

RIVM rapport 680100002/2006

**Monsternemingen van het grondwater tot vijf  
meter beneden de grondwaterspiegel**

De selectie van kansrijke methoden

B.G. van Elzaker, L.F.L. Gast

Contact: Bernard van Elzaker  
Laboratorium voor Milieumetingen  
bernard.van.elzaker@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Ministerie van  
Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, in het kader van project M/680100,  
Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid



## Rapport in het kort

### **Monsternemingen van het grondwater tot vijf meter beneden de grondwaterspiegel.**

De selectie van kansrijke methoden.

Er zijn drie mogelijk geschikte methoden geselecteerd om grondwatermonsters tot vijf meter beneden de grondwaterspiegel te verzamelen. Deze methoden worden nu verder in het veld getest om tot één aanbeveling te komen.

Aanleiding voor de studie is dat volgens het concept monitorrichtsnoer van de EU Nitraat Richtlijn de kwaliteit van het grondwater niet alleen voor het hele grondwaterpakket bepaald dient te worden, maar specifiek ook in de bovenste vijf meter. In het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM) wordt de verandering van de waterkwaliteit gemeten in de bovenste meter van het grondwater en deze metingen worden ook gebruikt voor toetsing. Hierdoor wordt mogelijk te streng getoetst, vooral in zandgebieden.

Er wordt bekeken of een grondwaterkwaliteitmeetnet voor de bovenste vijf meter van het grondwater zinvol en mogelijk is in de zandgebieden. Als onderdeel van die studie wordt in dit rapport een inventarisatiestudie naar 12 mogelijk bruikbare boor- en monsternemingsmethoden tot vijf meter onder de grondwaterspiegel beschreven. Aan de hand van een aantal gewogen criteria zijn daaruit de meest kansrijke methoden geselecteerd. Het betreft een handmatige en een machinale methode voor de plaatsing van tijdelijke monsternemingsfilters. En een machinale methode voor de installatie van permanente filters.

Trefwoorden: grondwater, toetsdiepte, nitraat, monsterneming



## Abstract

**Sampling groundwater up to five metres below groundwater level in agricultural areas.**  
Selection of favourable methods.

Currently, the quality of the upper metre of the groundwater is monitored on farms within the Netherlands National Monitoring Programme for Effectiveness of the Minerals Policy (LMM). The data are used both for trend analysis and for checking whether the effect of Dutch agricultural practice on water quality does not lead to the environmental quality objectives for water being exceeded. The questions raised on the use of these data for compliance checking (especially for the infiltration areas in the Netherlands, i.e. sandy regions) by the Dutch Parliament led to a study. The aim was to determine the merits and demerits of using the upper five metres of groundwater as the compliance checking level in the sandy regions. In a part of this study the focus was on the feasibility of methods to be used in a monitoring network for sampling groundwater up to five metres below groundwater level. Suitable methods –twelve drilling and sampling methods– for monitoring the upper five metres of groundwater in agricultural fields were surveyed and the most favourable methods selected. The most preferred proved to be one manually-driven method and one machine-driven method, both of which could bring temporary sampling filters into place. Another machine-driven method would allow placement of permanent filters. These methods still have to be tested for their applicability in the next phase of the study.

Keywords: groundwater, compliance checking level, nitrate, sampling methods, drilling methods



## Voorwoord

Om uiteenlopende redenen wordt overwogen om op zandgronden de kwaliteit van het grondwater tot vijf meter onder de grondwaterspiegel vast te stellen. De in het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM) toegepaste methoden voor monsterneming van de bovenste meter van het grondwater lenen zich hier niet voor. Welke methode(n) wel? Om dat na te gaan is in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), mede namens het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) geïnventariseerd welke boor- en monsternemingsmethoden voor het gewenste dieptetraject gangbaar zijn. In een klankbordgroep met deskundigen op het vakgebied zijn eventuele opties nagegaan. Zo mogelijk zijn methoden ook in de praktijk getoetst op praktische bruikbaarheid. Opzet en resultaten van dit inventariserende onderzoek worden in dit rapport gepresenteerd. Het betreft geen diepgravend wetenschappelijk onderzoek, maar een voorselectie van kansrijke methoden die in een vervolgonderzoek in het veld nader onderzocht zullen gaan worden.

De auteurs bedanken Gerard Velthof (Alterra), Hans Peter Broers en Jasper Griffioen (TNO) en Wim Post (GeoDelft) als leden van de klankbordgroep en Ruud Jeths, Nico Nagtegaal en Leo Boumans (RIVM), Chris Roosendaal en Theo Tiemissen (Universiteit Utrecht Faculteit Geowetenschappen), Huug Eijkelkamp (Eijkelkamp, Giesbeek) en Henk Nijmeijers (Sialtech, Bunnik) voor hun bijdragen aan het toetsen en demonstreren van de verschillende boor- en monsternemingsmethoden in de praktijk.





# Inhoud

## Samenvatting 11

### 1. Inleiding 13

### 2. Eisen boor- en monsternemingsmethode 15

### 3. Materiaal en methoden 17

#### 3.1 *Opzet van het onderzoek* 17

##### 3.1.1 Algemeen 17

##### 3.1.2 Selectiecriteria en weging 17

#### 3.2 *Onderzochte methoden* 20

### 4. Resultaten 27

#### 4.1 *Algemeen* 27

#### 4.2 *Resultaten per methode* 28

##### 4.2.1 Zuigboren/Boumans 'snel' (methode A) 28

##### 4.2.2 Zuigboren/Boumans 'precies' (methode B) 28

##### 4.2.3 SonicSampdrill met Direct Well (methode C) 29

##### 4.2.4 SonicSampdrill met Eijkelkamp Uitschuifbare Punt Methode (methode D) 29

##### 4.2.5 SonicSampdrill met Waterloo Profiler (methode E) 31

##### 4.2.6 Geoprobe trilblok met ScreenPoint filter (methode F) 32

##### 4.2.7 Van der Staay met monsternemingslans (methode G) 35

##### 4.2.8 Van der Staay in combinatie met grondmonster (methode H) 36

##### 4.2.9 Pulsboren /Van der Staay in combinatie met monsternemingslans (methode I) 36

##### 4.2.10 Pulsboren in combinatie met grondmonster via Van der Staay (methode J) 37

##### 4.2.11 Wegdrukken in combinatie met multigrondwatermonstersonde (methode K) 38

##### 4.2.12 SonicSampdrill met Continuous Multichannel Tubing (methode L) 38

#### 4.3 *Scoringstabel* 39

### 5. Discussie en conclusies 41

## Literatuur 44



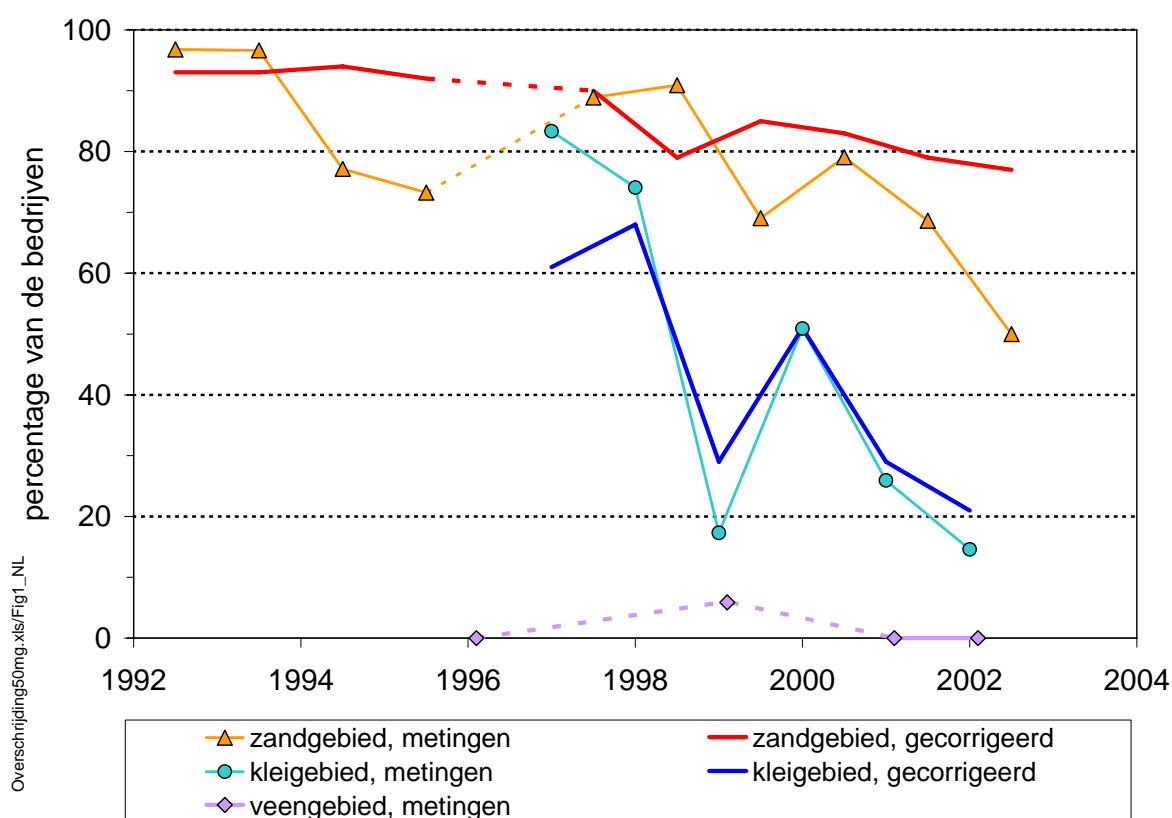
## Samenvatting

In het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM) wordt op landbouwbedrijven onder andere de kwaliteit van de bovenste meter van het grondwater gemeten. Reden daarvoor is dat de bedrijfsvoering met betrekking tot mestgebruik zich op relatief korte termijn weerspiegelt in de kwaliteit van dit ondiepe grondwater. Deze metingen worden ook gebruikt voor toetsing aan de norm voor nitraat van 50 mg/l. Volgens het concept monitorrichtsnoer van de EU Nitraat Richtlijn dient de kwaliteit van het grondwater niet alleen voor het hele grondwaterpakket bepaald te worden, maar specifiek ook in de bovenste vijf meter van de verzadigde zone. Hierdoor wordt nu mogelijk te streng getoetst. Door denitrificatie kan de nitraatconcentratie namelijk met toenemende diepte afnemen. Om dit in kaart te brengen wordt een monitoringprogramma tot vijf meter onder de grondwaterspiegel overwogen, parallel aan het reguliere LMM-meetprogramma in de bovenste meter van het grondwater. De boor- en monsternemingsmethode zoals in gebruik in het LMM zijn voor die diepere monsternemingen echter niet geschikt. In dit rapport wordt daarom een inventarisatie beschreven van beschikbare en mogelijk bruikbare methoden, met een selectie van de meest kansrijke. Daarvoor is nagegaan welke boor- en monsternemingsmethoden op dit moment gangbaar zijn voor het beoogde dieptetraject. Daarnaast is zo mogelijk de praktische bruikbaarheid van die methoden ook in het veld onderzocht. De onderzochte methoden zijn vervolgens op een aantal criteria zoals acceptatiekans door de boer, representativiteit, foutgevoeligheid en kosten gescoord. Afhankelijk van het belang hebben deze criteria een bepaald gewicht gekregen. Hierdoor kan een gewogen score voor iedere methode worden bepaald. Op deze wijze zijn de meest kansrijke methoden geselecteerd. Deze vallen in de categorieën: handmatig met plaatsing van een tijdelijk monsternemingsfilter, machinaal met plaatsing van een tijdelijk monsternemingsfilter en machinaal met plaatsing van een permanent filter. Het betreft respectievelijk de Van der Staay methode met monsternemingslans, de SonicSampDrill met de Uitschuifbare Punt Methode en de SonicSampdrill met de Continuous Multichannel Tubing. Aanbevolen wordt om deze methoden in een vervolgonderzoek in het veld nader te onderzoeken en zo mogelijk nog te optimaliseren. Dat onderzoek zal uiteindelijk moeten leiden tot de aanbeveling van een methode die in een monitoringprogramma ingezet gaat worden.



# 1. Inleiding

In het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM) wordt de kwaliteit van onder andere het bovenste grondwater gemeten. Dat wil zeggen, de bovenste meter van het freatisch grondwater (ondieper dan zo'n vijf meter beneden maaiveld). De effecten van de landbouwpraktijk zijn namelijk op korte termijn (1-3 jaar) zichtbaar in de kwaliteit van dit bovenste grondwater en daarmee de effecten van het beleid. De monsterneming is relatief eenvoudig en handmatig met een Edelmanboor uit te voeren. Uit jarenlange metingen blijkt dat de nitraatconcentratie op zandgronden weliswaar dalende is, maar dat de norm van 50 mg/l nog veelvuldig overschreden wordt, zie Figuur 1.



*Figuur 1 Mate van overschrijding van de EU-waarde voor nitraat in grondwater van 50 mg/l; percentage landbouwbedrijven in het zand-, klei- en veengebied met een gemeten of gecorrigeerde nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater (zand, veen) of in het drainwater (klei) hoger dan 50 mg/l (Fraters et al., 2004)*

Volgens het concept-monitorrichtsnoer behorende bij de Nitraat Richtlijn 91/676/EEC (EC, 2003) dient onder andere het bovenste deel van het freatisch grondwater bemonsterd te worden. Dit is verder gepreciseerd als de eerste vijf meter van de verzadigde zone. Bekend is verder dat nitraatconcentraties met de diepte kunnen afnemen ten gevolge van bijvoorbeeld denitrificatie. Door omzettingen in de bodem wordt dan het nitraat afgebroken. Daardoor zou

de nitraatconcentratie in de bovenste meter van het grondwater zoals bepaald in het LMM (veel) hoger kunnen zijn dan gemiddeld over de eerste vijf meter. Er zou dan dus strenger getoetst worden aan de norm dan strikt genomen nodig. Overigens is het niet per definitie zo dat nitraatconcentraties met toenemende diepte afnemen. Omdat het diepere grondwater ook jaren ouder is kan zich hierin de landbouwpraktijk van bijvoorbeeld 10 jaar geleden weerspiegelen. Het stikstofgebruik was toen hoger dan tegenwoordig en dientengevolge was er een zwaardere belasting van het grondwater. Over het algemeen wordt echter op zandgronden op vijf meter onder de grondwaterspiegel een lagere nitraatconcentratie verondersteld dan in de bovenste meter.

Om dit nader te kwantificeren wordt, naast de reguliere metingen in het LMM, een monitoringsprogramma overwogen, waarbij tot vijf meter onder de grondwaterspiegel gemeten wordt. Ter voorbereiding van zo'n monitoringsprogramma worden de (on)mogelijkheden onderzocht. In tegenstelling tot de monsternemingen in het LMM is de monsterneming op grotere diepte namelijk veel minder eenvoudig. Afhankelijk van de grondwaterspiegel kan het om boringen tot 10 meter onder maaiveld gaan. Deze diepten zijn met een Edelmanboor niet eenvoudig meer te bereiken. Daarnaast ontstaan er ook problemen met het dichtvallen van het boorgat indien geen extra voorzieningen worden getroffen. In deze inventarisatiestudie is daarom onderzocht welke methoden voor dit doel beschikbaar en/of geschikt te maken zijn. De geselecteerde methoden worden daarna onderworpen aan een uitgebreid veldonderzoek bij landbouwbedrijven. Waarbij naast de chemische analyse van de monsters ook verdere optimalisaties aan de methoden uitgevoerd zullen worden. Dat onderzoek wordt apart gerapporteerd (Elzakker et al., in voorbereiding). Voorliggend rapport beschrijft de inventarisatiestudie met de selectie van de kansrijk geachte methoden zoals uitgevoerd in het voorjaar van 2005.

## 2. Eisen boor- en monsternemingsmethode

Aan de te selecteren boor- en monsternemingsmethoden worden een aantal eisen gesteld. Sommige zijn vrij exact te formuleren, andere wat globaler. Daarnaast worden er ook aspecten onderkend die nu nog niet direct als eis gezien worden, maar mogelijk later wel.

- a. De boor- en monsternemingsactiviteiten moeten voor de boer acceptabel zijn. Dit houdt onder andere in dat de bedrijfsvoering minimaal verstoord wordt, dat de monsternemingslocatie en de toegang daartoe niet noemenswaardig beschadigd worden en dat er geen materiaal achterblijft waar bij de bedrijfsvoering op het perceel hinder van ondervonden kan worden. Dit is een belangrijke eis omdat het succes van een meetprogramma staat of valt met de bereidheid van landbouwbedrijven om boor- en monsternemingen op hun bedrijf toe te staan.
- b. Het monster moet de grondwaterwaterkwaliteit over een diepte van circa 50 cm representeren. Te denken valt dan aan een filterlengte van 50 cm zoals gebruikelijk in het LMM of een herhaalde monsterneming met kleinere filterlengtes of puntonttrekkingen, waarna deze monsters worden gemengd. Dit laatste heeft overigens niet de voorkeur.
- c. Zowel niet-permanente als permanente putten worden in dit stadium als mogelijke opties gezien. De in het LMM toegepaste methode valt in de categorie niet-permanente put. Voordeel van die methode is dat daarvan niets in de grond achterblijft en dat de boer zijn bedrijfsvoering er niet op aan kan passen. Dit laatste zou een niet representatief beeld geven van de grondwaterkwaliteit. Voordeel van een permanente put is dat latere monsternemingen relatief eenvoudig zijn. Er hoeft immers niet meer geboord te worden. Dus hoge investeringskosten vs. lage exploitatiekosten. In het geval van tijdelijke putten ligt dit veelal andersom.
- d. De methode moet bij voorkeur de monsterneming op zowel één meter als vijf meter onder de grondwaterspiegel in één boorgang mogelijk maken.
- e. De methode moet ARBO-acceptabel zijn. Met name voor de handmatige methoden geldt dat deze vaak fysiek vrij zwaar kunnen zijn. Bij mechanische methoden speelt veiligheid een rol.
- f. De methode moet niet gevoelig zijn voor fouten, bijvoorbeeld door veel en/of complexe handelingen. Hierbij valt te denken aan vergissingen bij het tot op de juiste diepte boren of wanneer de monsterneming een veelheid aan handelingen vergt.
- g. De methode moet bij voorkeur ook informatie verschaffen over de grondwaterstand.
- h. Er moet in beginsel door storende lagen heen geboord kunnen worden. Onder een storende laag wordt hier verstaan een laag met een sterk afwijkende doorlatendheid. In het geval van zand is dat bijvoorbeeld klei of grind.
- i. De methode moet bij voorkeur ook informatie verschaffen over de bodemtextuur. Dit hangt samen met de manier van boren. Voor een goede beschrijving van de textuur zijn ongeroerde grondmonsters noodzakelijk.
- j. De methode moet bij voorkeur goedkoop zijn.





## **3. Materiaal en methoden**

### **3.1 Opzet van het onderzoek**

#### **3.1.1 Algemeen**

Zoals eerder aangegeven is deze inventarisatiestudie vooral gericht op de praktische inzetbaarheid van de boor- en monsternemingsmethoden. Ingeschat wordt in hoeverre een methode ook representatieve grondwatermonsters zal kunnen geven. Het onderzoek is uitgevoerd in het voorjaar van 2005 en geeft de stand van zaken weer voorafgaande aan de vervolgstudie uitgevoerd in de zomer van 2005.

Als een methode binnen de onderzoeksperiode beschikbaar is of gesteld kan worden door derden dan wordt deze in het veld onderzocht op praktische bruikbaarheid. In het veld wordt de boring uitgevoerd en getracht een watermonster te verzamelen. Indien zinvol worden ook nog diverse variaties op de methoden uitgetoet. Daarnaast wordt via literatuuronderzoek, door navraag bij derden en in een klankbordgroep met vertegenwoordigers van TNO, Alterra en GeoDelft nagegaan welke ervaringen al door anderen met de methoden zijn opgedaan. En in hoeverre deze vertaald kunnen worden naar de situatie waarin deze voor het toetsdiepte-onderzoek toegepast gaan worden. Voor het boren kan bijvoorbeeld de grondsoort van belang zijn en voor het toetsdiepte-onderzoek gaat het dan vooral om zandgronden. Voor de niet direct in het veld inzetbare methoden moet het onderzoek beperkt blijven tot uitsluitend deze laatste benadering zonder toetsing in het veld. Dit betekent dat de beoordeling van die methoden op meer onzekerheden kan berusten dan die van de in de praktijk getoetste.

#### **3.1.2 Selectiecriteria en weging**

Om tot een onderbouwde keuze van de meest kansrijke methoden te komen zijn er vooraf een aantal selectiecriteria gedefinieerd. Deze criteria zijn afgeleid van de eisen en wensen zoals aangegeven in hoofdstuk 2. De volgende categorieën worden onderscheiden: toegang perceel/omvang materieel, boor/plaatsingsmethode, monsternemingsmethode, inzetbaarheid ten behoeve van monitoring en overig. Omdat niet ieder criterium even belangrijk is, wordt er een gewicht, uitgedrukt in een getal van 1 tot 10 aan toegekend. Zeer belangrijk zijn de criteria: acceptabel voor de boer, foutgevoeligheid van de methode, de mogelijkheid om de bodemtextuur te bepalen en de kosten voor vervolgstudie (monitoring). Deze hebben dus een gewicht van 10. Belangrijk zijn de aspecten ARBO-geschiktheid en de representativiteit van de methode. Deze krijgen een gewicht van 8. De te maken kosten voor de eerste monsterneming (installatie ingeval van permanente putten) worden weer iets minder relevant geacht, wat door een gewicht van 5 wordt gekenmerkt. Het achterblijven van (klein) materiaal in de bodem krijgt een gewicht van 2. Wel een aandachtspunt, maar dus niet van cruciaal belang. Op deze manier is het belang van de diverse aspecten binnen zekere grenzen

te kwantificeren. Afhankelijk van de noodzaak om door storende lagen heen te boren kan aan dat specifieke aspect een gewicht van 0 (geen noodzaak) dan wel 10 (noodzaak) toegekend worden. De consequenties worden in hoofdstuk 5 (Discussie en Conclusies) besproken. De methoden worden vervolgens gescoord voor ieder selectie criterium. Na weging volgt dan een totaal score. De methoden met de hoogste totaalscore worden in beginsel geselecteerd voor het veldonderzoek. De selectiecriteria met hun gewicht zijn weergegeven in Tabel 1. Bij de selectie gaat het dus steeds om de combinatie van boren en bemonsteren die het meest geschikt wordt geacht.

Tabel 1 Selectiecriteria met hun gewicht

selectie criterium		
nr.	omschrijving	gewicht
	<i>Toegang perceel / omvang materieel</i>	
1	acceptatie boer, waaronder:	10
	* omvang materieel/voertuig	
	* beschadiging perceel	
	* plaatsen materiaal in bodem	
2	transportkosten materieel	5
	<i>Boor/plaatsingsmethode</i>	
3	kans op geslaagde boring	7
4	mogelijkheid doorboring storende lagen	0 / 10
5	ARBO-geschiktheid	8
6	achterblijven (verlies) materiaal in bodem	2
7	kosten boring, waaronder:	5
	* kosten materiaal, apparatuur, personeel	
	* benodigde tijd per boring	
	* benodigde inzet derden (bijv. de boer)	
	<i>Monsternemingsmethode</i>	
8	inschatting representativiteit methode	8
9	waterkwaliteit over het gewenste traject	8
10	foutgevoeligheid methode, waaronder:	10
	* mogelijkheid contaminatie monster	
	* veelheid/complexiteit handelingen	
11	kosten eerste monsterneming, onder andere:	5
	* kosten materiaal, personeel	
	* benodigde tijd	
	<i>Overige aspecten</i>	
12	Meerdere filterdieptes met één boring	5
13	directe info grondwaterstand	6
14	mogelijkheid info bodemtextuur	10
	<i>Monitoring</i>	
15	kosten vervolg monsterneming, d.w.z.:	10
	* nieuwe boring ingeval niet permanente put	
	* monsterneming	

## 3.2 Onderzochte methoden

Bij de monsterneming van grondwater spelen ruwweg twee aspecten een rol. Dit zijn de methode om op de gewenste diepte te komen (het boren) en de methode van bemonsteren. Soms hangen deze ook met elkaar samen. Sommige methoden van bemonsteren kunnen ook via verschillende boormethoden gerealiseerd worden. Niet iedere combinatie is echter mogelijk. Daarnaast is het van belang onderscheid te maken tussen handmatige en mechanische methoden. Handmatige methoden vergen minder inzet van groot materieel en zijn daardoor acceptabeler voor gebruik bij een landbouwbedrijf. Mechanische methoden zijn aan de andere kant doorgaans succesvoller, zeker als het om wat diepere boringen gaat. Een ander aandachtspunt is het gebruik van tijdelijke of permanente filters. De laatste vereisen een bepaalde afwerking, maar zijn weer goedkoper/eenvoudiger te gebruiken bij herbemonstering. Een overzicht van mogelijke boor- en monsternemingsmethoden is gegeven door het Nederland Normalisatie Instituut (NNI, 2003). Voor zandgrond zijn voor boringen beneden de grondwaterspiegel zuigboren, pulsen, hameren en sonisch trillen als redelijke tot goede boormethoden beoordeeld. Hiervan uitgaande zijn een aantal meer of minder gangbare methoden gekozen voor dit onderzoek.

In Tabel 2 zijn de onderzochte methoden samengevat waarbij in de kolom 'Categorie' aangegeven is of het om handmatig (H) danwel mechanisch (M) boren gaat en om de plaatsing van tijdelijke (t) of permanente (p) filters.

Tabel 2 Overzicht onderzochte methoden

Code	Categorie*	Wijze van boren	Wijze van monsterneming
A	H-t	Zuigboren	Boumans 'snel' (water onttrekken aan een grondkolom)
B	H-t	Zuigboren	Boumans 'precies' (filter op diepte brengen)
C	M-p	SonicSampdrill	Eijkelkamp Direct Well met slang
D	M-t	SonicSampdrill	Eijkelkamp Uitschuifbare punt methode (UPM)
E	M-t	SonicSampdrill	Waterloo Profiler (PrecisionSampling)
F	M-t	Geoprobe (trilblok)	Geoprobe Screenpoint filter
G	H-t	Van der Staay	Monsternemingslans, filter op diepte brengen
H	H-t	Van der Staay	Van der Staay / water onttrekken aan een grondkolom
I	H-t	Pulsboren / Van der Staay	Monsternemingslans, filter op diepte brengen
J	H-t	Pulsboren / Van der Staay	Van der Staay / water onttrekken aan een grondkolom
K	M-t	Wegdrukken	Multigrondwatermonstersonde (GeoDelft)
L	M-p	SonicSampdrill	Eijkelkamp Continuous Multichannel Tubing (CMT)

\* H= handmatig; M= mechanisch; t= tijdelijk; p= permanent

Het principe van de genoemde methoden wordt hierna kort toegelicht.

### **Methode A    Zuigboren/Boumans ‘snel’**

Er vindt een boring plaats met een Edelmanboor tot aan de grondwaterspiegel. Vervolgens wordt in segmenten een buis ter lengte van grondwaterspiegel + 6 meter ingebracht door het creëren van een onderdruk in die buis. Deze buis is van Hostalit met een inwendige diameter ( $\varnothing_{\text{inw}}$ ) van 46 mm en een uitwendige diameter ( $\varnothing_{\text{uitw}}$ ) van 50 mm. Aan de bovenzijde van de buis zit een kurk met een slangaansluiting. Op deze aansluiting wordt via een slang een handbediende vacuümpomp aangesloten. Door de onderdruk wordt zand en grondwater de buis in gezogen en zakt de buis verder de grond in, al dan niet met behulp van enige kracht van bovenaf. Vanaf de gewenste diepte wordt grond en grondwater (in de buis, ook via vacuüm) omhoog gebracht. Filteren/centrifugereren van het verzadigde bodemonster levert uiteindelijk het grondwatermonster.

### **Methode B    Zuigboren/Boumans ‘precies’**

Wat betreft het op diepte komen is deze methode vergelijkbaar met Methode A. Aan het uiteinde van de buis is aan de binnenkant echter een filter van een vergelijkbaar type als bij een LK-monsternemingslans gemonteerd. Dit is een geperforeerde PVC-buis, lengte 15 cm en  $\varnothing_{\text{inw}} = 14$  mm en  $\varnothing_{\text{uitw}} = 16$  mm. Aan dit filter is een PE-slang van 4 x 6 mm verbonden die door de buis omhoog loopt en via een kurk luchtdicht aan de bovenkant van de buis doorgevoerd wordt. Vanaf de gewenste diepte wordt via dit filter bemonsterd met behulp van een slangenpomp.

### **Methode C    SonicSampdrill met DirectWell via slang**

Een mantelbuis (holle metalen pijp) wordt met een verloren punt de grond ingedreven via tril- en duwkracht (SonicSampdrill). De trilfrequentie is 200 Hz. Als de verloren punt op de gewenste diepte is wordt een filter met aansluitslang in de mantelbuis gebracht tot aan de verloren punt. De slang steekt boven maaiveld uit. De put wordt afgewerkt met bentoniet door manchetten van dit materiaal over de slang naar beneden te schuiven. Deze manchetten komen over de gehele lengte van maaiveld tot aan het filter. De mantelbuizen worden volgezet met water en vervolgens getrokken. Met bemonsteren wordt doorgaans een paar dagen gewacht om de bentoniet manchetten gelegenheid te geven om te zwellen om zo kortsluitstromen te voorkomen. Het betreft een permanent monsterpunt dat aan of onder maaiveld afgewerkt dient te worden.

### **Methode D SonicSampdrill met Eijkelkamp Uitschuifbare Punt Methode (UPM)**

Bij deze methode wordt via tril- en duwkracht (SonicSampdrill) een door de mantelbuis afgeschermd filter van 50 cm op diepte gebracht. Dit filter bestaat uit een holle geperforeerde pijp met aan de bovenzijde een conische aansluiting en aan de onderkant een vaste boorpunt (dus geen verloren punt).

Op diepte gekomen wordt het filter aangesloten op een slangenpomp aan maaiveld. De aanzuigslang wordt daartoe via een aansluitblok neergelaten in de mantelbuis. Dit blok koppelt via een conische aansluiting met O-ring de aanzuigslang waterdicht aan de conische aansluiting op het filter. Daarna wordt de mantelbuis 50 cm omhoog getrokken via de SonicSampdrill waardoor het filter vrijkomt en grondwater toe kan stromen. De aanzuigslang wordt verbonden met een slangenpomp waarna bemonsterd kan worden. Na monsterneming is het in beginsel mogelijk om het geheel omhoog te trekken om op een geringere diepte een nieuwe monsterneming uit te voeren. Bij dit omhoog trekken blijft het filter open staan.

### **Methode E SonicSampdrill in combinatie met Waterloo Profiler (PrecisionSampling)**

Via tril- en drukkracht (SonicSampdrill) wordt een holle buis met vaste punt de grond ingedrukt. Vlak boven de vaste punt zitten openingen die verbonden zijn met een centrale slang in de holle buis. Deze slang loopt door de buis omhoog naar maaiveldniveau. Tijdens het naar beneden drukken van de buis wordt een kleine hoeveelheid werkwater naar de openingen boven de punt gepompt. Dit is om te voorkomen dat deze openingen verstopt raken. Als de onderkant van de buis op de gewenste diepte is, wordt de draairichting van de slangenpomp omgedraaid en grondwater bemonsterd.

Na monsterneming wordt de gehele constructie weer omhoog getrokken middels de SonicSampdrill of er kan dieper gestoken worden om daar de monsterneming voort te zetten. Na het omhoogtrekken blijft er niets achter in de grond. Zie Precision Sampling (2005) voor gedetailleerde informatie.

### **Methode F Geoprobe trilblok in combinatie met ScreenPoint filter**

Een filter in een mantelbuis met verloren punt wordt de grond ingedreven via een hydraulisch aangedreven trilblok. Het filter is van roestvrijstaal (rvs) of polyvinylchloride (pvc), met sleuven dwars op de lengterichting. De trilfrequentie is maximaal 32 Hz. Op de gewenste diepte gekomen wordt de mantelbuis over de filterlengte gelicht terwijl via in de mantelbuis ingebrachte hulpstukken (stangen) het filter op z'n plaats wordt gehouden. Daarmee komt de omtrek van het filter vrij voor monsterneming van het grondwater via een slangenpomp. Zie Geoprobe Systems (2001) voor aanvullende informatie.

## **Methode G Van der Staay in combinatie met monsternemingslans**

Een open buitenbuis (mantel) is voorzien van een luchtdicht aansluitende, gesloten binnenbuis die ofwel in de mantel vastgezet kan worden dan wel vrij kan bewegen en dan als een zuiger werkt. De boring wordt uitgevoerd door het naar beneden duwen van de buitenbuis en het omhoog halen van de binnenbuis. Hierdoor wordt een onderdruk gecreëerd in de buitenbuis waardoor deze zich vult met grond. Hierdoor zakt de buis weer verder de grond in etc. Na het vastzetten van de binnenbuis kan het geheel omhoog gehaald worden. De PVC buitenbuis heeft een lengte van vijf meter,  $\varnothing_{inw} = 35,5$  mm,  $\varnothing_{uitw} = 40$  mm. Via een tromp is deze buis te verlengen met steeds  $2\frac{1}{2}$  meter.

De PVC binnenbuis heeft ook een lengte van vijf meter,  $\varnothing_{inw} = 26,5$  mm,  $\varnothing_{uitw} = 32$  mm. Via draadeind en tapgat verbinding is deze buis steeds te verlengen met steeds  $2\frac{1}{2}$  meter.

De binnenbuis is aan het uiteinde voorzien van een cupje met leertje. Deze binnenbuis met cup kan als een zuiger in de buitenbuis op en neer bewogen worden. Zie Meene et al. (1979), voor een gedetailleerde beschrijving.

De werkwijze is verder als volgt:

Met een Edelmanboor wordt geboord tot aan de grondwaterspiegel.

Het leertje aan de binnenbuis wordt natgemaakt waarna de binnenbuis geheel in de buitenbuis geschoven en daaraan vastgezet wordt. Het cupje met het leertje blijft circa 1 cm binnen de buitenbuis.

Daarna wordt de buitenbuis in het boorgat gestoken. Op de buitenbuis wordt een dubbel handvat vastgezet, een zogenaamde 'chrissy'. Aan deze chrissy wordt de buitenbuis de grond in geduwd en gedraaid. Als de buis niet dieper wil wordt de binnenbuis losgezet van de buitenbuis en iets (een paar cm) omhooggetrokken. Hierdoor ontstaat een onderdruk onder het cupje. De buitenbuis wordt nu verder naar beneden geduwd terwijl deze zich vult met de grondkolom. De binnenbuis blijft op gelijke hoogte of komt iets omhoog. Wanneer de binnenbuis weer aan de buitenbuis vastgezet wordt kan het geheel omhoog getrokken worden. De grondkolom blijft in beginsel in de buitenbuis zitten. Door terugduwen van de binnenbuis wordt aan maaiveld de grondkolom uit de buitenbuis geduwd, eventueel in een goot. Dit biedt de mogelijkheid om het grondprofiel te bestuderen.

In beginsel wordt de vijf meter combinatie na het omhooghalen uit het boorgat direct (in verband met dichtvallen van het boorgat) gevolgd door een (andere)  $7\frac{1}{2}$  meter combinatie om verder te 'staayen'.

Na boring van het gat wordt een monsternemingslans in het boorgat gedrukt. Via een slangenpomp wordt daarna een grondwatermonster verzameld.

## **Methode H Van der Staay in combinatie met grondmonster**

Wat betreft de boring is deze methode identiek aan Methode G. Alleen wordt bij Methode H het grondmonster van 50 cm dat met de laatste Staay-boring naar boven komt gebruikt, om via filteren en/of centrifugeren het gewenste grondwatermonster te verzamelen.

### **Methode I Pulsboren /Van der Staay in combinatie met monsternemingslans**

Na het boren van een gat tot aan de grondwaterstand wordt een mantelbuis geplaatst. Daarna wordt via de pulsmethode (NNI, 2003) de mantelbuis op diepte gebracht. Bij het pulsboren wordt een rvs puls (lengte 0,75 meter,  $\varnothing_{\text{inw}} = 60$  mm,  $\varnothing_{\text{uitw}} = 64$  mm, met een klep aan de onderkant) pulserend (stukje omhoog en weer omlaag) in een mantelbuis neergelaten. Dit gebeurt handmatig of via aan een lier die op een driepoot gemonteerd is. De mantelbuis is van PVC en heeft een lengte van 1 meter ( $\varnothing_{\text{inw}} = 76$  mm,  $\varnothing_{\text{uitw}} = 90$  mm). Door het pulsen komt grond in de pulsbus (die er door de klepconstructie niet uit kan) waardoor de mantelbuis verder kan zakken. Het zakken van de mantelbuis wordt bespoedigd door via hulpstukken te drukken en te draaien aan deze bus. De mantelbuis wordt met delen van 100 cm steeds verder verlengd. De rvs pulsbus wordt steeds via de lier omhoog gehaald om geleegd te worden. Vanaf een gewenste diepte wordt vervolgens binnen de mantelbuis verder geboord via de Van der Staay-methode. Hierna wordt een monsternemingslans in het boorgat geplaatst. Zie hiervoor ook de omschrijving bij Methode G.

### **Methode J Pulsboren in combinatie met grondmonster via Van der Staay-methode**

Zie voor het pulsboren de omschrijving hiervoor bij Methode I. Als de mantelbuis via de pulsmethode op een bepaalde diepte is gekomen wordt via de Van der Staay-methode verder geboord. Het grondmonster van 50 cm dat met de laatste Staay-boring naar boven komt wordt gebruikt om via filteren en/of centrifugeren het gewenste grondwatermonster te verzamelen. Zie hiervoor ook de omschrijving bij Methode H.

### **Methode K Wegdrukken i.c.m. multigrondwatermonstersonde (GeoDelft)**

De multigrondwatermonstersonde bestaat uit een sondeerconus waarbij achter de conuspunt een rvs filter is geplaatst. De monsternemingslang is van teflon met een  $\varnothing_{\text{inw}}$  van 4 of 6 mm (GeoDelft, 2005).

De sonde wordt met een ballastwagen de grond ingedrukt. Tijdens het wegdrukken blijft het filter open door een overdruk van stikstofgas aan te brengen. Nadat de sonde op diepte is gebracht, wordt de druk weggenomen en kan het grondwater toestromen. Via een systeem dat werkt met stikstofoverdruk en pulsklepjes wordt het grondwater opgepompt.

Met deze methode kan in één boring op verschillende diepten een grondwatermonster verzameld worden. Tussen de monsternemingen door wordt het systeem door middel van stikstofgas en gedemineraliseerd water gereinigd.



**Methode L SonicSampdrill met Eijkelkamp Continuous Multichannel Tubing (CMT)**

Een mantelbuis (holle pijp) wordt met een verloren punt de grond ingedreven via tril- en duwkracht (SonicSampdrill). Als de verloren punt op de gewenste diepte is gekomen wordt een met filters geprepareerde kunststof meervoudige filterbuis in de mantelbuis gebracht tot aan de verloren punt. De meervoudige buis is rond en bestaat inwendig uit meerdere kanalen die in de lengterichting lopen. Afhankelijk van de gewenste filterdiepte zijn deze kanalen over bepaalde afstanden geopend. Aan de onderzijde van deze opening wordt het kanaal afgestopt en over de opening wordt aan maaiveld een filtermantel geschoven van de gewenste lengte en vastgezet. Om lekstromen na het plaatsen te voorkomen worden, tussen de filters, tijdens het plaatsen bentonietkragen rond de meervoudige buis aangebracht.

Na het plaatsen van de geprepareerde buis wordt de mantelbuis vol water gezet en getrokken waardoor de filters vrijkomen en het grondwater kan toestromen. Het betreft een permanent monsterpunt dat aan of onder maaiveld afgewerkt dient te worden. Zie Solinst (2005) voor aanvullende informatie.



## 4. Resultaten

### 4.1 Algemeen

Voor de ‘proefboringen’ is onder andere een zandafgraving op het RIVM-terrein gebruikt van ongeveer één meter diepte tussen gebouw Z en gebouw Sr. In deze afgraving staat het grondwaterpeil circa 1 ½ meter onder het maaiveld. Omdat het uiteindelijk gaat om monsternemingen op ongeveer vijf meter onder het grondwaterpeil moest hier dus geboord worden tot 6½ meter onder maaiveld. Verder zijn proefboringen verricht op het terrein van de firma Eijkelkamp te Giesbeek. De grondsoort is hier vanaf circa 3 meter overwegend grof zand. De grondwaterspiegel ligt op ongeveer 2 meter onder maaiveld.

Voor de in het veld uitgeprobeerde methoden zijn datum en plaats weergegeven in Tabel 3, inclusief de uitvoerende(n). Gerefereerd wordt aan de methoden in Tabel 2.

*Tabel 3 In het veld uitgeprobeerde methoden*

<b>Methode</b>	<b>Datum</b>	<b>Locatie</b>	<b>Door</b>
A en B	7-12-04	RIVM afgraving	RIVM
A (aangepast), I, J	9-12-04	RIVM afgraving	RIVM/UU*
G en H	15-12-04	RIVM afgraving	UU *
D en E	7-3-05	Giesbeek	Eijkelkamp
F	14-3-05	RIVM, grasveld bij gebouw Z	Sialtech
D (alleen voertuig)	16-3-05	Almere	Sialtech

\* UU: Universiteit Utrecht, Faculteit Geo-wetenschappen

Voor de overige methoden konden een proefboring en monsterneming in het veld niet binnen de onderzoekstermijn georganiseerd worden.

Sommige methoden impliceren door hun boormethode de mogelijkheid om het boorprofiel in min of meer ongestoorde vorm direct aan maaiveld te brengen ter beoordeling van de bodemtextuur. In die gevallen waarbij dit niet het geval is (verstoring of helemaal geen grondmonster) kan een monster met dezelfde boormethode, maar via een aparte grondkolomsteker verkregen worden. De werking daarvan wordt in paragraaf 4.2 uitgelegd en bij de betreffende boor- en monsternemingsmethode gescoord.

De in de praktijk opgedane ervaringen en/of de informatie uit literatuur/internet en/of ervaringen door derden worden in paragraaf 4.2 kort beschreven.

Op basis hiervan is tot slot de scoringstabel ingevuld (paragraaf 4.3).

## 4.2 Resultaten per methode

In deze paragraaf worden de ervaringen opgedaan tijdens het onderzoek, per methode beschreven. Het principe van elk van de methoden is kort omschreven in paragraaf 3.2.

### 4.2.1 Zuigboren/Boumans 'snel' (methode A)

Met de eerste Staay-buis kon vrij eenvoudig tot circa 3 meter onder maaiveld worden gekomen. Op die diepte stuiten we op een grindlaag. Met veel duwen en doorpompen bleek deze laag uiteindelijk wel doordringbaar. Wanneer de buis gevuld is met naar schatting 3 meter grond blijkt het verder laten zakken niet meer mogelijk. Door het vacuüm vult de buis zich wel verder met grondwater, maar niet met grond. Hierdoor kwam de buis vast te zitten. De buis is eruit gehaald, geleegd en opnieuw geplaatst. Deze werkwijze is geoptimaliseerd door het ophalen en plaatsen van de buis snel achter elkaar te doen. Op die manier is uiteindelijk een diepte bereikt van circa 5½ meter onder maaiveld (2 buizen van 4 meter aan elkaar, verbonden via een tromp). Ook door het ophalen van de buis snel te laten volgen door het plaatsen van een nieuwe (lege) buis is niet dieper gekomen. Het boorgat viel steeds dicht en feitelijk begon je weer opnieuw. De methode is hierdoor zeer arbeidsintensief, zonder dat echter sprake is van fysiek zwaar werk.

Een paar dagen later is nog een alternatieve methode uitprobeerd. Het idee was om de buis als mantelbuis te laten staan om zo het dichtvallen van het boorgat te voorkómen. Deze mantelbuis wordt geleegd met een smallere Hostalit buis van  $\varnothing_{inw} = 36$  mm en  $\varnothing_{uitw} = 40$  mm met een provisorisch gemonteerd klepje aan het uiteinde. Dit laatste ook weer met de zuigboommethode. Vervolgens zou een monsternemingslans in de mantelbuis geplaatst kunnen worden. Het klepje zou moeten voorkomen dat grond eruit valt bij het ophalen van de buis. De methode werkte echter niet, mogelijk omdat de montage van het klepje erg kritisch is.

Het te gebruiken materiaal bij deze methode is goedkoop en eenvoudig op locatie aan te voeren. Er worden geen machines gebruikt. Deze aspecten scoren dus hoog. De succeskans blijkt echter gering wat tot een lage score leidt. Zie verder de ingevulde scoringstabel.

### 4.2.2 Zuigboren/Boumans 'precies' (methode B)

Deze methode bleek nòg problematischer dan methode A omdat de slang die binnen de buis naar het filter aan het uiteinde van de buis loopt het gemakkelijk dóórglijden van de grond in de buis sterk belemmerd. Zowel met het vullen als tijdens het leegmaken van de buis.

Deze poging is daarom na een paar meter boren gestaakt.

Zie verder de van toepassing zijnde opmerkingen bij Methode A en de ingevulde scoringstabel.

### 4.2.3 SonicSampdrill met Direct Well (methode C)

Het plaatsen van een filter met stijgbuis wordt vrij algemeen toegepast en valt daardoor in de categorie ‘geaccepteerde’ methoden. De Direct Well is een daarmee vergelijkbare methode. Voor iedere gewenste filterdiepte op dezelfde locatie dient opnieuw geboord te worden. De ervaring is dat dit met de SonicSampdrill in de Nederlandse zandige formaties meestal wel lukt (NNI, 2003). Op dit punt scoort de methode dus een 10. De kosten liggen echter relatief hoog, wat tot uitdrukking komt in een score van 2. Zie verder de ingevulde scoringstabel.

Voor de scoring van het aspect ‘mogelijkheid info bodemtextuur’ is daarbij uitgegaan van het gebruik van de SonicSampdrill in combinatie met de Aqualock. Dit systeem werkt als volgt. Met de Sonic wordt een gesloten boorbuis met snijkop op diepte gebracht. De buis is gevuld met water dat een zuiger vlak achter de boorkop op z'n plaats houdt. Op diepte wordt het waterslot ontgrendeld waarna het water wegstroomt terwijl de buis 2 meter dieper wordt gestoken. Hierdoor schuift 2 meter grondkolom in de buis die daarna omhoog getrokken wordt. Aan maaiveld wordt middels het aanbrengen van waterdruk achter de zuiger de grondkolom uit de buis en in een goot geperst.

### 4.2.4 SonicSampdrill met Eijkelkamp Uitschuifbare Punt Methode (methode D)

Omdat het een nieuw ontwikkelde methode betreft is het toegepaste, 50 cm lange filter alleen als prototype uitgevoerd. Een geperforeerde roestvrijstalen buis van circa 50 cm is rondom voorzien van gaas als filter. Aan één kant van dit filter is de boorpunt gemonteerd die in de mantelbuis valt. Aan de andere zijde zorgt een borgende ring voor de aansluiting op de mantelbuis bij uitgeschoven toestand. Zie Figuur 1 waarbij de mantelbuis horizontaal is geplaatst en de boorpunt uitgeschoven waardoor het filter zichtbaar is.



*Figuur 1 Uitschuifbare Punt Methode met filter van 50 cm zichtbaar*

De SonicSampDrill is via een driepuntsophanging achter op een standaard-landbouwtractor gemonteerd. De eerste mantelbuis wordt aan het koppelstuk gedraaid en via de Sonic de grond ingebracht (zie Figuur 2). Door te verlengen met mantelbuizen wordt in enkele minuten geboord tot 9 meter onder maaiveld.



*Figuur 2 SonicSampDrill in driepunts ophanging achter op een tractor*

De aanzuigslang wordt via het aansluitblok op het filter aangesloten. Deze aanzuigslang wordt daarna met een hulpstuk tijdelijk in de mantelbuis weggewerkt waarna met de Sonic de mantelbuis circa 50 cm getrokken wordt. Hierna begint de monsterneming (zie Figuur 3).



*Figuur 3 Monsterneming grondwater via de UPM*

Aanvankelijk is het water zeer moeilijk op te pompen. Dit blijkt uiteindelijk aan de geringe diameter van de PE aanzuigslang (2 x 4 mm) te liggen. Als de gehele operatie herhaald wordt met een PE aanzuigslang van 4 x 6 mm blijkt het oppompen geen probleem te zijn.

Hierna is, na het verwijderen van de slang en het aansluitblok, de mantelbuis met het geopende filter omhoog getrokken. Opvallend is dat het filter daarbij relatief schoon bovengronds komt. Dit komt waarschijnlijk doordat het water dat na het verwijderen van de het aansluitblok de mantelbuis in kan stromen tijdens het omhoogtrekken uit het filter stroomt.

Sialtech Bunnik kan de SonicSampDrill monteren op een Manitoux. Dit is een soort terreinvoertuig dat erg lijkt op een trekker, maar minder grondspeling heeft (zie Figuur 4).



*Figuur 4 De SonicSampDrill op een Manitoux terreinvoertuig*

De Manitoux met de SonicSampDrill moet met een dieplader op locatie gebracht worden. Hetzelfde geldt als gebruik wordt gemaakt van een tractor. In het laatste geval kan er ook voor gekozen worden om de SonicSampDrill aan te voeren op een aanhanger en deze op locatie aan een ter plaatse beschikbare tractor te hangen. Die tractor wordt dan bijvoorbeeld lokaal gehuurd.

Deze methode scoort bijvoorbeeld hoog op het aspect ‘kans op een geslaagde boring’, maar laag op het aspect ‘kosten vervolg monsterneming’. Zie verder de ingevulde scoringstabel. Voor de scoring van het aspect ‘mogelijkheid info bodemtextuur’ is uitgegaan van het gebruik van de SonicSampdrill in combinatie met de Aqualock zoals beschreven in paragraaf 4.2.3.

#### **4.2.5 SonicSampdrill met Waterloo Profiler (methode E)**

Net als methode D is de Waterloo Profiler gedemonstreerd op het terrein van Eijkelkamp in Giesbeek. In Figuur 5 is de Waterloo Profiler zichtbaar terwijl deze aan de mantelbuis gemonteerd aan de Sonic zit en het werkwater via de openingen uitstroomt.

Op deze manier wordt de Profiler via de Sonic naar circa 9 meter onder maaiveld gebracht. Daartoe moet steeds met mantelbuizen van circa 1 meter verlengd worden hetgeen inhoudt dat de slang voor het werkwater iedere keer los- en daarna weer vastgekoppeld moet worden. Dit blijkt zéér bewerkelijk te zijn.



*Figuur 5 Waterloo Profiler met uitstromend werkwater*

Op diepte gaat het oppompen van grondwater overigens probleemloos met een PE slang van 2 x 4 mm. Hierna is de combinatie weer omhoog getrokken. Daarbij wordt opnieuw geworsteld met de aanzuigslang i.v.m. het noodzakelijke loskoppelen van de mantelbuizen. Dit is een belangrijk praktisch nadeel van deze methode. Een ander nadeel is dat het een puntmeting betreft waardoor voor het vaststellen van de grondwaterkwaliteit over bijvoorbeeld 50 cm meerdere monsternemingen gemiddeld zullen moeten worden. Zie verder de opmerkingen over gebruik van een tractor of de Manitoux bij methode D en de ingevulde scoringstabel. Deze methode scoort bijvoorbeeld laag voor het aspect ‘waterkwaliteit over het gewenste traject’. Omdat het een puntmeting betreft zullen monsters op meerdere diepten genomen moeten worden voor een betrouwbaar gemiddelde over een traject van 50 cm. Voor de scoring van het aspect ‘mogelijkheid info bodemtextuur’ is uitgegaan van het gebruik van de SonicSampdrill in combinatie met de Aqualock zoals beschreven in paragraaf 4.2.3.

#### **4.2.6 Geoprobe trilblok met ScreenPoint filter (methode F)**

De Geoprobe wordt in een vrachtwagen naar de gewenste locatie gebracht. In dit geval het RIVM bij gebouw Z. Het boormechanisme is gemonteerd op een klein rupsvoertuig dat via een afstandsbediening te verplaatsen is (zie Figuur 6). Op de gewenste locatie wordt de mast recht gezet en het filter in de eerste mantelbuis met verloren punt geschoven. Dit geheel wordt vrij eenvoudig, maar met veel herrie de grond ingehamerd en er volgen op die manier nog 4 buizen van 1½ meter tot het filter een diepte van 8 meter bereikt (zie Figuur 7).





*Figuur 6 Geoprobe op rupsvoertuig wordt uit de vrachtauto gereden*



*Figuur 7 Screenpointfilter wordt via de Geoprobe op diepte gebracht*

De mantelbuis wordt circa 1 meter getrokken waarbij het filter via stangen op z'n plaats wordt gehouden (zie Figuur 8).

Daarna wordt de aanzuigslang via een kogelklepje boven het filter gebracht en het water afgepompt (zie Figuur 9). De aanzuigslang is daarbij niet waterdicht gekoppeld aan het filter. Daardoor is niet bekend of het opgepompte water in de (eventueel vervuilde) mantelbuis heeft gestaan. In geval van analyse van metalen is dit een (mogelijk) nadeel.



*Figuur 8 Op positie houden van het filter via stangen*



*Figuur 9 Monsterneming grondwater op 8 meter onder maaiveld via het Screenpointfilter*

Met dit trilblok en een MacroCore Soil Sampler is tot slot nog een ongestoord bodemmonster genomen op 3 meter diepte. Dit verliep zonder problemen. De MacroCore Soil Sampler is een holle buis met aan het uiteinde een boorpunt. Deze boorpunt kan via een stangensysteem vanaf maaiveld ontgrendeld worden waardoor bij verder boren de grondkolom in de buis schuift. Een zogenaamde ‘core catcher’ voorkomt dat bij het omhoog halen van de buis de grond eruit valt. Zie verder de ingevulde scoringstabel. De methode scoort door de omvang van het materiaal laag op het aspect ‘acceptatie boer’ en de kosten voor het boren en voor vervolg monsterneming. Voor de scoring van het aspect ‘mogelijkheid info bodemtextuur’ is uitgegaan van gebruik van de MacroCore Soil Sampler.

#### 4.2.7 Van der Staay met monsternemingslans (methode G)

Deze methode is in gebruik bij de Universiteit Utrecht, Faculteit Geo-wetenschappen (UU) en ook door hen gedemonstreerd.

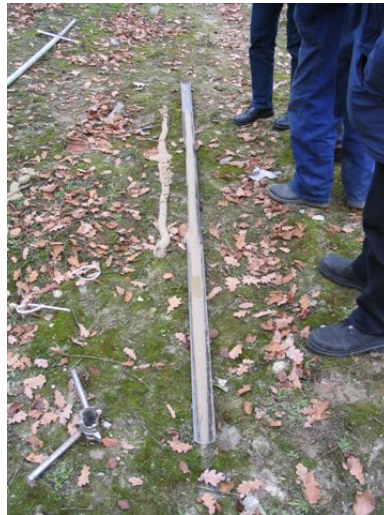


*Figuur 10 Het plaatsen van de vijf meter lange Staay-buis*

Voor de demonstratie gebruikte de UU eigen materieel, met uitzondering van de Edelmanboor. Met deze boor is eerst geboord tot aan de grondwaterspiegel, circa 1½ meter onder maaiveld. Daarna is een buis geplaatst en is een onderdruk gecreëerd (zie Figuur 10). Door herhaald inbrengen van de buis, weer omhoog halen en direct een andere buis inbrengen wordt binnen een uur tot een diepte van vijf meter onder maaiveld gekomen. Door het uithalen van de buis valt het boorgat wel steeds dicht, maar is dan een volgende keer weer sneller te doorboren dan de voorgaande keer. De omhoog gehaalde kolom grond wordt via de zuiger weer uit de buis en op de grond (of in een goot) gedrukt (zie Figuur 11). Hierdoor is de bodemtextuur te bestuderen.

Er moet via de ‘chrissey’ vrij veel kracht gezet worden om de buitenbuis naar beneden te duwen/draaien. Plaatselijk wordt op vijf meter op een moeilijk doordringbare laag van zeer fijn zand met een hoge pakking gestoten. Pas na enkele uren, zeer veel moeite en niet opgeven van de UU wordt deze laag doorboord en komt men uiteindelijk op circa 7 meter onder maaiveld. De 7 ½ meter lange buis wordt omhooggetrokken waarna een monsternemingslans in het boorgat wordt geduwd. Doordat het boorgat inmiddels weer is dichtgevallen komt deze lans niet tot 7 meter onder maaiveld, maar circa 6 meter.





*Figuur 11 Grondkolom vanuit de buis in een opvanggoot geschoven*

De monsterneming van het grondwater via een slangenpomp is niet uitgevoerd. De ervaring leert dat dit verder geen problemen oplevert. Het te gebruiken materiaal bij deze methode is goedkoop. De methode scoort laag op de aspecten 'mogelijkheid doorboring storende lagen' en 'ARBO-geschiktheid'. Maar scoort weer hoog als het gaat om acceptatie door de boer. Zie verder de ingevulde scoringstabel.

#### **4.2.8 Van der Staay in combinatie met grondmonster (methode H)**

Zie de beschrijving hierboven bij Methode G. Probleem is nu wel dat, doordat het boorgat steeds dichtvalt, je feitelijk niet goed weet welke grond je nu als laatste naar boven haalt. Komt die ook in zijn geheel van de beoogde diepte en levert het te onttrekken poriewater daardoor wel een representatief grondwatermonster op die diepte? Probleem is ook dat bij het omhooghalen van de buis er grond uit de buis valt als er relatief veel water in zit.

Aan het laatste omhoog gehaalde grondmonster is verder geen water onttrokken omdat deze methode in de praktijk bekend is en werkt.

Ook voor deze monsternemingsmethode geldt dat het te gebruiken materiaal goedkoop is. Vergeleken met methode G scoort deze methode wat lager op de aspecten met betrekking tot de monsternemingsmethode. Het grondwater direct oppompen is eenvoudiger dan het filteren of centrifugeren van een hoeveelheid grond. Zie verder de ingevulde scoringstabel.

#### **4.2.9 Pulsboren /Van der Staay in combinatie met monsternemingslans (methode I)**

Na het maken van een boorgat tot aan de grondwaterspiegel is met de pulsmethode een diepte van vijf onder maaiveld meter bereikt. De hele operatie duurde 3 uur. De puls kwam diverse keren vast te zitten door kiezels. Eén keer zat de puls zo vast dat de puls met alle pijpen eraan omhoog gehaald moest worden om de puls weer los te krijgen. Daarna weer van voren af aan

begonnen. Er moet steeds veel water in de buis gegooid worden aan het begin om het pulsen te vergemakkelijken. Op diepte is dit noodzakelijk om te voorkomen dat er in de omringende formatie overdruk ontstaat en steeds weer grond van onderaf de buis inspoelt. De pulsmethode is arbeidsintensief. Er zijn ook bij voorkeur 3 personen nodig voor een vlotte bedrijfsvoering (zie Figuur 12).



*Figuur 12 De pulsmethode in gebruik op het RIVM terrein*

Het te gebruiken materiaal is redelijk goedkoop, maar duurder en vooral zwaarder dan bijvoorbeeld bij de Van der Staay-methode. Door de Universiteit Utrecht is via de Van der Staay-methode binnen de via pulsen geplaatste buis verder geboord naar 7 meter. Dit ging probleemloos. Zie ook de beschrijving bij methode G. Na verwijdering van de Staay-buis werd een monsternemingslans de grond ingedrukt. Door het dichtvallen van de laatste 2 meter van het boorgat na verwijdering van de Staay-buis kon de lans niet meer op 7 meter diepte worden gebracht. Monsternamen via een slangenpomp is niet uitgevoerd. De ervaring leert dat dit verder geen problemen oplevert. Het is onmogelijk om via de pulsmethode een ongestoord grondmonster te verzamelen. Dit aspect wordt dus laag gescoord, evenals de ARBO geschiktheid. Zie verder de ingevulde scoringstabel.

#### **4.2.10 Pulsboren in combinatie met grondmonster via Van der Staay (methode J)**

Door de Universiteit Utrecht is vanaf vijf meter onder maaiveld binnen de mantelbuis die middels pulsen werd geplaatst (zie beschrijving bij methode I) en via de Van der Staay-methode (zie ook methode G) probleemloos verder geboord naar 7 meter onder het maaiveld (zie Figuur 13). Het laatste grondmonster werd hierbij verzameld in een bak. Aan het grondmonster is verder geen water onttrokken omdat deze methode in de praktijk bekend is en werkt. Zie verder de opmerkingen bij Methode H en de ingevulde scoringstabel.



*Figuur 13 Toepassing Van der Staay-methode in de gepulste mantelbuis*

#### **4.2.11 Wegdrukken in combinatie met multigrondwatermonstersonde (methode K)**

Deze methode is niet in het kader van dit onderzoek in de praktijk uitgeprobeerd. Afgezien van de boormethode is het belangrijkste verschil met de Waterloo Profiler (methode E), dat in plaats van water, stikstof wordt gebruikt om de openingen in de sonde geopend te houden tijdens het boren. Er wordt dus geen werkwater gebruikt. Net als bij de Waterloo Profiler is het door de puntmonsterneming nodig om op meerdere diepten monsternemingen te doen voor vaststelling van een gemiddelde concentratie over het gewenste traject. Dit veroorzaakt een lage score op het aspect ‘waterkwaliteit over het gewenste traject’. Zie verder de ingevulde scoringstabel.

#### **4.2.12 SonicSampdrill met Continuous Multichannel Tubing (methode L)**

In Nederland is deze methode nog niet in gebruik en kon dus niet uitgeprobeerd worden. In Amerika is al wel veel ervaring opgedaan met deze techniek. Groot voordeel ten opzichte van de Direct Well methode is, dat er voor het plaatsen van 7 filters slechts één keer geboord hoeft te worden. Daar staat tegenover dat de materiaal- en installatiekosten weer hoger zijn. Doordat de buis met 7 kanalen aan maaiveld geprepareerd wordt zijn de onderlinge filterafstanden visueel te controleren op correctheid. De methode scoort dus hoog (10) als het gaat om de mogelijkheid van monsterneming op meerdere dieptes zonder extra boringen. Maar zeer laag op het aspect kosten. Zie verder de ingevulde scoringstabel.

### **4.3 Scoringstabel**

In Tabel 4 zijn voor iedere boor-monsternemingsmethode de van belang zijnde aspecten gescoord.

Tabel 4 Scores selectiecriteria voor iedere boor- en monsternemingsmethode

Selectie criterium		Boor- en monsternemingsmethode *											
nr.	omschrijving	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	<i>Toegang perceel/ omvang materieel</i>												
1	acceptatie boer	10	10	1	4	4	2	10	10	7	7	4	1
2	transportkosten materieel	10	10	1	1	1	5	10	10	9	9	1	1
	<i>Boor/plaatsingsmethode</i>												
3	kans op geslaagde boring	1	1	10	10	10	10	5	5	6	6	10	10
4	mogelijkheid doorboring storende lagen	1	1	10	10	10	10	1	1	3	3	10	10
5	ARBO-geschiktheid	5	5	10	10	10	8	1	1	2	2	10	10
6	achterblijven (verlies) materiaal in bodem	10	10	1	10	10	5	10	10	10	10	10	1
7	kosten boring	10	10	2	4	4	1	8	8	6	6	4	3
	<i>Monsternemingsmethode</i>												
8	inschatting representativiteit methode	1	2	10	10	10	10	5	4	5	4	10	10
9	waterkwaliteit over het gewenste traject	7	8	8	10	1	10	8	7	8	7	1	8
10	foutgevoeligheid methode	5	7	10	8	1	8	7	5	7	5	1	10
11	kosten eerste monsterneming	1	8	6	10	3	10	8	1	8	1	3	5
	<i>Overige aspecten</i>												
12	Meerdere filterdieptes met één boring	8	8	1	7	10	7	8	8	8	8	10	10
13	directe info grondwaterstand	10	10	8	5	5	4	10	10	10	10	9	8
14	mogelijkheid info bodemtextuur	1	1	9	9	9	8	10	10	1	1	9	9
	<i>Monitoring</i>												
15	kosten vervolg monsterneming	4	6	10	3	1	3	6	4	6	3	1	10

\* A = Zuigboren/Boumans 'snel'; B = Zuigboren/Boumans 'precies'; C = Sonic/DirectWell; D= Sonic/UPM; E= Sonic/WaterlooProfiler; F= Geoprobe/Screenpoint  
G = Staay/filter; H = Staay/grond; I= Puls&Staay/filter; J = Puls&Staay/grond; K = Wegdrukken/Multigrondwatermonstersonde; L = Sonic/CMT



## 5. Discussie en conclusies

Zoals aangegeven in hoofdstuk 3 zijn er aan de selectiecriteria gewichten gekoppeld. Deze gewichten representeren het belang dat aan de diverse criteria gegeven wordt.

Vermenigvuldiging van iedere score (Tabel 4) met het bij dat criterium bijbehorende gewicht (Tabel 1) leidt tot een gewogen score voor dat aspect (Tabel 5). Deze gewogen scores leveren opgeteld per hoofdaspect dan een objectieve totaalscore op van niet interessant (0) tot zeer aan te bevelen (10). Zie Tabel 5, waarbij vooralsnog uitgegaan is van geen noodzaak tot doorboring van storende lagen (gewicht = 0).

Uit Tabel 5 blijkt dat methode D, G en L hoog scoren en methode A, E, J en K laag. Dit laat zich als volgt verklaren:

De onderzochte boor- en monsternemingsmethoden zijn ruwweg in drie groepen in te delen, namelijk:

- handmatig met plaatsing van een niet-permanent filter (methode A, B, G, H, I, J)
- machinaal met plaatsing van een niet-permanent filter (methode D, E, F, K)
- machinaal met plaatsing van een permanent filter (methode C, L)

Ieder van deze methoden heeft zo zijn specifieke voor- en nadelen. De handmatige methoden zijn goedkoop en acceptabel voor inzet op een landbouwbedrijf. De machinale methoden zijn (mogelijk) minder acceptabel voor de boer vanwege de omvang van de apparatuur en de kans op beschadiging van de percelen. Bovendien zijn deze methoden duurder. Echter, de kans op een succesvolle boring is groter en de monsterneming is veelal beter gedefinieerd. De installatiekosten van een permanent filter zijn dan weer hoger, maar de kosten in geval van vervolgmonsternemingen (monitoring) zijn lager dan bij niet-permanente filters. Deze voor- en nadelen worden weerspiegeld in de gewogen totaalscore.

Omdat het vervolgonderzoek nog informatie moet verschaffen over de werkelijk te realiseren representativiteit van de methoden pleit dat voor het selecteren van de meest kansrijke methode uit elk van de onderscheiden groepen. Dat zijn de volgende methoden indien uitgegaan wordt van het ontbreken van de noodzaak tot het doorboren van storende lagen:

Methode G    Van der Staay in combinatie met monsternemingslans  
Methode D    SonicSampDrill met Uitschuifbare Punt Methode (UPM)  
Methode L    SonicSampDrill met de Continuous Multichannel Tubing (CMT)

Opgemerkt moet worden dat het onderscheid voor sommige methoden niet erg groot is. Alternatieve methoden voor de hiervoor genoemde zijn dan ook methode H (Van der Staay met water onttrekken aan grondkolom), methode F (GeoProbe trilblok met Screenpointfilter) en methode C (SonicSampdrill met Direct Well).

Als de doorboring van storende lagen een hard criterium is (gewicht 10) dan valt de handmatige Van der Staay-methode af.

Aanbevolen wordt om in het vervolgonderzoek de methoden indien mogelijk verder te optimaliseren. Zo valt in het geval van de Van der Staay-methode te denken aan gebruik van een trilmotor om de noodzakelijke fysieke inspanning te verminderen. Toepassing van een mantelbuis voorkomt dat het boorgat steeds dichtvalt. Vanaf een bepaalde diepte wordt er dan met een kleinere diameter buis verder 'gestaayed' in de mantelbuis.

Voor de monsterneming met de Uitschuifbare Punt Methode is het aan te bevelen een procedure te ontwikkelen om contaminatie bij monsternemingen op verschillende diepten in één boorgang uit te sluiten.

Verwacht wordt dat monsternemingen met de Continuous Multichannel Tubing (CMT) geen problemen op zullen leveren. Bij de uitvoering is vooral de procedure aan maaiveld voor preparatie van de CMT te optimaliseren.

Tabel 5 Gewogen scores per boor- monsternemingsmethode met gewicht 0 voor de mogelijkheid tot doorboring storende lagen

selectie criterium		Boor- en monsternemingsmethode *											
nr.	omschrijving	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	<i>Toegang perceel/ omvang materieel</i>												
1	acceptatie boer	100	100	10	40	40	20	100	100	70	70	40	10
2	transportkosten materieel	50	50	5	5	5	25	50	50	45	45	5	5
	<i>subscore</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>3</i>	<i>1</i>
	<i>Boor/plaatsingsmethode</i>												
3	kans op geslaagde boring	7	7	70	70	70	70	35	35	42	42	70	70
4	mogelijkheid doorboring storende lagen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	ARBO-geschiktheid	40	40	80	80	80	64	8	8	16	16	80	80
6	achterblijven (verlies) materiaal in bodem	20	20	2	20	20	10	20	20	20	20	20	2
7	kosten boring	50	50	10	20	20	5	40	40	30	30	20	15
	<i>subscore</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>10</i>	<i>9</i>
	<i>Monsternemingsmethode</i>												
8	inschatting representativiteit methode	8	16	80	80	80	80	40	32	40	32	80	80
9	waterkwaliteit over het gewenste traject	56	64	64	80	8	80	64	56	64	56	8	64
10	foutgevoeligheid methode	50	70	100	80	10	80	70	50	70	50	10	100
11	kosten eerste monsterneming	5	40	30	50	15	50	40	5	40	5	15	25
	<i>subscore</i>	<i>4</i>	<i>7</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>4</i>	<i>10</i>	<i>7</i>	<i>5</i>	<i>7</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>9</i>
	<i>Overige aspecten</i>												
12	Meerdere filterdieptes met één boring	40	40	5	35	50	35	40	40	40	40	50	50
13	directe info grondwaterstand	60	60	48	30	30	24	60	60	60	60	54	48
14	mogelijkheid info bodemtextuur	10	10	90	90	90	80	100	100	10	10	90	90
	<i>subscore</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>7</i>	<i>10</i>	<i>10</i>	<i>6</i>	<i>6</i>	<i>10</i>	<i>9</i>
	<i>Monitoring</i>												
15	kosten vervolg monsterneming	40	60	100	30	10	30	60	40	60	30	10	100
	<i>subscore</i>	<i>4</i>	<i>6</i>	<i>10</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>6</i>	<i>4</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>10</i>
	<i>TOTAALSCORE</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>7</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>9</i>	<i>8</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>10</i>

\* A = Zuigboren/Boumans 'snel'; B = Zuigboren/Boumans 'precies'; C = Sonic/DirectWell; D= Sonic/UPM; E= Sonic/WaterlooProfiler; F= Geoprobe/Screenpoint  
G = Staay/filter; H = Staay/grond; I= Puls&Staay/filter; J = Puls&Staay/grond; K = Wegdrukken/Multigrondwatermonstersonde; L = Sonic/CMT

## Literatuur

- EC (2003). Draft guidelines for the monitoring required under the nitrates directive (91/676/EEC). Document prepared by NIVA, March 2003.
- Elzakker B.G. van, Gast L.F.L., Fraters B., Boumans L.J.M. (in voorbereiding). Onderzoek van vier boor- en monsternemingsmethoden voor grondwater tot vijf meter beneden de grondwaterspiegel in het zandgebied, Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven, RIVM rapport 680100003
- Fraters B., Hotsma P.H., Langenberg V.T., Leeuwen T.C. van, Mol A.P.A., Olsthoorn C.S.M., Schotten C.G.J., Willems W.J. (2004). Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the 1992-2002 period. Background information for the third EU Nitrates Directive Member States report, National Institute for Public Health and the Environment (RIVM), Bilthoven. Report no. 500003002/2004
- GeoDelft (2005). Multigrondwatermonstersonde, Factsheet GeoDelft, <http://www.geodelft.nl/files/multigrondwatermonstersonde.pdf>
- Geoprobe Systems (2001). Geoprobe Screen Point 15 and Screen Point 16 Groundwater Samplers, Standard Operating Procedure, Technical Bulletin No. 95-1500
- Meene E.A. van de, Staay J. van der, Hock Teoh Lay (1979). A simple apparatus for drilling in sand below groundwater table, Rijks Geologische Dienst, Haarlem
- NNI (2003). Nederlandse Praktijkrichtlijn Bodem- Boorsystemen en monsternemingstoestellen voor grond, sediment en grondwater, die worden toegepast bij bodemverontreinigingsonderzoek. NPR 5741, Nederlands Normalisatie Instituut, Delft
- Precision Sampling (2005). The Waterloo Profiler for Groundwater Sampling, Technical Note No. 3, Richmond, California, [www.precisionsampling.com](http://www.precisionsampling.com)
- Solinst (2005). CMT Multilevel System, Model 403 Data Sheet, Solinst Canada Ltd., Ontario, Canada, [www.solinst.com](http://www.solinst.com)