

# Grondwatermeetnet De Kempen

29 februari 2008




---

## Grondwatermeetnet De Kempen

Eerste meetronde (onderdeel 2)



## Verantwoording

<b>Titel</b>	Grondwatermeetnet De Kempen
<b>Opdrachtgever</b>	Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)
<b>Projectleider</b>	ir. Eric Bormans
<b>Auteur(s)</b>	ir. Eric Bormans en drs. Prosper Snoep
<b>Uitvoering meet- en inspectiewerk</b>	Marc Angenent
<b>Projectnummer</b>	4516422
<b>Aantal pagina's</b>	50 (exclusief bijlagen)
<b>Datum</b>	29 februari 2008
<b>Handtekening</b>	

## Colofon

Tauw bv  
Vestiging Eindhoven  
Dr. Holtropaan 5  
Postbus 1680  
5602 BR Eindhoven  
Telefoon (040) 232 55 50  
Fax (040) 232 55 75

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001
- VCA\*\*-certificering voor veilig werken bij meet- en inspectieactiviteiten en bodemsaneringen, ook in risicogebieden railinfra
- Er zijn analyses uitgevoerd door het NEN-EN-ISO 17025 geaccrediteerde milieulaboratorium van AL-West

Kenmerk R002-4516422HGB-hgm-V01-NL

---

## Inhoud

<b>Verantwoording en colofon .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding.....</b>	<b>11</b>
<b>2 Regionale bodemopbouw en geo(hydro)logie .....</b>	<b>17</b>
2.1 Kempisch Plateau .....	17
2.2 Centrale Slenk.....	17
2.3 Grondwaterstroming.....	18
<b>3 Veldwerk en laboratoriumonderzoek.....</b>	<b>21</b>
3.1 Algemeen .....	21
3.2 Bemonstering .....	21
3.3 Laboratoriumonderzoek .....	23
<b>4 Analyseresultaten .....</b>	<b>27</b>
<b>5 Dataverwerking.....</b>	<b>31</b>
5.1 Totale dataset.....	31
5.1.1 Algemene screening.....	31
5.1.2 Verdeling .....	32
5.1.3 Conclusies verdeling .....	36
5.2 Correlaties gehele dataset .....	36
5.2.1 Conclusies correlaties .....	39
5.3 Gebiedstypen .....	40
<b>6 Voorstel meetstrategie.....</b>	<b>45</b>
<b>7 Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>49</b>

**Bijlage(n)**

1. Geologisch profiel Reusel - Boxmeer
2. Bemonsteringsprotocol voor het meetnet
3. Toetsingswaarden grondwater
4. Analyseresultaten
5. Grafische weergave analyseresultaten
6. Correlaties
7. Box-plots



# 1

## Inleiding



## 1 Inleiding

Tauw heeft in opdracht van Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK) in Eindhoven een grondwaterkwaliteitsmeetnet opgezet. Het grondwaterkwaliteitsmeetnet is specifiek gericht op de problematiek van de cadmium- en zinkverontreinigingen in de Kempen.

Op basis van reeds beschikbare gegevens en uitgevoerde studies is een ontwerp gemaakt voor het meetnet. Vervolgens is het meetnet geïnstalleerd en is de eerste bemonsteringsronde verricht.

In een separaat rapport is de realisatie van het meetnet beschreven. In voorliggend rapport worden de resultaten van de eerste bemonsteringsronde vastgelegd.

Dit rapport is als volgt opgebouwd. Na deze inleiding wordt in hoofdstuk 2 een algemene beschrijving van de regionale bodemopbouw en geo(hydro)logie gegeven. Hoofdstuk 3 bevat een toelichting op de uitgevoerde bemonstering en het laboratoriumonderzoek gevolgd door hoofdstuk 4 met de analyseresultaten. In hoofdstuk 5 zijn de resultaten van de statistische analyse opgenomen en in hoofdstuk 6 wordt een voorstel gedaan voor de meetstrategie voor toekomstige meetrondes. Hoofdstuk 7 bevat de overige conclusies en aanbevelingen.

Kenmerk R002-4516422HGB-hgm-V01-NL

---

# 2

## Regionale bodemopbouw en geo(hydro)logie









## 2 Regionale bodemopbouw en geo(hydro)logie

Het onderzoeksgebied kan worden verdeeld in twee deelgebieden, gescheiden door de Feldbissbreuk. Het zuidwestelijke deel maakt deel uit van het Kempisch Plateau; de rest van het onderzoeksgebied valt binnen de Centrale Slenk. In de volgende tekst is een beknopte beschrijving opgenomen van de bodemopbouw binnen de deelgebieden. Een dwarsprofiel is opgenomen in bijlage 1 (Geologisch profiel Reusel – Boxmeer; bron: TNO, Divisie Geologie).

### 2.1 Kempisch Plateau

Ter plaatse van het Kempisch Plateau bestaat de bodem uit een relatief dunne deklaag (hooguit enkele meters dikte), die deels ook ontbreekt. De deklaag bestaat uit holocene afzettingen en afzettingen uit de Formatie van Boxtel (fijn zand, leem).

Het onderliggende watervoerende pakket behoort tot de formatie van Sterksel. Deze formatie bestaat overwegend uit grof zand (rivierafzettingen van de Rijn en de Maas). Fijnere lagen kunnen ook voorkomen (b.v. klei, fijn zand), waardoor het pakket niet als homogeen kan worden beschouwd.

De dikte van de formatie van Sterksel in het onderzoeksgebied ten zuidwesten van de Feldbissbreuk varieert tussen enkele meters aan de zuidwestzijde en circa 30 meter nabij de Feldbissbreuk.

Onder de formatie van Sterksel bevindt zich de formatie van Stramproy, bestaande uit fijner materiaal (beekafzettingen, eolische afzettingen).

### 2.2 Centrale Slenk

In de Centrale Slenk is sprake van een relatief dikke deklaag, die behoort tot de formatie van Boxtel. Deze bestaat uit een afwisseling van fijn zand (dekzand), leem en veenafzettingen. De dikte varieert van ongeveer 5 meter nabij Budel en Weert tot 30 meter ten noorden van Eindhoven. Het pakket is niet homogeen en de doorlatendheid kan daardoor ook variëren.

Onder de deklaag bevindt zich het watervoerende pakket dat behoort tot de formatie van Sterksel (Rijn- en Maasafzettingen) en aan de noordoostzijde van het gebied ook de formatie van Beegden (Maasafzettingen). Overwegend bestaat dit pakket uit grof zand. Er komen ook fijnere lagen voor (b.v. klei en fijn zand).

Onder het watervoerende pakket bevindt zich een scheidende laag behorende tot de formaties van Waalre en Stramproy. Deze scheidende laag bevindt zich in het gehele gebied binnen de Centrale Slenk dieper dan 30 meter beneden maaiveld.

### **2.3 Grondwaterstroming**

Binnen de Centrale Slenk is de grondwaterstroming overwegend noord-noordwestelijk gericht. Op het Kempisch Plateau is sprake van een overwegend noord-noordoostelijke grondwaterstroming.

# 3

## Veldwerk en laboratoriumonderzoek



## 3 Veldwerk en laboratoriumonderzoek

### 3.1 Algemeen

In de voorbereidende fase is door TNO het onderzoeksgebied opgedeeld in homogene gebieden.

De indeling is gebaseerd op:

- landgebruik (landbouw of natuur)
- hydrologische situatie (infiltratie, intermediair of kwel)

In het kader van het meetnet zijn op 80 locaties, verspreid over het onderzoeksgebied, peilbuizen geplaatst. De diepte van de boringen en het aantal peilbuizen variëren per gebiedstype. Een overzicht is gegeven in de volgende tabellen. Opgemerkt wordt dat tijdens de uitvoering door locatiespecifieke omstandigheden (bijvoorbeeld storende lagen) op sommige locaties in geringe mate is afgeweken van de aangegeven filterdiepten.

Tabel 3.1 Boordiepte, aantal filters en filterstelling per gebiedstype

Gebiedstype	Diepte boring (m – mv)	Aantal filters per locatie	Aantal locaties	Aantal filters
Natuur-infiltratie	35	5	16	80
Natuur-intermediair	25	4	16	64
Landbouw-infiltratie	35	5	16	80
Landbouw-intermediair	25	4	16	64
Natte gebieden (kwel)	5	2	16	32
<b>Totaal</b>			<b>80</b>	<b>320</b>

Tabel 3.2 Filterstelling peilbuizen

Filternummer	Filterdiepte van (m-mv)	tot (m-mv)
1	1,5	2,5
2	4,0	5,0
3	9,0	10,0
4 *	20,0	21,0
5	33,0	35,0

\* indien slechts 4 filters zijn geplaatst, is het diepste filter afgewerkt op 24-25 m-mv.

### 3.2 Bemonstering

De bemonstering van de peilbuizen is uitgevoerd in de periode van 15 oktober 2007 tot en met 12 februari 2008.

De peilbuizen zijn bemonsterd conform het bemonsteringsprotocol dat door de opdrachtgever bij de aanbesteding is verstrekt. Een kopie van het protocol ("Bijlage 8: Bemonsteringsprotocol voor het meetnet grondwaterkwaliteit de Kempen (bijgestelde versie n.a.v. inlichten, vervangt oorspronkelijke bijlage 6 bij de aanbestedingsdocumenten") is opgenomen in bijlage 2 van dit rapport.

Tijdens de bemonstering bleek de grondwaterspiegel in een aantal ondiepe peilbuizen (filternummers 1) zich lager te bevinden dan het filter. Deze filters zijn derhalve niet bemonsterd. Een overzicht van de niet bemonsterde peilbuizen is weergegeven in navolgende tabel. Hierin zijn tevens de peilbuisfilters vermeld die afwijken van het oorspronkelijke plan.

**Tabel 3.3** Overzicht afwijkingen

Locatienr.	Filternr.	Filterdiepte		Reden niet bemonsteren/afwijking
		van (m-mv)	tot (m-mv)	
18	1	1,5	2,5	grondwaterstand te laag
24	1	2,5	3,5	grondwaterstand te laag
26	1	2,0	3,0	grondwaterstand te laag
32	1	2,0	3,0	grondwaterstand te laag
33	1	1,5	2,5	grondwaterstand te laag
36	1	2,5	3,5	grondwaterstand te laag
52	1	2,5	3,5	grondwaterstand te laag
55	2	-	-	filters 2 en 3 gecombineerd i.v.m. storende lagen
58	1	2,0	3,0	grondwaterstand te laag
63	1	2,0	3,0	grondwaterstand te laag
64	1	2,0	3,0	grondwaterstand te laag
74	1	2,0	3,0	grondwaterstand te laag
75	3	9,0	10,0	bemonsteren filter 3 niet mogelijk i.v.m. te veel zand
78	1	2,0	3,0	grondwaterstand te laag
83	5	24,3	26,3	extra diep filter geplaatst i.v.m. storende laag
94	1	1,5	2,5	grondwaterstand te laag
97	1	2,0	3,0	grondwaterstand te laag

Uit de tabel blijkt dat van de geplande 320 peilbuisfilters in totaal 16 filters niet zijn bemonsterd en 1 filter extra is (geplaatst en) bemonsterd. In totaal zijn er 305 peilbuisfilters bemonsterd.

### 3.3 Laboratoriumonderzoek

De grondwatermonsters uit de eerste meetronde zijn geanalyseerd op:

- Zware metalen: Cd, Zn, Pb, Cu, As, Ni, Cr en Hg
- Macro-elementen: Ca, Mg, Na, K, Fe, Al, Cl, SO<sub>4</sub>
- Nutriënten: NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>
- DOC en alkaliteit
- pH, EGV (op diepte) en HCO<sub>3</sub> zijn in het veld bepaald

De analyses zijn conform de geldende voorschriften verricht in het geaccrediteerde laboratorium AL-West in Deventer (ISO/IEC 17025).

Kenmerk R002-4516422HGB-hgm-V01-NL

---



# 4

## Analyseresultaten



## 4 Analyseresultaten

De analyseresultaten van het grondwater zijn getoetst aan de STI-waarden uit de Wet bodembescherming (de circulaire 'Interventiewaarden Bodemsanering', Staatscourant 24 februari 2000, nummer 39). Dit toetsingskader bestaat uit **Streefwaarden**, **Tussenwaarden** voor nader onderzoek en **Interventiewaarden**. De toetsingswaarden zijn weergegeven in bijlage 3.

In bijlage 4 zijn de analyseresultaten en de gemeten waarden tijdens de bemonstering in tabelvorm weergegeven. Daarnaast zijn de analysecertificaten evenals de getoetste analyseresultaten per locatie digitaal aan de opdrachtgever geleverd.

In bijlage 5 zijn de analyseresultaten grafisch weergegeven.

Op de eerste tekening zijn de locaties van de geplaatste peilbuizen weergegeven. Vervolgens zijn de concentraties zink en cadmium (de maatgevende stoffen) in alle geplaatste peilbuizen per filterdiepte weergegeven (tekeningen 2 tot en met 11). Op de tekeningen 12 tot en met 23 zijn de concentraties zink en cadmium van de 2 ondiepste filters weergegeven per onderscheiden gebiedstype.

De interpretatie van de analyseresultaten en de ruimtelijke verdeling komt aan bod in hoofdstuk 5.

In tabel 4.1 is een overzicht gegeven van de opgenomen tekeningen in bijlage 5.

Tabel 4.1 Tekeningen in bijlage 5

Tekeningnummer	Omschrijving
1	Peilbuislocaties
2	Zinkgehalten filter 1
3	Zinkgehalten filter 2
4	Zinkgehalten filter 3
5	Zinkgehalten filter 4
6	Zinkgehalten filter 5
7	Cadmiumgehalten filter 1
8	Cadmiumgehalten filter 2
9	Cadmiumgehalten filter 3
10	Cadmiumgehalten filter 4
11	Cadmiumgehalten filter 5
12	Zinkgehalten filter 1 kwel
13	Zinkgehalten filter 2 kwel
14	Zinkgehalten filter 1 intermediair
15	Zinkgehalten filter 2 intermediair
16	Zinkgehalten filter 1 infiltratie
17	Zinkgehalten filter 2 infiltratie
18	Cadmiumgehalten filter 1 kwel
19	Cadmiumgehalten filter 2 kwel
20	Cadmiumgehalten filter 1 intermediair
21	Cadmiumgehalten filter 2 intermediair
22	Cadmiumgehalten filter 1 infiltratie
23	Cadmiumgehalten filter 2 infiltratie

# 5

## Dataverwerking



## 5 Dataverwerking

Het meetnet heeft een groot aantal data opgeleverd van zowel de verontreinigingssituatie (op verschillende locaties, gebiedstypes en diepte) als overige gegevens van het grondwater. Naast de ruimtelijke analyse zoals uitgevoerd door middel van GIS (in bijlage 5) is ook een statistische analyse uitgevoerd, met als specifiek doel te achterhalen of bepaalde factoren (grondwatersamenstelling, gebiedstype) van invloed zijn op de verontreinigingssituatie zoals aanwezig.

De statistische analyse heeft bestaan uit een drietal onderdelen:

- De algemene beschrijving van de dataset (welke gegevens zijn er en hoe zijn deze statistisch verdeeld)
- Verbanden tussen enerzijds de algemene samenstelling van het grondwater en anderzijds de verontreinigingssituatie (correlaties tussen parameters)
- Verbanden tussen de het gebiedstype (en diepte) en de verontreinigingssituatie.

### 5.1 Totale dataset

#### 5.1.1 Algemene screening

Op de totale dataset is een screening verricht welke data mogelijk relevant zijn en welke data in dit stadium (eerste ronde meetnet) minder bruikbaar zijn. Middels deze analyse blijken een aantal parameters niet of slechts incidenteel de detectielimiet te overschrijden. Deze getallen zijn voor de algemene statistische analyse niet bruikbaar (maar kunnen in een eventueel vervolgtraject op het meetnet mogelijk wel waarde hebben, om bijvoorbeeld trends te ontdekken).

Om inzicht te krijgen in welke parameters mogelijk wel en welke mogelijk niet relevant zijn voor de statistische analyse is gekeken naar de verdeling van de verschillende gemeten parameters. Dit is weergegeven in navolgende tabel.

Tabel 5.1 Verdeling parameters

	minimum	mediaan	75%	90%	95%	maximum
arseen (As)	<5	<5	<5	6,92	9,2	200
cadmium (Cd)	<0,1	0,13	1,1	3,56	5,62	23
chromium (Cr)	<2	<2	<2	<2	3,5	17
koper (Cu)	<2	<2	4,2	14,6	22	160
kwik (Hg)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	0,22
lood (Pb)	<5	<5	<5	<5	<5	9,1
nikkel (Ni)	<5	9,1	22	64,6	108	1300
zink (Zn)	<2	43	220	672	1260	8000
chloride	2200	25000	40000	55000	67800	250000
aluminium (Al)	<10	55	310	1500	3080	33000
calcium (Ca)	300	19000	33000	46000	55000	110000
ijzer (Fe)	<20	3700	9900	18000	26800	56000
kalium (K)	420	3600	8500	24000	33000	120000
magnesium (Mg)	230	4600	7500	12000	16000	33000
natrium (Na)	<300	15000	22000	36000	49000	480000
ammoniumstikstof als N	<100	150	400	1060	3080	81000
totaal fosfor	<50	<50	90	210	398	380000
nitraat als N	<50	110	2100	16600	27400	56000
DOC vlg. NPR 6522	<100	3000	6200	14000	24600	130000
sulfaat	<1000	55000	90000	140000	188000	1600000
hardheid(mmol/l)	<0,1	0,7	1,1	1,6	2	4,1

Van de stoffen chroom, kwik en lood blijkt dat deze stoffen slechts in een zeer beperkt aantal gevallen worden aangetroffen. Daarbij blijkt dat in de gevallen waar deze stoffen wel worden aangetroffen de concentraties slechts beperkt boven de detectielimiet liggen. Dit geldt feitelijk ook voor arseen en koper, waar eveneens meer dan de helft van de gemeten waarden beneden de detectielimiet liggen; de maximale waarde overschrijdt voor beide stoffen wel de interventiewaarde. Specifiek voor arseen dient hierbij te worden vermeld dat deze stof ook van nature in verhoogde concentraties kan voorkomen.

De verdere analyse zal zich richten op de gehalten cadmium en zink, mede in relatie tot de overige meetwaarden. Nikkel blijkt ook voor te komen, maar wordt niet gezien als een specifiek metaal dat voorkomt in zinkassen; daarbij kan nikkel ook van nature in verhoogde concentraties voorkomen.

De overige zware metalen zullen niet worden meegenomen in de verdere analyse. Dit om te voorkomen dat schijnrelaties worden verkregen (een enkele uitschieter kan de gehele berekende relatie bepalen).

### 5.1.2 Verdeling

Op basis van de statistische verdeling van de data kan worden gekeken hoe groot de kans is dat een bepaalde meetwaarde binnen het gebied voorkomt. Daarom is gekeken naar de verdeling van de gemeten data (per parameter) en de verdeling van de verschillende data.



Dit is ook van belang omdat men er bij het vergelijken van verschillende data (en berekenen van correlaties) in de gebruikte formules van uitgaat dat de verschillende data normaal zijn verdeeld. Indien dit niet het geval is, kan worden gekozen tot een transformatie (bv. naar een log) of een vergelijking op rangordes.

Om dit inzicht te krijgen, is gekeken of de verkregen data normaal (of bij benadering) normaal zijn verdeeld. Hiervoor zijn de data uitgezet tegen een standaard-normale verdeling en de bijbehorende kans (gemiddelde = 0, standaarddeviatie = 1). Bij een normaal verdeelde dataset dient bij benadering een rechte lijn te ontstaan. De percentielen behorende bij de afwijkingen van respectievelijk -2, -1, -0,5, 0, +0,5, +1 en +2 x een standaarddeviatie zijn per parameters weergegeven in de onderstaande tabel. Tevens is de scheefheid aangegeven; de scheefheid vormt een maat voor de symmetrie die bij een normale verdeling aanwezig is. Bij een geheel symmetrische dataset is deze gelijk aan 0.

**Tabel 5.2 Verdeling data ten opzichte van standaardverdeling**

percentiel standaarddeviatie	2,30%	15,80%	30,80%	50,00%	69,20%	84,20%	97,70%	scheefheid
	-2	-1	-0,5	0	0,5	1	2	
cadmium (Cd)	0,07	0,07	0,07	0,13	0,622	2,3	8,473	4,68
nikkel (Ni)	3,5	3,5	3,5	9,1	16,6	41	161,46	11,11
zink (Zn)	1,4	6,2748	16	43	140	380	2858,4	5,81
chloride	4199,2	9649,6	15000	25000	35000	46000	110000	3,74
aluminium (Al)	7	7	15	53	206	1000	5262,8	9,23
calcium (Ca)	2299,2	7000	11000	19000	29600	40000	71000	1,37
ijzer (Fe)	14	138,74	860,32	3700	8100	14000	33000	2,14
kalium (K)	999,92	2187,4	2600	3600	6960	14758	46146	3,90
magnesium (Mg)	639,36	1800	2700	4500	6600	9375,8	19000	2,02
natrium (Na)	3699,2	7500	11000	15000	21000	27758	73584	17,13
ammoniumstikstof	70	70	70	150	286	695,16	5631,4	11,74
totaal fosfor	35	35	35	35	80	140	827,74	17,46
nitraat als N	35	35	35	115	976	7075,8	35146	2,98
DOC	420	1200	1900	3000	4800	9875,8	33584	6,32
sulfaat	5097,6	28000	42016	53000	74000	120000	260000	7,82
hardheid(mmol/l)	0,07	0,3	0,4	0,7	1	1,4	2,2146	1,45

Uit de tabel kan worden afgeleid dat de waarden voor zink en cadmium (en nikkel) niet evenredig toenemen. Dit geldt ook voor aluminium. Een deel van de overige parameters neemt meer gelijkmatig toe, hoewel zeker geen sprake is van een gelijkmatige toename (en dus een normale verdeling).

Om inzicht te krijgen of de getallen met een log-normale verdeling beter worden benaderd, zijn de percentielen ook berekend voor de log van de gemeten waarden. Ook de pH (veldmeting, feitelijk een logaritmische schaal) is meegenomen.

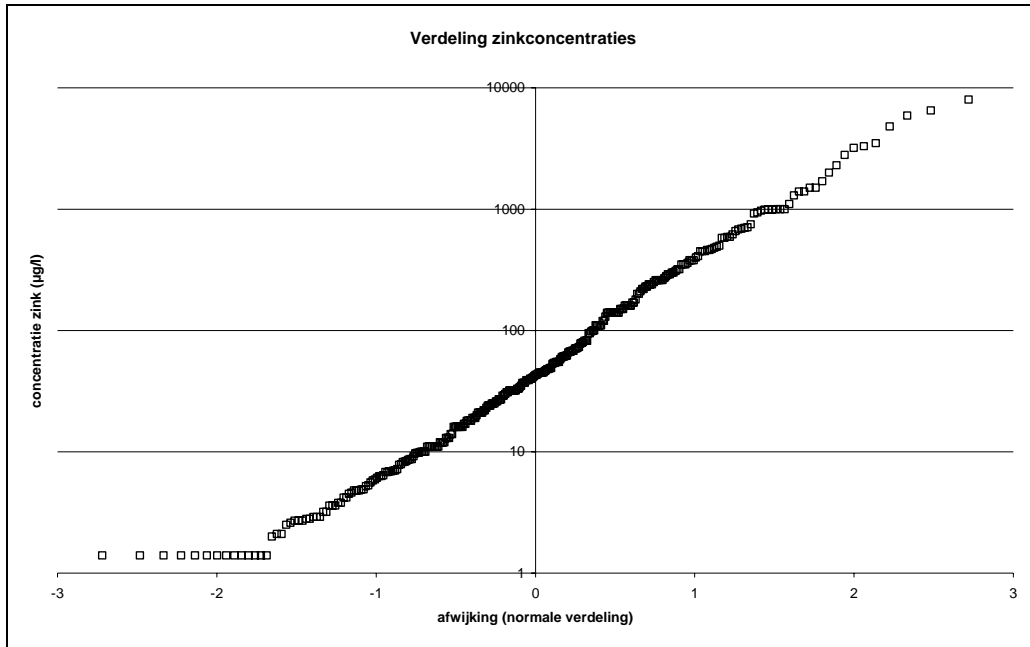
Tabel 5.3 Verdeling log-data ten opzichte van standaardverdeling

percentiel standaarddeviatie	2,30%	15,80%	30,80%	50,00%	69,20%	84,20%	97,70%	scheefheid
	-2	-1	-0,5	0	0,5	1	2	
cadmium (Cd)	-1,155	-1,155	-1,155	-0,886	-0,206	0,362	0,928	0,841
nikkel (Ni)	0,544	0,544	0,544	0,959	1,220	1,613	2,208	0,924
zink (Zn)	0,146	0,798	1,204	1,633	2,146	2,580	3,456	0,209
chloride	3,623	3,984	4,176	4,398	4,544	4,663	5,041	-0,195
aluminium (Al)	0,845	0,845	1,176	1,724	2,314	3,000	3,718	0,613
calcium (Ca)	3,362	3,845	4,041	4,279	4,471	4,602	4,851	-0,911
ijzer (Fe)	1,146	2,142	2,935	3,568	3,908	4,146	4,519	-0,717
kalium (K)	3,000	3,340	3,415	3,556	3,843	4,169	4,664	0,656
magnesium (Mg)	2,806	3,255	3,431	3,653	3,820	3,972	4,279	-0,337
natrium (Na)	3,568	3,875	4,041	4,176	4,322	4,443	4,867	1,025
ammoniumstikstof als N	1,845	1,845	1,845	2,176	2,456	2,842	3,750	1,508
totaal fosfor	1,544	1,544	1,544	1,544	1,903	2,146	2,917	3,345
nitraat als N	1,544	1,544	1,544	2,060	2,989	3,850	4,546	0,771
DOC vlg. NPR 6522	2,623	3,079	3,279	3,477	3,681	3,995	4,526	0,230
sulfaat	3,707	4,447	4,623	4,724	4,869	5,079	5,415	-0,812
hardheid(mmol/l)	-1,155	-0,523	-0,398	-0,155	0,000	0,146	0,345	-0,553
pH(-)	3,97	4,87	5,4	5,9	6,28	6,72	7,51	-0,195

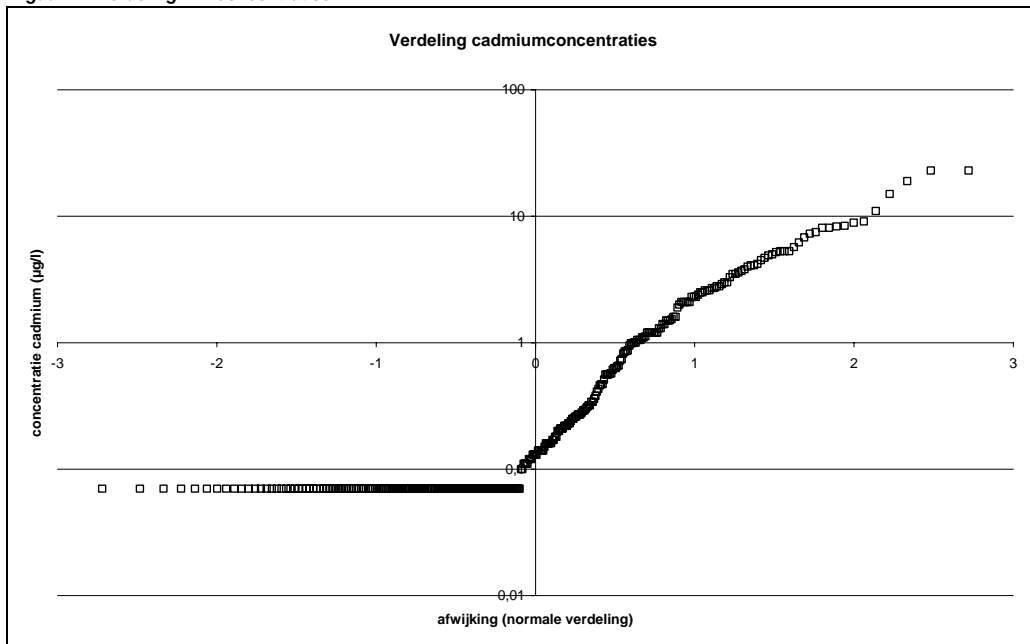
Uit het bovenstaande lijken de concentraties zink redelijk goed te kunnen worden benaderd door een log-normale verdeling. Voor de meeste andere stoffen (waaronder cadmium) lijkt deze benadering beter dan de normale verdeling, maar ook een log-normale verdeling vormt geen ideale beschrijving van de datasets. Specifiek dient voor cadmium te worden opgemerkt dat circa 45% van de meetwaarden beneden de detectielimiet ligt, waardoor een mooie verdeling nooit kan worden verkregen.

Ter illustratie zijn in de onderstaande figuren de log-verdelingen van de zinkconcentraties en van de cadmium weergegeven. Bij een log-normale verdeling dient er sprake te zijn van een rechte lijn.

Kenmerk R002-4516422HGB-hgm-V01-NL



**Figuur 1** Verdeling zinkconcentraties



**Figuur 2** Verdeling cadmiumconcentraties

Voor zink blijkt zoals op basis van de getallen kan worden afgeleid redelijk sprake van een rechte lijn, en daarmee een log-normale verdeling. Voor cadmium is dit niet het geval, waarbij een sterke invloed blijkt van de meetwaarden beneden de detectielimiet.

### 5.1.3 Conclusies verdeling

De gemeten concentraties zink in het grondwater binnen het gebied blijken een log-normale verdeling te benaderen. De verschillen in concentraties binnen deze lognormale verdeling zijn echter dermate groot dat alleen bij zeer hoge concentraties met zekerheid kan worden gezegd dat er daadwerkelijk sprake is van een afwijking ten opzichte van voorkomende achtergrondgehalten (er kan bijvoorbeeld worden afgeleid dat meer dan 10% van de waarden boden de interventiewaarde liggen).

Voor andere parameters blijkt een log-normale niet of in mindere mate het geval. Ook een normale verdeling vormt geen ideale beschrijving van de datasets. Het toetsen van nieuw te verkrijgen waarden aan bestaande waarden is daardoor niet goed mogelijk.

Een door middel van correlatieanalyse aan te tonen verband tussen enerzijds concentraties zware metalen (zink, cadmium) en anderzijds overige parameters heeft – als gevolg van het afwezig zijn van een goede beschrijving van de verdeling - een beperkte betekenis: dat wil zeggen er kan wel een indicatie van een verband naar voren komen, maar er is geen sprake van een absoluut getal (correlatie).

## 5.2 Correlaties gehele dataset

Rekening houdend met de gegevens die uit de analyse van de totale dataset naar voren zijn gekomen (geen duidelijke beschrijving verdeling) is toch besloten een analyse te doen op de correlatie tussen verschillende parameters (gehele dataset). De berekeningen zijn uitgevoerd voor de log van de getallen (omdat dit toch een betere benadering lijkt dan de absolute getallen) en alleen op de rangorde van de verkregen data (dwz. laagste waarde is 1 en hoogste waarde is 305 = aantal data). De berekende correlaties zijn weergegeven in de volgende tabellen. De hoge (postief of negatief) correlaties zijn rood weergegeven.

**Tabel 5.4 Correlaties tussen log-data**

	Cd	Ni	Zn	Cl	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	NH4	P	NO3	DOC	SO4	hhd.	pH
Cd	1,00																
Ni	0,57	1,00															
Zn	0,75	0,59	1,00														
Cl	-0,06	0,02	-0,01	1,00													
Al	0,69	0,51	0,53	-0,08	1,00												
Ca	-0,02	0,09	-0,04	0,46	-0,12	1,00											
Fe	-0,69	-0,23	-0,43	0,19	-0,41	0,02	1,00										
K	0,19	0,30	0,12	0,28	0,21	0,50	-0,20	1,00									
Mg	0,07	0,36	0,08	0,50	-0,01	0,71	0,07	0,54	1,00								
Na	-0,09	-0,04	-0,05	0,69	-0,13	0,37	0,13	0,29	0,35	1,00							
NH4-N	-0,27	-0,02	-0,18	0,23	0,07	0,13	0,48	0,18	0,12	0,19	1,00						
P-tot	-0,15	-0,13	-0,18	0,06	-0,07	0,04	0,08	-0,05	-0,03	0,04	0,14	1,00					
NO3-N	0,75	0,44	0,50	0,01	0,51	0,21	-0,66	0,46	0,31	-0,01	-0,21	-0,13	1,00				
DOC	0,07	0,02	-0,04	0,30	0,33	0,22	-0,05	0,48	0,13	0,25	0,36	0,13	0,18	1,00			
SO4	0,09	0,31	0,14	0,35	0,07	0,40	0,15	0,31	0,59	0,29	0,14	-0,08	0,17	-0,02	1,00		
hardheid mmol/l)	0,00	0,18	-0,01	0,50	-0,10	0,97	0,03	0,55	0,84	0,38	0,14	0,03	0,25	0,21	0,47	1,00	
pH (-)	-0,47	-0,36	-0,33	0,08	-0,68	0,15	0,25	-0,12	-0,01	0,22	0,00	0,18	-0,38	-0,10	-0,08	0,11	1,00

De concentraties zink en cadmium blijken – zoals verwacht – goed met elkaar te correleren. Specifiek voor de stoffen zink en cadmium komt een positieve correlatie naar voren met nikkel, met aluminium en met nitraat. De correlatie met de pH en met het gehalte ijzer is negatief.

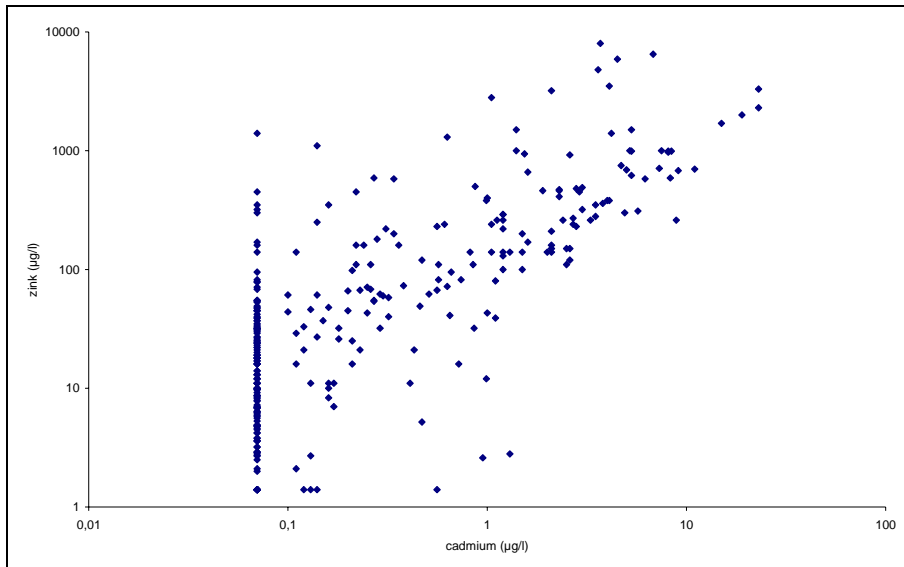
De berekende correlaties op rangorde van de meetwaarden zijn weergegeven in de volgende tabel.

**Tabel 5.5 Correlaties tussen rangorde data**

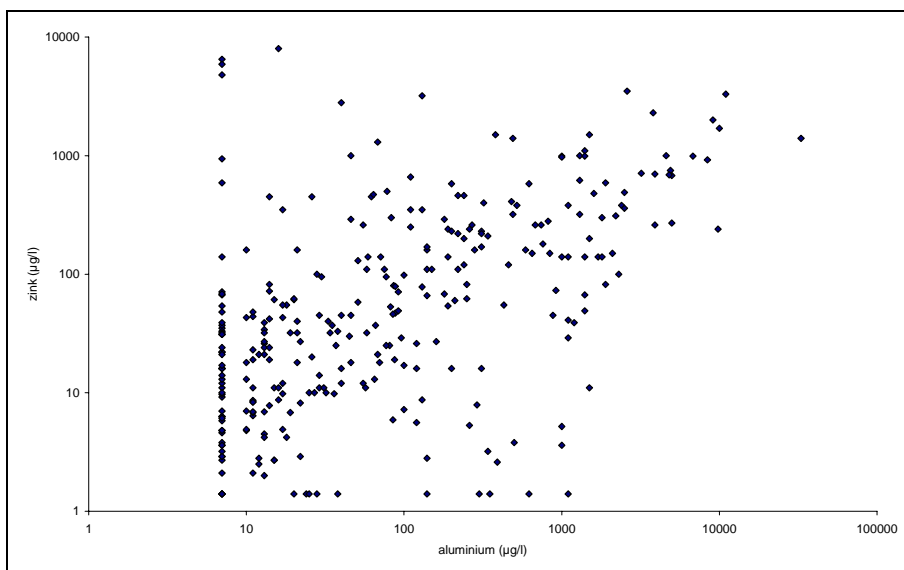
	Cd	Ni	Zn	Cl	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	NH4	P	NO3	DOC	SO4	hardh.	pH
Cd	1,00																
Ni	0,58	1,00															
Zn	0,75	0,61	1,00														
Cl	-0,07	0,04	-0,04	1,00													
Al	0,66	0,55	0,55	-0,07	1,00												
Ca	0,02	0,09	-0,05	0,47	-0,09	1,00											
Fe	-0,65	-0,24	-0,42	0,29	-0,38	0,03	1,00										
K	0,18	0,33	0,14	0,33	0,21	0,56	-0,13	1,00									
Mg	0,10	0,36	0,11	0,49	0,06	0,75	0,08	0,61	1,00								
Na	-0,07	0,02	-0,04	0,80	-0,11	0,47	0,27	0,41	0,42	1,00							
NH4-N	-0,33	-0,05	-0,23	0,26	-0,01	0,12	0,54	0,15	0,09	0,24	1,00						
P-tot	-0,18	-0,18	-0,19	-0,04	-0,08	-0,05	0,04	-0,12	-0,10	-0,05	0,12	1,00					
NO3-N	0,74	0,47	0,52	-0,01	0,48	0,24	-0,60	0,44	0,32	0,00	-0,28	-0,18	1,00				
DOC	0,08	0,05	-0,03	0,34	0,34	0,30	-0,01	0,49	0,20	0,34	0,35	0,10	0,19	1,00			
SO4	0,05	0,33	0,11	0,46	0,11	0,53	0,30	0,47	0,69	0,47	0,22	-0,16	0,14	0,13	1,00		
hardheid	0,04	0,17	0,00	0,49	-0,05	0,98	0,04	0,60	0,85	0,48	0,10	-0,06	0,27	0,28	0,58	1,00	
pH (-)	-0,45	-0,41	-0,36	0,06	-0,66	0,15	0,23	-0,11	-0,04	0,15	0,05	0,23	-0,36	-0,11	-0,11	0,10	1,00

Het beeld van de correlaties als wordt uitgegaan van rangordes is vergelijkbaar met de berekende correlaties op basis van de meetwaarden.

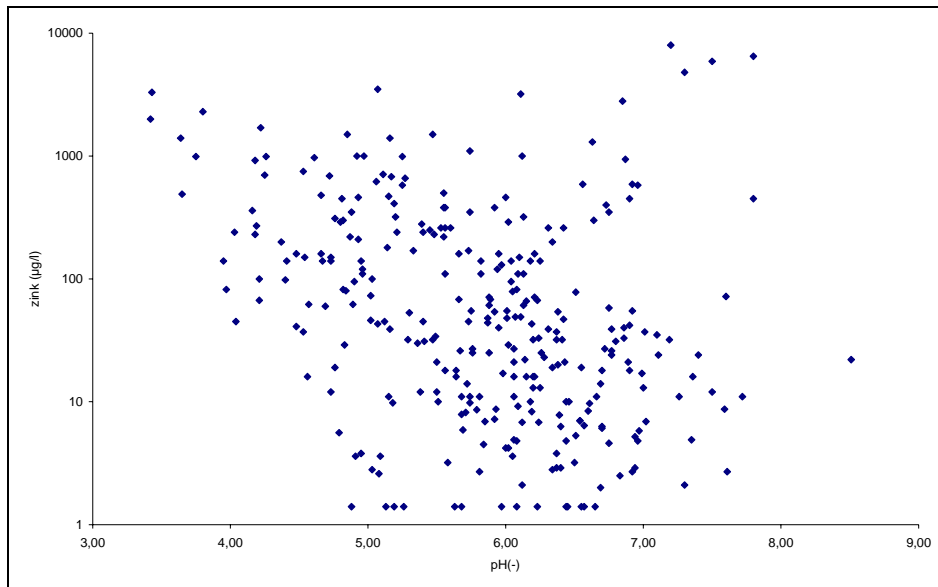
In de volgende figuren is een aantal relaties in grafiekvorm weergegeven. Achtereenvolgens worden de concentraties zink uitgezet tegen de concentraties cadmium, aluminium en de pH. Overige figuren zijn opgenomen in bijlage 6.



**Figuur 3 Verband cadmium-zink (positief verband)**



**Figuur 4 Verband aluminium-zink (positief verband)**



*Figuur 5 Verband pH-zink (negatief verband)*

Uit de figuren kan worden geconcludeerd dat de verbanden zoals deze uit de correlatieanalyses naar voren komen inderdaad aanwezig zijn, maar dat er sprake is van een grote ruis.

### 5.2.1 Conclusies correlaties

Tussen de gehalten zware metalen (zink en cadmium) en een aantal bodemparameters blijken verbanden aanwezig te zijn. Het verband tussen zink/cadmium en aluminium en nitraat is positief; het verband tussen zink/cadmium en ijzer en pH is negatief.

De verbanden kunnen verschillende oorzaken hebben. Een lagere pH leidt bijvoorbeeld tot een hogere oplosbaarheid van cadmium, zink en aluminium. De aanwezigheid van nitraat is eveneens een indicatie van verzuring.

Dit verband is echter bepaald niet eenduidig. De diepte van een peilbuis kan ook van invloed zijn: het ondiepere grondwater is bijvoorbeeld zowel gevoeliger voor verzuring als voor verontreiniging.

Daarnaast worden concentraties zink en cadmium mogelijk bepaald door het landgebruik, de afstand tot de verschillende bronnen: zowel lokaal als regionaal, verdunning en vastlegging die plaatsvindt enzovoorts.

Er dient dus te allen tijde rekening mee te worden gehouden dat andere factoren van groter belang zijn op voorkomende verontreiniging dan de stoffen zoals die zijn gemeten in dit meetnet.

Eventuele verbanden kunnen in de toekomst mogelijk wel worden uitgewerkt (indien ook een trend in de tijd aanwezig blijkt).

Wat echter ook blijkt uit de analyse is dat de concentraties zink en cadmium helemaal niet lijken te correleren met een aantal andere gemeten parameters, hoewel dit op voorhand wellicht wel verwacht werd. Ook hier dient de opmerking te worden gemaakt dat de relatie er mogelijk wel is, maar andere factoren een dermate sterke invloed op de verontreinigingssituatie ter plaatse hebben dat de relatie met deze (eenvoudige) statistische analyse niet meer is te achterhalen.

### 5.3 Gebiedstypen

Bij het ontwerp van het meetnet is gekozen voor een verdeling van de meetpunten over verschillende gebiedstypen. Per gebiedstype zijn op 8 locaties peilbuizen geplaatst. De gemeten waarden per gebiedstype en per diepte zijn uitgezet in box-plots (waarin achtereenvolgens de minimale waarde, de 25-percentiel, de mediaan, de 75-percentiel en het maximum zijn weergegeven). De boxplots geven een indicatie van voorkomende concentraties binnen een gebiedstype. Echt (significant) bruikbaar voor een vergelijking zijn ze niet, omdat per box-plot gebruik is gemaakt van maximaal 8 waarnemingen (gebiedstype, diepte). Derhalve dienen deze vooral ter illustratie.

Voor een meer algemene verdeling van de zink- en cadmiumconcentraties per diepte (ongeacht het gebiedstype) wordt ook verwezen naar het bijgevoegde kaartmateriaal.

De boxplots zijn weergegeven in bijlage 7. De betekenis van de labels is weergegeven in de volgende tabel.



**Tabel 5.6 Overzicht labeling box-plots**

Gebiedstype	Diepte	Label
natte gebieden	1,5 – 2,5	kwelbron-1
brongebied	4,0 – 5,0	kwelbron-2
natte gebieden	1,5 – 2,5	kwelmon-1
monitoring	4,0 – 5,0	kwelmon-2
landbouw infiltratie	1,5 – 2,5	lb-inf-bron-1
brongebied	4,0 – 5,0	lb-inf-bron-2
	9,0 – 10,0	lb-inf-bron-3
	20,0 – 21,0	lb-inf-bron-4
	33,0 – 35,0	lb-inf-bron-5
landbouw infiltratie	1,5 – 2,5	lb-inf-mon-1
monitoring	4,0 – 5,0	lb-inf-mon-2
	9,0 – 10,0	lb-inf-mon-3
	20,0 – 21,0	lb-inf-mon-4
	33,0 – 35,0	lb-inf-mon-5
landbouw intermediair	1,5 – 2,5	lb-int-bron-1
brongebied	4,0 – 5,0	lb-int-bron-2
	9,0 – 10,0	lb-int-bron-3
	24,0 – 25,0	lb-int-bron-4
landbouw intermediair	1,5 – 2,5	lb-int-mon-1
monitoring	4,0 – 5,0	lb-int-mon-2
	9,0 – 10,0	lb-int-mon-3
	24,0 – 25,0	lb-int-mon-4
natuur infiltratie	1,5 – 2,5	nat-inf-bron-1
brongebied	4,0 – 5,0	nat-inf-bron-2
	9,0 – 10,0	nat-inf-bron-3
	20,0 – 21,0	nat-inf-bron-4
	33,0 – 35,0	nat-inf-bron-5
natuur infiltratie	1,5 – 2,5	nat-inf-mon-1
monitoring	4,0 – 5,0	nat-inf-mon-2
	9,0 – 10,0	nat-inf-mon-3
	20,0 – 21,0	nat-inf-mon-4
	33,0 – 35,0	nat-inf-mon-5
natuur intermediair	1,5 – 2,5	nat-int-bron-1
brongebied	4,0 – 5,0	nat-int-bron-2
	9,0 – 10,0	nat-int-bron-3
	24,0 – 25,0	nat-int-bron-4
natuur intermediair	1,5 – 2,5	nat-int-mon-1
monitoring	4,0 – 5,0	nat-int-mon-2
	9,0 – 10,0	nat-int-mon-3
	24,0 – 25,0	nat-int-mon-4

De verschillende kentallen zijn eveneens weergegeven in navolgende tabel.

Tabel 5.7 Kentallen per gebiedstype, diepte

	Cadmium					Zink				
	minimum	25-%	mediaan	75-%	maximum	minimum	25-%	mediaan	75-%	maximum
TOTAAL	<0,1	<0,1	0,13	1,10	23,0	<2	11	43	220	8000
kwelbron-1	<0,1	<0,1	<0,1	0,41	6,2	<2	8	21	298	580
kwelbron-2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,9	3,6	6	7	20	450
kwelmon-1	<0,1	<0,1	<0,1	0,67	1,4	<2	3	22	143	1000
kwelmon-2	<0,1	<0,1	<0,1	0,12	1,3	3,2	11	25	32	140
lb-inf-bron-1	0,47	0,49	1,03	2,48	6,8	<2	34	130	208	6500
lb-inf-bron-2	0,13	0,41	0,86	1,43	4,5	11	72	120	218	5900
lb-inf-bron-3	<0,1	0,21	0,48	3,40	8,9	9,2	34	69	260	8000
lb-inf-bron-4	<0,1	0,14	0,72	2,55	3,6	11	20	71	165	4800
lb-inf-bron-5	<0,1	<0,1	0,12	0,67	4,0	2,7	9	40	200	450
lb-inf-mon-1	<0,1	0,41	0,56	0,85	4,2	7,2	11	67	110	1400
lb-inf-mon-2	<0,1	0,15	0,24	0,43	2,6	7,8	21	33	61	920
lb-inf-mon-3	<0,1	0,18	0,30	0,59	1,2	16	38	57	125	240
lb-inf-mon-4	<0,1	<0,1	0,16	0,23	2,4	2,1	15	30	95	260
lb-inf-mon-5	<0,1	<0,1	0,12	0,19	0,2	9,8	11	19	70	160
lb-int-bron-1	<0,1	0,29	0,88	1,36	2,3	2,8	6	40	235	940
lb-int-bron-2	<0,1	0,14	0,49	1,01	1,9	2,6	11	44	253	460
lb-int-bron-3	<0,1	<0,1	0,60	0,69	1,0	12	18	77	388	1300
lb-int-bron-4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	2	6	19	39	45
lb-int-mon-1	<0,1	<0,1	<0,1	1,59	2,6	<2	8	20	98	3200
lb-int-mon-2	<0,1	<0,1	<0,1	4,09	8,1	<2	7	19	533	990
lb-int-mon-3	<0,1	<0,1	<0,1	1,01	2,1	6,4	10	30	155	2800
lb-int-mon-4	<0,1	<0,1	<0,1	0,15	0,3	2,1	19	42	49	590
nat-inf-bron-1	<0,1	0,59	1,95	4,60	11,0	35	81	385	680	1500
nat-inf-bron-2	<0,1	<0,1	1,30	4,95	15,0	21	49	220	603	1700
nat-inf-bron-3	<0,1	<0,1	<0,1	0,38	3,5	2,5	30	47	283	1400
nat-inf-bron-4	<0,1	<0,1	<0,1	0,12	0,6	<2	13	66	118	450
nat-inf-bron-5	<0,1	<0,1	<0,1	0,11	1,6	4,8	14	31	160	660
nat-inf-mon-1	<0,1	0,51	1,80	2,55	5,2	<2	64	180	253	1000
nat-inf-mon-2	<0,1	<0,1	0,59	2,15	9,1	3,6	7	101	255	680
nat-inf-mon-3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	3,0	8,6	12	17	23	320
nat-inf-mon-4	<0,1	<0,1	<0,1	0,08	1,0	<2	4	11	47	400
nat-inf-mon-5	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	1,2	<2	18	30	42	290
nat-int-bron-1	<0,1	<0,1	5,30	11,98	23,0	<2	6	310	1700	3300
nat-int-bron-2	<0,1	0,12	0,16	3,48	19,0	<2	7	33	513	2000
nat-int-bron-3	<0,1	<0,1	<0,1	1,49	8,4	3,6	5	11	175	990
nat-int-bron-4	<0,1	<0,1	<0,1	0,20	0,5	<2	6	10	62	79
nat-int-mon-1	0,22	1,16	2,05	2,75	7,3	100	118	145	398	710
nat-int-mon-2	<0,1	0,22	1,33	4,25	5,3	13	48	185	810	3500
nat-int-mon-3	<0,1	<0,1	0,11	1,32	5,0	12	33	231	480	1100
nat-int-mon-4	<0,1	<0,1	<0,1	0,16	0,4	4,9	55	71	136	300



# 6

## Voorstel meetstrategie

## 6 Voorstel meetstrategie

In overleg met de opdrachtgever is het voorstel voor de meetstrategie overgenomen uit het voorstel van TNO (TNO-rapport 2006-U-R0131/A).

Het voorstel is weergegeven in navolgende tabel.

**Tabel 6.1 Voorstel meetstrategie**

Gebiedstype	filter 1	filter 2	filter 3	filter 4	filter 5
	1,5-2,5 m-mv	4-5 m-mv	9-10 m-mv	20-21 m-mv	33-35 m-mv
natuur-infiltratie	jaarlijks	jaarlijks	1x per 2 jaar	1x per 4 jaar	1x per 4 jaar
natuur-intermediar	jaarlijks	jaarlijks	1x per 4 jaar	1x per 4 jaar	-
landbouw-infiltratie	jaarlijks	jaarlijks	1x per 4 jaar	1x per 4 jaar	1x per 4 jaar
landbouw-intermediar	jaarlijks	1x per 2 jaar	1x per 4 jaar	-	-
kwel	1x per 2 jaar	-	-	-	-

Kenmerk R002-4516422HGB-hgm-V01-NL

---

# 7

## Conclusies en aanbevelingen





## 7 Conclusies en aanbevelingen

De gemeten concentraties zink in het grondwater binnen het gebied blijken een log-normale verdeling te benaderen. De verschillen in concentraties binnen deze lognormale verdeling zijn echter dermate groot dat alleen bij zeer hoge concentraties met zekerheid kan worden gezegd dat er daadwerkelijk sprake is van een afwijking ten opzicht van voorkomende achtergrondgehalten. Voor andere stoffen blijkt een log-normale verdeling niet of in mindere mate het geval.

Een aan te tonen verband tussen enerzijds de concentraties zware metalen (cadmium en zink) en anderzijds overige parameters heeft een beperkte betekenis als gevolg van het ontbreken van een goede beschrijving van de verdeling. Er kan wel een indicatie van een verband naar voren komen, maar er is geen sprake van eenduidige correlatie.

Tussen de gehalten zware metalen (zink en cadmium) en een aantal bodemparameters blijken verbanden aanwezig te zijn. Er dient echter te allen tijde rekening mee te worden gehouden dat andere factoren van groter belang zijn op voorkomende verontreiniging dan de stoffen die zijn gemeten in dit meetnet.

Aanbevolen wordt het grondwater te monitoren volgens de in hoofdstuk 6 weergegeven meetstrategie en in de komende jaren mogelijke trends in het verloop van de concentraties te achterhalen.

Kenmerk R002-4516422HGB-hgm-V01-NL

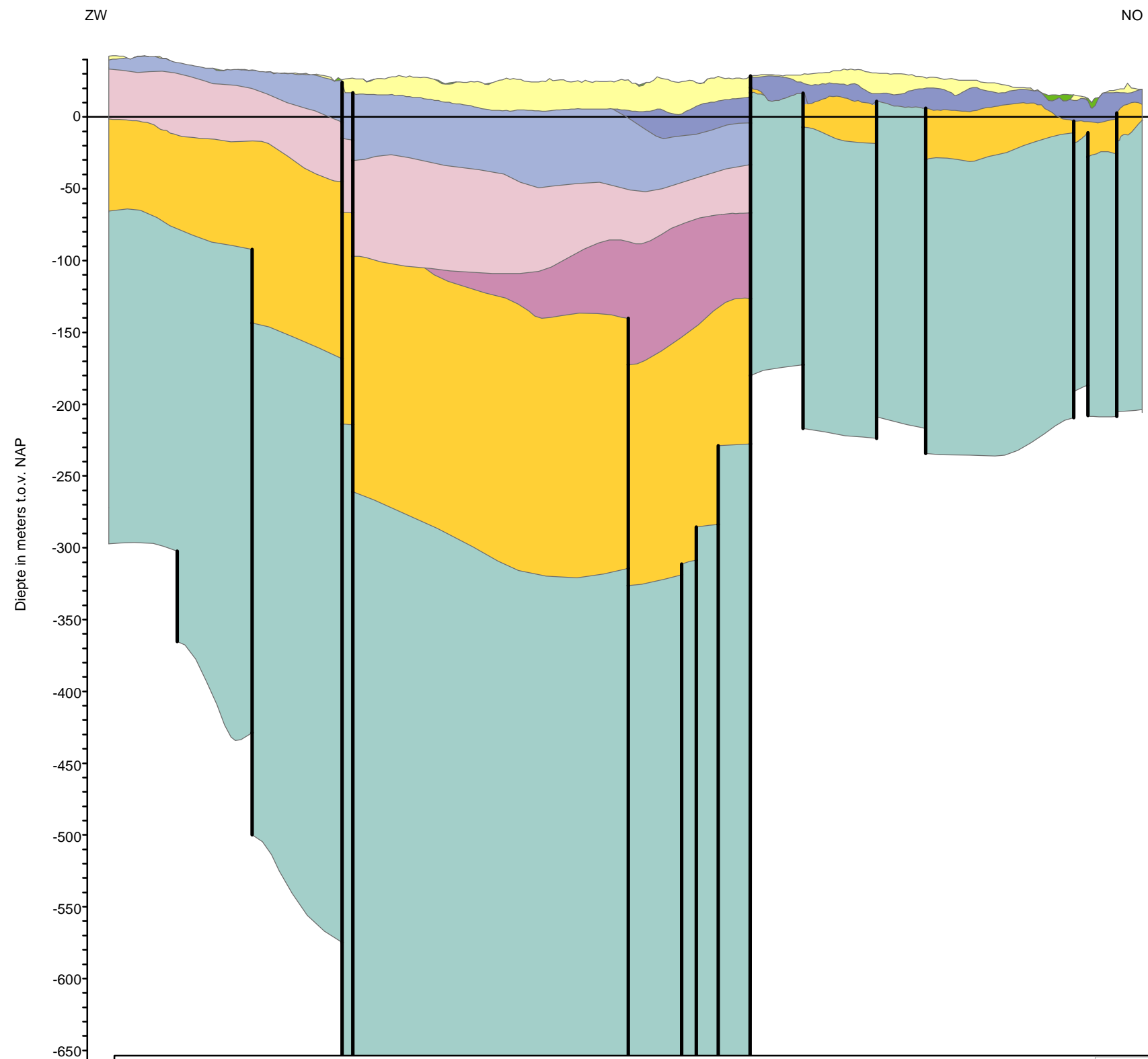
---

# Bijlage

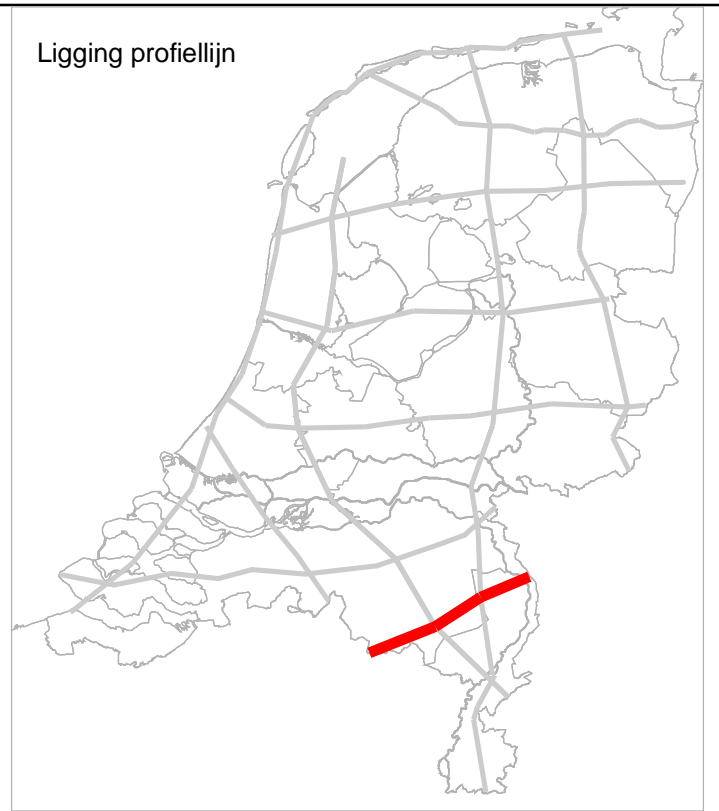
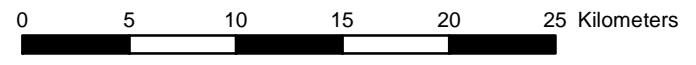
## 1

Geologisch profiel Reusel - Boxmeer

# Geologisch profiel Reusel - Boxmeer



- Holocene Formaties
- Formatie van Boxtel
- Formatie van Beegden
- Formatie van Sterksel
- Formatie van Stramproy
- Formatie van Peize/Formatie van Waalre
- Kieselooliet Formatie
- Formatie van Breda
- Breuk



Versie 1.0, April 2005

**Profiel Reusel - Boxmeer**  
 Implicaties en toepassingen: 030-2564850

Gebruik volgens leveringsvoorwaarden TNO  
<http://dinoloket.tno.nl>

Divisie Geologie  
 Nederlands Instituut voor Toegepaste  
 Geowetenschappen TNO  
 Postbus 80015  
 3508 TC Utrecht



# Bijlage

## 2

**Bemonsteringsprotocol voor het meetnet**

## **BIJLAGE 8: BEMONSTERINGSPROTOCOL VOOR HET MEETNET GRONDWATERKWALITEIT DE KEMPEN (BIJGESTELDE VERSIE N.A.V. INLICHTINGEN, VERVANGT OORSPRONKELIJKE BIJLAGE 6 BIJ DE AANBESTEDINGSDOCUMENTEN)**

(afgeleid van bemonsteringsprotocol LMG versie 5.0 en het PMG 2004 provincie Noord-Brabant)

Monsternamen vindt in het algemeen plaats in 2-inch buizen. Bij 2-inch buizen is het gebruik van de (Grundfos) onderwaterpomp voor zowel het afpompen als het bemonsteren vereist.

### **Afpompen**

- Direct na opening van de peilbuis, vóór het afpompen, moet de grondwaterstand/stijghoogte en de diepte van de onderkant van het filter ten opzichte van de bovenkant van de peilbuis worden gemeten. Tevens wordt ook de kokerrand ten opzichte van de bovenkant van de peilbuizen gemeten.
- De peilbuizen worden afgepompt met een onderwaterpomp. Indien dit niet mogelijk is kan een centrifugaal- of kogelkleppomp worden gebruikt. Tijdens het afpompen moet de slang **boven** in de peilbuis worden gehangen, net onder de grondwaterspiegel. Het doorpompedebiet en de doorpomptijd moeten worden genoteerd.
- Overtollige slang die nog niet in de peilbuis hangt, maar straks wel nodig is als wordt bemonsterd in de buurt van het filter, moet schoon naast de peilbuis worden opgeborgen. Op een stuk schoon plastic of op een katrol.
- Het pompdebiet voor het afpompen mag niet te hoog zijn. Grundfos maximaal  $\pm$  150 Hz; centrifugaal- of kogelkleppomp maximaal afpompvolume 10 l/min. gedurende de eerste 10 minuten.
- Veldparameters (EGV, T en pH) worden de eerste 10 minuten om de drie minuten in een doorstroomcel of emmer gemeten.
- In onderstaande tabel is de minimale afpomptijd weergegeven. Deze afpomptijden garanderen onder normale omstandigheden dat het water uit de stijgbuis voldoende is ververst.

Diepte	Diameter 1-inch	Diameter 2-inch
tot 10 m	20 minuten	20 minuten
10-25 m	30 minuten	30 minuten
25-40 m	40 minuten	40 minuten

- Na de eerste 10 minuten afpompen wordt **het debiet verlaagd** (voor de Grundfos geldt 80-100 Hz) en wordt de doorstroomcel aangesloten waarin de veldparameters (pH, EGV, T, O<sub>2</sub>) gedurende de resterende minuten (zie tabel), wederom om de drie minuten, worden gemeten.
- Indien zowel een ondiep als een diep filter tegelijkertijd worden afgepompt gaat het debiet van het diepere filter **gelijktijdig** omlaag met het debiet van het ondiepe filter.
- Voorkom dat het opgepompte water ter plaatse weer infiltreert. Voer het opgepompte water (bij voorkeur) af in een sloot of een hemelwater afvoer.
- Tijdens het afpompen worden de veldparameters op een monitorings-formulier genoteerd.

### **Veldmetingen tijdens afpompen**

- Op de veldstaten vermelden welk type pompen zijn ingezet.
- De EGV, pH- en zuurstofelektroden moeten voorafgaand aan de metingen zorgvuldig worden gecalibreerd. Tevens moet er worden gecontroleerd op de betrouwbaarheid van de meetresultaten.
- Gedurende het afpompen worden de veldparameters (EGV, pH, T en zuurstof) om de 3 minuten gemeten en genoteerd.

- De monstername wordt pas gestart nadat de minimale afpomptijd is verlopen én de peilbuis minstens 3 maal is ververst én de veldparameters constant zijn geworden.

### **Monstername**

- Na het afpompen, voordat de uiteindelijke bemonstering begint, wordt het debiet verlaagd naar  $\pm 0,5$  l/min (voor de Grundfos geldt de minimaal haalbare stand) en wordt de pomp  $\pm 1$  meter boven het filter gehangen. Monstername voor 2" buizen geschied met de Grundfos onderwaterpomp en voor de 1" buizen wordt gebruik gemaakt van de slangen- of kogelkleppomp.
- Nadat de minimale afpomptijd is bereikt én de veldparameters constant zijn, wordt gestart met de bemonstering.
- Al het bemonsterde grondwater wordt gefiltreerd over één (wegwerp)filter van  $0,45 \mu\text{m}$ . Als het wegwerpfilter dichtslaat kan een tweede wegwerpfilter worden ingezet. Als dit het geval is moet dit worden genoteerd.
- De aangeleverde monsterpotjes (m.u.v. de aangezuurde monsterflesjes) moeten eerst minimaal 2 maal worden gespoeld met monsterwater.
- Voorafgaand aan de gehele bemonsteringscampagne moeten eenmalig 3 blanco's worden meegenomen. Hiertoe moet een monsterpotje worden gevuld met demiwater wat door de filtreereenheid met een filter van  $0,45 \mu\text{m}$  is geleid. De filtreereenheid moet op de slangenpomp worden aangesloten en eerst 30 seconden worden gespoeld met het te bemonsterde demiwater. Deze blanco's dienen om na te gaan of en zo ja in hoeverre de gebruikte apparatuur resulteert in concentraties zink en cadmium, dit om de detectiegrens vast te kunnen stellen.
- Voor monsters uit ondiepe filters (tot 5 m diep) wordt steeds een nieuwe PE-slang gebruikt.
- Voor de diepere filters wordt de PE-slang minimaal eenmaal daags vervangen, bij zichtbare verontreiniging in de slang wordt de slang eerder vervangen.
- Bij hergebruik wordt de PE-slang tijdens het uitnemen uit de peilbuis droog gemaakt met een doek en wordt de slang schoon opgeborgen.

### **Flesjes**

In totaal worden de volgende flesjes gevuld:

	Aantal
aangezuurd PE-flesje (60 ml)	1
glazen flesje (100 ml)	1
bruin flesje (100 ml)	2

De aangegeven volumes betreffen minimale hoeveelheden. Voor wat betreft de volumes van de grondwatermonsters moet worden voldaan aan de eisen die het in te zetten laboratorium hieraan stelt.

### **Bepaling bicarbonaat-gehalten in het veld, tijdens monstername**

Bicarbonaat dient in het veld met een voldoende mate van betrouwbaarheid te worden vastgesteld.

### **In situ meten van pH en EGV**

Nadat de bemonstering heeft plaats gevonden worden de pH en het EGV in situ gemeten. Met behulp van een lange kabel worden de fysisch-chemische parameters ter hoogte van het filter bepaald.

### **Opmerkingen Onderhoud waarnemingsput**

Noteer technische gebreken!

Pas indien nodig de situatieschets aan.

Meld eventuele verontreinigingen in of in de nabijheid van de waarnemingsput.

***Veldwerkbus***

De veldwerkbus moet voorzien zijn van een schoon en vies gedeelte. De generator mag niet samen met de onderwaterpomp worden opgeborgen.

***Monsterconservering en aflevering***

De monsters worden koel en donker bewaard.

Dagelijkse aflevering van monsters bij lab.



# Bijlage

## 3

Toetsingswaarden grondwater

## Bijlage 3 Toetsingswaarden grondwater



TTT V3.6.2, 2007

Datum: 29 feb 2008

	So	To	Io	Sd	Td	Id
arseen	10	35	60	7,2	34	60
cadmium	0,40	3,2	6,0	0,060	3,0	6,0
chromium	1,0	16	30	2,5	16	30
koper	15	45	75	1,3	38	75
kwik	0,050	0,18	0,30	0,010	0,16	0,30
lood	15	45	75	1,7	38	75
nikkel	15	45	75	2,1	39	75
zink	65	433	800	24	412	800

De waarden voor grondwater in ug/l

**So:** Streefwaarde ondiep grondwater

**To:** Tussenwaarde ondiep grondwater

**Io:** Interventiewaarde ondiep grondwater

**Sd:** Streefwaarde diep grondwater

**Td:** Tussenwaarde diep grondwater

**Id:** Interventiewaarde diep grondwater

De S-, T- en I-waarden zijn gebaseerd op de circulaire 'Interventiewaarden Bodemsanering' van de Staatscourant, d.d. 24 februari 2000, nummer 39

# Bijlage

## 4

Analyseresultaten



Bijlage 4 Analyseresultaten

Table with 31 columns: Meetspunt, Omschrijving, Filternr., Filterdiepte van, tot (cm-mv), Datum, Gebiedstype, and 24 chemical elements: arseen (As), cadmium (Cd), chroom (Cr), koper (Cu), kwik (Hg), lood (Pb), nikkel (Ni), zink (Zn), chloride, aluminium (Al), calcium (Ca), ijzer (Fe), kalium (K), magnesium (Mg), natrium (Na), NH4 als N, PO4, NO3 als N, DOC, sulfaat, hardheid(mmol/l), EC (µS/cm), O2, pH (-). Each row represents a sampling point with its specific data.



# Bijlage

## 5

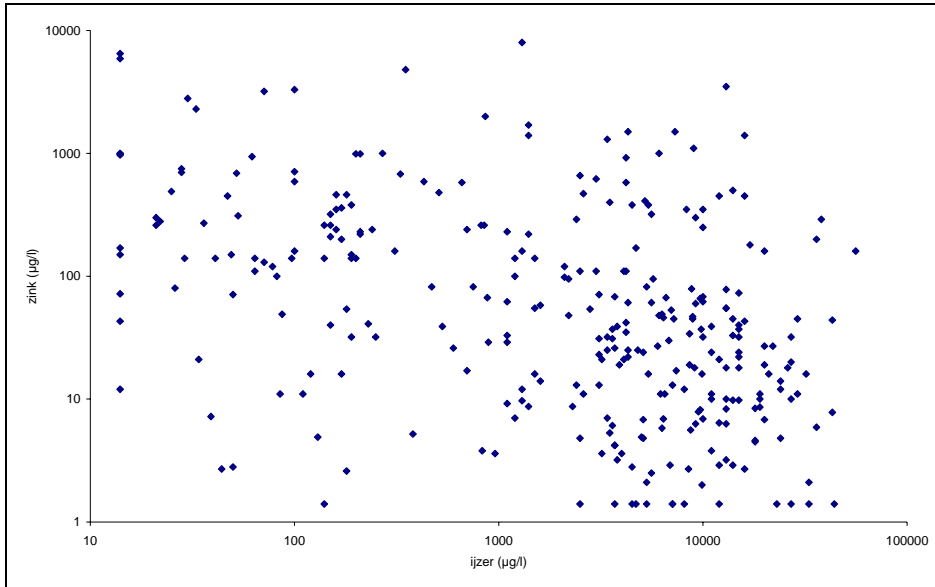
**Grafische weergave analyseresultaten**

# Bijlage

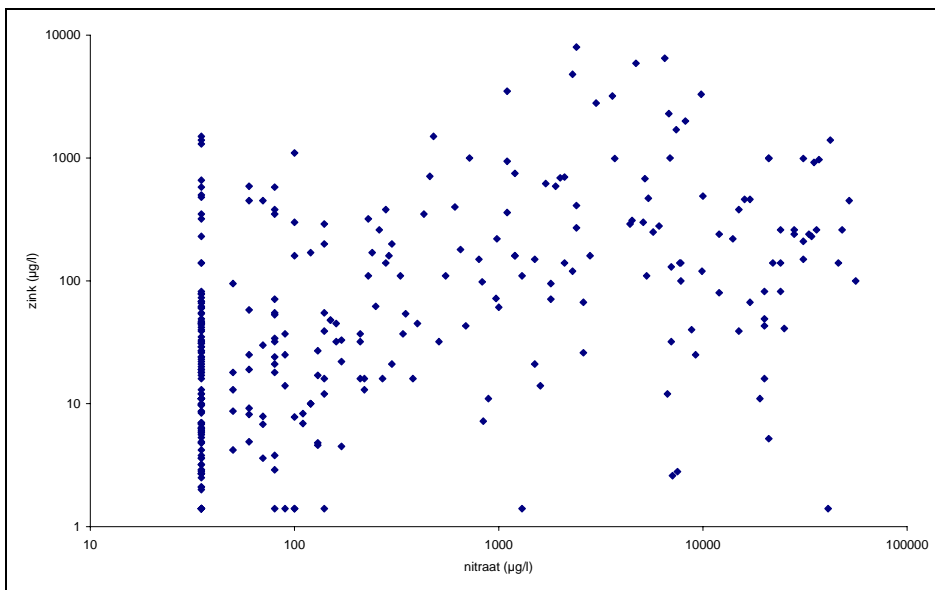
## 6

Correlaties

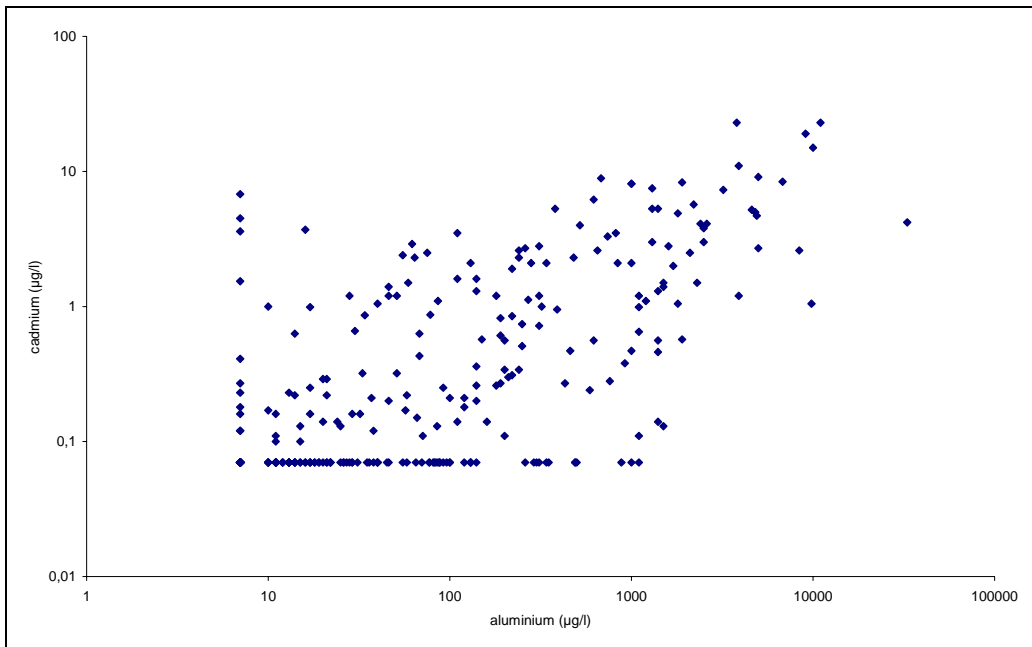




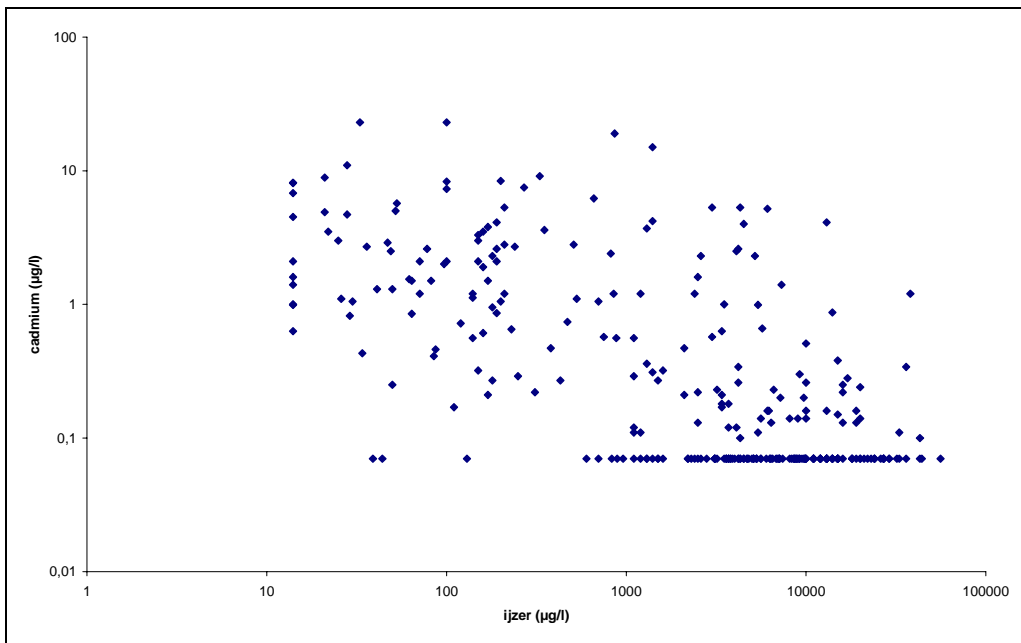
**Figuur 1 Verband ijzer-zink (negatief verband)**



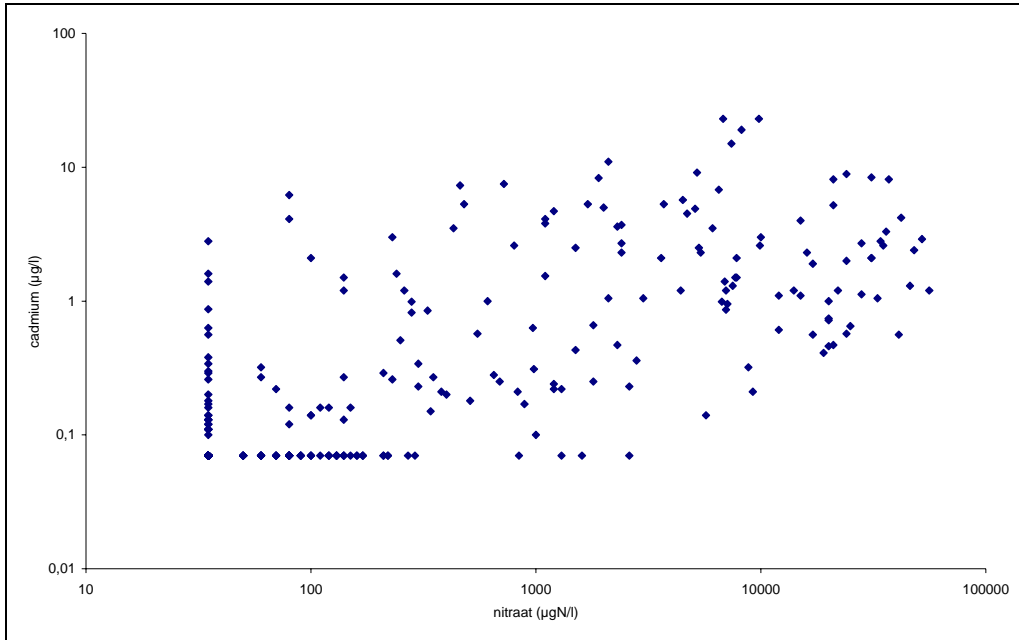
**Figuur 2 Verband nitraat zink (positief verband)**



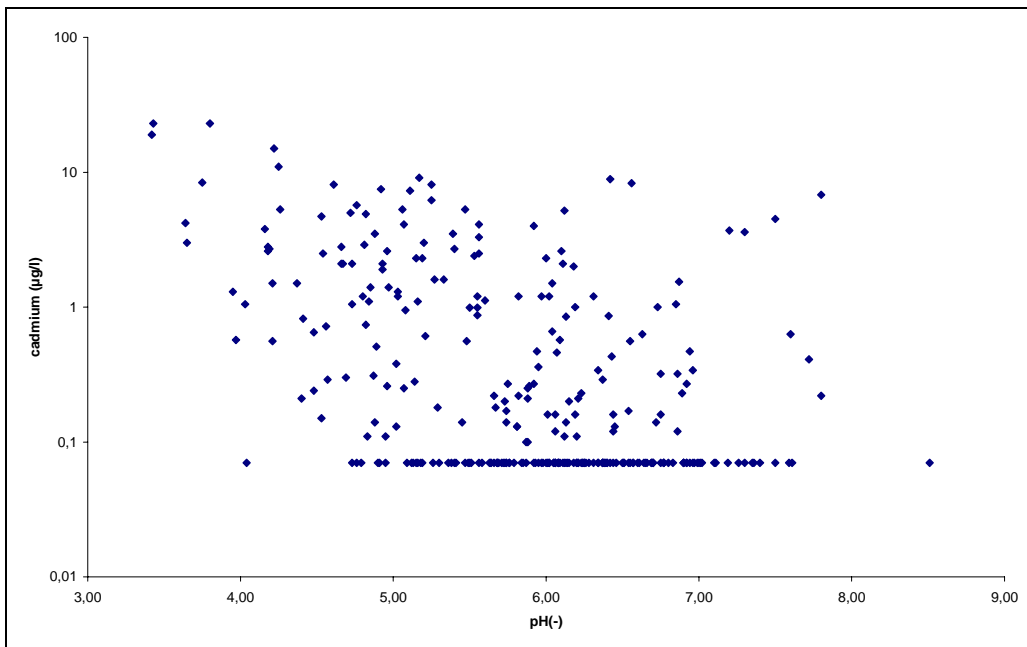
**Figuur 3** Verband aluminium-cadmium (positief verband)



**Figuur 4** Verband ijzer-cadmium (negatief verband)



**Figuur 5** Verband nitraat-cadmium (positief verband)



**Figuur 6** Verband pH-cadmium (negatief verband)

# 7

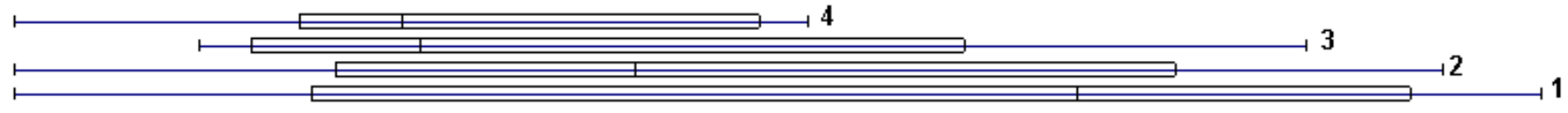
## Bijlage

Box-plots

nat-int-mon



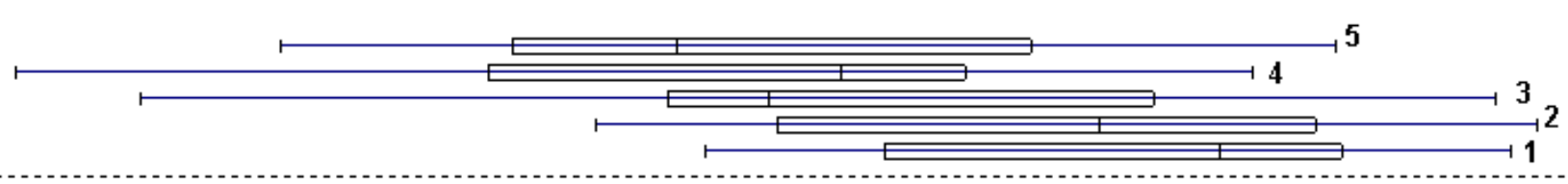
nat-int-bron



nat-inf-mon



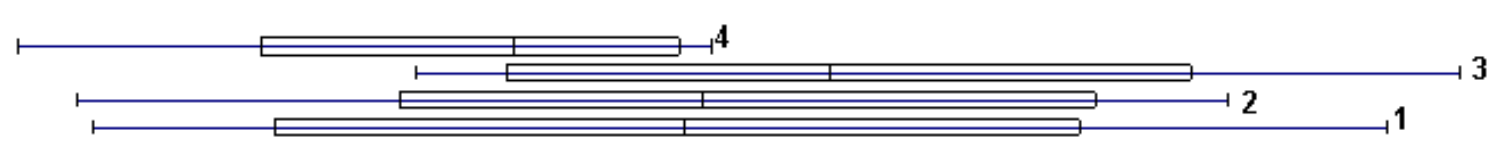
nat-inf-bron



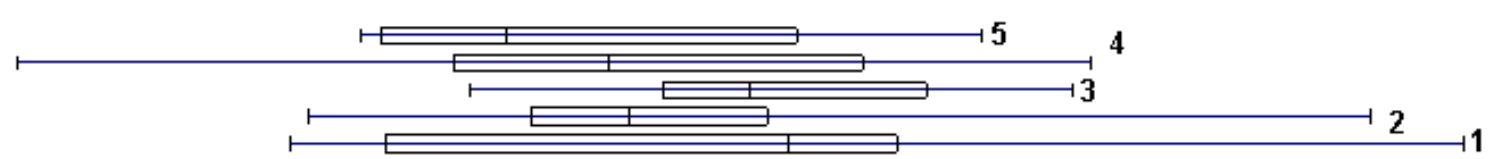
lb-int-mon



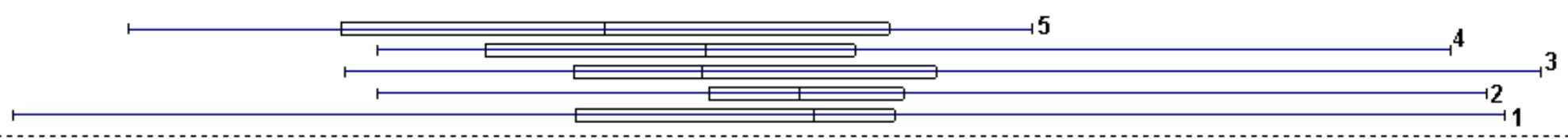
lb-int-bron



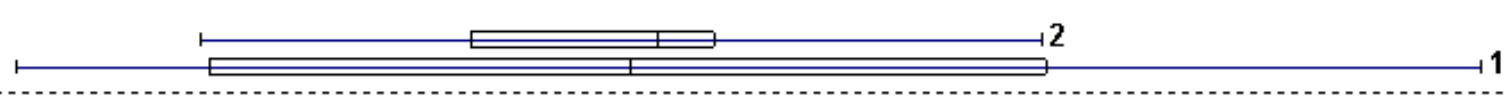
lb-inf-mon



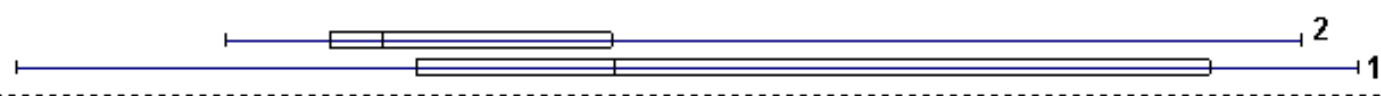
lb-inf-bron



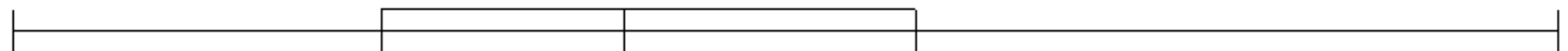
kwelmon



kwelbron



totaal

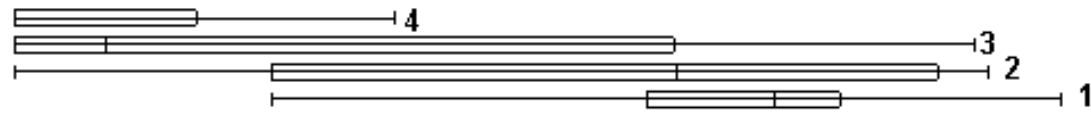


minimum >2 µg/l      25-percentiel 11 µg/l      mediaan 43 µg/l      75-percentiel 220 µg/l      maximum 8.000 µg/l

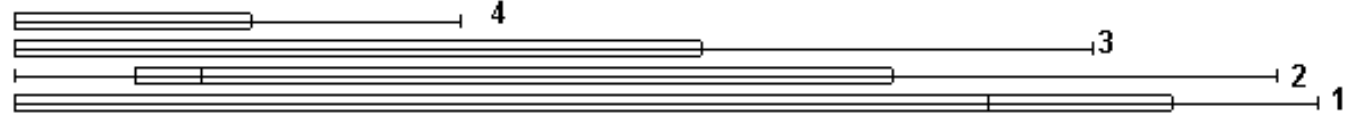
concentratie zink (µg/l)

1      10      100      1000      10000

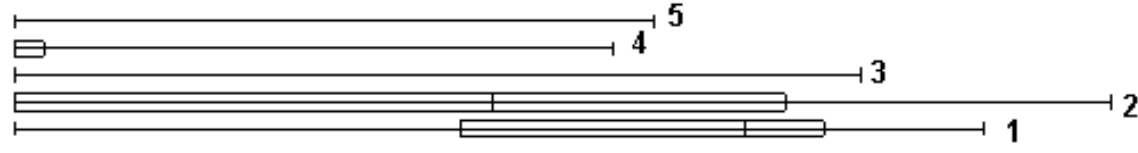
**nat-int-mon**



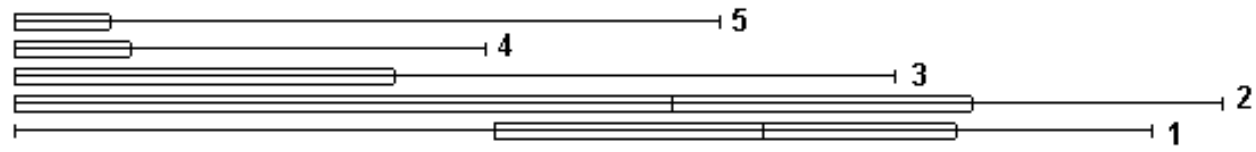
**nat-int-bron**



**nat-inf-mon**



**nat-inf-bron**



**lb-int-mon**



**lb-int-bron**



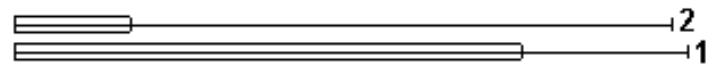
**lb-inf-mon**



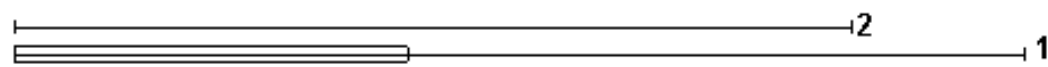
**lb-inf-bron**



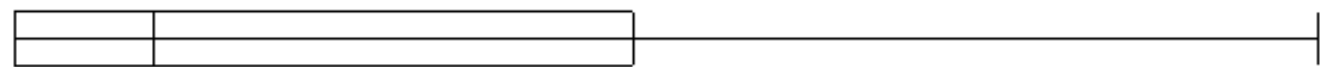
**kwelmon**



**kwelbron**



**totaal**



minimum = 25% < 0,1 µg/l    mediaan 0,13 µg/l    75-percentiel 1,1 µg/l    maximum 23 µg/l