geen puntbemonstering wordt gebruikt worden deze verschillen gemiddeld en heeft de best doorlatende laag de grootste invloed op de gemeten concentratie.

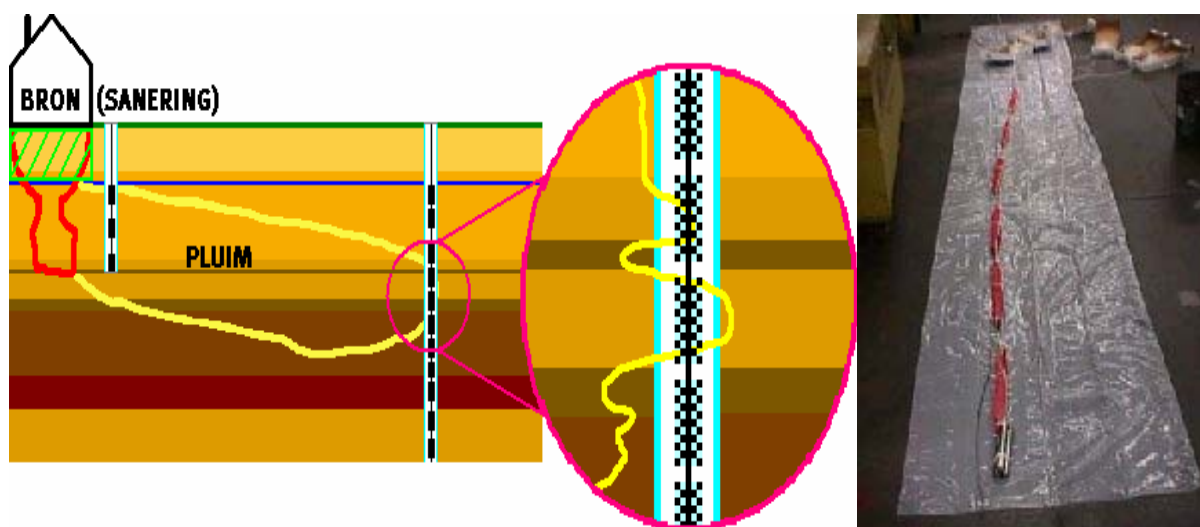
Bij het gebruik van diffusiesamplers, die op elke gewenste positie in het filter geplaatst kunnen worden, zijn deze concentratieverschillen te meten. In de demonstratie zijn op verschillende hoogtes in het filter diffusiesamplers geplaatst. Hierbij is een significant concentratieverschil waargenomen boven- en onderin het filter.

Het bodemprofiel op de locatie vertoont verschillende bodemlagen. Hieruit kan echter het verschil in concentratie boven- en onderin het filter niet eenduidig worden verklaard.

Door de afmetingen van de (gebruikte) diffusiesamplers (30 cm) kan met een nauwkeurigheid van circa 0,5 m de concentratie aan te onderzoeken stoffen worden bepaald. Door meerdere diffusiesamplers onder elkaar te plaatsen is een concentratieprofiel weer te geven (zie figuur 9).



figuur 8: verschil in doorlatendheid in verschillende bodemlagen



figuur 9: meerdere diffusiesamplers per peilbuis

Uit onderzoek [5, 6, 12] blijkt dat bij gebruik van diffusiesamplers een voldoende hoge grondwatersnelheid noodzakelijk is. Hierdoor stroomt het verontreinigd grondwater met een constante snelheid door het filter en wordt een evenwicht ingesteld met de watervoerende laag. Bij een te lage grondwatersnelheid bestaat de kans dat door bijvoorbeeld vervluchtiging of convectie verlies aan verontreiniging optreedt. De grondwatersnelheid bij de locatie waar de demonstratie is uitgevoerd ligt tussen 25 en 50 m/jaar. Het grondwater in het filter is hierdoor tijdens de demonstratie in ruime mate ververst.

Een groot voordeel van het gebruik van diffusiesamplers is het ontbreken van het afpompen van het grondwater. Dit levert naast tijdsbesparing een reductie aan handelingen op. Tijdens het afpompen wordt met een relatief grote snelheid het grondwater afgepompt. Dit geldt met name bij afpompen op grote diepte. Bij een te grote afpompsnelheid treedt verstoring van het grondwaterkwaliteit op, die zich pas na enige tijd herstelt naar de oorspronkelijke situatie. Dit kan invloed hebben op de gemeten concentraties aan verontreinigingen.

Bij bemonstering op grote diepte kan door drukverschil ontgassing optreden. Dit kan resulteren in een onderschatting van de verontreinigings situatie. Diffusiesamplers ‘vangen’ de vluchtige organische verbindingen in de ballon. Door behoedzaam de diffusiesampler naar het maaiveld te transporteren, is de kans klein dat ontgassing optreedt. Daarnaast laboratoriumonderzoek wijst uit dat er geen verlies aan stoffen optreedt wanneer de diffusiesampler enkele dagen (gekoeld) aan de buitenlucht wordt blootgesteld [1]. Door de diffusiesampler direct na bemonstering naar het laboratorium te vervoeren, neemt de betrouwbaarheid van de gehele monsternamen en analyse toe.

### *Stoffen*

Diffusiesamplers worden momenteel voornamelijk gebruikt voor de bemonstering van vluchtige organische stoffen. Literatuuronderzoek [1, 5, 6] wijst uit dat zware metalen en anorganische stoffen niet door het membraan heen diffunderen. In de demonstratie zijn enkele macroparameters (zuurgraad (pH), elektrisch geleidingsvermogen (EC) en redoxpotentiaal) geanalyseerd bij beide bemonsteringsmethoden. Hieruit blijkt dat de EC in de diffusiesamplers onder de detectiegrens ligt, terwijl bij de reguliere bemonstering wel degelijk EC is gemeten. De hoogte van de EC wordt voornamelijk door zouten bepaald. Uit de demonstratie blijkt dat (anorganische) zouten niet door het membraan van de diffusiesampler heen diffunderen. Hierdoor is deze diffusiesampler niet geschikt voor het monitoren van macroparameters die worden beïnvloed door anorganische stoffen.

Voor de overige parameters (pH en redoxpotentiaal) zijn geen aanwijzingen die duiden op aanname van de heersende bodemcondities in de diffusiesampler. Verwacht wordt dat de verontreiniging en de afbraakproducten, niet verder worden afgebroken in de diffusiesampler. Hierdoor ontstaat een realistisch beeld van de concentraties aan verontreiniging in het grondwater.

### *Geometrie peilbuis – diffusiesampler*

Naast geohydrologische vereisten zoals grondwatersnelheid, zijn de geometrie van de peilbuis, het filter en de diffusiesampler van belang voor een goede monitoring. De peilbuis en het filter moeten volgens de geldende normen geplaatst zijn en een voldoende grote diameter hebben voor het plaatsen van de diffusiesampler.

Diffusiesamplers zijn slechts in enkele verschillende afmetingen verkrijgbaar, waardoor momenteel peilbuizen met een diameter van minimaal 50 mm (2-duims) gebruikt moeten worden. Dit is een niet gangbare maat voor een ‘normaal’ monitoringsnetwerk. De diepte van het filter en de benodigde monsterhoeveelheid voor analyse zijn daardoor de beperkende geometrische factoren van de diffusiesampler.

De inhoud van de sampler moet voldoende zijn om minimaal de analyse op de te onderzoeken verontreinigende stoffen te verrichten. Voor analyse op gechlorideerde koolwaterstoffen is minimaal 100 ml noodzakelijk.

In Nederland wordt momenteel gewerkt aan een type diffusiesampler die in ‘standaard’ peilbuizen (1-duims) gebruikt kunnen worden. Dit vergroot de toepasbaarheid van de diffusiesampler bij andere locaties en brengt geen extra kosten mee bij het gebruik van peilbuizen met een grotere diameter.

### *Certificering en acceptatie methode*

Certificering van (nieuwe) grondwaterbemonsteringmethoden geeft de kwaliteitsborging van een bemonstering aan. Grondwaterbemonstering middels diffusiesamplers wijkt significant af van de geldende norm (NEN 5745 [11]) voor grondwaterbemonstering. De voornaamste afwijking is het ontbreken van het afpompen van de peilbuis.

Het normeren van nieuwe bemonsteringsmethoden geschiedt via de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer (SIKB). Voor het normeren van een nieuwe bemonsteringsmethode, zoals diffusiesampler, bestaat geen protocol (contact SIKB: A. de Groof). Indien een gedegen (wetenschappelijk) onderbouwde notitie wordt ingediend bij het Centraal College van Deskundigen (CCvD) van de SIKB, waarbij de afwijking wordt aangegeven op de geldende norm, kan de nieuwe bemonsteringstechniek worden genormeerd.

Op dit ogenblik is het voorliggende rapport de enige beschrijving van een toepassing met diffusiesamplers in Nederland. Navraag bij de provincie Utrecht omtrent een algemeen standpunt inzake acceptatie van een dergelijke nieuwe meetmethode leert dat op basis van één enkel project hierover door het bevoegd gezag geen uitspraak kan worden gedaan. Daarnaast speelt mee dat voor de huidige toepassingslocatie diverse specifieke omgevingsfactoren een dusdanige rol spelen bij de beoordeling dat voor een meer algemene toepassing meer praktijkervaring noodzakelijk zal zijn. Het bevoegd gezag is overigens wel van mening dat de inzet van diffusiesamplers als controle op de reguliere methoden overwogen zou moeten. Op basis van de toekomstige meetreeksen kan voor het geval MCW Leusden mogelijk in een later stadium alsnog worden overgegaan op een monitoring met alleen met diffusiesamplers.

## 5 Conclusies

In het kader van de eerste tender van de Stichting Kennisontwikkeling Kennisoverdracht Bodem (SKB) in 2004, hebben Ingenieursbureau Oranjewoud B.V. en Hannover Milieu en Veiligheidstechniek (HMVT) een demonstratie uitgevoerd. Deze demonstratie betrof het onderzoeken van de toepassingsmogelijkheden van diffusiesamplers bij een verontreiniging met vluchtige gechloreerde koolwaterstoffen. De demonstratie is in de periode september 2004 tot en met maart 2005 uitgevoerd. Het onderzoek is verricht in Leusden, ter plaatse van de Mechanisch Centrale Werkplaats van de Dienst Gebouwen, Werken & Terrein van het Ministerie van Defensie.

De demonstratie is uitgevoerd middels drie afzonderlijke proeven, waarbij de werking, toepassingsmogelijkheden en betrouwbaarheid van diffusiesamplers zijn onderzocht. Parallel aan de bemonstering met diffusiesamplers zijn reguliere bemonsteringen (middels afpompen) uitgevoerd. De resultaten van beide bemonsteringsmethoden zijn aan elkaar getoetst.

### *Verblijftijd*

Na een verblijftijd van twee weken is een significante verschil ten opzichte van de reguliere bemonsteringsmethode aanwezig. Dit verschil verkleint na een periode van vier weken. Na enkele maanden zijn vergelijkbare concentraties aan verontreinigende stoffen gemeten tussen de diffusiesampler- en reguliere bemonsteringsmethode. In deze periode is geen beïnvloeding van het membraan, zoals bacteriegroei en residuvorming, geconstateerd die de werking van het membraan verstoort. Bemonstering met diffusiesamplers is met name geschikt voor langdurige monitoring, waarbij één à twee keer per jaar wordt bemonsterd.

### *Locatie*

Gelaagdheid in de bodem heeft effect op de doorlatendheid van grondwater in de bodem. Hierdoor ontstaan concentratieverschillen in bepaalde trajecten van de bodem. Met behulp van diffusiesamplers kunnen concentratieverschillen op verschillende diepten gemeten worden. Met een nauwkeurigheid van circa 0,5 meter kan worden vastgesteld wat de concentratie aan verontreiniging is. Bemonstering met diffusiesamplers betreft puntbemonstering.

### *Toepasbaarheid*

Uit de demonstratie blijkt dat een diffusiesampler een goedkoop en makkelijk toepasbare bemonsteringsmethode is om een mobiele organische verontreiniging te monitoren. De eenvoud van het gebruik van de diffusiesampler resulteert in een reductie in tijd (en geld) en het aantal handelingen voor de uitvoering van een bemonstering.

Momenteel kan de diffusiesampler slechts in een twee duims peilbuis geplaatst worden, echter in Nederland wordt momenteel gewerkt aan een type dat in elke standaard één duims peilbuis gebruikt kan worden.

### *Kwaliteit*

De resultaten die zijn behaald met de diffusiesamplers zijn reproduceerbaar. In combinatie met het beperkte aantal te verrichte handelingen, is bemonstering met diffusiesamplers een betrouwbare methode.

## 6 Aanbevelingen

Tijdens de demonstratie is een aantal aspecten van de diffusiesampler onderzocht. Deze resultaten geven een eerste aanzet geven voor toepassing bij de monitoring van vluchtige organische verbindingen in het grondwater. De ervaringen en resultaten van demonstratie hebben een aantal aanbevelingen gegenereerd die bij een verder vervolgonderzoek aandacht verdienen. Deze zijn in onderstaande punten beschreven.

Aanbevolen wordt om:

- een vergelijkend onderzoek uit te voeren waarbij bijvoorbeeld kogelklepbemonstering (puntbemonstering) wordt verricht in het filter. Hierdoor zijn de resultaten van de diffusiesamplermethode (puntbemonstering) en de kogelklepbemonstering beter te vergelijken dan wanneer een trajectbemonstering wordt verricht (afpompen; traject is de lengte van het filter);
- nader onderzoek te verrichten op laboratorium- én veldschaal naar de werking (diffusiekarakteristieken) en de termijn waarbij een evenwicht wordt bereikt. Bij het veldexperiment ligt de nadruk op het verrichten van onderzoek bij verschillende grondwatersnelheden en grondsoorten (bodempopbouw). Middels dit onderzoek wordt het inzicht in de toepasbaarheid van de diffusiesamplers op verschillende locaties vergroot;
- afbraakproducten te monitoren middels diffusiesamplers. Indien (gestimuleerde) natuurlijke afbraak optreedt is het belangrijk om de concentraties aan afbraakproducten te monitoren ten behoeve van een (eventuele) monitoringsplan, sanering en/of nazorgprogramma;
- diffusiekarakteristieken van andere organische mobiele verontreinigingen te onderzoeken;
- diffusiesamplers voor te dragen voor certificeren en op te nemen in een norm (bijvoorbeeld NEN) voor grondwaterbemonstering;
- afstemming met laboratoria omtrent aanleveren van de diffusiesampler ter voorkoming van onnodige handelingen die de betrouwbaarheid verkleinen;
- de resultaten uit deze demonstratie te koppelen aan het SKB project omtrent sorbisamplers.



## Literatuurlijst

- [1] Vroblesky, D.A. (2001); Equilibration times, compound selectivity, and stability of diffusionsamplers for collection of ground-water VOC concentrations; *Advances in Environmental Research*
- [2] Smith, J. (2003); *Comprehensive Drinking Water Testing Now Offered*; CAS Connection
- [3] Nicholas, G. et al (2002); *Passive Diffusion Bag (PDB) Samplers*; ITRC
- [4] Lacas, C. et al (2002); *Passive Diffusion Bag Samplers for VOC Sample Collection from Groundwater Monitoring Wells*; NEWMOA
- [5] Britt, S. et al (2004); *Technical and Regulatory Guidance for Using Polyethylene Diffusion Bag Samplers to Monitor Volatile Organic Compounds in Groundwater*; ITRC
- [6] Vroblesky, D.A. (2001); *User's Guide for Polyethylene-Based Passive Diffusion Bag Samplers to Obtain Volatile Organic Compounds Concentrations in Wells*; USGS
- [7] Harte, P.T. et al (2000); *Use of passive diffusion samplers for monitoring volatile compounds in ground water*; USGS
- [8] Church, P.E. et al (2002); *Guidance on the Use of Passive-Vapor-Diffusion Samplers to Detect Volatile Organic Compounds in Ground-Water-Discharge Areas, and Example Applications in New England*; U.S. Department of the Interior, U.S.G.S.
- [9] Parker, L.V. et al (2002); *Study of Five Discrete Interval-Type Groundwater Sampling Devices*; US Army Corps of Engineers
- [10] Prins, Th.M. (2001); *Aanvullend grondwateronderzoek pluimzone MCW te Leusden*; Ingenieursbureau Oranjewoud B.V.
- [11] Nederlands Normalisatie-Instituut (1997); *Bodem – Monsterneming van grondwater ten behoeve van de bepaling van vluchtige verbindingen (NEN 5745)*; NEN
- [12] Robin, M.L.J., et al (1987); *Field Evaluation of Well Purging Procedures*; *Ground Water Monitoring Review*

**Bijlagen**

**Bijlage 1: Analysecertificaten**

**Bijlage 1A: Analysecertificaten proef 1**

**Bijlage 1B: Analysecertificaten proef 2**

**Bijlage 1C: Analysecertificaten proef 3**

## Bijlage 2: Overzicht onderzochte stoffen en parameters

Parameter	Eenheid	2 weken						4 weken						4 maanden					
		1009 (59-64)		1009 (68-73)		1009 (77-82)		1009 (59-64)		1009 (68-73)		1009 (77-82)		1009 (59-64)		1009 (68-73)		1009 (77-82)	
		STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF
Tetrachlooretheen (per)	µg/l	830	510	3.200	920	24	5,3	900	660	3.100	1.500	12	19	570	790	3.100	2.700	77	120
Trichlooretheen (tri)	µg/l	1,5	1,4	<	5,0	<	0,2	1,5	<	6,3	<	<	0,1	<	<	<	<	<	<
Cis-1,2-dichlooretheen (cis)	µg/l	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
Trichloormethaan	µg/l	<	<	<	4,8	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
1,2-dichloorethaan	µg/l	<	<	<	<	<	0,14	<	<	<	<	<	<	0,13	<	<	<	<	<
Dichloormethaan	µg/l	2,1	-	<	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	-	7,4	8,1	7,3	7,2	7,2	7,3	7,7	7,3	7,4	6,9	7,3	6,7	7,6	7,0	7,4	6,5	7,3	6,2
EC	µS/cm	130	<	180	<	140	<	150	<	200	<	150	<	160	<	210	<	170	<
Redoxpotentiaal	mV	420	410	450	420	390	410	380	400	370	340	340	310	360	440	370	430	370	390
Zuurstof	mg/l	-	-	-	-	-	-	4,0	-	2,1	-	<	-	5,4	-	2,2	-	0,8	-

## **Tekening**

(PT104-104-S1)



**Bijlage 1A: Analysecertificaten proef 1**



Oranjewoud District Midden  
T.a.v. T. Prins  
Postbus 10044  
1301 AA ALMERE-STAD

**Analysecertificaat**

Datum: 04-10-2004

Hierbij ontvangt u de resultaten van het navolgende laboratoriumonderzoek.

Certificaatnummer	2004068206
Uw projectnummer	147992
Uw projectnaam	MCW Leusden
Uw ordernummer	--
Monster(s) ontvangen	23-09-2004

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.  
Aanvullende informatie behorend bij dit analysecertificaat kunt U vinden in het overzicht "Specificaties Analysemethoden". Extra exemplaren zijn verkrijgbaar bij de afdeling Verkoop en Advies.

De grondmonsters worden tot 6 weken na datum ontvangst gekoeld bewaard en watermonsters tot 2 weken na datum ontvangst. Zonder tegenbericht worden de monsters nadien afgevoerd.  
Indien de monsters langer bewaard dienen te blijven verzoeken wij U dit exemplaar uiterlijk 1 week voor afloop van de standaardbewaarperiode ondertekend aan ons te retourneren. Voor de kosten van het langer bewaren van monsters verwijzen wij naar de prijslijst.

Bewaren tot:  
Datum:

Naam:

Handtekening:

Wij vertrouwen erop uw opdracht hiermee naar verwachting te hebben uitgevoerd, mocht U naar aanleiding van dit analysecertificaat nog vragen hebben verzoeken wij U contact op te nemen met de afdeling Verkoop en Advies.

Met vriendelijke groet,

Analytico Milieu B.V.

Ing. A. Veldhuizen  
Laboratoriummanager

## Analytico Milieu B.V.

Gildeweg 44-46  
3771 NB Barneveld  
P.O. Box 459  
3770 AL Barneveld NL

Tel. +31 (0)34 242 63 00 ABN AMRO 54 85 74 456  
Fax +31 (0)34 242 63 99 VAT/BTW No.  
E-mail info@analytico.com NL 0078.36.333.809  
Site www.analytico.com KvK No. 09088623

Analytico Milieu B.V. is ISO 9001: 2000 gecertificeerd door Lloyd's RQR en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en AMINAL), het Brusselse Gewest (BIM), het Waalse Gewest (DGRNE-DWD) en door de overheden van Frankrijk (MEDD) en Luxemburg (MEV).


**Analysecertificaat**

Uw projectnummer	147992	Certificaatnummer	2004068206
Uw projectnaam	MCW Leusden	Startdatum	23-09-2004
Uw ordernummer	--	Rapportagedatum	04-10-2004/17:29
Datum monstername	23-09-2004	Bijlage	A, B, C, D
Monsternemer	Wolkers TW	Pagina	3/3

Analyse	Eenheid	11	12	13
<b>Vluchtige organische chloorkoolwaterstoffen</b>				
Q Dichloormethaan	µg/L	2.1	<10	1.4
Q Trichloormethaan	µg/L	<1.0	<10	<0.10
Q Tetrachloormethaan	µg/L	<1.0	<10	<0.10
Q Trichlooretheen	µg/L	1.5	<10	<0.10
Q Tetrachlooretheen	µg/L	830	3200	24
Q 1,1-Dichloorethaan	µg/L	<1.0	<10	<0.10
Q 1,2-Dichloorethaan	µg/L	<1.0	<10	<0.10
Q 1,1,1-Trichloorethaan	µg/L	<1.0	<10	<0.10
Q 1,1,2-Trichloorethaan	µg/L	<1.0	<10	<0.10
Q cis 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<1.0	<10	<0.10
Q trans 1,2-Dichlooretheen	µg/L	<1.0	<10	<0.10
Q 1,2-Dichloorethenen (som)	µg/L	--	--	--
Q CKW (som)	µg/L	840 3)	3200 4)	25
<b>Diversen</b>				
Redoxpotential	mV	420	450	390
<b>Fysisch-chemische analyses</b>				
Geleidingsvermogen	µS/cm	130	180	140
EC-meettemperatuur	°C	19.2	18.2	19.1
EC-temp. corr. factor (mathematisch)		1.137	1.163	1.139
Q Geleidingsvermogen 25°C	µS/cm	150	210	160
Q Geleidingsvermogen 25°C	mS/m	15	21	16
Q pH		7.4	7.3	7.2
pH (meettemperatuur)	°C	19.5	19.4	19.9

**Nr. Monsteromschrijving**

11	1009 (59.00-64.00)
12	1009 (66.00-73.00)
13	1009 (77.00-82.00)

**Analytico-nr.**

1801846
1801847
1801848

Analytico Milieu B.V.

 Gildeweg 44-46  
 3771 NB Barneveld  
 P.O. Box 459  
 3770 AL Barneveld NL

 Tel. +31 (0)34 242 63 00  
 Fax +31 (0)34 242 63 99  
 E-mail info@analytico.com  
 Site www.analytico.com

 ABN AMRO 54 85 74 456  
 VAT/BTW No.  
 NL 0078.36.533.809  
 KVK No. 09088623

 Q: door RvA geaccrediteerde verrichting  
 R: AP04 geaccrediteerde verrichting

Dit certificaat mag uitsluitend in zijn geheel worden gereproduceerd.

**Accoord**  
**Pr.coörd.**  
*PN*


Analytico Milieu B.V. is ISO 9001: 2000 gecertificeerd door Lloyd's RQR en erkend door het Vlaamse Gewest (OVAM en AMINAL), het Brusselse Gewest (DIM), het Waalse Gewest (DGRNE-OWD) en door de overheden van Frankrijk (MIDD) en Luxemburg (MEV).

**Bijlage (C) met methodeverwijzingen behorende bij analysecertificaat 2004068206**

Pagina 1/1

Analyse	Methode	Techniek	Referentiemethode
Gechl. koolwaterstoffen (CKW)	W0254	HS-GC-MS	Cf. NEN-EN-ISO 10301/CMR 3/E
CKW : Vinylchloride HS	W0254	HS-GC-MS	CMR 3/E
Geleidingsvermogen	W0506	Conductometrie	Conform NEN-ISO 7888
Zuurgraad (pH)	W0524	Potentiometrie	Conform NEN 6411

Nadere informatie over de toegepaste onderzoeksmethoden alsmede een classificatie van de meetonzekerheid staan vermeld in ons overzicht "Specificaties analysemethoden", versie januari 2004

**Analytico Milieu B.V.**

Gildeweg 44-46  
3771 NB Barneveld  
P.O. Box 459  
3770 NL Barneveld NL

Tel. +31 (0)34 242 63 00  
Fax +31 (0)34 242 63 99  
E-mail [info@analytico.com](mailto:info@analytico.com)  
Site [www.analytico.com](http://www.analytico.com)

ABN AMRO 54 85 74 486  
VAT/BTW No.  
NL 0075.36.533.809  
KVK No. 09085623

Analytico Milieu B.V. is ISO 9001: 2000 gecertificeerd door Lloyd's RQA en erkend door het Vlaamse Gewest (GVAM en AMINAL), het Brusselse Gewest (BIM), het Waalse Gewest (GRNE-OWD) en door de overheden van Frankrijk (MEDD) en Luxemburg (MEV).



ORANJEWOUD ING.BUREAU  
Chris Mels  
Postbus 10044  
1301 AA Almere-Stad

Hoogvliet, 12-10-2004

Geachte Chris Mels,

Hierbij zenden wij u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek van het door u aangeboden monstermateriaal met de bij de monsterspecificatie weergegeven beschrijving.  
Deze resultaten hebben betrekking op :

Uw projektnaam : SKB MCW  
Uw projektnummer : 145179  
ALcontrol rapportnummer : 04414H7

Dit analyserapport bestaat uit een begeleidende brief, 3 resultaatbijlagen en eventuele informatieve bijlagen. De bijlagen hebben betrekking op de analyseresultaten, toegepaste analysemethoden, aangeleverde verpakkingen, monsternamedatum, oliechromatogrammen en mogelijke geconstateerde afwijkingen. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport.  
Uitgebreide informatie over de toegepaste analysemethoden kunt u terugvinden in onze informatiegids, uitgave 2004.

Indien u vragen en/of opmerkingen heeft naar aanleiding van deze resultaten, verzoeken wij u contact op te nemen met de afdeling Customer Services.  
Alleen vermenigvuldiging van het hele rapport is toegestaan.

Hoogvliet,

Vertrouwende u met deze informatie van dienst te zijn, verblijven wij  
Hoogachtend,

drs. M.G.M. Groenewegen  
Business Manager Milieu

voor deze:



ORANJEWOUD ING.BUREAU  
 Chris Mels

Projectnaam : SKB MCW  
 Projectnummer : 145179  
 Datum opdracht : 07-10-2004  
 Startdatum : 07-10-2004

Rapportnummer : 04414H7  
 Rapportagedatum : 12-10-2004

Analyse	Eenheid	X01	X02	X03
pH	-	8.1	7.2	7.3
Geleidingsvermogen (EC)	uS/cm	<20	<20	<20
temperatuur t.b.v. pH	C	20	19	19
<b>GEHALOGENEERDE KOOLWATERSTOFFEN</b>				
1,2-dichloorethaan	ug/l	<1 #	<4 #	0.14
cis 1,2-dichlooretheen	ug/l	<1 #	<4 #	<0.1
tetrachlooretheen	ug/l	510	920	5.3
tetrachloormethaan	ug/l	<1 #	<4 #	<0.1
1,1,1-trichloorethaan	ug/l	<1 #	<4 #	<0.1
1,1,2-trichloorethaan	ug/l	<1 #	<4 #	<0.1
trichlooretheen	ug/l	1.4	5.0	0.2
chloroform	ug/l	<1 #	4.8	<0.1
<b>CHLOORBENZENEN</b>				
monochloorbenzeen	ug/l	<2 #	<8 #	<0.2
dichloorbenzenen	ug/l	<2 #	<8 #	<0.2
<b>DIVERSE NATCHEMISCHE BEPALINGEN</b>				
redoxpotentiaal	mV	410	420	410

Kode	Monstersoort	Monsterspecificatie
X01	grondwater	1009 (59-64)
X02	grondwater	1009 (68-73)
X03	grondwater	1009 (77-82)





ORANJEWOUD ING.BUREAU  
Chris Mels

Projektnaam : SKB MCW  
Projektnummer : 145179  
Datum opdracht : 07-10-2004  
Startdatum : 07-10-2004

Rapportnummer : 04414H7  
Rapportagedatum : 12-10-2004

# Opmerkingen

Monster X001 1009 (59-64)

monochloorbenzeen De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.  
dichloorbenzenen Idem  
chloroform Idem  
tetrachloormethaan Idem  
1,2-dichloorethaan Idem  
cis 1,2-dichlooretheen Idem  
1,1,1-trichloorethaan Idem  
1,1,2-trichloorethaan Idem  
Monster X002 1009 (68-73)

monochloorbenzeen De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.  
dichloorbenzenen Idem  
tetrachloormethaan Idem  
1,2-dichloorethaan Idem  
cis 1,2-dichlooretheen Idem  
1,1,1-trichloorethaan Idem  
1,1,2-trichloorethaan Idem





ORANJEWOUDE ING. BUREAU  
 Chris Mels

Projektnaam : SKB MCW  
 Projektnummer : 145179  
 Datum opdracht : 07-10-2004  
 Startdatum : 07-10-2004

Rapportnummer : 04414H7  
 Rapportagedatum : 12-10-2004

Analyse	Monstersoort	Relatie tot norm
pH	grondwater	Conform NEN 6411
Geleidingsvermogen (EC)	grondwater	Conform NEN-ISO 7888
1,2-dichloorethaan	grondwater	Conform NEN 6407, online purge&trap GC-MS
cis 1,2-dichlooretheen	grondwater	Idem
tetrachlooretheen	grondwater	Idem
tetrachloormethaan	grondwater	Idem
1,1,1-trichloorethaan	grondwater	Idem
1,1,2-trichloorethaan	grondwater	Idem
trichlooretheen	grondwater	Idem
chloroform	grondwater	Idem
monochloorbenzeen	grondwater	Idem
dichloorbenzenen	grondwater	Idem
redoxpotentiaal	grondwater	Conform DIN 38-404 deel 6 *

De met een \* gemerkte analyses vallen niet onder de RvA erkenning.

Mnstr Barcode Aanlevering Monstername Verpakking

X01	g5035404	07-10-04	07-10-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0142448	07-10-04	07-10-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X02	g5035398	07-10-04	07-10-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0142447	07-10-04	07-10-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X03	g5035408	07-10-04	07-10-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0142424	07-10-04	07-10-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)







ORANJEWOUDE ING. BUREAU  
Chris Mels  
Postbus 10044  
1301 AA Almere-Stad

Hoogvliet, 28-10-2004

Geachte Chris Mels,

Hierbij zenden wij u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek van het door u aangeboden monstermateriaal met de bij de monsterspecificatie weergegeven beschrijving. Deze resultaten hebben betrekking op :

Uw projektnaam : SKB DIFF. SAMPLERS MCW LEUSDEN  
Uw projektnummer : 145179

ALcontrol rapportnummer : 044346A

Dit analyserapport bestaat uit een begeleidende brief, 3 resultaatbijlagen en eventuele informatieve bijlagen. De bijlagen hebben betrekking op de analyseresultaten, toegepaste analysemethoden, aangeleverde verpakkingen, monsternamedatum, oliechromatogrammen en mogelijke geconstateerde afwijkingen. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport. Uitgebreide informatie over de toegepaste analysemethoden kunt u terugvinden in onze informatiegids, uitgave 2004.

Indien u vragen en/of opmerkingen heeft naar aanleiding van deze resultaten, verzoeken wij u contact op te nemen met de afdeling Customer Services. Alleen vermenigvuldiging van het hele rapport is toegestaan.

Hoogvliet,

Vertrouwende u met deze informatie van dienst te zijn, verblijven wij  
Hoogachtend,

drs. M.G.M. Groenewegen  
Business Manager Milieu

voor deze:



ORANJEWOLD ING.BUREAU  
 Chris Mels

Projectnaam : SKB DIFF. SAMPLERS MCW LEUSDEN  
 Projektnummer : 145179  
 Datum opdracht : 22-10-2004  
 Startdatum : 22-10-2004

Rapportnummer : 044346A  
 Rapportagedatum : 28-10-2004

Analyse	Eenheid	X01	X02	X03	X04	X05	X06
pH	-	7.3	7.7	6.9	7.4	6.7	7.3
Geleidingsvermogen (EC)	µS/cm	<20	150	<20	200	<20	150
temperatuur t.b.v. pH	°C	14	14	15	13	14	13
<b>GEHALOGENEERDE KOOLWATERSTOFFEN</b>							
1,2-dichloorethaan	ug/l	<1 #	<1 #	<4 #	<4 #	0.13	<0.1
cis 1,2-dichlooretheen	ug/l	<1 #	<1 #	<4 #	6.3	<0.1	<0.1
1,2-dichloorpropaan	ug/l	<5 #	<5 #	<20 #	<20 #	<0.5	<0.5
tetrachlooretheen	ug/l	660	900	1500	3100	19	12
tetrachloormethaan	ug/l	<1 #	<1 #	<4 #	<4 #	<0.1	<0.1
1,1,1-trichloorethaan	ug/l	<1 #	<1 #	<4 #	<4 #	<0.1	<0.1
1,1,2-trichloorethaan	ug/l	<1 #	<1 #	<4 #	<4 #	<0.1	<0.1
trichlooretheen	ug/l	<1 #	1.5	<4 #	<4 #	0.1	<0.1
chloroform	ug/l	<1 #	<1 #	<4 #	<4 #	<0.1	<0.1
<b>DIVERSE NATCHEMISCHE BEPALINGEN</b>							
zuurstof	mg/l		4.0		2.1		<0.5
redoxpotentiaal	mV	400	380	340	370	310	340

Kode	Monstersoort	Monsterspecificatie
X01	grondwater	1009 (59-64) DIF
X02	grondwater	1009 (59-64) STD
X03	grondwater	1009 (68-73) DIF
X04	grondwater	1009 (68-73) STD
X05	grondwater	1009 (77-82) DIF
X06	grondwater	1009 (77-82) STD





GRANJEWOUD ING.BUREAU  
Chris Mels

Projektnaam : SKB DIFF. SAMPLERS MCW LEUSDEN  
Projektnummer : 145179  
Datum opdracht : 22-10-2004  
Startdatum : 22-10-2004

Rapportnummer : 044346A  
Rapportagedatum : 28-10-2004

## # Opmerkingen

Monster X001 1009 (59-64) DIF

chloroform De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.

tetrachloormethaan Idem

1,2-dichloorethaan Idem

cis 1,2-dichlooretheen Idem

1,1,1-trichloorethaan Idem

1,1,2-trichloorethaan Idem

trichlooretheen Idem

1,2-dichloorpropaan Idem

Monster X002 1009 (59-64) STD

chloroform De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.

tetrachloormethaan Idem

1,2-dichloorethaan Idem

cis 1,2-dichlooretheen Idem

1,1,1-trichloorethaan Idem

1,1,2-trichloorethaan Idem

1,2-dichloorpropaan Idem

Monster X003 1009 (68-73) DIF

chloroform De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.

tetrachloormethaan Idem

1,2-dichloorethaan Idem

cis 1,2-dichlooretheen Idem

1,1,1-trichloorethaan Idem

1,1,2-trichloorethaan Idem

trichlooretheen Idem

1,2-dichloorpropaan Idem

Monster X004 1009 (68-73) STD

chloroform De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.

tetrachloormethaan Idem

1,2-dichloorethaan Idem

1,1,1-trichloorethaan Idem

1,1,2-trichloorethaan Idem

trichlooretheen Idem

1,2-dichloorpropaan Idem



ORANJEWOUDE ING.BUREAU  
Chris Mels  
Postbus 10044  
1301 AA Almere-Stad

Hoogvliet, 25-11-2004

Geachte Chris Mels,

Hierbij zenden wij u de analyse resultaten van het laboratoriumonderzoek van het door u aangeboden monstermateriaal met de bij de monsterspecificatie weergegeven beschrijving. Deze resultaten hebben betrekking op :

Uw projektnaam : MCW  
Uw projektnummer : 145179  
ALcontrol rapportnummer : 044743K

Dit analyserapport bestaat uit een begeleidende brief, 5 resultaatbijlagen en eventuele informatieve bijlagen. De bijlagen hebben betrekking op de analyseresultaten, toegepaste analysemethoden, aangeleverde verpakkingen, monsternamedatum, oliechromatogrammen en mogelijke geconstateerde afwijkingen. Alle bijlagen maken onlosmakelijk onderdeel uit van het rapport. Uitgebreide informatie over de toegepaste analysemethoden kunt u terugvinden in onze informatiegids, uitgave 2004.

Indien u vragen en/of opmerkingen heeft naar aanleiding van deze resultaten, verzoeken wij u contact op te nemen met de afdeling Customer Services. Alleen vermenigvuldiging van het hele rapport is toegestaan.

Hoogvliet,

Vertrouwende u met deze informatie van dienst te zijn, verblijven wij  
Hoogachtend,

drs. M.G.M. Groenewegen  
Business Manager Milieu

voor deze:



ORANJEWOUD ING.BUREAU  
 Chris Mels

Projectnaam : MCW  
 Projektnummer : 145179  
 Datum opdracht : 18-11-2004  
 Startdatum : 19-11-2004

Rapportnummer : 044743K  
 Rapportagedatum : 25-11-2004

Analyse	Eenheid	X01	X02	X03	X04	X05	X06
pH	-	7.7	7.5	7.5	7.6	7.7	7.5
Geleidingsvermogen (EC)	uS/cm	150	210	170	<20	<20	<20
temperatuur t.b.v. pH	C	17	17	18	17	17	16
<b>GEHALOGENEERDE KOOLWATERSTOFFEN</b>							
1,2-dichloorethaan	ug/l	<4 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<4 #
cis 1,2-dichlooretheen	ug/l	<4 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<4 #
tetrachlooretheen	ug/l	980	1000	23	420	740	1800
tetrachloormethaan	ug/l	<4 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<4 #
1,1,1-trichloorethaan	ug/l	<4 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<4 #
1,1,2-trichloorethaan	ug/l	<4 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<4 #
trichlooretheen	ug/l	<4 #	<4 #	<0.1	1.2	<4 #	5.7
chloroform	ug/l	<4 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<4 #
<b>CHLOORBENZENEN</b>							
monochloorbenzeen	ug/l	<8 #	<8 #	<0.2	<2 #	<8 #	<8 #
dichloorbenzenen	ug/l	<8 #	<8 #	<0.2	<2 #	<8 #	<8 #
<b>DIVERSE NATCHEMISCHE BEPALINGEN</b>							
zuurstof	mg/l	4.2	2.0	<0.5			
redoxpotentiaal	mV	400	420	260	330	390	480

Kode	Monstersoort	Monsterspecificatie
X01	grondwater	STD 1009 (59-64)
X02	grondwater	STD 1009 (68-73)
X03	grondwater	STD 1009 (77-82)
X04	grondwater	1009 (59)
X05	grondwater	1009 (64)
X06	grondwater	1009 (68)





ORANJEWOUDE ING.BUREAU  
 Chris Mels

Projectnaam : MCW  
 Projectnummer : 145179  
 Datum opdracht : 18-11-2004  
 Startdatum : 19-11-2004

Rapportnummer : 044743K  
 Rapportagedatum : 25-11-2004

Analyse	Eenheid	X07	X08	X09	X10
pH	-	7.7	7.4	7.6	
Geleidingsvermogen (EC)	uS/cm	<20	<20	<20	
temperatuur t.b.v. pH	C	17	17	17	
<b>GEHALOGENEERDE KOOLWATERSTOFFEN</b>					
1,2-dichloorethaan	ug/l	<4 #	<0.1	<0.1	<0.1
cis 1,2-dichlooretheen	ug/l	<4 #	<0.1	<0.1	<0.1
tetrachlooretheen	ug/l	1400	37	2.3	<0.1
tetrachloormethaan	ug/l	<4 #	<0.1	<0.1	<0.1
1,1,1-trichloorethaan	ug/l	<4 #	<0.1	<0.1	<0.1
1,1,2-trichloorethaan	ug/l	<4 #	<0.1	<0.1	<0.1
trichlooretheen	ug/l	4.7	0.1	<0.1	<0.1
chloroform	ug/l	<4 #	<0.1	<0.1	<0.1
<b>CHLOORBENZENEN</b>					
monochloorbenzeen	ug/l	<8 #	<0.2	<0.2	<0.2
dichloorbenzenen	ug/l	<8 #	<0.2	<0.2	<0.2
<b>DIVERSE NATCHEMISCHE BEPALINGEN</b>					
redoxpotentiaal	mV	530	480	420	

Kode	Monstersoort	Monsterspecificatie
X07	grondwater	1009 (73)
X08	grondwater	1009 (77)
X09	grondwater	1009 (82)
X10	grondwater	DEMI





ORANJEWOUD ING.BUREAU  
 Chris Mels

Projektnaam : MCW  
 Projektnummer : 145179  
 Datum opdracht : 18-11-2004  
 Startdatum : 19-11-2004

Rapportnummer : 044743K  
 Rapportagedatum : 25-11-2004

## # Opmerkingen

Monster X001                    STD 1009 (59-64)

monochloorbenzeen        De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.

dichloorbenzenen        Idem  
 dichloorbenzenen A        Idem  
 dichloorbenzenen B        Idem  
 dichloorbenzenen C        Idem  
 chloroform                Idem  
 tetrachloormethaan        Idem  
 1,2-dichloorethaan        Idem  
 cis 1,2-dichlooretheen    Idem  
 1,1,1-trichloorethaan    Idem  
 1,1,2-trichloorethaan    Idem  
 trichlooretheen            Idem

Monster X002                    STD 1009 (68-73)

monochloorbenzeen        De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.

dichloorbenzenen        Idem  
 chloroform                Idem  
 tetrachloormethaan        Idem  
 1,2-dichloorethaan        Idem  
 cis 1,2-dichlooretheen    Idem  
 1,1,1-trichloorethaan    Idem  
 1,1,2-trichloorethaan    Idem  
 trichlooretheen            Idem

Monster X004                    1009 (59)

monochloorbenzeen        De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.

dichloorbenzenen        Idem  
 dichloorbenzenen A        Idem  
 dichloorbenzenen B        Idem  
 dichloorbenzenen C        Idem  
 chloroform                Idem  
 tetrachloormethaan        Idem  
 1,2-dichloorethaan        Idem  
 cis 1,2-dichlooretheen    Idem  
 1,1,1-trichloorethaan    Idem  
 1,1,2-trichloorethaan    Idem

Monster X005                    1009 (64)

monochloorbenzeen        De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.

dichloorbenzenen        Idem  
 chloroform                Idem  
 tetrachloormethaan        Idem  
 1,2-dichloorethaan        Idem  
 cis 1,2-dichlooretheen    Idem  
 1,1,1-trichloorethaan    Idem  
 1,1,2-trichloorethaan    Idem  
 trichlooretheen            Idem

Monster X006                    1009 (68)

monochloorbenzeen        De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.





ORANJEWOUD ING.BUREAU  
Chris Mels

Bijlage 4 van 5

Projektnaam : MCW  
Projektnummer : 145179  
Datum opdracht : 18-11-2004  
Startdatum : 19-11-2004

Rapportnummer : 044743K  
Rapportagedatum : 25-11-2004

# Opmerkingen

dichloorbenzenen Idem  
chloroform Idem  
tetrachloormethaan Idem  
1,2-dichloorethaan Idem  
cis 1,2-dichlooretheen Idem  
1,1,1-trichloorethaan Idem  
1,1,2-trichloorethaan Idem  
Monster X007 1009 (73)

monochloorbenzeen De rapportagegrens is verhoogd i.v.m. de aanwezigheid van componenten, die een storende invloed hebben op de meting.

dichloorbenzenen Idem  
chloroform Idem  
tetrachloormethaan Idem  
1,2-dichloorethaan Idem  
cis 1,2-dichlooretheen Idem  
1,1,1-trichloorethaan Idem  
1,1,2-trichloorethaan Idem





ORANJEWOUDE ING. BUREAU  
 Chris Mels

Projectnaam : MCW  
 Projectnummer : 145179  
 Datum opdracht : 18-11-2004  
 Startdatum : 19-11-2004

Rapportnummer : 044743K  
 Rapportagedatum : 25-11-2004

Analyse	Monstersoort	Relatie tot norm
pH	grondwater	Conform NEN 6411
Geleidingsvermogen (EC)	grondwater	Conform NEN-ISO 7888
1,2-dichloorethaan	grondwater	Gelijkwaardig aan NEN 6407, online purge&trap GC- MS
cis 1,2-dichlooretheen	grondwater	Idem
tetrachlooretheen	grondwater	Idem
tetrachloormethaan	grondwater	Idem
1,1,1-trichloorethaan	grondwater	Idem
1,1,2-trichloorethaan	grondwater	Idem
trichlooretheen	grondwater	Idem
chloroform	grondwater	Idem
monochloorbenzeen	grondwater	Idem
dichloorbenzenen	grondwater	Idem
zuurstof	grondwater	conform NEN ISO 5814
redoxpotentiaal	grondwater	Conform DIN 38-404 deel 6 *

De met een \* gemerkte analyses vallen niet onder de RvA erkenning.

Monstr Barcode Aanlevering Monstername Verpakking

Monstr Barcode	Aanlevering	Monstername	Verpakking	ALC	Relatie tot norm
X01	f5299344	19-11-04	19-11-04	ALC227	(Theoretische monsternamedatum)
	g5039304	19-11-04	19-11-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0145133	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
	s0145138	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X02	f5299548	19-11-04	19-11-04	ALC227	(Theoretische monsternamedatum)
	g5039303	19-11-04	19-11-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0137977	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
	s0137979	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X03	f5299532	19-11-04	19-11-04	ALC227	(Theoretische monsternamedatum)
	g5039635	19-11-04	19-11-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0137978	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
	s0138014	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X04	g5039605	19-11-04	19-11-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0137958	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X05	g5039623	19-11-04	19-11-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0137949	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X06	g5039290	19-11-04	19-11-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0137952	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X07	g5039297	19-11-04	19-11-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0137946	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X08	g5039615	19-11-04	19-11-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0137947	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X09	g5039609	19-11-04	19-11-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)
	s0137948	19-11-04	19-11-04	ALC237	(Theoretische monsternamedatum)
X10	g5039301	19-11-04	19-11-04	ALC236	(Theoretische monsternamedatum)





ORANJEWOUD ING.BUREAU  
 Chris Mels

Projectnaam : Diffusiesamplers  
 Projectnummer : AL145179  
 Datum opdracht : 02-03-2005  
 Startdatum : 02-03-2005

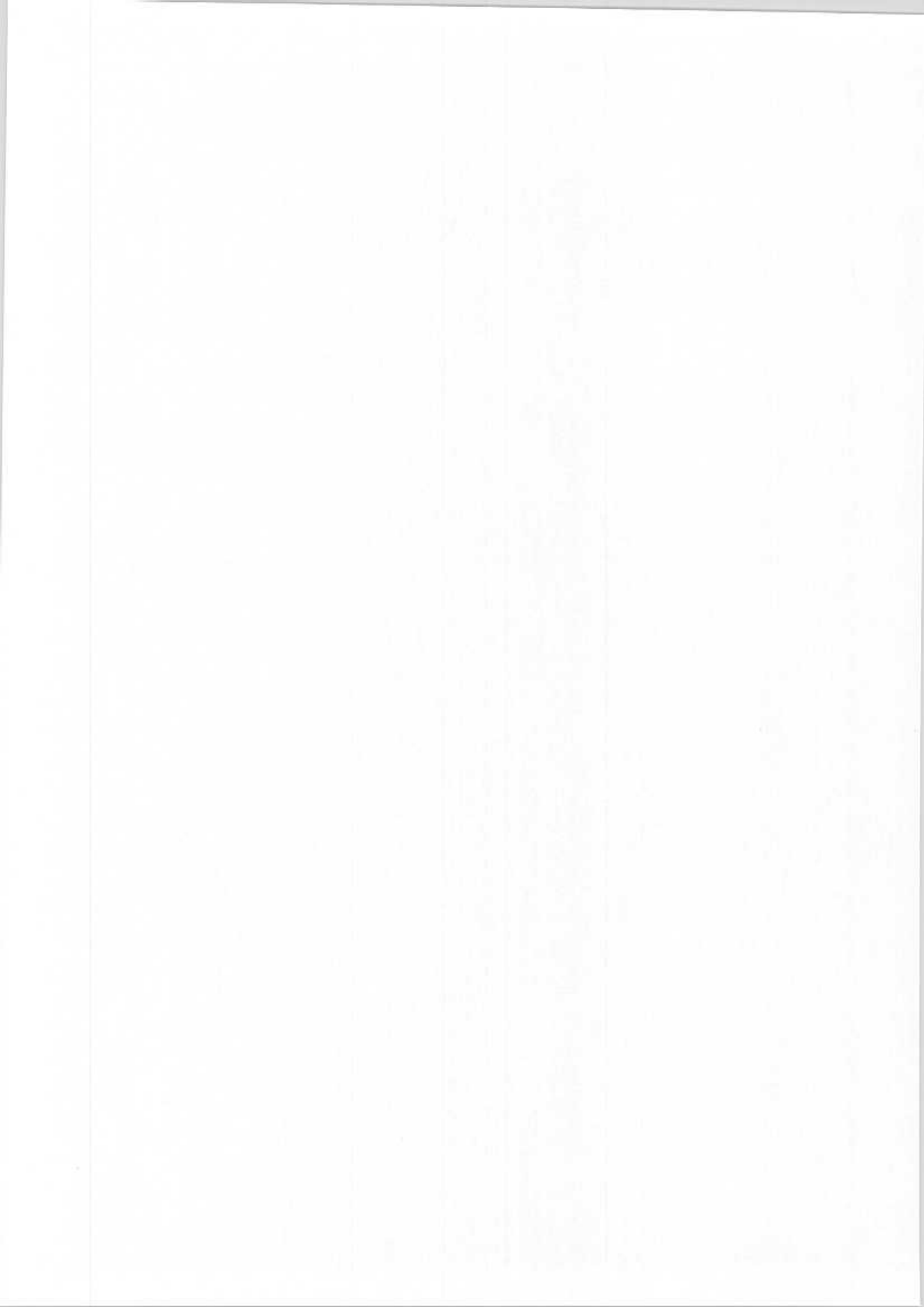
Rapportnummer : 050927F  
 Rapportagedatum : 07-03-2005

Analyse	Eenheid	X01	X02	X03	X04	X05	X06
pH	-	7.0	6.5	6.2	7.6	7.4	7.3
Geleidingsvermogen (EC)	uS/cm	<20	<20	<20	160	210	170
temperatuur t.b.v. pH	C	19	19	19	19	19	19
<b>GEHALOGENEERDE KOOLWATERSTOFFEN</b>							
1,2-dichloorethaan	ug/l	<1 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<0.1
cis 1,2-dichlooretheen	ug/l	<1 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<0.1
tetrachlooretheen	ug/l	790	2700	120	570	3100	77
tetrachloormethaan	ug/l	<1 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<0.1
1,1,1-trichloorethaan	ug/l	<1 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<0.1
1,1,2-trichloorethaan	ug/l	<1 #	<4 #	<0.1	<1 #	<4 #	<0.1
trichlooretheen	ug/l	<1 #	<4 #	0.1	<1 #	<4 #	<0.1
chloroform	ug/l	2.4	10	<0.1	2.2	9.9	<0.1
<b>CHLOORBENZENEN</b>							
monochloorbenzeen	ug/l	<2 #	<8 #	<0.2	<2 #	<8 #	<0.2
dichloorbenzenen	ug/l	<2 #	<8 #	<0.2	<2 #	<8 #	<0.2
<b>DIVERSE NATCHEMISCHE BEPALINGEN</b>							
zuurstof	mg/l				5.4 #	2.2 #	0.8 #
redoxpotentiaal	mV	440	430	390	360	370	370

Kode    Monstersoort    Monsterspecificatie

X01	grondwater	1009 (59-64) DIF
X02	grondwater	1009 (68-73) DIF
X03	grondwater	1009 (77-82) DIF
X04	grondwater	1009 (59-64) STD
X05	grondwater	1009 (68-73) STD
X06	grondwater	1009 (77-82) STD



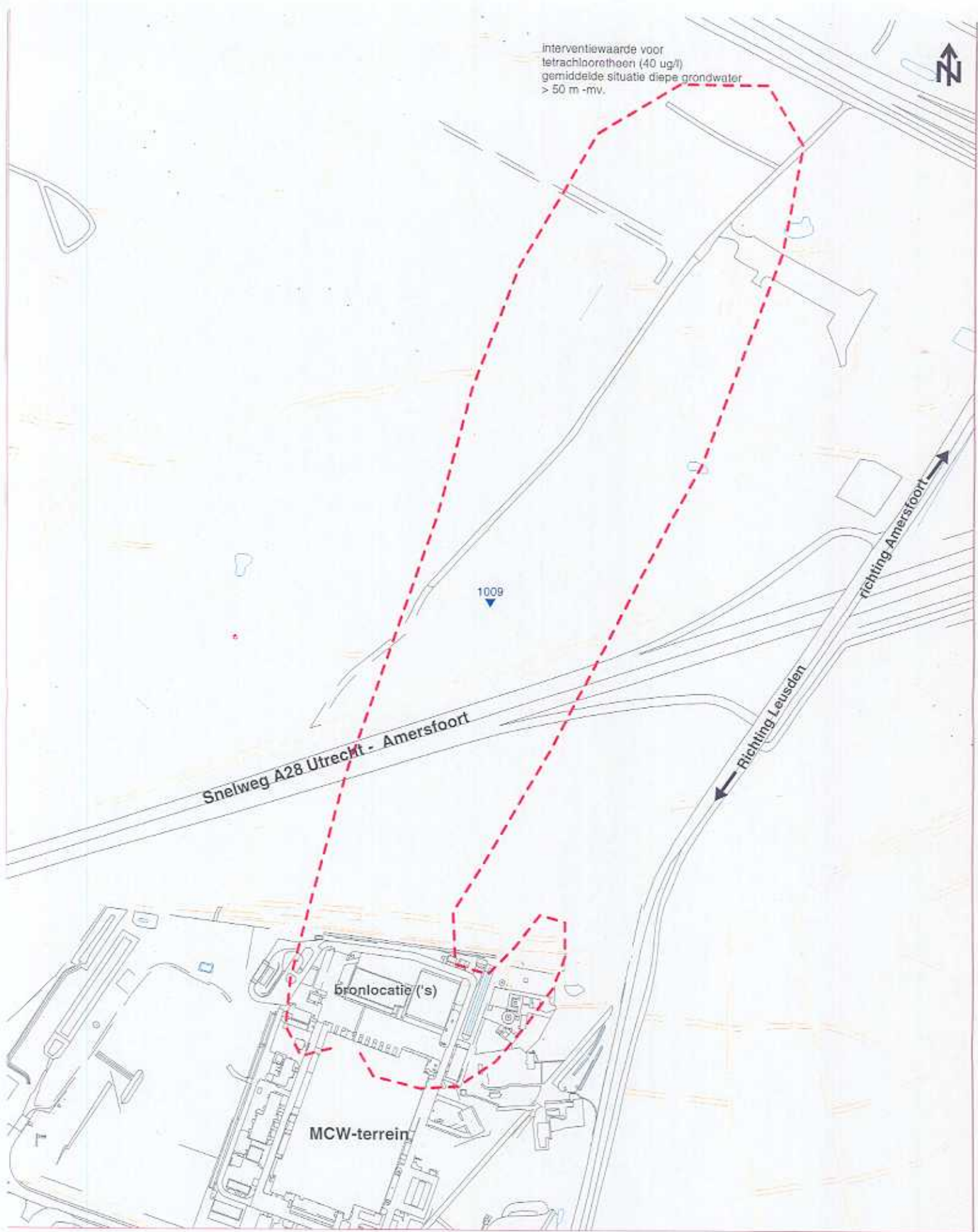




## Bijlage 2: Overzicht onderzochte stoffen en parameters

Parameter	Eenheid	2 weken						4 weken						4 maanden					
		1009 (59-64)		1009 (68-73)		1009 (77-82)		1009 (59-64)		1009 (68-73)		1009 (77-82)		1009 (59-64)		1009 (68-73)		1009 (77-82)	
		STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF	STD	DIFF
Tetrachlooretheen (ptv)	µg/l	820	510	3.200	920	24	5,3	900	660	3.100	1.500	12	19	570	790	3.100	2.700	77	120
Trichlooretheen (tt)	µg/l	1,5	1,4	€	5,0	€	0,2	1,5	€	6,3	€	€	0,1	€	€	€	€	€	€
Cis-1,2-dichlooretheen (cis)	µg/l	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
Trichloormethaan	µg/l	€	€	€	4,8	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€	€
1,2-dichloorethaan	µg/l	€	€	€	€	€	0,14	€	€	€	€	€	0,13	€	€	€	€	€	€
Dichloormethaan	µg/l	2,1	-	€	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	-	7,4	8,1	7,3	7,2	7,2	7,3	7,7	7,3	7,4	6,9	7,3	6,7	7,6	7,0	7,4	6,5	7,3	6,2
EC	µS/cm	130	€	180	€	140	€	150	€	200	€	150	€	160	€	210	€	170	€
Redoxpotentiaal	mV	420	410	450	420	390	410	380	400	370	340	340	310	350	440	370	410	370	390
Zuurstof	mg/l	-	-	-	-	-	-	4,0	-	2,1	-	€	-	5,4	-	2,1	-	0,8	-

interventiewaarde voor  
tetrachlooretheen (40 µg/l)  
gemiddelde situatie diepe grondwater  
> 50 m -mv.



**LEGENDA**

- ▼ monitoringspeilbuis
- - - interventiewaardecontour

**Diffusiesamplers**

Toepassingsmogelijkheden van  
diffusiesamplers bij een VOCI-  
grondwaterverontreiniging

TEKENAR  
C.J.M.M. Mela  
PROJECTLEIDER  
Th.M. Pijne  
SCHAK.  
1:4.000  
FORMAAT  
A3

