Baggerspeciedepot Kaliwaal

Actualisatie monitoringplan grondwater

Definitief

Kaliwaal bv

Sweco Nederland B.V.
Arnhem, 20 augustus 2016

Verantwoording

Titel	:	Baggerspeciedepot Kaliwaal
Subtitel	:	Actualisatie monitoringplan grondwater
Projectnummer	:	344133
Referentienummer	:	GM_20160820
Revisie	:	D0
Datum	:	20 augustus 2016

Auteur(s)	:	5.1.2e
E-mail adres	:	5.1.2e sweco.nl
Gecontroleerd door	:	5.1.2e
Paraaf gecontroleerd	:	5.1.2e
Goedgekeurd door	:	5.1.2e
Paraaf goedgekeurd	:	5.1.2e
Contact	:	Sweco Nederland B.V. Velperweg 26 6824 BJ Arnhem Postbus 485 6800 AL Arnhem T 5.1.2e F 5.1.2e www.sweco.nl

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding en doelstelling	5
1.2	Inhoud rapport	5
2	Beschrijving Kaliwaal	6
2.1	Algemeen	6
2.2	Historie	6
2.3	Geometrie	6
2.4	Bodemopbouw en geohydrologie	6
2.4.1	Bodemopbouw	6
2.4.2	Grondwaterbeweging	7
3	Huidig monitoringplan	8
3.1	Monitoringpeilbuizen	8
3.2	Analysepakketten	9
4	Verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater	10
4.1	Algemeen	10
4.2	Processen voor verspreiding via het grondwater	10
4.3	Mogelijke verspreiding van verontreinigende stoffen vanuit de Kaliwaal	12
5	Inzichten uit het project Uitloging en Verspreiding uit Depots	14
5.1	Algemeen	14
5.2	Project Uitloging en Verspreiding uit Depots (UVD)	14
5.2.1	Aanleiding	14
5.2.2	Doelstelling	14
5.2.3	Inzichten uit het UVD-project	14
5.2.4	Aanbevelingen voor monitoring bij depots	15
6	Resultaten monitoring Kaliwaal	16
6.1	Dataset	16
6.2	Resultaten	16
6.3	Resultaten	17
6.3.1	Tracers	17
6.3.2	Microparameters	17
6.3.3	Metalen	17
6.3.4	Macroparameters	17
6.3.5	Poriewater van de baggerspecie	17
6.4	Samenvatting	18
6.5	Conclusies	18
7	Voorstel nieuw monitoringsplan	19
7.1	Samenvatting nieuwe inzichten	19
7.2	Voorstel voor geactualiseerd monitoringsplan	19
7.2.1	Algemeen	19

7.2.2 Basismonitoring 19
7.2.3 Controlemonitoring 20
7.2.4 Bemonsteringsfrequentie en analysepakketten 20

Literatuurlijst 22

Bijlage 1: Locatie monitoringspeilbuizen

Bijlage 2: Dwarsdoorsnede Kaliwaal

Bijlage 3: Grafieken microparameters

Bijlage 4: Grafieken metalen

Bijlage 5: Grafieken macroparameters

1 Inleiding

1.1 Aanleiding en doelstelling

In de Wm-vergunning is een uitgebreid monitoringprogramma opgenomen om na te kunnen gaan of er verspreiding van verontreinigende stoffen vanuit het baggerspeciedepot naar het grondwater optreedt. Het grondwater wordt jaarlijks gemonitoord, waarbij een groot aantal peilfilters wordt bemonsterd.

Inmiddels is meer dan 10 jaar gemonitoord, waardoor er een grote dataset beschikbaar is die gebruikt kan worden om het huidige monitoringplan te evalueren. Uit de monitoringresultaten blijkt dat tot op heden geen beïnvloeding van het grondwater door emissie van verontreinigingen vanuit de Kaliwaal is opgetreden. Uit het kennisproject Uitloging en Verspreiding uit Depots (UVD-project) blijkt dat bij veel depots de meetfrequentie en het aantal te analyseren stoffen hoger is dan op basis van de te verwachten verspreiding uit het depot te rechtvaardigen is.

Bovenstaand is voor Kaliwaal b.v. aanleiding om het monitoringplan te herzien en deze af te stemmen op de monitoringresultaten en de inzichten in de uitloging en verspreiding van verontreinigingen uit depots uit het UVD-project.

Doelstelling van het onderzoek is het opstellen van een onderbouwd voorstel voor een geactualiseerd monitoringplan.

1.2 Inhoud rapport

In voorliggend rapport komen de volgende aspecten aan de orde:

- beschrijving Kaliwaal (hoofdstuk 2);
- huidig monitoringplan (hoofdstuk 3);
- verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater (hoofdstuk 4);
- nieuwe inzichten (hoofdstuk 5);
- resultaten monitoring Kaliwaal (hoofdstuk 6);
- voorstel nieuw monitoringsplan (hoofdstuk 7).

2 Beschrijving Kaliwaal

2.1 Algemeen

De informatie in dit hoofdstuk is afkomstig uit het milieu-effectrapport (MER) en een aanvullend rapport op het MER (resp. ref. [1] en ref. [2]).

2.2 Historie

De Kaliwaal is een plas in de uiterwaard die is ontstaan door zandwinning in de jaren 1952-1968. Als gevolg van overstromingen heeft zich in de loop der jaren een sedimentatielaag gevormd van specie die door de rivier de Waal is aangevoerd en in de Kaliwaal is afgezet. In januari 1998 heeft het bevoegd gezag de vereiste vergunningen verleend voor het bergen van verontreinigde baggerspecie in de voormalige zandwinput.

2.3 Geometrie

De oppervlakte van de Kaliwaal bedraagt circa 60 ha. De Kaliwaal heeft een inhoud van circa 4,85 miljoen m^3 (uitgaande van een vulniveau tot NAP +5 m). Het diepste punt van de Kaliwaal ligt op NAP -12 m. De gemiddelde waterstand in de Kaliwaal bedraagt circa NAP +5 m. De bodem van de Kaliwaal is voorzien van een isolerende laag, die voorkomt dat verontreinigingen uit de gestorte specie zich naar de bodem en het grondwater kunnen verspreiden.

2.4 Bodemopbouw en geohydrologie

2.4.1 Bodemopbouw

Geologie

In het gebied heeft de geologische en geohydrologische geschiedenis Kaliwaal geresulteerd in een pakket veelal grove, soms grindhoudende zanden. Nabij de Kaliwaal (ten zuidwesten van Beneden-Leeuwen) bedraagt de dikte 60 à 70 m.

Vervolgens werden gedurende het holoceen in dit gebied kleien en fijne zanden afgezet, voornamelijk van fluviatiele oorsprong. Het betreft een 4 à 7 meter dikke deklaag met plaatselijk veenlagen, behorende tot de Betuwe Formatie, dat op de hiervoor beschreven afzettingen werd afgezet. Ter plaatse van oude riviergeulen (holocene ouderdom) kan de dikte beduidend minder zijn.

Deklaag

Nabij de Kaliwaal kan de geohydrologische situatie worden geschematiseerd tot een matig tot slecht doorlatende deklaag en een watervoerend pakket tot een diepte van circa NAP -50 tot -60 m. De deklaag is opgebouwd uit rivierklei, slibhoudende zanden en veen of uit een combinatie daarvan. In de omgeving van de Kaliwaal is in het verleden veel klei ontgraven ten behoeve van de baksteenindustrie. Met name aan de oostzijde zijn de meeste percelen weer gehercultiveerd ten behoeve van een voortzetting van het landbouwkundig gebruik. De dikte van de deklaag is globaal 4 tot 7 m.De hydraulische weerstand (c-waarde) van de deklaag bedraagt naar schatting 200 à 400 etmalen. In het buitendijks gebied is rivierslib afgezet in de uiterwaarden. Geohydrologisch gezien heeft deze dezelfde eigenschappen als de deklaag in het binnendijks gebied.

Eerste en tweede watervoerend pakket
Op basis van de beschikbare informatie bestaat onduidelijkheid over de totale dikte van het watervoerend pakket ter plaatse van de Kaliwaal. Vaststaat dat de eerste scheidende laag niet aanwezig is. Dit betekent dat het watervoerend pakket in ieder geval circa 50 m dik is. Het watervoerend pakket wordt hier gevormd door het, op regionale schaal onderscheiden, eerste en tweede watervoerend pakket.
Het is niet zeker of de tweede scheidende laag (tussen het tweede en derde watervoerend pakket) ter plaatse van de put overal aanwezig is. De aan- of afwezigheid van deze laag betekent een dikte van het watervoerend pakket van respectievelijk circa 50 m of circa 200 m.

2.4.2 Grondwaterbeweging

De grondwaterstanden langs de Waal varieren sterk met de Waalstanden. In de periode dat de Waalstand hoger is dan de grondwaterstand is sprake van een infiltrerende rivier. Wanneer het oppervlaktewatepeil lager is dan de grondwaterstanden is sprake van een drainerende rivier. De fluctuatie in de grondwaterstanden neemt af met toenemende afstand tot de Waal.

Gemiddeld stroomt het grondwater in zuidwestelijke richitng (215° ten opzichte van het noorden). De resulterende effectieve verplaatsing in deze richting bedraagt gemiddeld 11 meter per jaar. Het grondwater kwelt (na circa 200 jaar) vervolgens op in het gebied ten zuiden van de dijk tot maximaal het zuidwesten van Beneden-Leeuwen, waar zich een aantal watergangen bevindt, die lozen in de richting van de Grote Wetering.

3 Huidig monitoringplan

3.1 Monitoringpeilbuizen

Ten behoeve van de grondwatermonitoring is een netwerk van 30 peilbuizen met in totaal 71 filters om de Kaliwaal geplaatst. Een overzichtstekening met daarop aangegeven de locaties van de peilbuizen is opgenomen in bijlage 1. In bijlage 2 is een geohydrologische dwarsdoorsnede van de Kaliwaal opgenomen.

De bemonsteringsfrequentie van de monitoringspeilbuizen is weergegeven in tabel 3.1. De basismonitoring, waarbij de eerste lijn peilbuizen wordt bemonsterd, vindt jaarlijks plaats. Het grondwater wordt dan geanalyseerd op tracers en metalen (TM-pakket). Eén keer per vijf jaar vindt een controlebemonstering plaats waarbij het grondwater op een uitgebreid analysepakket (totaalpakket) wordt onderzocht. Eén keer per 10 jaar worden alle peilbuizen op het totaalpakket bemonsterd.

Tabel 3.1 Bemonsteringsfrequentie monitoringspeilbuizen

Peilbuis	Filtertraject (m –mv)	Filter-naam	Aantal peilfilters	Basismonitoring (TM-pakket)	Controlemonitoring (totaalpakket)	
Monitoringjaar				2008, 2009, 2011, 2012, 2013, 2014	(1x per 5 jaar) 2010 [1)]	(1x per 10 jaar) 2015 [1)]
Eerste lijn peilbuizen						
1 t/m 10, 12 en 13	7,0-9,0	o	12	X	X	X
1 t/m 10, 12 en 13	17-19	m	12	X	X	X
Referentiepeilbuizen						
22, 23	7,0-9,0	o	2	X	X	X
22, 23	17-19	m	2	X	X	X
22, 23	32-34	dd	2			X
Overige peilbuizen						
11 t/m 21	7,0-9,0/17-19	o/m	22			X
24, 25, 26	7,0-9,0/17-19/ 34-36	o/m/dd	9			X
9, 25, 26	23-25	d	3			X
3, 6, 9, 17, 22	34-36	dd	5			X

[1)] *de laatste bemonstering op het totaalpakket dateert van 2010*

In tabel 3.2 zijn de peilbuizen gegroepeerd naar ligging (bovenstrooms, benedenstrooms, e.d.).

Tabel 3.2 Monitoringpeilbuizen, gerangschikt naar ligging

Filter	Traject (m –mv)	Benedenstrooms		Bovenstrooms			Rivierduin	Diepe peilbuizen benedenstrooms	Referentiepeil-buizen
o	7,0-9,0	24-26	1-10	11	12, 13	14, 15	16-21	24, 25, 26	22,23
m	17-19	24-26	1-10	11	12, 13	14, 15	16-21	24, 25, 26	22,23
d	23-25							9 25, 26	
dd	34-36						17	3, 6, 9 24, 25, 26	22,23

3.2 Analysepakketten

Tabel 3.3 geeft een overzicht van de samenstelling van de analysepakketten.

Tabel 3.3 Samenstelling analysepakketten

Pakket macroparameters, tracers en metalen (pakket TM)	**Totaalpakket (pakket A)**
metalen	pakket TM
cadmium, chroom, koper, kwik, nikkel, lood, zink	BTEX
	PAK (10 van VROM)
macro-parameters	VOCl
chloride, bicarbonaat, sulfaat, nitraat, orthofosfaat	OCB's
kalium, magnesium, calcium, natrium,	PCB's
ijzer, mangaan	minerale olie
DOC	
pH, geleidingsvermogen (veldmetingen)	
tracers	
arseen, γHCH, TCB, ammonium	

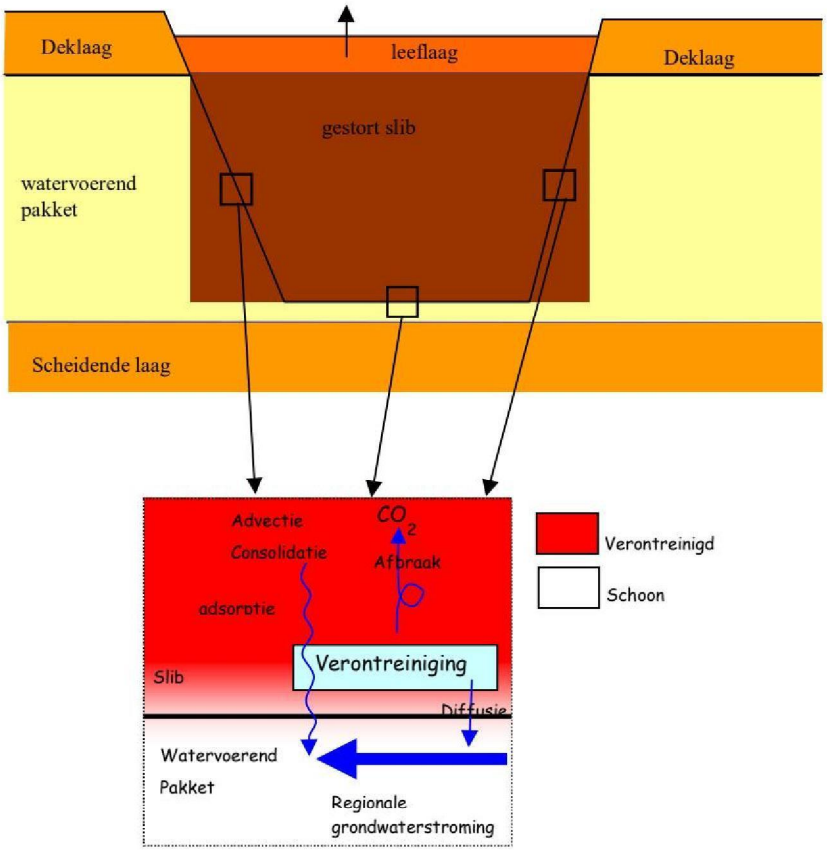
4 Verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk wordt eerst een beschrijving gegeven van de processen die een rol spelen bij de verspreiding van verontreinigingen via het grondwater. Daarna wordt specifiek ingegaan op de mogelijke verspreiding van verontreinigende stoffen vanuit de Kaliwaal. De informatie is afkomstig uit ref. [3].

4.2 Processen voor verspreiding via het grondwater

Wanneer slib onder water wordt gestort kunnen de verontreinigingen die zich in het slib bevinden zich via het grondwater verspreiden. Deze verspreiding vindt via diverse processen plaats. In figuur 4.1 zijn de meest relevante processen schematisch weergegeven. In deze paragraaf wordt kort ingegaan op de meest relevante processen die van belang zijn bij het verspreiden van verontreinigingen uit gestort slib in (zandwin)putten.



Figuur 4.1 *Relevante processenvoor verspreiding van verontreinigingen via het grondwater bij berging van baggerspecie in open putten*

Convectie
Convectie betekent letterlijk: het transport van een grootheid door een stromend medium. Hier betekent dat de verspreiding van opgeloste stoffen via het grondwater. Verontreinigende stoffen die in baggerspecie zitten zijn grotendeels aan de vaste fase van het slib gebonden en kunnen in het water, dat zich in het slib bevindt, in oplossing gaan. De mate waarin dat gebeurt wordt bepaald door de zogenaamde verdelingscoëfficiënt (zie ook hierna).
Transport van de opgeloste stoffen geschiedt via het grondwater in het slib (het poriënwater). Dit grondwater kan stromen onder invloed van potentiaalverschillen of onder invloed van consolidatie. Consolidatie is een relatief kortdurend proces (enkele tientallen jaren) waarbij poriënwater dat zich in het slib bevindt, onder invloed van het eigen gewicht van het slib, wordt uitgeperst.

Adsorptie/desorptie
Adsorptie is het hechten van verontreinigingen aan kleimineralen of organische stof. Metalen zijn in het gereduceerde milieu van baggerspecie meestal gebonden aan sulfidecomplexen, met uitzondering van arseen en chroom. Organische microverontreinigingen binden met name aan organische stof. De mate van adsorptie is afhankelijk van het gehalte organische stof in de bodem en de verdelingscoëfficiënt. De verdelingscoëfficiënt is een maat voor de verdeling van verontreinigingen tussen de vaste fase (aan grond gebonden) en de vloeibare fase (opgelost in grondwater). Deze verdeling is stofafhankelijk en verschilt dus per stof. Na adsorptie vindt er ook desorptie plaats, waarbij een stof weer in oplossing gaat.

Diffusie
Naast verplaatsing als gevolg van convectie kunnen stoffen zich ook verplaatsen wanneer het grondwater niet stroomt. Dit proces heet diffusie: het langs natuurlijke weg vereffenen van concentratieverschillen in een gas of vloeistof. De drijvende kracht voor diffusie zijn concentratieverschillen van opgeloste stoffen in het grondwater, bijvoorbeeld wanneer er sprake is van verontreinigd slib enerzijds en een schoon watervoerend pakket anderzijds. Diffusie is een over het algemeen zeer traag lopend proces. Uit verspreidingsberekeningen blijkt dat diffusie pas dominant wordt wanneer het convectief transport minder is dan circa 2 mm per jaar.

Afbraak
Bepaalde stoffen kunnen worden afgebroken, bijvoorbeeld door bacteriële activiteit in de bodem. Of en in welke mate dat gebeurt is sterk afhankelijk van de bodem- en stofeigenschappen. Het is voor bepaalde stoffen een belangrijk gegeven ten aanzien van de verspreidingsrisico's op lange termijn. De mate van afbraak wordt vaak uitgedrukt als halfwaardetijd.

Retardatie
Door adsorptie/desorptie-processen treedt vertraging van de verspreiding van verontreinigingen ten opzichte van de grondwatersnelheid op. Dit proces wordt retardatie genoemd. Retardatie is afhankelijk van de verdelingscoëfficiënt, de soortelijke massa van de vaste fase en de porositeit van het watervoerend pakket.

4.3 Mogelijke verspreiding van verontreinigende stoffen vanuit de Kaliwaal
Door het bergen van verontreinigde baggerspecie in de Kaliwaal kan verspreiding van verontreinigende stoffen vanuit de baggerspecie naar de omgeving plaatsvinden. In het MER (ref. [2]) zijn berekeningen uitgevoerd om de mogelijke verspreiding van verontreinigende stoffen te bepalen. Voor de verspreiding van verontreinigingen naar het grondwater is de sliblaag die van oorsprong (bij de start van de stortaktiviteiten) in de Kaliwaal aanwezig is maatgevend. Bij de berekeningen is uitgegaan van een zogenaamde "worst-case" situatie waarin is gerekend met de meest mobiele verontreiniging in de sliblaag (trichloorbenzeen, TCB).

In de verspreidingsberekeningen is een situatie gesimuleerd waarbij de put wordt opgevuld met klasse 4 slib met een TCB-gehalte van 1000 µg/kg d.s.. Er is hierbij vanuit gegaan dat de opvulling van de put in een periode van tien jaar geschiedt. Tabel 4.1 geeft de resultaten

Tabel 4.1: Berekende verspreiding van TCB vanuit de Kaliwaal (na opvulling met baggerspecie klasse 4)

Tijd	Concentratie TCB in het grondwater (µg/l)	Emissie uit de Kaliwaal (mg/ha/jaar)
10 jaar	<0,001	3,3
30 jaar	<0,001	4,3
100 jaar	<0,001	5,6
250 jaar	<0,001	6,1
500 jaar	<0,001	6,3
1.000 jaar	0,03	6,5

Bron: ref.[3]

Uit de berekeningsresultaten blijkt dat als gevolg van het vullen van de Kaliwaal met klasse 4 slib geen negatieve beïnvloeding van het grondwater wordt berekend. De streefwaarden in het grondwater worden niet overschreden. Pas na 1.000 jaar worden de berekende concentraties in het grondwater buiten de Kaliwaal hoger dan de streefwaarde (0,01 µg/l). De emissie vanuit de Kaliwaal blijft onder de norm van de Richtlijn baggerspeciestortplaatsen (20 mg/ha/jaar). De (geringe) emissie wordt veroorzaakt door het slib dat zich nu reeds op de bodem van de Kaliwaal bevindt. In de het MER is aangegeven dat het niet waarschijnlijk is dat ook na 10.000 jaar de emissienorm zal worden overschreden.

Uit bovenstaande wordt geconcludeerd dat binnen 1.000 jaar geen verontreinigende stoffen in het grondwater ter plaatse van de monitoringspeilbuizen wordt verwacht.

5 Inzichten uit het project Uitloging en Verspreiding uit Depots

5.1 Algemeen

Het monitoringsprogramma van de Kaliwaal is in 1998 in de Wm-vergunning vastgelegd. Sindsdien heeft het project Uitloging en Verspreiding uit Depots (UVD-project) van Rijkswaterstaat veel nieuwe kennis opgeleverd omtrent de uitloging van verspreiding van verontreinigingen vanuit baggerspeciedepots. Deze kennis is als onderbouwing gebruikt bij het opstellen van het voorstel voor een geactualiseerd monitoringplan dat in hoofdstuk 7 wordt gepresenteerd.

In dit hoofdstuk worden eerst de achtergronden van het UVD-project toegelicht. Vervolgens worden de nieuwe inzichten toegelicht die uit dit project naar voren zijn gekomen.

5.2 Project Uitloging en Verspreiding uit Depots (UVD)

5.2.1 Aanleiding

In 1993 is het Beleidsstandpunt Verwijdering Baggerspecie vastgesteld. Destijds was er nog betrekkelijk weinig kennis over de uitloging en verspreiding van zware metalen en organische verontreinigingen vanuit baggerspeciedepots. Veiligheidshalve heeft men er daarom voor gekozen bij de normstelling van de slechtst denkbare situatie uit te gaan en strenge richtlijnen voor isolatie, beheersing en controle van depots op te stellen. De verwachte optredende verspreiding is voorspeld met behulp van geohydrologische modelberekeningen. Vanwege de kennishiaten zijn hierbij aannamen gedaan. Bij die aannamen zijn veelal zekerheden ingebouwd zodat de voorspellingen worst-case zijn.

5.2.2 Doelstelling

Doel van het UVD project is het meten van parameters die een belangrijke invloed hebben op de uitkomst van modelberekeningen Hiermee wordt beoogd een beter inzicht te verkrijgen in de daadwerkelijke uitloging en verspreiding uit de verschillende type bestaande depots. Hiermee kan in de toekomst de berekening van uitloging en verspreiding uit depots met minder onzekerheden plaatsvinden. Tevens kan monitoring van uitloging en verspreiding (nazorg van depot) gerichter en kostenefficiënter plaatsvinden.

5.2.3 Inzichten uit het UVD-project

De belangrijkste inzichten die uit het UVD-project naar voren zijn gekomen betreffen (ref. [4]):

- de verdelingscoëfficiënt voor organische verontreinigingen is in het watervoerend pakket vaak hoger dan tot nu toe vanuit is gegaan;
- bijna de helft van de sediment gebonden PAK en PCB's is niet voor uitloging beschikbaar. Dit betekent dat de hoeveelheid PAK en PCB's die uit een depot kunnen uitlogen lager is dan tot nu toe bij modellering van uitloging uit een depot werd aangenomen;
- in een zuurstofloos depot met een hoog organisch stofgehalte kan tijdelijke uitloging van metalen optreden. Deze stoffen worden onder in het depot heersende anaerobe conditiies niet geïmmobiliseerd, maar door het verdwijnen van sorptiecapaciteit (afbraak organische stof) soms juist gemobiliseerd;

- de verdelingscoëfficiënten voor PAK en PCB's zijn in het watervoerend pakket een factor 5 tot 35 hoger (lagere opgeloste concentratie en geringere mobiliteit) dan de verdelingscoefficienten die tot nu toe werden gehanteerd bij modellering van uitloging en verspreiding uit depots;
- het al dan niet optreden van biologische afbraak is sterk afhankelijk van de macrochemie (redoxpotentiaal, nutrienten, organische stof). Het is daarom belangrijk om bij de monitoring van een depot niet alleen te kijken naar verontreinigingen, maar ook naar de macrochemie. De macrochemie is een goede indicator voor het al dan niet optreden van uitloging en verspreiding uit depots.

Geconcludeerd wordt dat door de sterke binding van organische verontreinigingen aan baggerspecie niet alle organische verontreinigingen beschikbaar zijn voor uitloging. Daarnaast zijn de verdelingscoefficienten voor PAK en PCB's in een depot hoger dan tot nu toe werd aangenomen. Beide aspecten zorgen ervoor dat de uitloging van organische verontreinigingen uit depots kleiner is dan tot nu toe werd aangenomen. Voor metalen geldt in de eerste tientallen jaren een tijdelijke verhoogde uitloging. Voor de organische verontreinigingen die zijn uitgeloogd uit een depot geldt dat de verspreiding in het watervoerend pakket kleiner is dan tot nu toe werd aangenomen. Dit komt door de sterke binding van organische verontreinigingen aan de bodem (hogere verdelingscoefficient) waardoor de retardatie toeneemt.

5.2.4 Aanbevelingen voor monitoring bij depots

Op basis van de bevindingen van het UVD-project is een Handleiding uitloging en verspreiding uit depots opgezet (ref. [5]). In deze handleiding worden aanbevelingen gedaan met betrekking tot de locatie van de monitoringspeilbuizen, het analysepakket en de analysefrequentie.

Locatie van de peilbuizen

In de handleiding wordt aangegeven dat de peilbuizen in de stroombaan van eventuele verontreinigingen dienen te worden geplaatst. Ten behoeve van het signaleren van afwijkingen in de trendreeks dient ook bovenstrooms van het depot te worden gemeten. Op die manier kan worden vastgesteld of eventuele afwijkingen afkomstig zijn van de bovenstroomse zijde van het stort, danwel het gevolg zijn van verspreiding van verontreinigingen vanuit het stort.

Analysepakket

Op grond van de kennis en inzichten in het verspreidingsgedrag van verontreinigende stoffen is bekend dat de probleemstoffen (met uitzondering van metalen als arseen en chroom) niet direct zullen uitlogen en zich verspreiden via het grondwater.

Voorbeelden van zeer mobiele parameters zijn chloride, ammonium, veranderingen in de redoxpotentiaal, pH en DOC. Pas nadat verhoogde gehalten of veranderingen in bijvoorbeeld de pH of DOC zijn vastgesteld, worden ook minder mobiele stoffen zoals lichte olieverbindingen of (chloor)benzenen geanalyseerd. Door deze getrapte aanpak wordt het monitoringsrendement gemaximaliseerd.

Monitoringsfrequentie

Bij een effectieve monitoringsstrategie bepalen de voorgaande waarnemingen wanneer een stof wordt gemeten. Indien jaarlijks de macrochemie wordt gemeten en de conclusie is dat de peilbuis nog niet beïnvloed wordt door het depot, dan hoeven geen aanvullende (mobiele) stoffen bepaald te worden. Indien op een gegeven moment wel een duidelijke verandering van de macrochemie wordt vastgesteld (in opeenvolgende jaren), dan wordt begonnen met de analyse van de mobielere probleemstoffen.

Gelet op de tijdschaal van depotuitloging/verspreiding wordt een monitoringsfrequentie van 1x per twee jaar geadviseerd (WL|Delft Hydraulics, ref. [6])

6 Resultaten monitoring Kaliwaal

6.1 Dataset

Zoals uit hoofdstuk 3 blijkt wordt een groot aantal peilbuizen gemonitoord en wordt het grondwater op een uitgebreid analysepakket geanalyseerd. Met een frequentie van 1x per jaar worden 28 peilfilters bemonsterd en geanalyseerd. Voor de periode 2004-2014 resulteert dit in 280 bemonsteringen. Het analysepakket bestaat uit 23 stoffen (1x per jaar), aangevuld met 6 stofgroepen (5x per jaar). Het aantal meetdata komt hiermee op circa 6.500 stuks.

6.2 Resultaten

Om overzicht te krijgen van de meetdata, zijn de analyseresultaten samengevat in grafieken. Hierbij zijn grafieken gemaakt van de volgende stof(groepen):

Tracers:

- arseen
- trichloorbenzenen (TCB);
- ammonium;
- γ-HCH.

Metalen:

- cadmium;
- chroom;
- koper;
- kwik;
- lood;
- nikkel;
- zink.

Stofgroepen:

- PCB's (7 stuks);
- PAK (10 van VROM).

Macroparameters:

- calcium, natrium, magnesium, ijzer;
- kalium, mangaan;
- chloride, sulfaat;
- DOC.

Er zijn grafieken gemaakt voor de referentiepeilbuizen (niet beïnvloed door het baggerspeciedepot) en benedenstroomse peilbuizen (potentieel beïnvloed door het baggerspeciedepot). De grafieken zijn opgenomen in de volgende bijlagen:
bijlage 3: microparameters;
bijlage 4: metalen;
bijlage 5: macroparameters.

Per stof(groep) zijn de gehalten in de periode 2004-2014 uitgezet. Per jaar is sprake van meerdere meetwaarden. Bij de referentiepeilbuizen betreft het 4 meetwaarden (de peilbuizen 22-o/m en 23-o/m) en bij de benedenstroomse peilbuizen betreft het 20 meetwaarden (1-o/m t/m 10-o/m). Om een goede vergelijking tussen de gehalten van de benedenstroomse peilbuizen met de gehalten van de referentiepeilbuizen mogelijk te maken zijn beide grafieken naast elkaar gezet.

6.3 Resultaten

6.3.1 Tracers

Het pakket tracers bestaat uit de stoffen TCB (trichloorbenzenen), arseen, γ-HCH en ammonium. Uit de grafieken in bijlage 3 blijkt dat de TCB-gehalten in de benedenstroomse peilbuizen beneden de detectielimiet liggen, afgezien van vier metingen waar de gehalten net boven de detectielimiet liggen. Het betreft waarschijnlijk meetfouten, mede omdat bij de referentiepeilbuizen ook verhoogde gehalten zijn gemeten.

γ-HCH is in geen van de peilbuizen in gehalten boven de detectielimiet aangetroffen.

De ammoniumgehalten in de benedenstroomse peilbuizen liggen tussen 0 en 4 mgN/l. De gehalten duiden niet op een beinvloeding van de Kaliwaal. In de referentiepeilbuizen zijn ook hogere gehalten gemeten (tot 10 mgN/l).

Arseen, dat ook van nature in het grondwater voorkomt, laat bij de benedenstroomse peilbuizen geen afwijkend beeld zien ten opzichte van de referentiepeilbuizen (zie bijlage 4).

6.3.2 Microparameters

De PCB- en PAK-gehalten liggen beneden de detectielimiet (zowel in de referentiepeilbuizen als in de benedenstroomse peilbuizen).

Bij β-HCH zijn bij peilbuis 8-ondiep gehalten boven de detectielimiet aangetroffen. Sinds 2012 is sprake van lagere gehalten en in 2014 is geen β-HCH meer aangetroffen. Bij de overige benedenstroomse peilbuizen zijn geen verhoogde β-HCH gehalten gemeten. Omdat het slechts één peilbuis betreft en de laatste drie jaar nauwelijks/geen verhoogde gehalten zijn gemeten, wordt er vanuit gegaan dat β-HCH niet afkomstig is van de Kaliwaal.

6.3.3 Metalen

De metalengehalten die in de benedenstroomse peilbuizen zijn gemeten (zie bijlage 4) komen overwegend overeen met de gehalten in de referentiepeilbuizen. Bij nikkel, lood, cadmium en koper is incidenteel sprake van gehalten boven de detectielimiet, hetgeen ook bij de referentiepeilbuizen voorkomt (uitgezonderd nikkel). Zink, dat van nature in het grondwater voorkomt, laat bij de benedenstroomse peilbuizen geen afwijkend beeld zien ten opzichte van de referentiepeilbuizen.

6.3.4 Macroparameters

Uit de grafieken van de macroparameters (zie bijlage 5) blijkt dat de gehalten in de benedenstroomse peilbuizen overeen komen met de gehalten in de referentiepeilbuizen.

6.3.5 Poriewater van de baggerspecie

<u>Microparameters</u>

Uit de grafieken van het poriewater (bijlage 3) blijkt dat, afgezien van een incidentele uitschieter, geen ammonium, TCB en γ-HCH boven de detectielimiet zijn aangetroffen. Arseen is in vrijwel alle poriewatermonsters aangetroffen (5-15 ug/l). De overige metalen (chroom, koper, nikkel en zink) zijn in 2013 en 2014 in het poriewater aangetroffen. In het poriewater zijn geen PAK en PCB's aangetroffen.

<u>Macroparameters</u>

Uit de grafieken in bijlage 5 blijkt dat de DOC-gehalten in het poriewater (30-40 mg/l) hoger liggen dan in het grondwater ter plaatse van de referentiepeilbuizen en benedenstroomse peilbuizen (0-10 mg/l). De kaliumgehalten in het poriewater zijn wat hoger dan de gehalten die in

het grondwater zijn gemeten. De gehalten van de overige macroparameters komen overeen met de gehalten in het grondwater ter plaatse van de monitoringspeilbuizen.

6.4 Samenvatting

In tabel 6.1 zijn de resultaten van de monitoringperiode 2004-2014 samengevat.

Tabel 6.1 Benedenstroomse grondwaterkwaliteit en kwaliteit poriewater en de monitoringen in 2004-2014

Stof(groep)	Monitoring 2004-2014	
	Gehalten benedenstroomse peilbuizen in vergelijking tot de referentiepeilbuizen	**Gehalten in het poriewater**
Tracerpakket		
arseen	overeenkomstige gehalten	gehalten 5-10 ug/l
γ-HCH	gehalten beneden detectielimiet	gehalten beneden detectielimiet
TCB	gehalten beneden detectielimiet, afgezien van 4 incidentele metingen	gehalten beneden detectielimiet [1)]
ammonium	overeenkomstige gehalten of lagere gehalten	gehalten beneden detectielimiet[1)]
Metalen	overeenkomstige gehalten, nikkel incidenteel verhoogd. Bij de meeste metalen is, zowel bij de referentiepeilbuizen als bij de benedenstroomse peilbuizen sprake van overschrijding van de streefwaarden voor grondwater.	gehalten chroom, koper, nikkel en zink in 2013 en 2014 boven detectielimiet
Macroparameters	overeenkomstige gehalten	hogere DOC- en kaliumgehalten
Microparameters	gehalten beneden detectielimiet (afgezien van β-HCH dat bij peilbuis 8-ondiep is aangetroffen)	gehalten beneden detectielimiet

[1)] afgezien van een incidentele uitschieter

6.5 Conclusies

Uit tabel 6.1 blijkt dat de gehalten in de benedenstroomse peilbuizen overeenkomen met de gehalten die in de referentiepeilbuizen zijn gemeten. Met betrekking tot organische microverontreinigingen is meestal sprake van gehalten beneden detectielimiet. Hieruit wordt geconcludeerd dat geen sprake is van beïnvloeding van het grondwater door emissie van verontreinigingen vanuit de Kaliwaal.

In het poriewater van de gestorte baggerspecie zijn verhoogde gehalten arseen, DOC en kalium aangetroffen. De overige stoffen zijn niet of incidenteel (in lage gehalten) aangetroffen.

De resultaten van de monitoring bevestigen de uitkomsten van het UVD-onderzoek dat, vanwege de sterke binding aan de baggerspecie, geen uitloging van organische verontreinigingen wordt verwacht. Met betrekking tot metalen wordt van arseen en chroom de grootste kans op uitloging verwacht. Dit wordt bevestigd door de metingen van het poriewater waarin arseen is aangetroffen. Voor zover uitloging plaatsvindt, worden deze stoffen gebonden in de isolatielaag (klei met hoog organisch stofgehalte) die zich op de bodem van de put bevindt, waardoor geen emissie naar het grondwater optreedt.

7 Voorstel nieuw monitoringsplan

7.1 Samenvatting nieuwe inzichten

De resultaten van de onderzoeken die zijn uitgevoerd in het kader van het project Uitloging, verspreiding baggerdepots (UVD-project) en de resultaten van de monitoringen van het grondwater van de Kaliwaal kunnen als volgt worden samengevat.

Uit modelberekeningen die in het kader van het MER Kaliwaal zijn uitgevoerd blijkt dat binnen 1.000 jaar geen verontreinigende stoffen in het grondwater ter plaatse van de monitoringspeilbuizen worden verwacht.

Uit het UVD-project blijkt dat het verspreidingsrisico van verontreinigingen tot nu toe wordt overschat. De resultaten geven aan dat de uitloging van organische verontreinigingen uit depots kleiner is dan tot nu toe werd aangenomen. Wel wordt voor de metalen in de eerste tientallen jaren na de stortaktiviteiten een tijdelijke verhoogde uitloging verwacht. Bovendien blijkt de verspreiding van organische verontreinigingen in het watervoerend pakket kleiner is dan tot nu toe werd aangenomen.

Zowel vanuit de modelberekeningen als vanuit de inzichten vanuit het UVD-project kan worden geconcludeerd dat voor zover beïnvloeding door uitloging vanuit de Kaliwaal optreedt, de verspreidingssnelheid van de verontreinigingen zo gering is dat in de monitoringspeilbuizen geen verontreinigende stoffen worden verwacht. Deze theoretische beschouwingen worden bevestigd door de monitoringsresultaten van de Kaliwaal. Sinds de start van de stortactiviteiten is geen beïnvloeding van het grondwater door emissie vanuit de Kaliwaal waargenomen.

Uit bovenstaande blijkt dat het niet effectief is de grondwatermonitoring te richten op verontreinigende stoffen omdat deze, voor zover verspreiding vanuit de Kaliwaal plaatsvindt, zich met zeer geringe snelheid via het grondwater verspreiden, waardoor ze de monitoringspeilbuizen pas op zeer lange termijn zullen bereiken. De monitoringstrategie dient met name gericht te zijn op de macro-parameters omdat deze veel mobieler zijn, waardoor beïnvloeding van het grondwater eerder kan worden opgemerkt.

7.2 Voorstel voor geactualiseerd monitoringsplan

7.2.1 Algemeen

In deze paragraaf wordt een voorstel gedaan voor actualisatie van het monitoringsplan op basis van de nieuwe inzichten en de langjarige resultaten van de grondwatermonitoring. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in de basismonitoring en de controlemonitoring.

7.2.2 Basismonitoring

Voorgesteld wordt om de frequentie van de basismonitoring te verlagen naar één keer per twee jaar. Om de eventuele verontreinigingen te kunnen detecteren ligt de nadruk van de basismonitoring op de peilbuizen aan de benedenstroomse zijde van de Kaliwaal. Vanwege het grote aantal peilfilters (10 peilbuizen met 2 filters) op relatief korte afstand (de gemiddelde afstand tussen de peilbuizen is 200 m) en het geringe risico dat beïnvloeding van het grondwater vanuit de Kaliwaal plaatsvindt, wordt voorgesteld de helft van de benedenstroomse peilbuizen (de oneven nummers) te monitoren. De referentiepeilbuizen, die op enige afstand aan de bovenstroomse zijde van de Kaliwaal zijn gesitueerd, worden ook meegenomen om te kunnen bepalen of ver-

hoogde gehalten die eventueel bij de Kaliwaal worden waargenomen van elders vandaan komen.

Het analysepakket van de basismonitoring bestaat uit macroparameters en de tracers arseen, ammonium, TCB en γ-HCH. Het betreft de stoffen waarvan wordt verwacht dat deze als eerste uitlogen en zich het snelst verspreiden. Dit wordt bevestigd door de gehalten die in het poriewater zijn gemeten (arseen en de macroparameters DOC en kalium). Omdat andere metalen (chroom, koper, nikkel en zink) ook in het poriewater zijn aangetroffen, worden deze ook in het analysepakket opgenomen.

7.2.3 Controlemonitoring

Met een controlemonitoring wordt een extra "zekerheid' in de monitoringstrategie ingebouwd ("meten = weten"). In de controlemonitoring, die één keer per 6 jaar plaatsvindt, wordt geanalyseerd op het totaalpakket en worden behalve de peilbuizen uit de basismonitoring, 3 extra peilbuizen bemonsterd die wat verder benedenstrooms van de Kaliwaal liggen. Eén keer per 12 jaar worden alle peilbuizen (dus ook de bovenstroomse) bemonsterd. In het totaalpakket zijn de vluchtige componenten (BTEX en VOCl) niet meer opgenomen, omdat deze stoffen doorgaans niet in baggerspecie worden aangetroffen.

7.2.4 Bemonsteringsfrequentie en analysepakketten

In tabel 7.1 is bovengenoemd voorstel nader uitgewerkt. Tabel 7.2 geeft de samenstelling van de analysepakketten.

Tabel 7.1 Bemonsteringsfrequentie monitoringspeilbuizen

Peilbuis	Filtertraject (m –mv)	Filternaam	Aantal peilfilters	Basismonitoring (TM-pakket)	Controlemonitoring (totaalpakket)	
Frequentie				1x per 2 jaar	1x per 6 jaar	1x per 12 jaar
Eerste lijn peilbuizen						
1, 3 ,5, 7, 9, 11, 13	7,0-9,0	o	7	X	X	X
1, 3 ,5, 7, 9, 11, 13	17-19	m	7	X	X	X
Extra benedenstroomse peilbuizen						
24, 25, 26	7,0-9,0/17-19/23-25	o/m/d	9		X	X
Referentiepeilbuizen						
22, 23	7,0-9,0	o	2	X	X	X
22, 23	17-19	m	2	X	X	X
22, 23	32-34	dd	2			X
Overige peilbuizen						
2,4,6,8,10,12,14 t/m 21	7,0-9,0/17-19	o/m	28			X
9, 17, 3, 6	23-25	d	4			X
9, 25, 26	34-36	dd	3			X

Tabel 7.2 Samenstelling analysepakketten

Pakket tracers, macroparameters en metalen (pakket TM)	**Totaalpakket (pakket A)**
Tracers	pakket TM
arseen, γHCH, TCB	PAK (10 van VROM)
	OCB's
Metalen	PCB's
cadmium, chroom, koper, kwik, lood, nikkel, zink	minerale olie
Macro-parameters	
chloride, bicarbonaat, sulfaat, nitraat, orthofosfaat	
kalium, magnesium, calcium, natrium, ammonium	
ijzer, mangaan, DOC	
Veldmetingen	
pH, geleidingsvermogen (veldmetingen)	

Het poriewater wordt niet meer onderzocht omdat inmiddels voldoende meetdata beschikbaar zijn.

Literatuurlijst

1. Milieu-effectrapport Waaier van geulen. Baggerspecieberging in de Kaliwaal. Milieu-effectrapport – hoofdrapport en bijlagen rapport. Grontmij Advies & Techniek, juli 1996
2. Aanvulling MER baggerspecieberging in de Kaliwaal. Grontmij Gelderland april 1997. Doc.nr. GLD3196.
3. Aanvullende informatie Kaliwaal milieu-effectrapport en vergunningsaanvraag Wet milieubeheer d.d. 30 september 1996, Aanvulling milieu-effectrapport baggerspecieberging in de Kaliwaal.
4. Baggerspeciedepots. Modellen van de verspreiding van verontreinigingen naar grondwater. Literatuurstudie. Onderdeel van project UVD. Grontmij, 17 november 2005.
5. Uitloging en verspreiding vanuit depots. Overzicht resultaten 2004 en 2005 en doorkijk naar 2006. Augustus 2006. AKWA rapport 06.002.
6. Handleiding uitloging en verspreiding vanuit depots. Naar een nieuw toetsingskader. Waterbodems Advies en Uitvoering. Eindconcept 15 augustus 2006.
7. Uitloging en verspreiding uit depots: wat weten we meer 10 jaar na het vaststellen van het Beleidsstandpunt Verwijdering baggeerspecie? WL| Delft Hydraulics, november 2005.
8. Grondwatermonitoring Kaliwaal 2005. Grontmij Nederland bv, 25 april 2006, doc.nr. 130-141-360-'06.

Bijlage 1

Locatie monitoringspeilbuizen

WAAL

KALIWAAL

BOVEN-LEEUWEN

GEMIDDELDE GRONDWATER STROMINGSRICHTING

1 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
2 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
3 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0 32,0 – 34,0
4 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
5 5,5 – 7,5 13,0 – 15,0
6 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0 34,0 – 36,0
7 5,5 – 7,5 13,0 – 15,0
8 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
9 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0 27,0 – 29,0 35,0 – 37,0
10 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
11 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
12 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
13 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
14 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
15 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
16 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
17 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0 32,0 – 34,0
18 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
19 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
20 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
21 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0
22 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0 32,0 – 34,0
23 8,0 – 10,0 17,0 – 19,0 32,0 – 34,0
25 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0 22,0 – 34,0 34,0 – 36,0
26 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0 23,0 – 25,0 34,0 – 36,0
27 7,0 – 9,0 17,0 – 19,0 32,0 – 34,0
28 4,0 – 6,0
30 11,0 – 13,0 21,0 – 23,0 30,7 – 32,7

VERKLARING

21 ⊙ 7,0 – 9,0	PEILBUIS MET NUMMER FILTERDIEPTE (IN M – MV)
11	PEILBUIS BOVENSTROOMS
19	PEILBUIS RIVIERDUIN
2	PEILBUIS BENEDENSTROOMS
25	PEILBUIS BENEDENSTROOMS (DIEP)
22	PEILBUIS BOVENTROOMS (OVERIG)
30	PEILBUIS WILGENSTRAAT

Status: CONCEPT

Project: MONITORING GRONDWATER KALIWAAL

Grontmij

Opdrachtgever: KALIWAAL B.V.

Onderdeel: LOCATIE MONITORINGSPEILBUIZEN

Besteknummer	Formaat	Schaal
	A3	1:7500

Projectnummer	Tekeningnummer	Gew.	Datum	Get.	Gez.	Acc.	Datum	Bladnummer
231382	44A-48665			DE			02-07-2007	

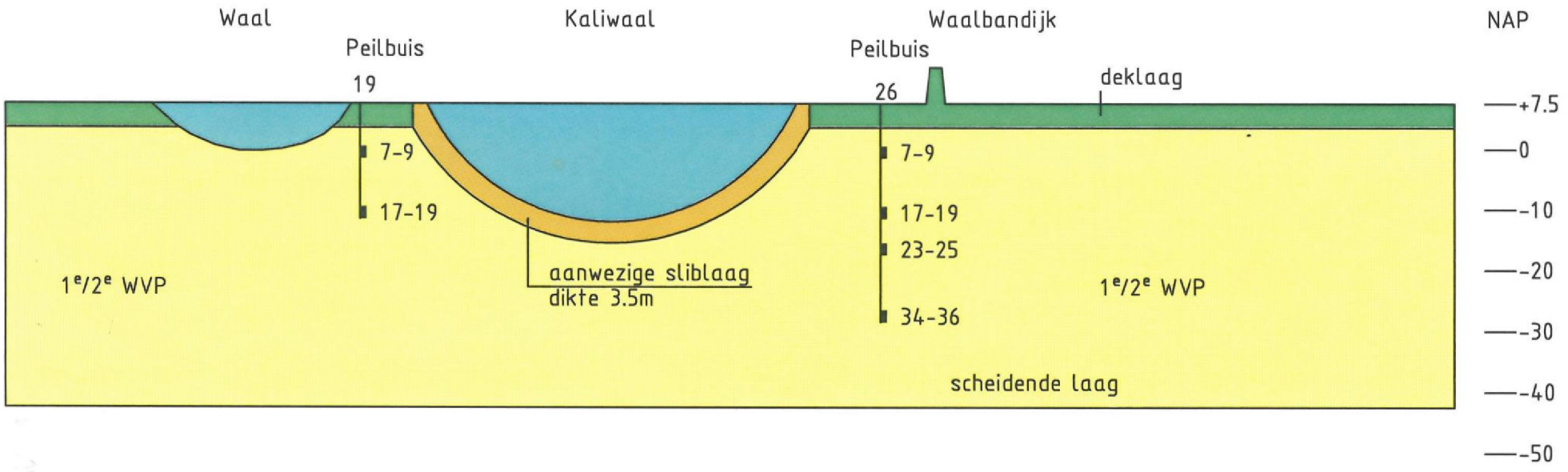
Filenaam : 44A48665

© Grontmij Groep Alle rechten voorbehouden

Plotdatum :

Bijlage 2

Dwarsdoorsnede Kaliwaal

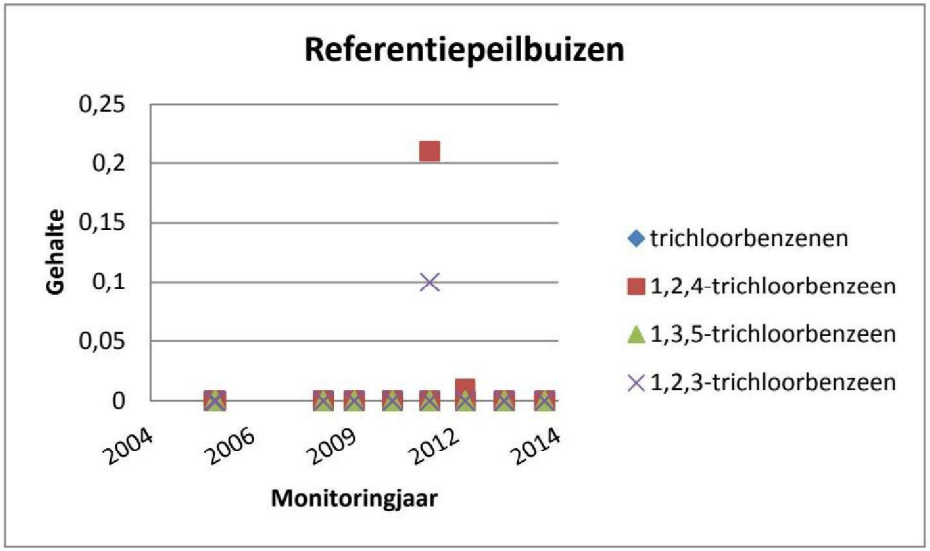


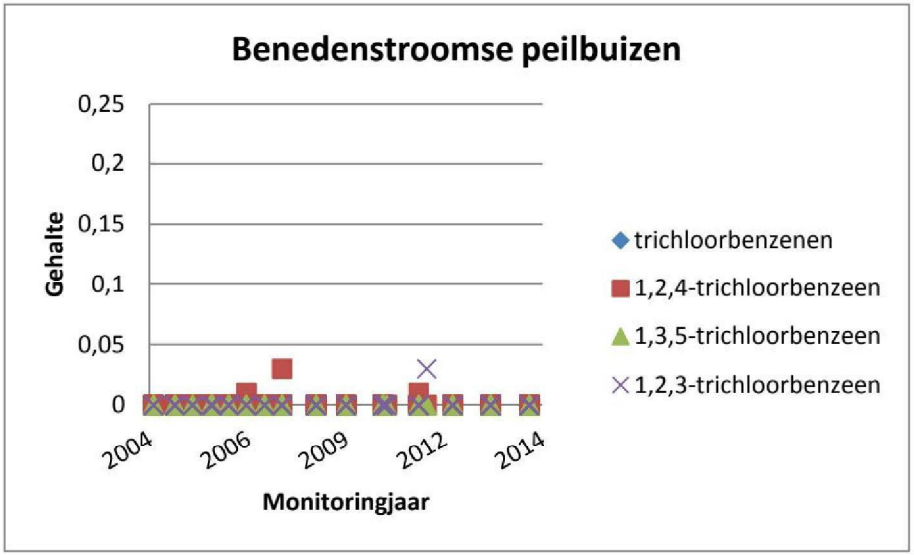
Status:	DEFINITIEF					
Project	KALIWAAL					
Opdrachtgever	KALIWAAL B.V.					
Onderdeel	SCHEMATISCHE DWARSDOORSNEDE KALIWAAL MET PEILBUIZEN			Besteknummer	Formaat: A4	Schaal: 1:10.000 1:100
Projectnummer: 231382	Tekeningnummer: 44A-51961	Gew.: A	Datum: 29-06-07	[redacted]	Datum: 25-06-2007	Bladnummer:
Filenaam : 44A51961	© Grontmij Groep Alle rechten voorbehoud				Plotdatum : 14-03-2008	

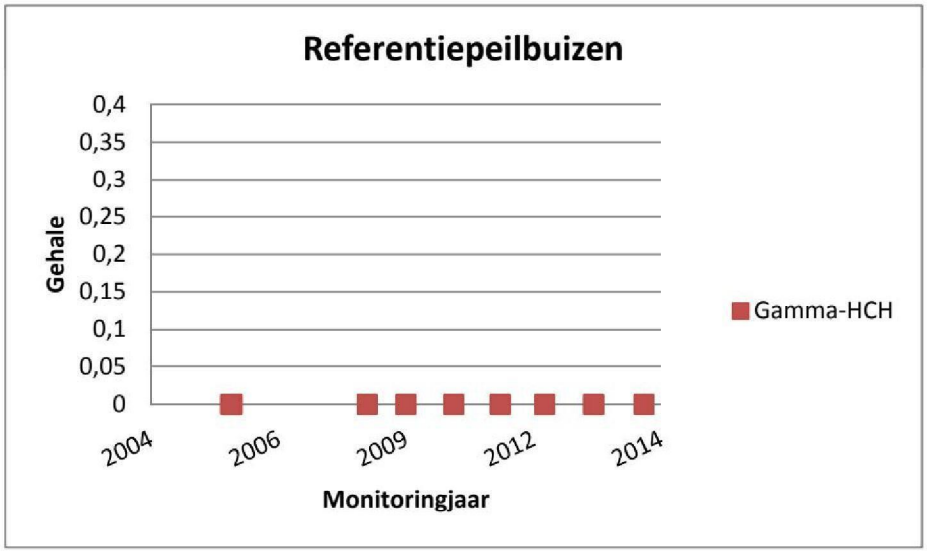
5.1.2e

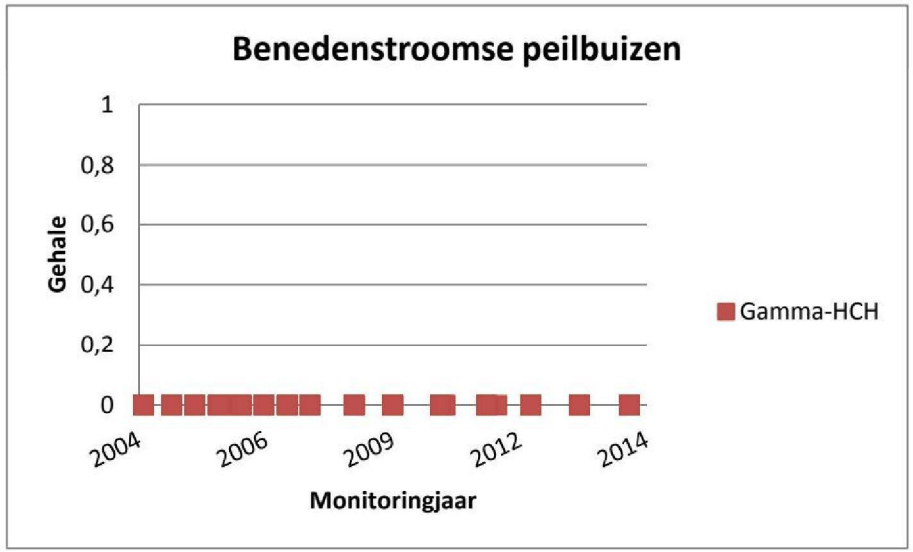
Bijlage 3

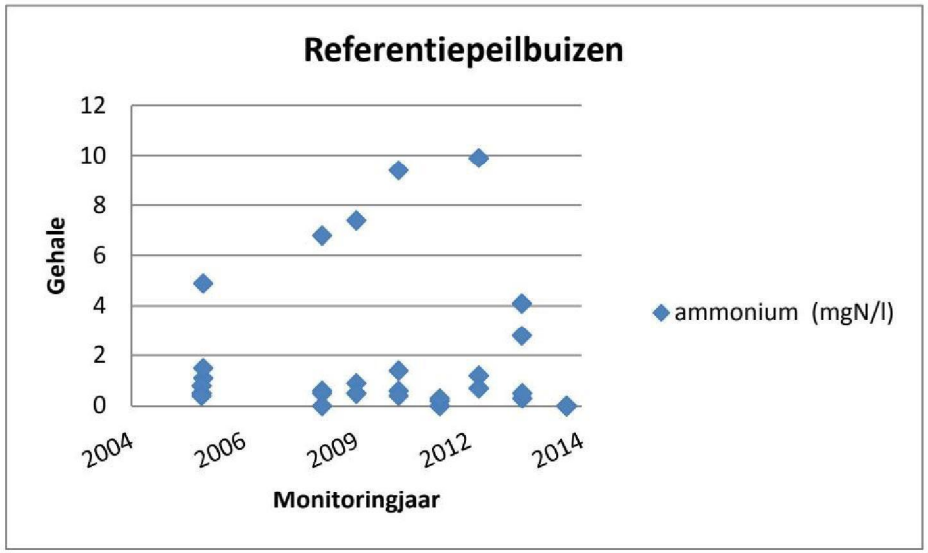
Grafieken microparameters

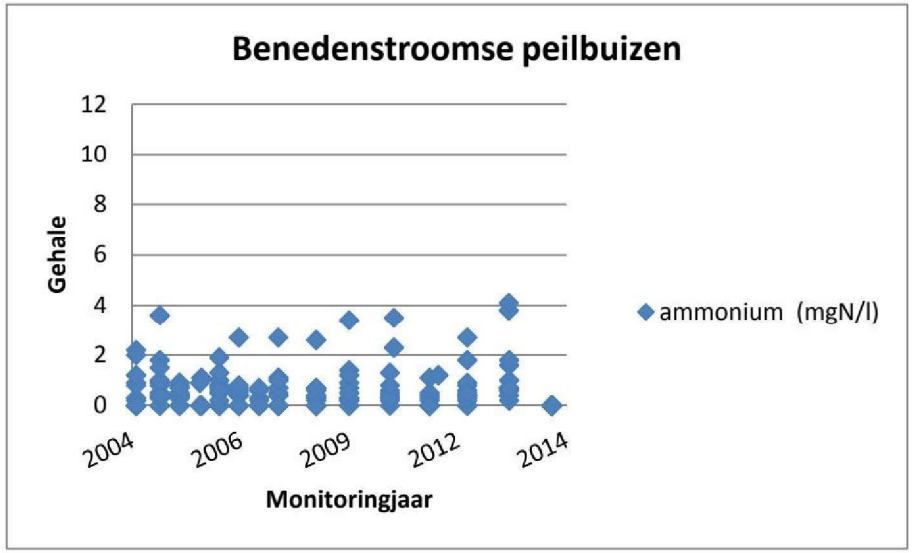

Referentiepeilbuizen
Gehalte
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
trichloorbenzenen
1,2,4-trichloorbenzeen
1,3,5-trichloorbenzeen
1,2,3-trichloorbenzeen

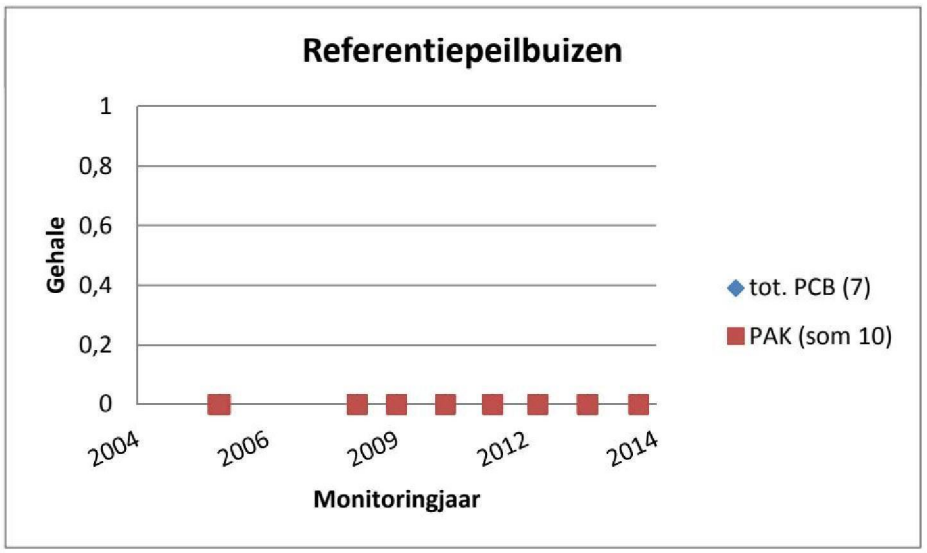

Benedenstroomse peilbuizen
Gehalte
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
trichloorbenzenen
1,2,4-trichloorbenzeen
1,3,5-trichloorbenzeen
1,2,3-trichloorbenzeen

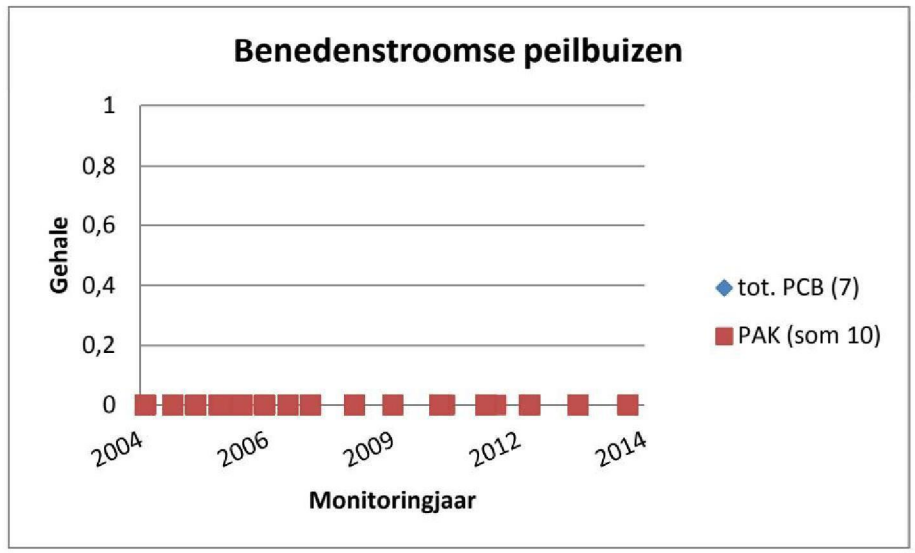

Referentiepeilbuizen
Gehale
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Gamma-HCH

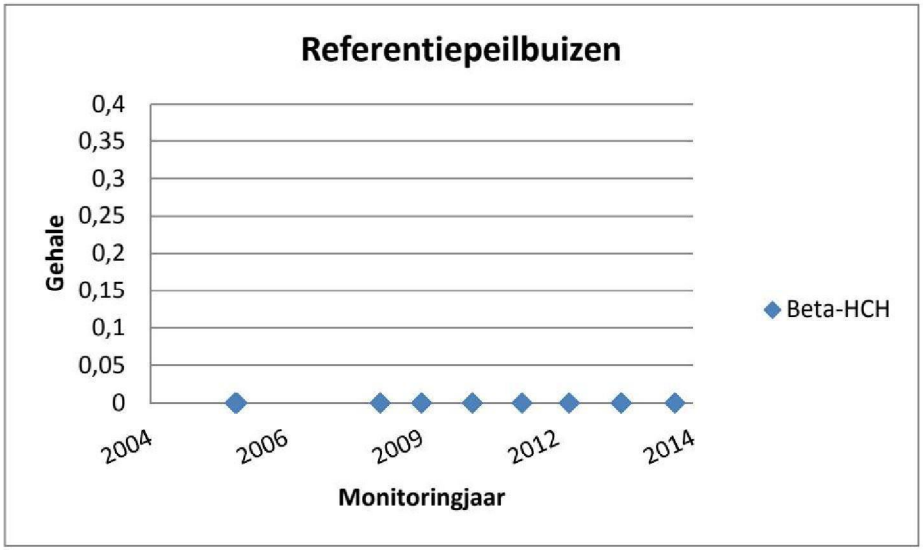

Benedenstroomse peilbuizen
Gehale
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Gamma-HCH

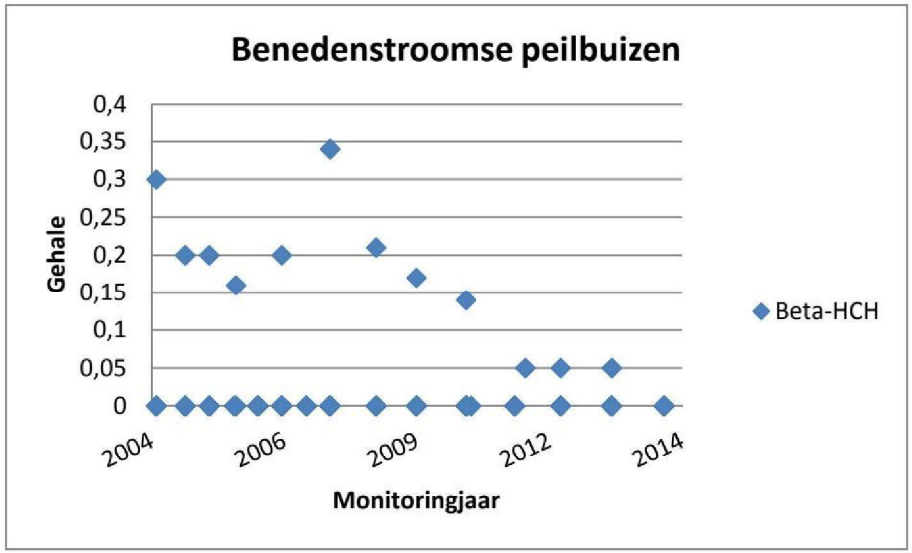

Referentiepeilbuizen
Gehale
12
10
8
6
4
2
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
ammonium (mgN/l)

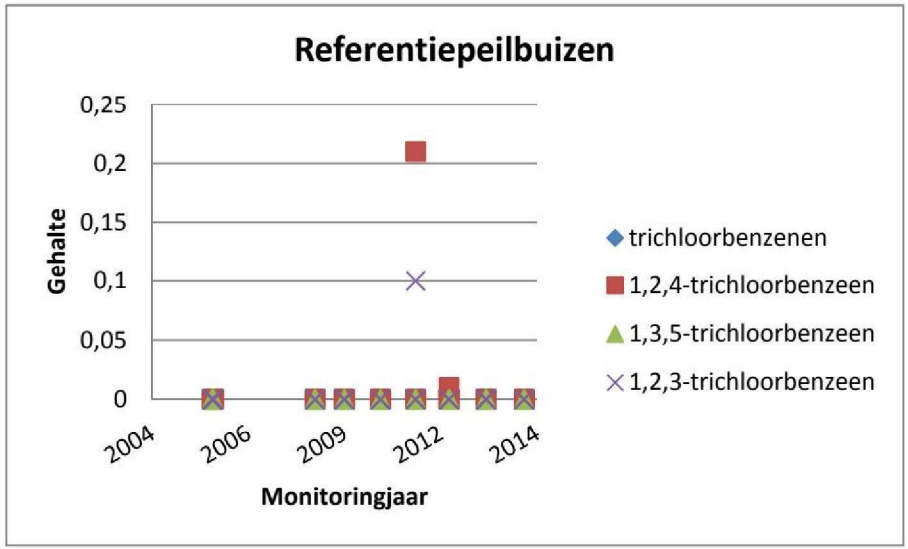

Benedenstroomse peilbuizen
Gehale
12
10
8
6
4
2
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
ammonium (mgN/l)

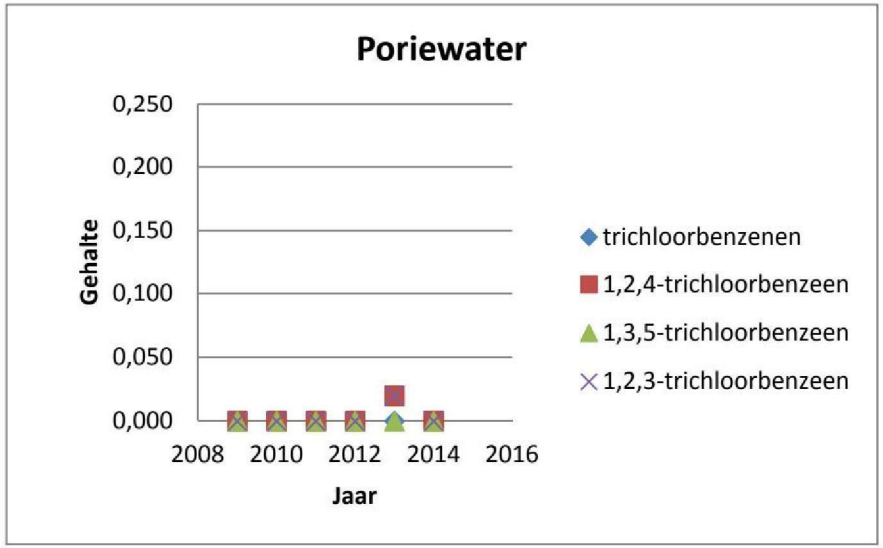

Referentiepeilbuizen
Gehale
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
tot. PCB (7)
PAK (som 10)

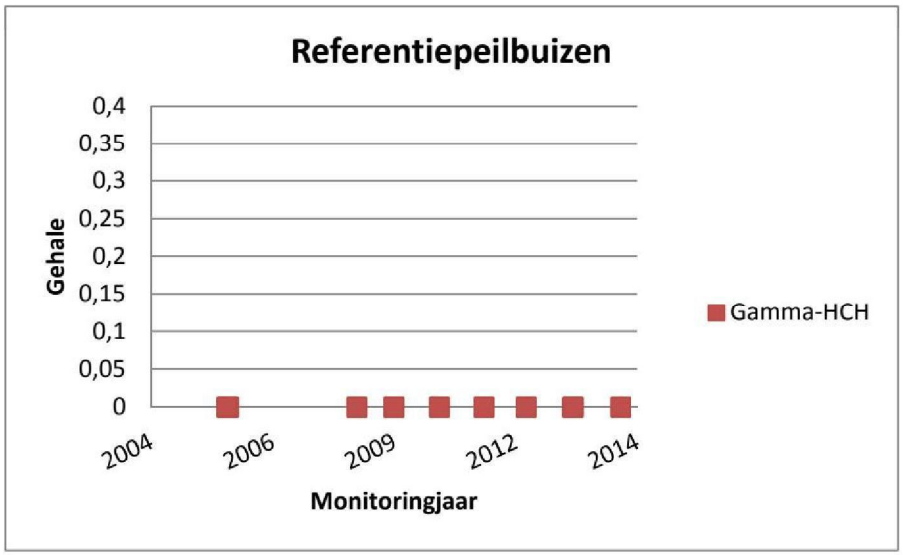

Benedenstroomse peilbuizen
Gehale
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
tot. PCB (7)
PAK (som 10)

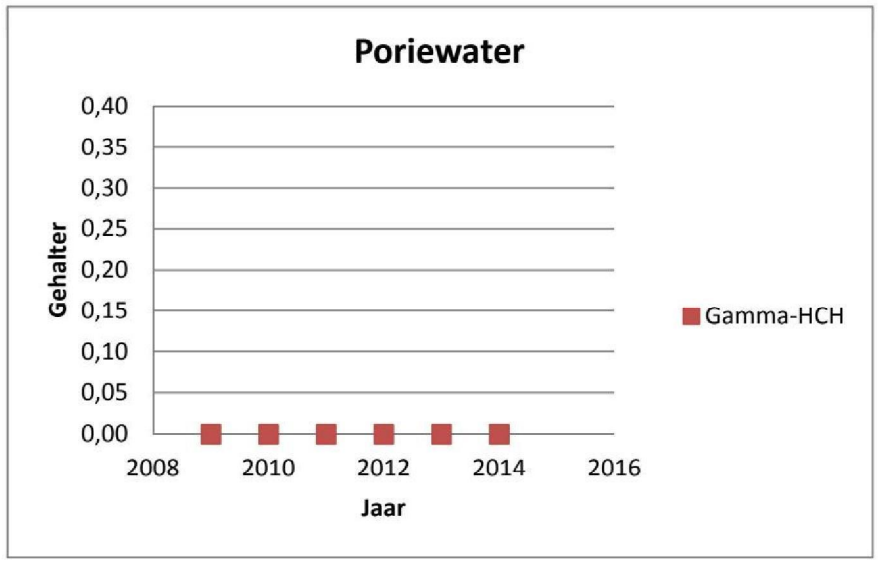

Referentiepeilbuizen
Gehale
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Beta-HCH

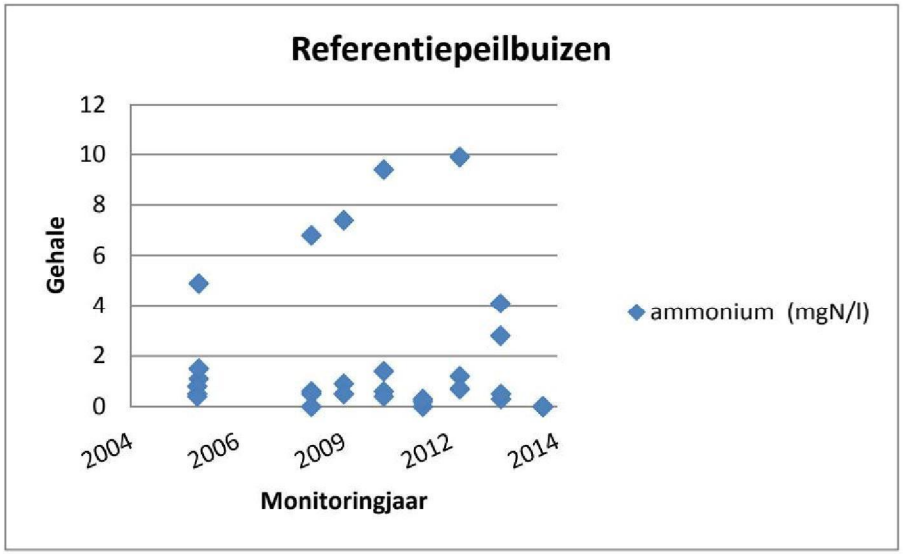

Benedenstroomse peilbuizen
Gehale
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Beta-HCH

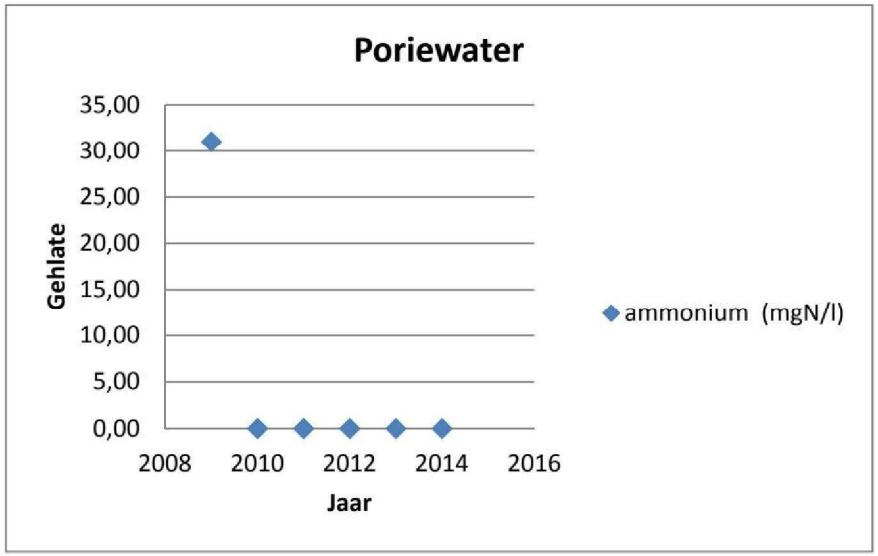

Referentiepeilbuizen
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
Gehalte
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
trichloorbenzenen
1,2,4-trichloorbenzeen
1,3,5-trichloorbenzeen
1,2,3-trichloorbenzeen

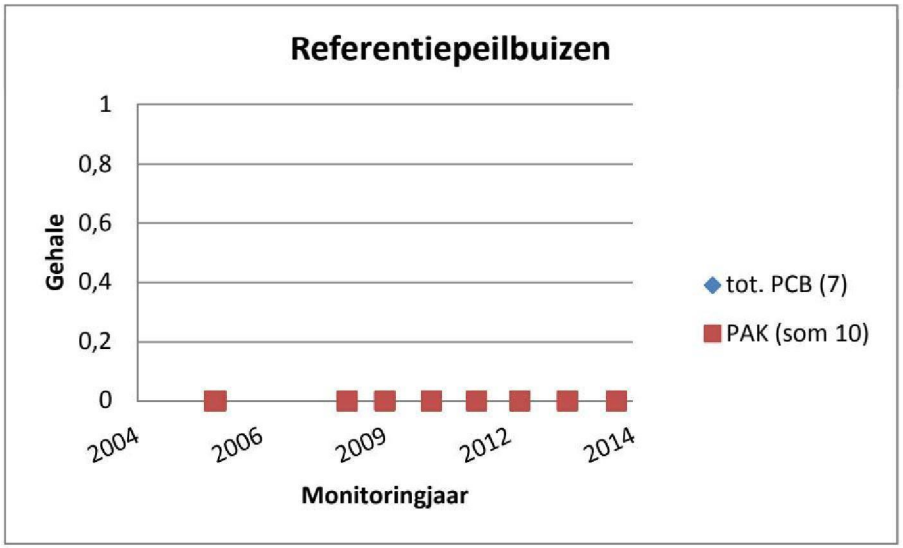

Poriewater
0,250
0,200
0,150
0,100
0,050
0,000
Gehalte
2008
2010
2012
2014
2016
Jaar
trichloorbenzenen
1,2,4-trichloorbenzeen
1,3,5-trichloorbenzeen
1,2,3-trichloorbenzeen

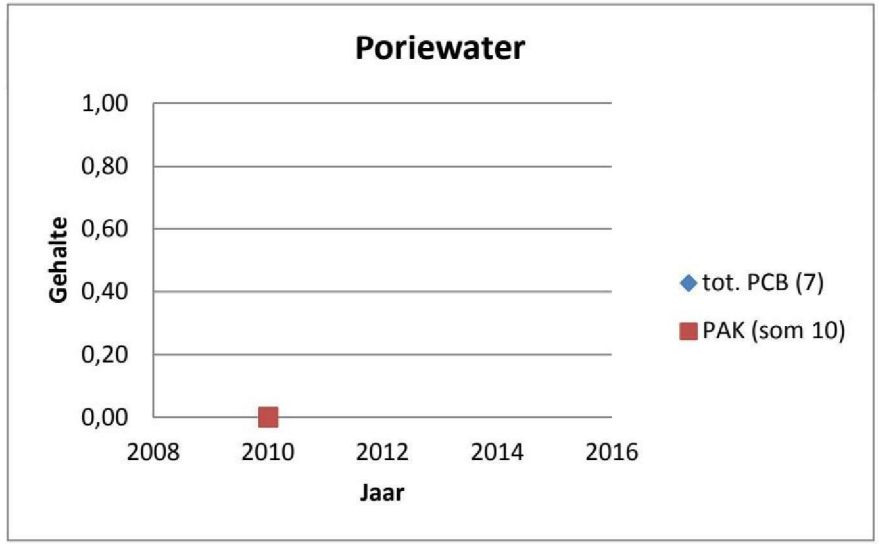

Referentiepeilbuizen
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
Gehale
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Gamma-HCH

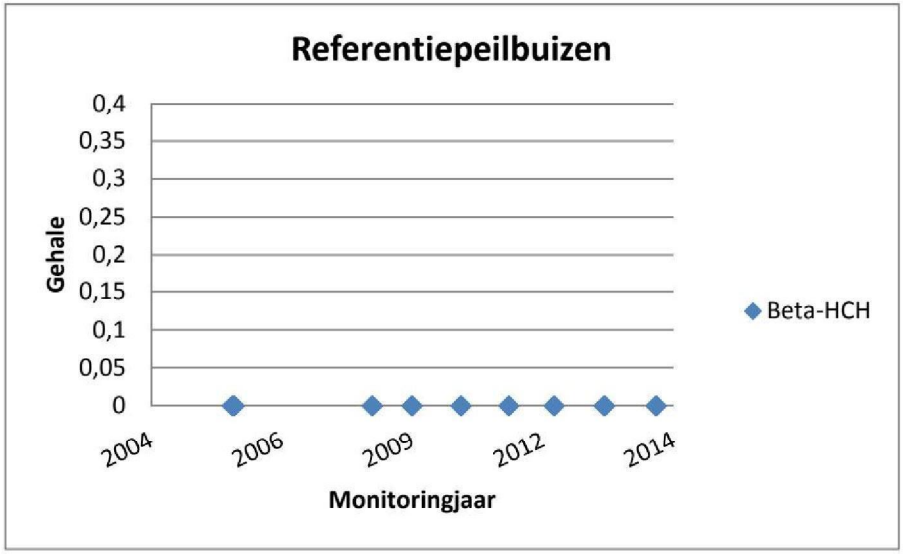

Poriewater
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
Gehalter
2008
2010
2012
2014
2016
Jaar
Gamma-HCH

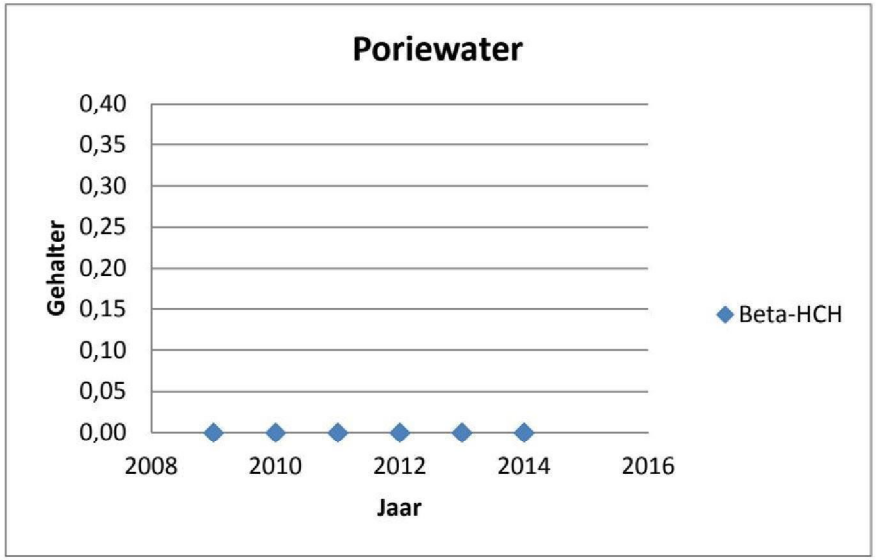

Referentiepeilbuizen
Gehale
12
10
8
6
4
2
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
ammonium (mgN/l)


Poriewater
Gehlate
35,00
30,00
25,00
20,00
15,00
10,00
5,00
0,00
2008
2010
2012
2014
2016
Jaar
ammonium (mgN/l)


Referentiepeilbuizen
Gehale
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
tot. PCB (7)
PAK (som 10)

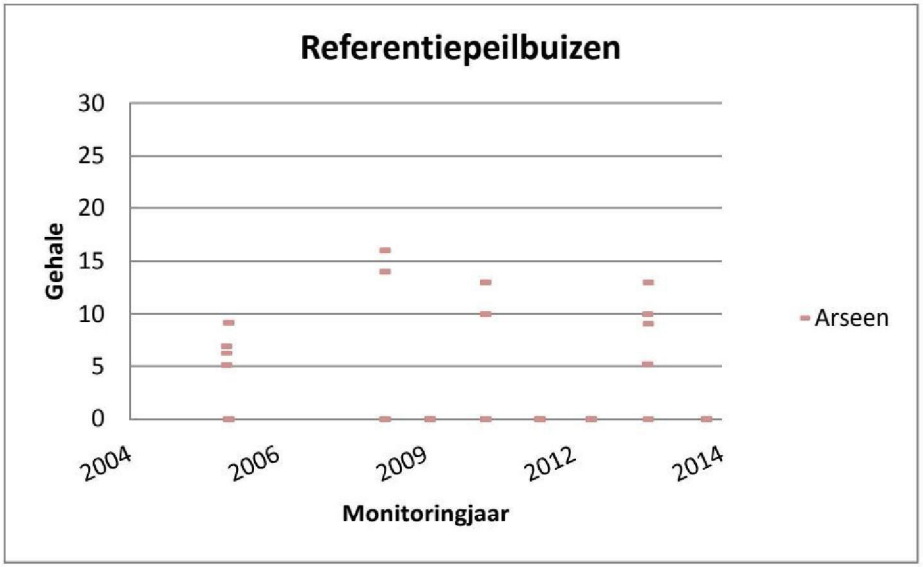

Poriewater
Gehalte
1,00
0,80
0,60
0,40
0,20
0,00
2008
2010
2012
2014
2016
Jaar
tot. PCB (7)
PAK (som 10)

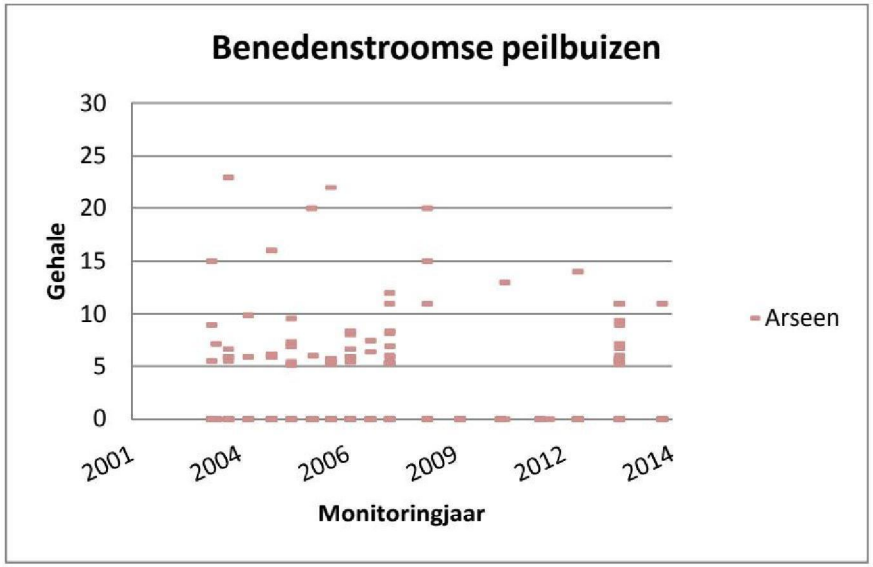

Referentiepeilbuizen
Gehale
0,4
0,35
0,3
0,25
0,2
0,15
0,1
0,05
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Beta-HCH

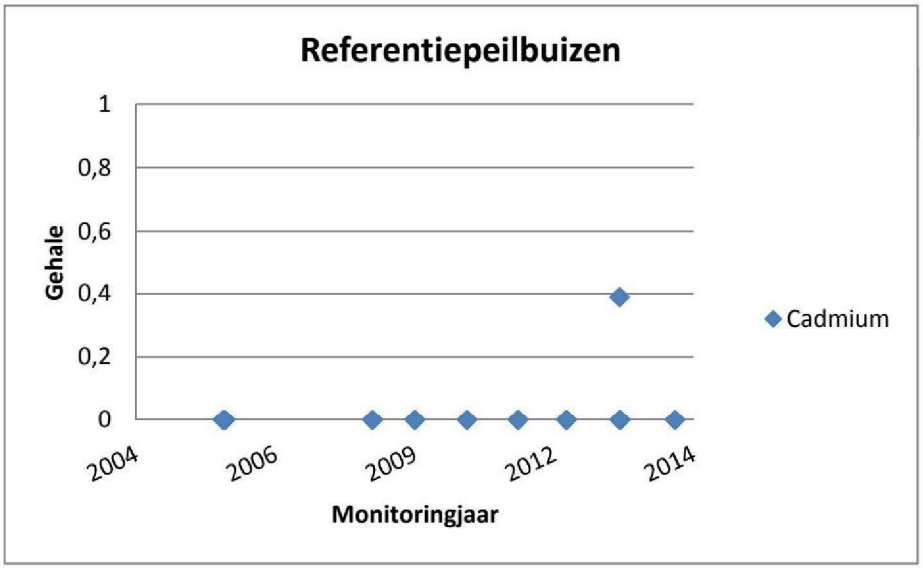

Poriewater
Gehalter
0,40
0,35
0,30
0,25
0,20
0,15
0,10
0,05
0,00
2008
2010
2012
2014
2016
Jaar
Beta-HCH

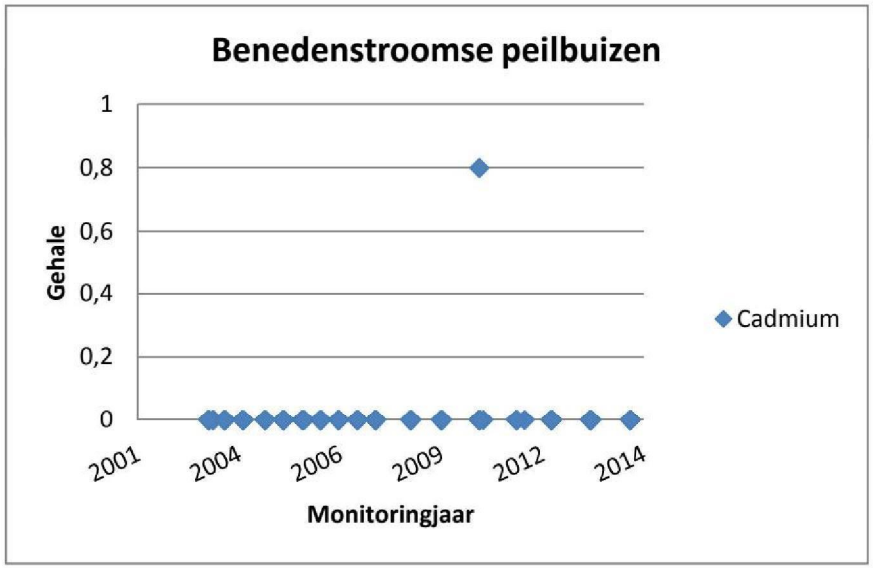
Bijlage 4

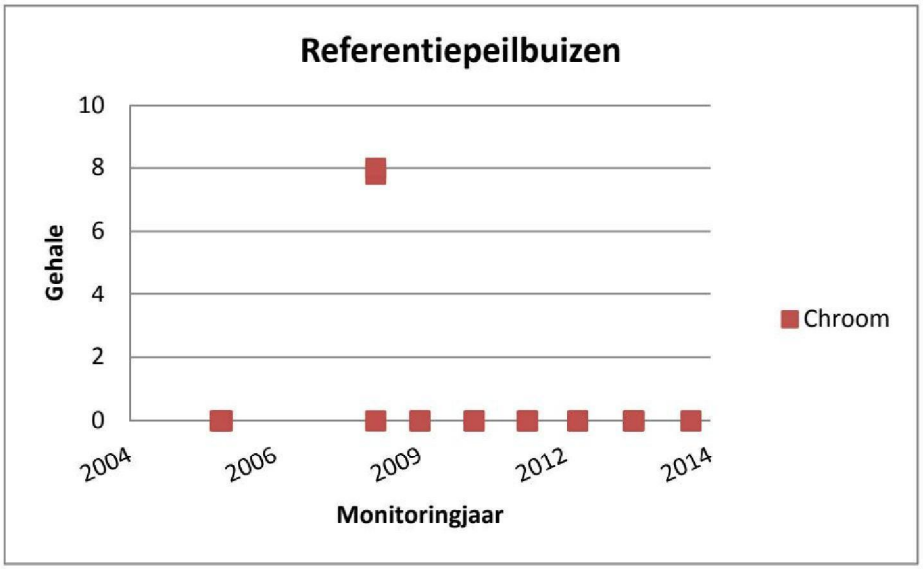
Grafieken metalen

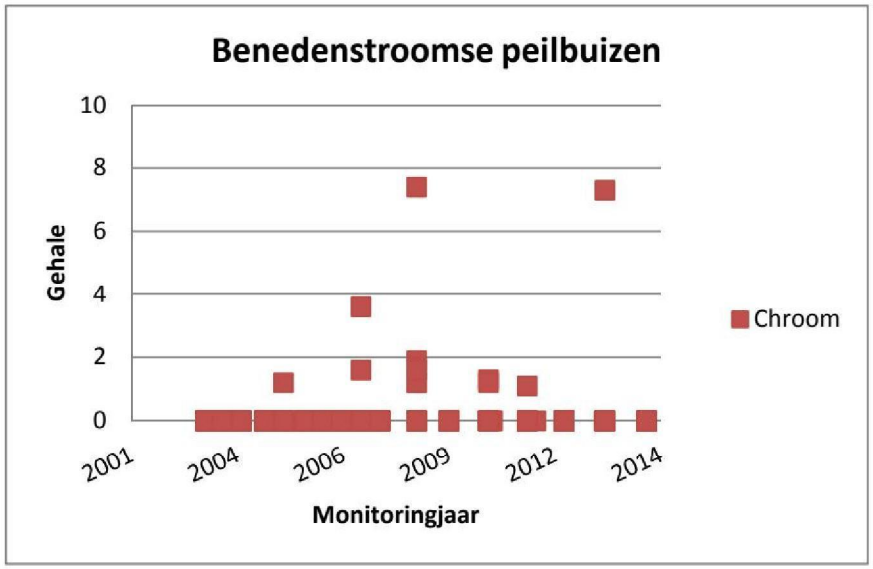

Referentiepeilbuizen
30
25
20
15
10
5
0
Gehale
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Arseen

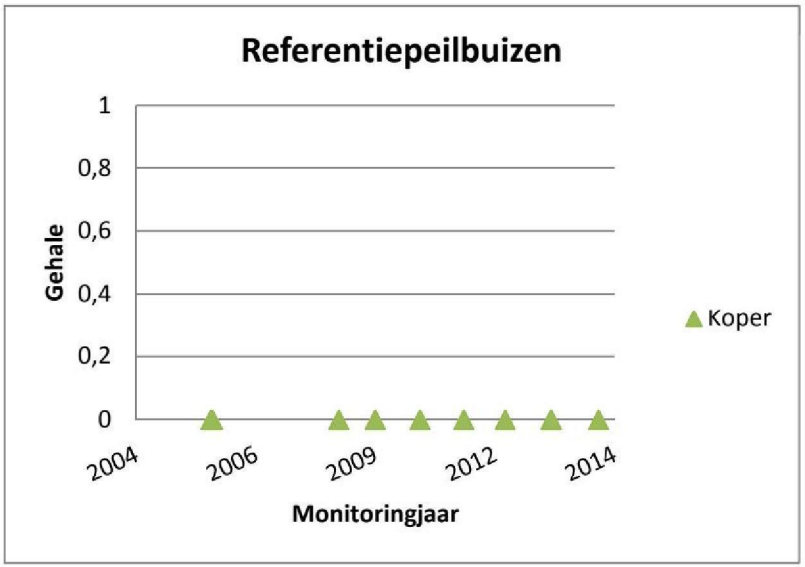

Benedenstroomse peilbuizen
30
25
20
15
10
5
0
Gehale
2001
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Arseen

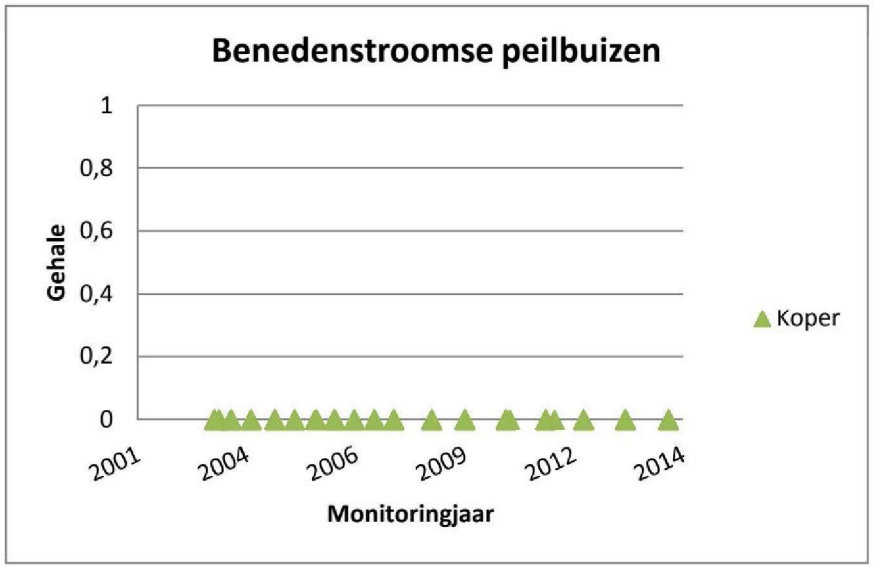

Referentiepeilbuizen
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
Gehale
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Cadmium

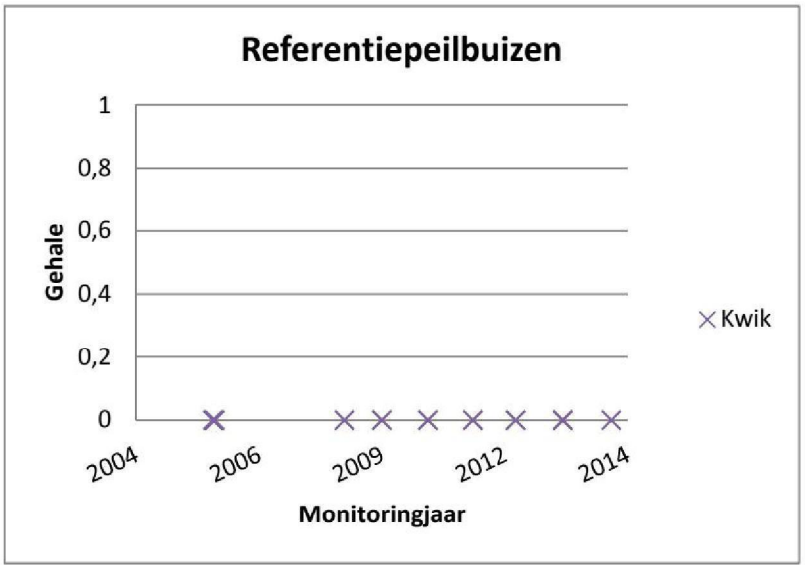

Benedenstroomse peilbuizen
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
Gehale
2001
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Cadmium

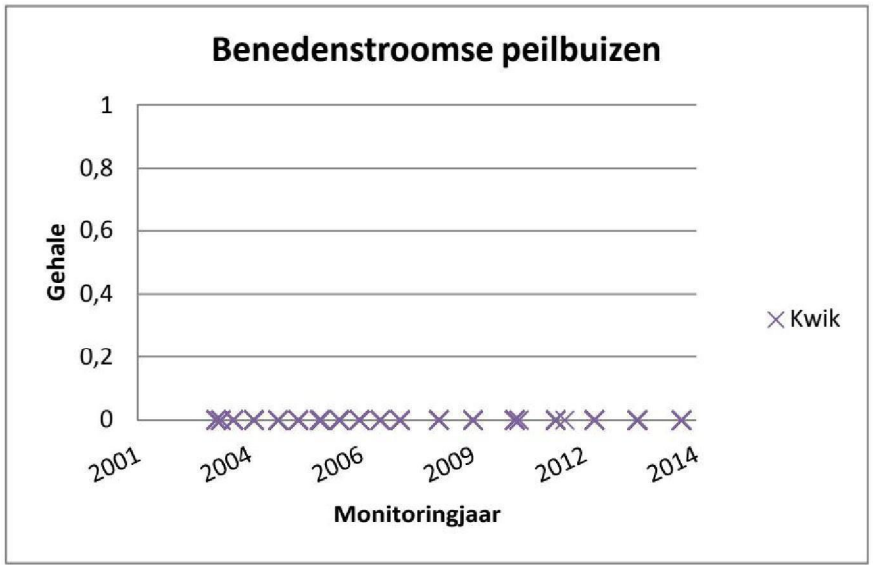

Referentiepeilbuizen
10
8
6
4
2
0
Gehale
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Chroom

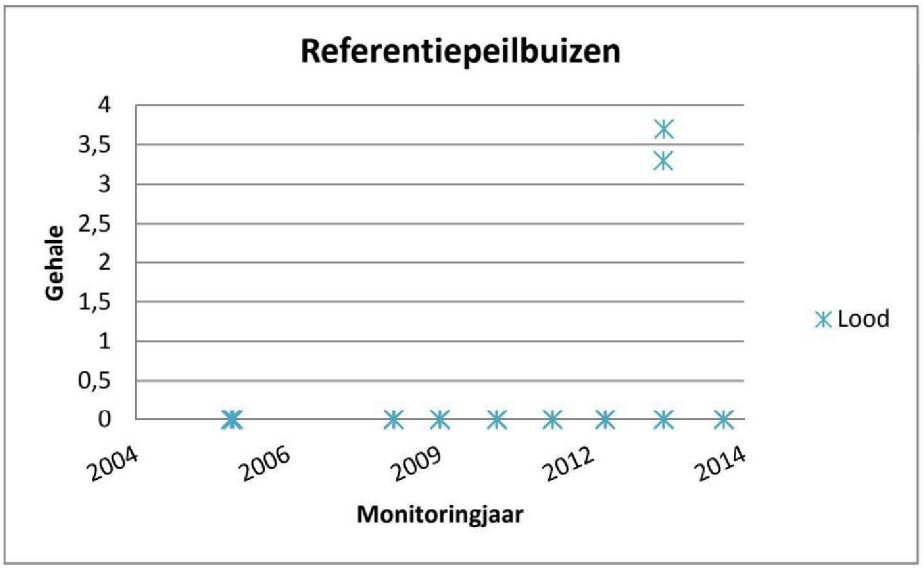

Benedenstroomse peilbuizen
10
8
6
4
2
0
Gehale
2001
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Chroom

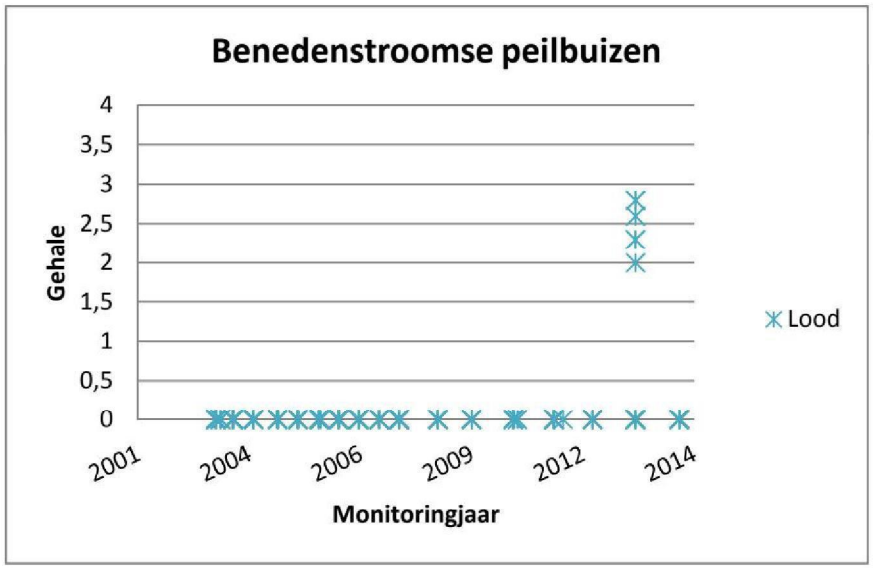

Referentiepeilbuizen
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
Gehale
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Koper

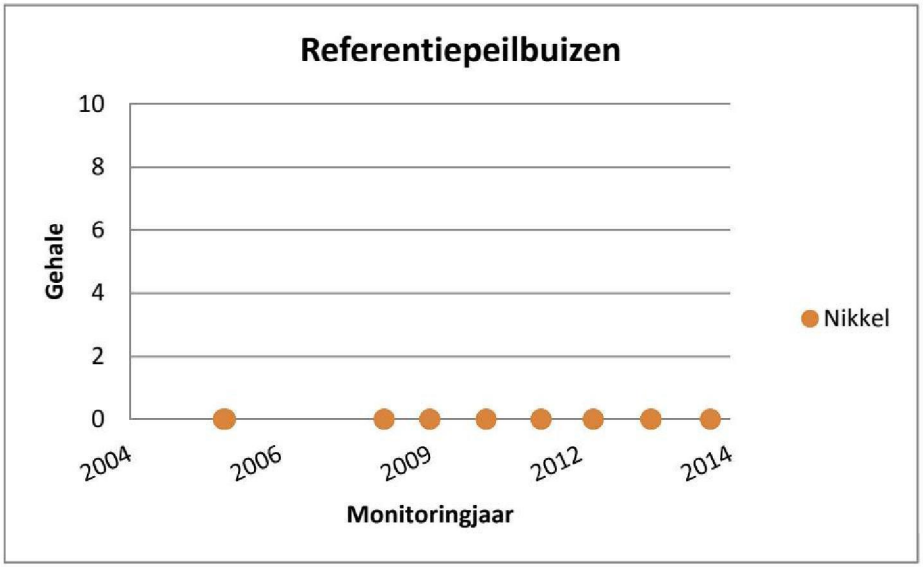

Benedenstroomse peilbuizen
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
Gehale
2001
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Koper

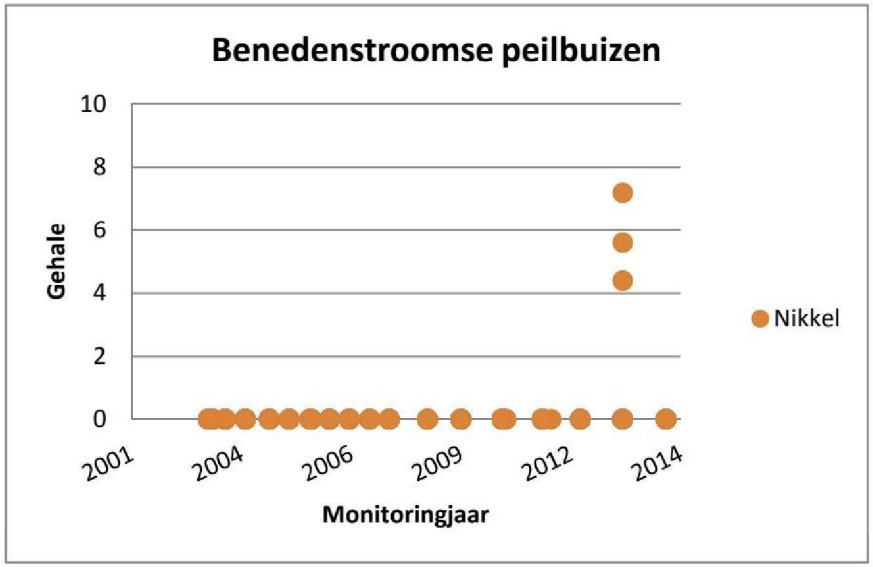

Referentiepeilbuizen
Gehale
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Kwik

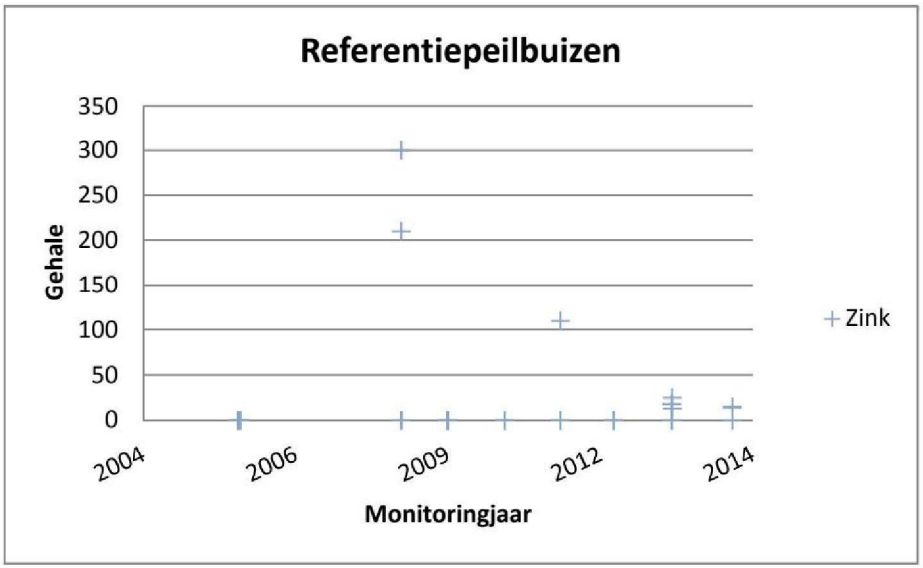

Benedenstroomse peilbuizen
Gehale
1
0,8
0,6
0,4
0,2
0
2001
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Kwik

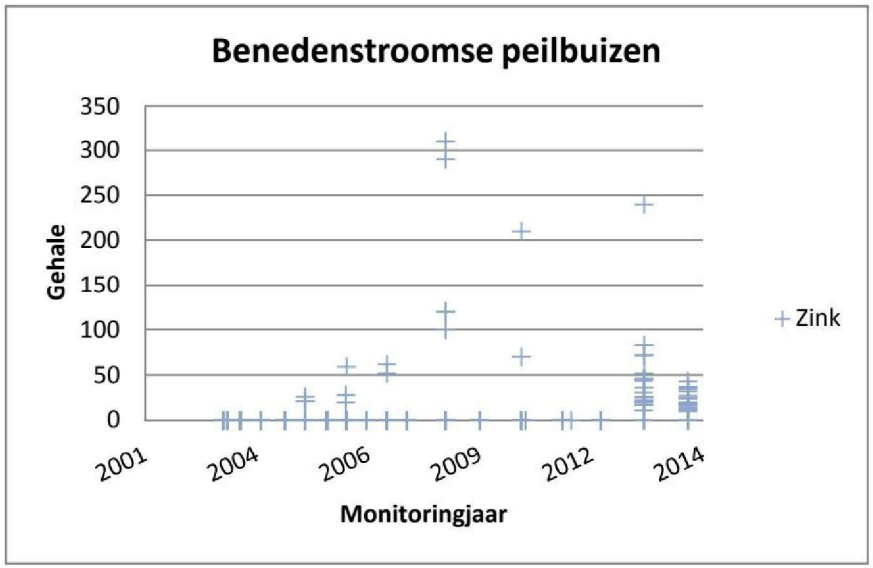

Referentiepeilbuizen
Gehale
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Lood

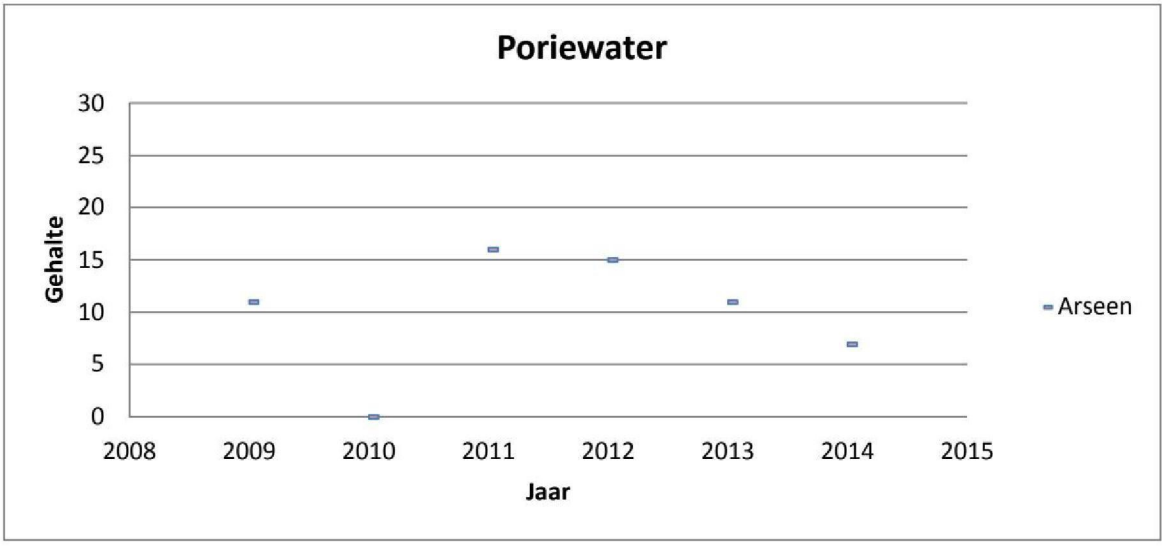

Benedenstroomse peilbuizen
Gehale
4
3,5
3
2,5
2
1,5
1
0,5
0
2001
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Lood

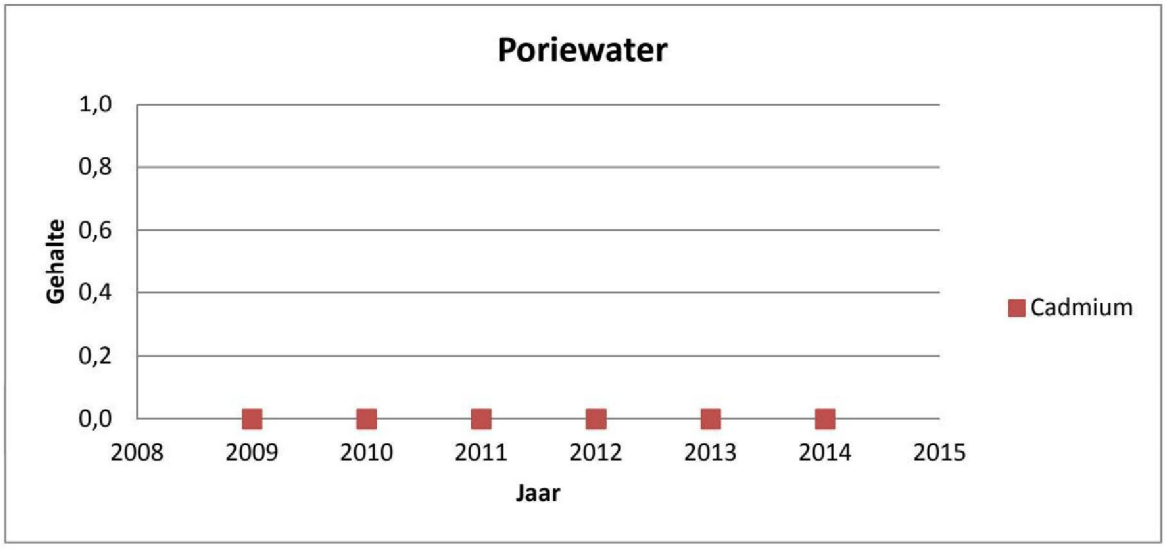

Referentiepeilbuizen
Gehale
10
8
6
4
2
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Nikkel

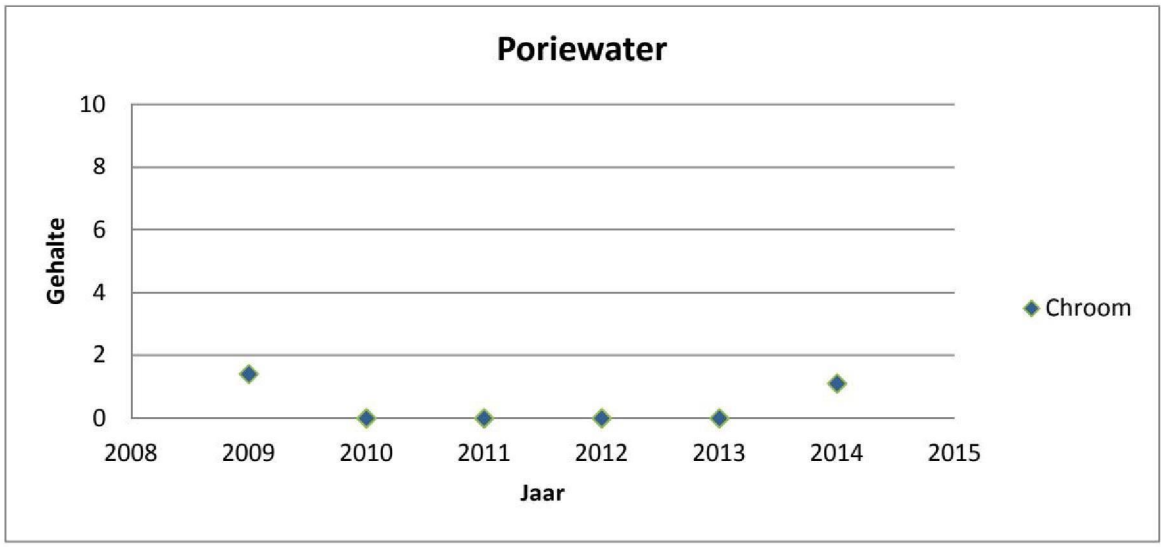

Benedenstroomse peilbuizen
Gehale
10
8
6
4
2
0
2001
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Nikkel

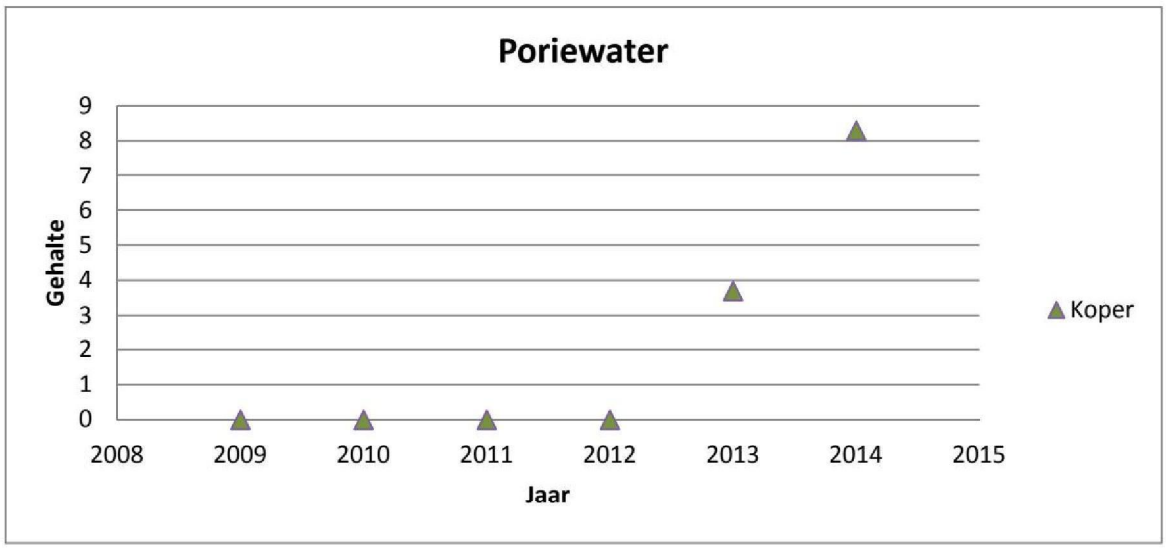

Referentiepeilbuizen
Gehale
350
300
250
200
150
100
50
0
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Zink

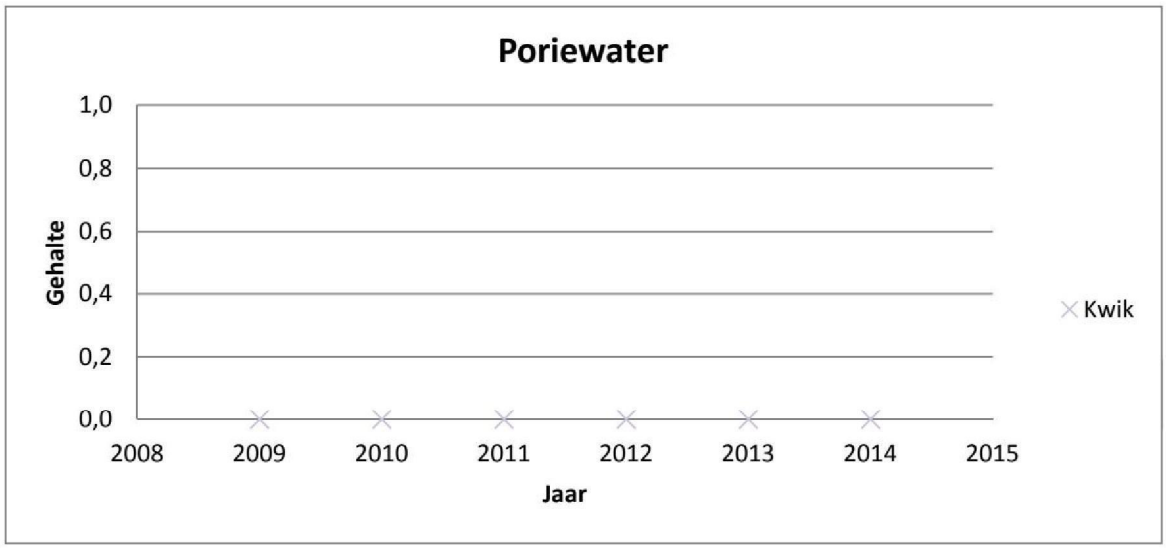

Benedenstroomse peilbuizen
Gehale
350
300
250
200
150
100
50
0
2001
2004
2006
2009
2012
2014
Monitoringjaar
Zink

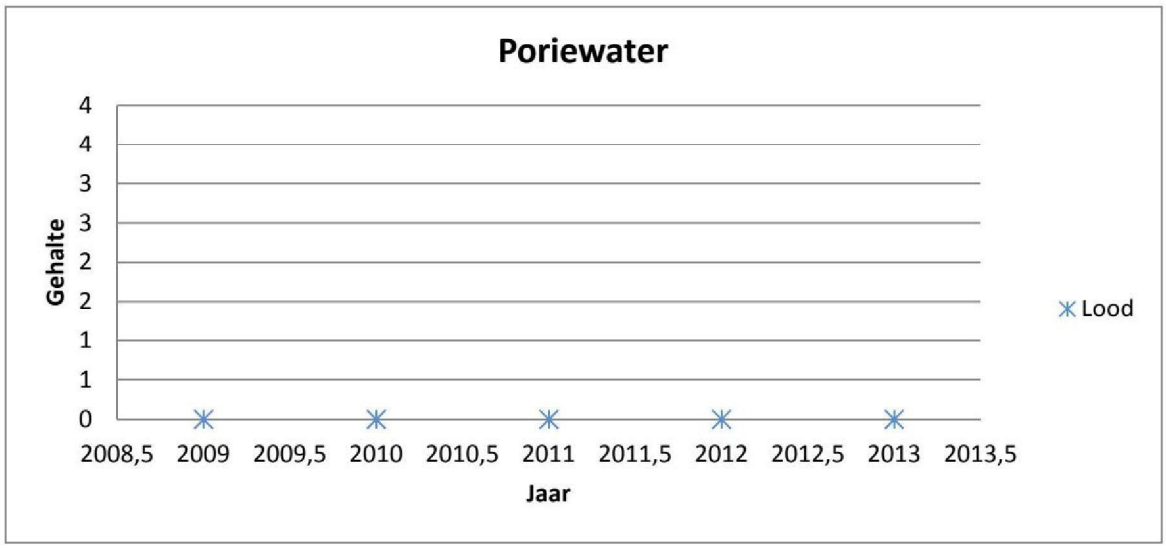

Poriewater
30
25
20
15
10
5
0
Gehalte
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
Jaar
Arseen

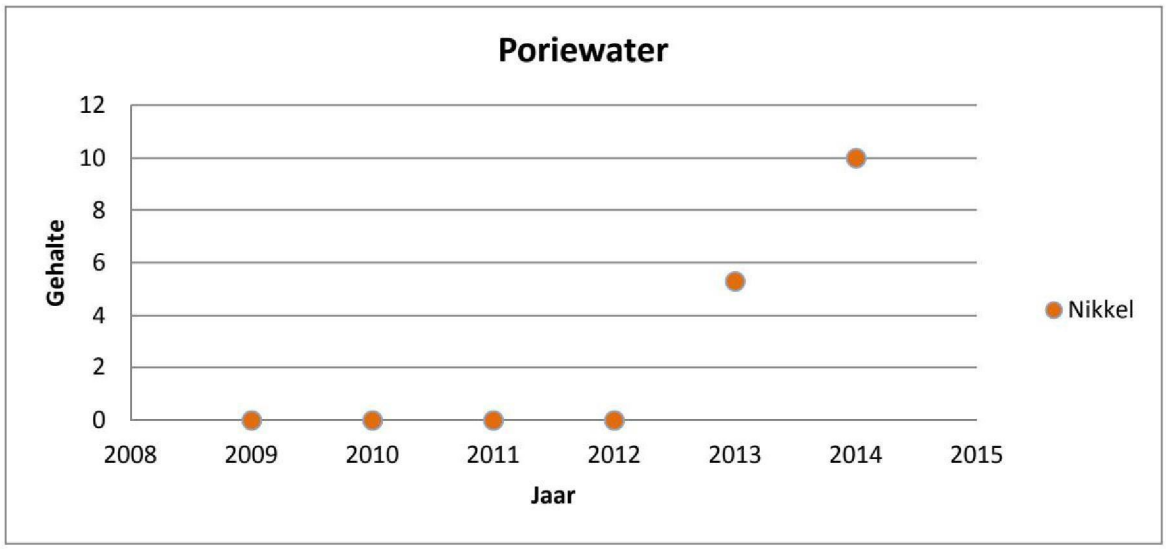

Poriewater
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
Gehalte
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
Jaar
Cadmium

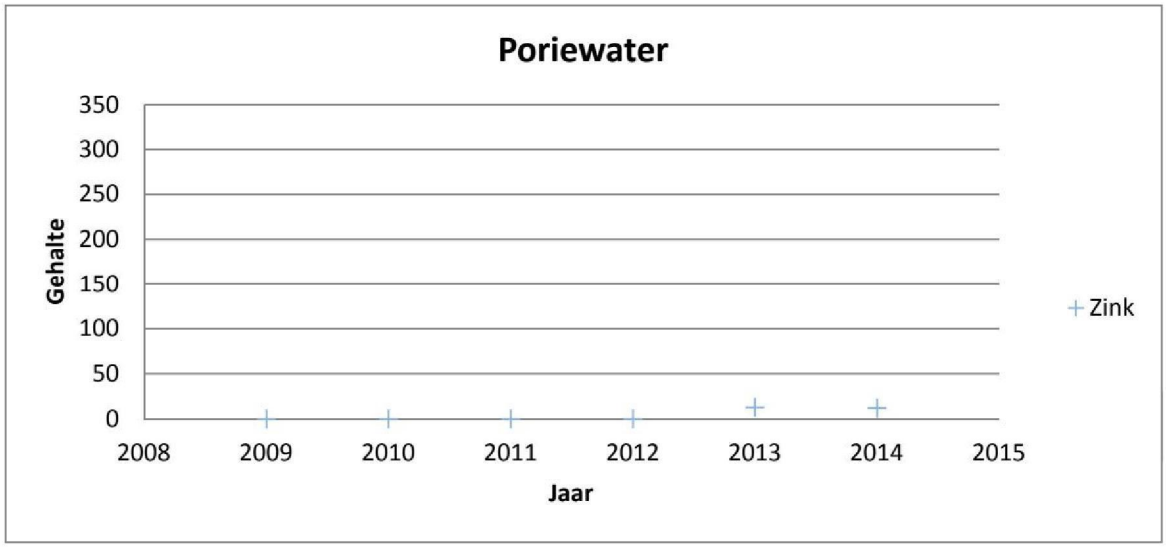

Poriewater
10
8
6
4
2
0
Gehalte
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
Jaar
Chroom


Poriewater
Gehalte
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
Jaar
Koper


Poriewater
Gehalte
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
Jaar
Kwik

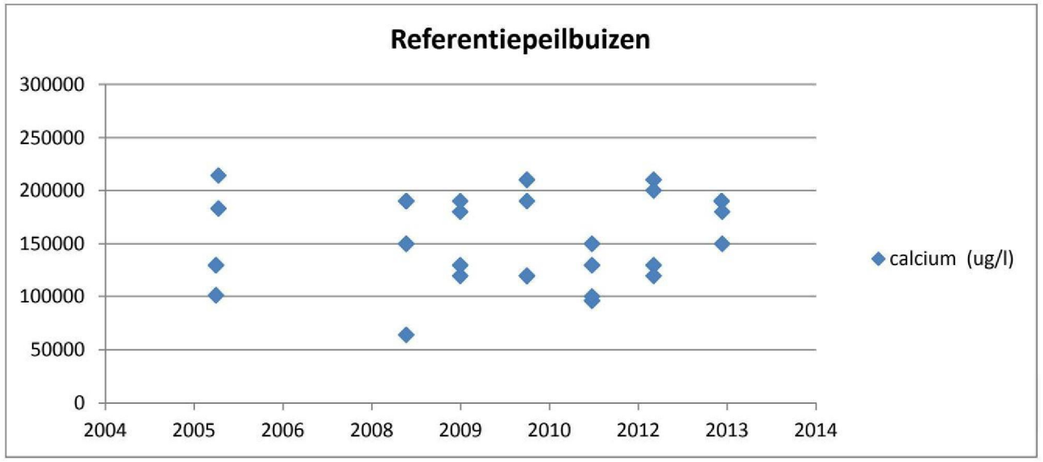

Poriewater
Gehalte
4
4
3
3
2
2
1
1
0
2008,5
2009
2009,5
2010
2010,5
2011
2011,5
2012
2012,5
2013
2013,5
Jaar
Lood

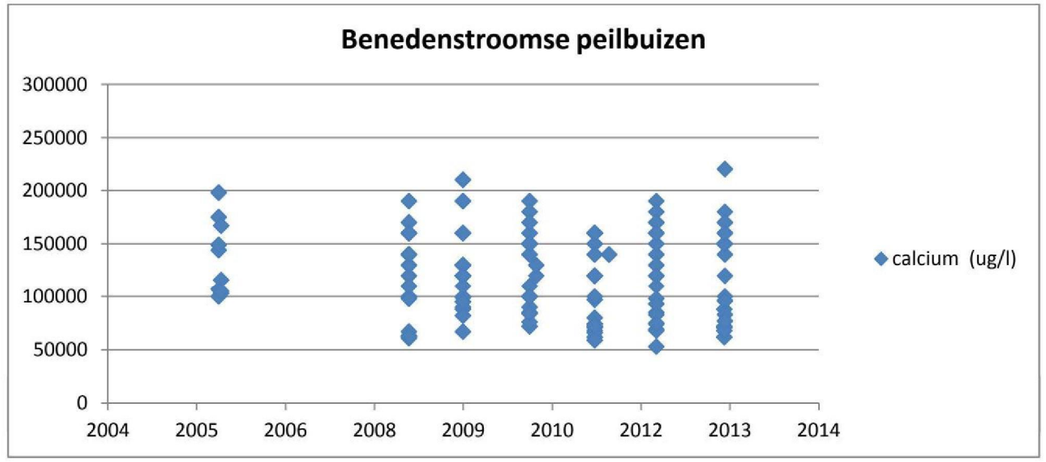

Poriewater
12
10
8
6
4
2
0
Gehalte
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
Jaar
Nikkel

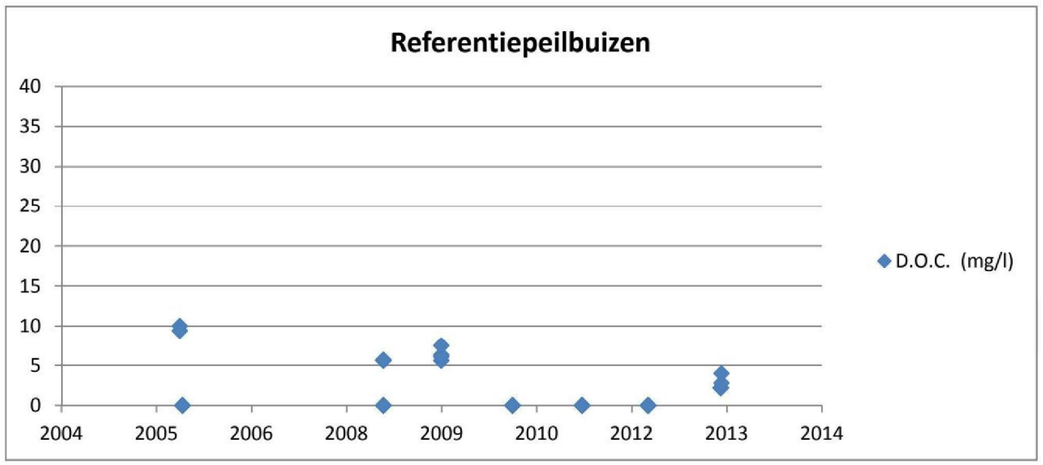

Poriewater
350
300
250
200
150
100
50
0
Gehalte
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
Jaar
Zink

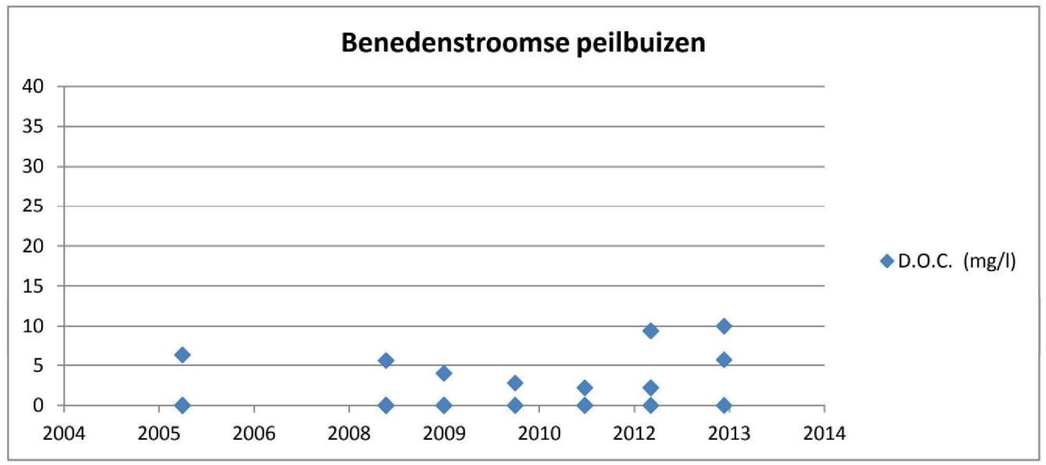
Bijlage 5

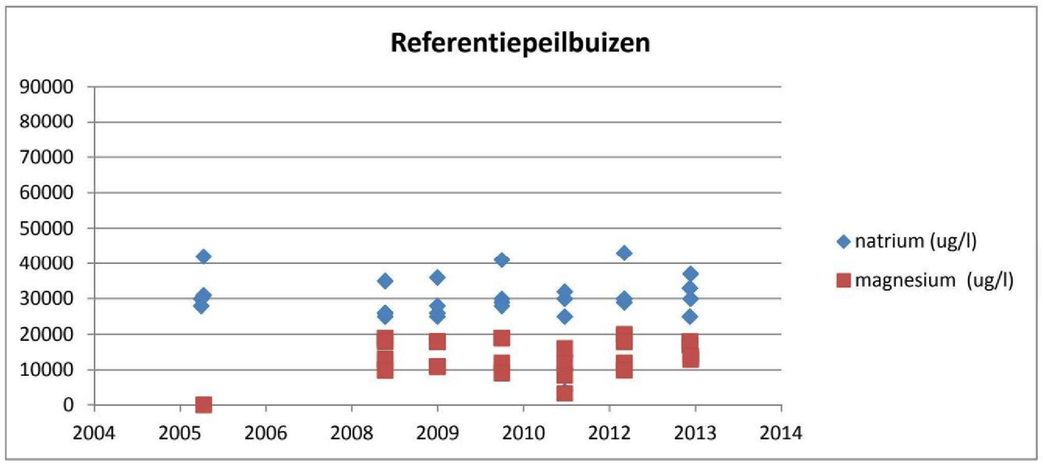
Grafieken macroparameters

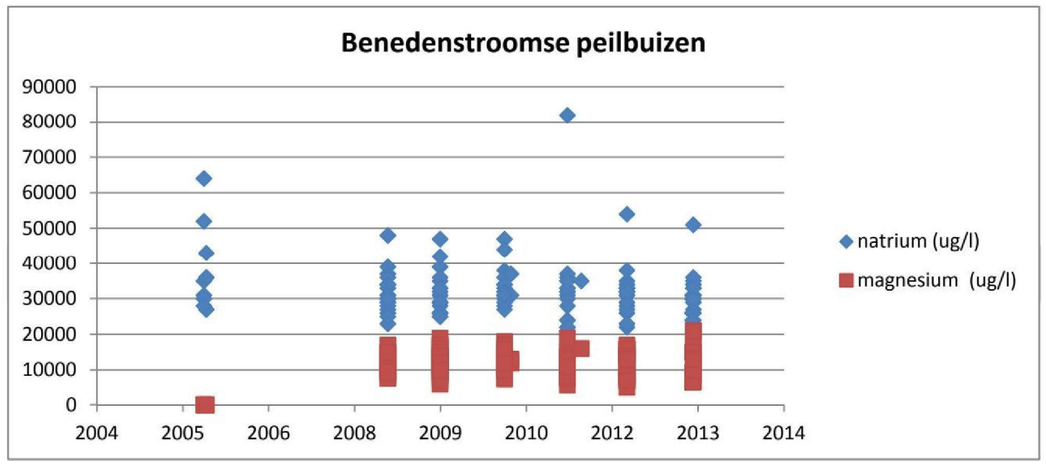

Referentiepeilbuizen
300000
250000
200000
150000
100000
50000
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
calcium (ug/l)

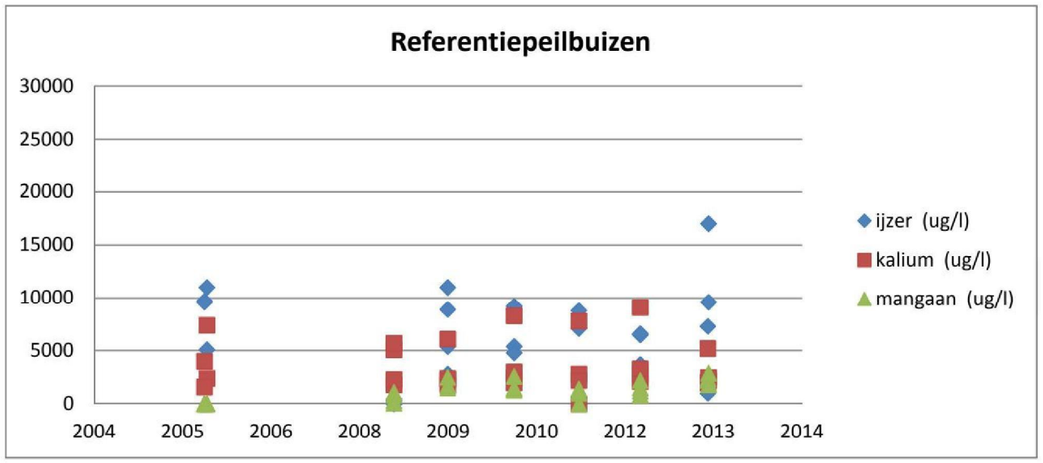

Benedenstroomse peilbuizen
300000
250000
200000
150000
100000
50000
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
calcium (ug/l)

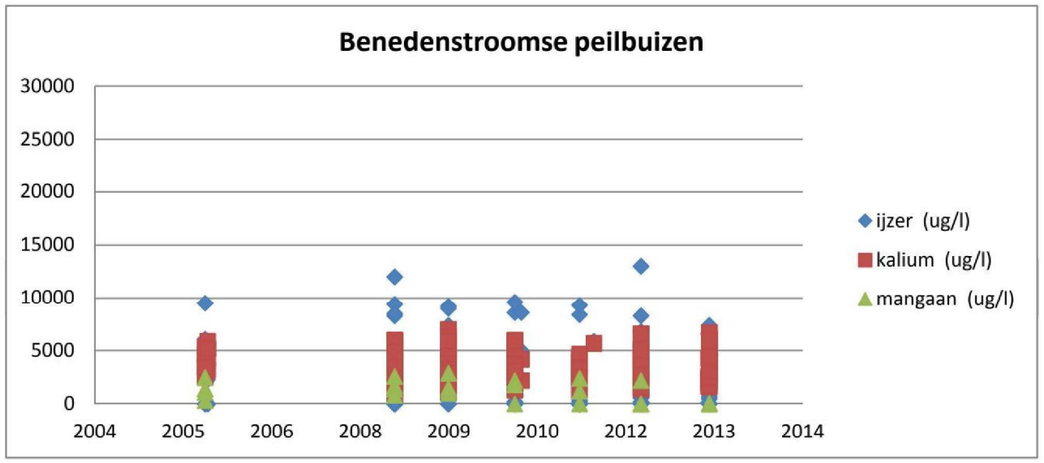

Referentiepeilbuizen
40
35
30
25
20
15
10
5
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
D.O.C. (mg/l)

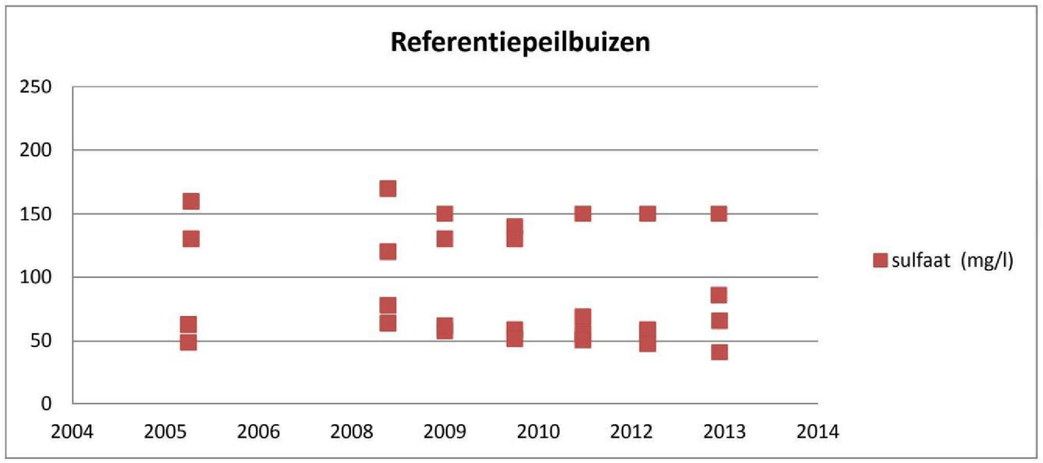

Benedenstroomse peilbuizen
40
35
30
25
20
15
10
5
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
D.O.C. (mg/l)

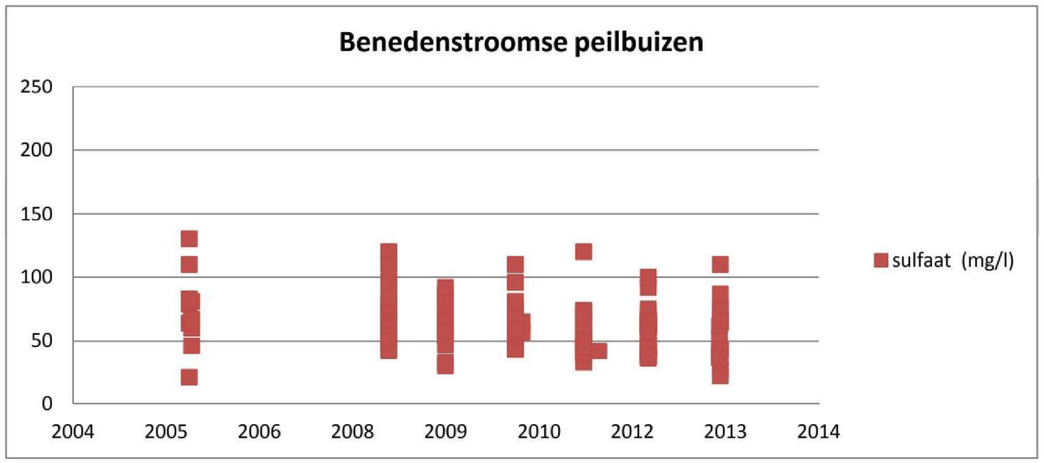

Referentiepeilbuizen
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
natrium (ug/l)
magnesium (ug/l)

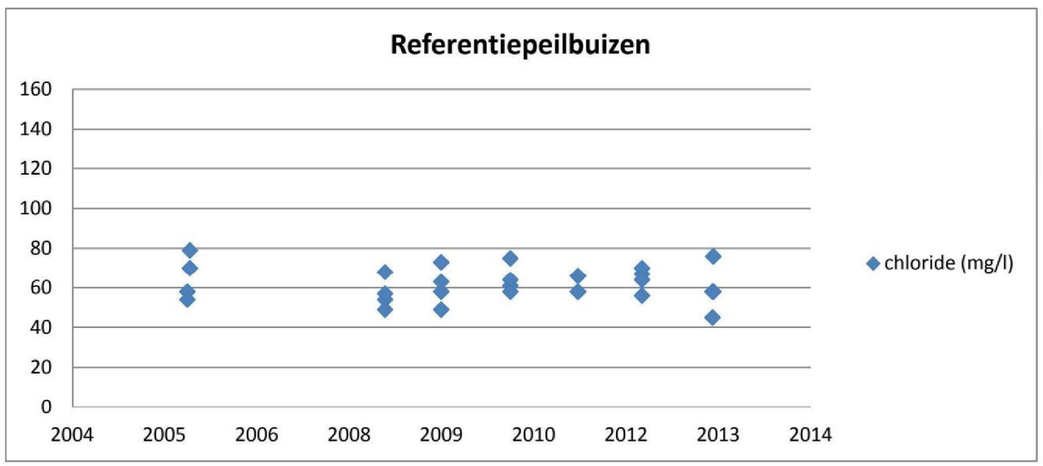

Benedenstroomse peilbuizen
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
natrium (ug/l)
magnesium (ug/l)

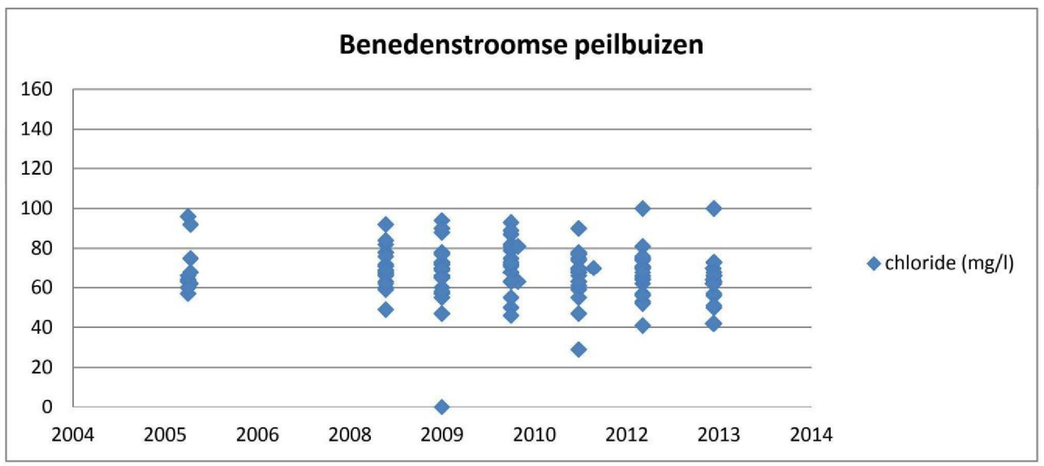

Referentiepeilbuizen
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
ijzer (ug/l)
kalium (ug/l)
mangaan (ug/l)

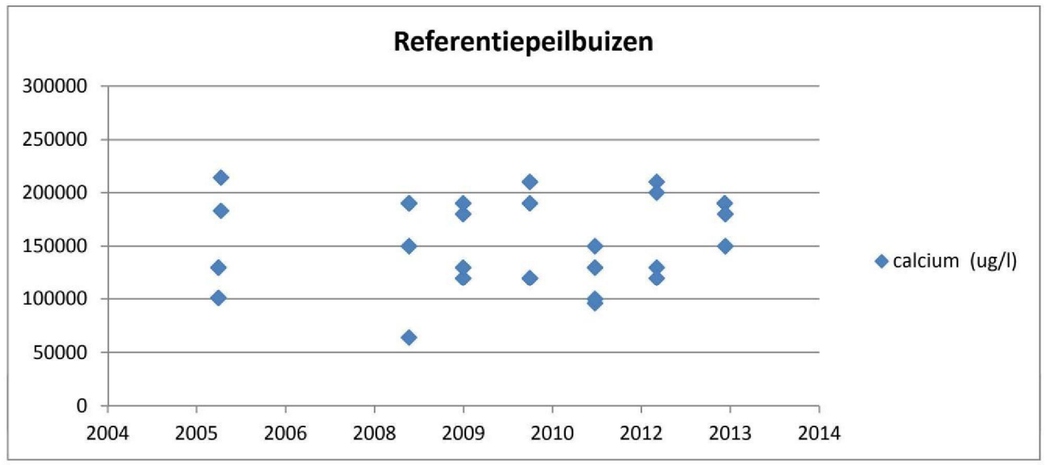

Benedenstroomse peilbuizen
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
ijzer (ug/l)
kalium (ug/l)
mangaan (ug/l)

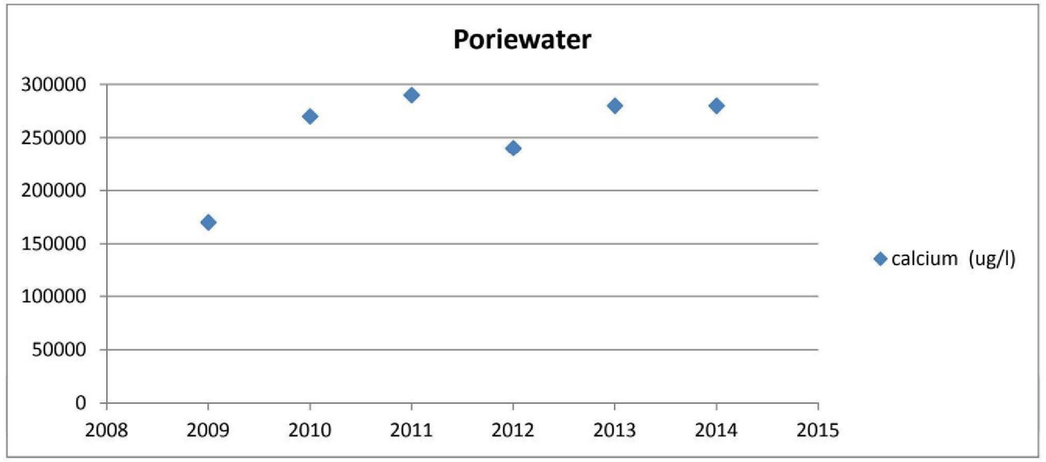

Referentiepeilbuizen
250
200
150
100
50
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
sulfaat (mg/l)

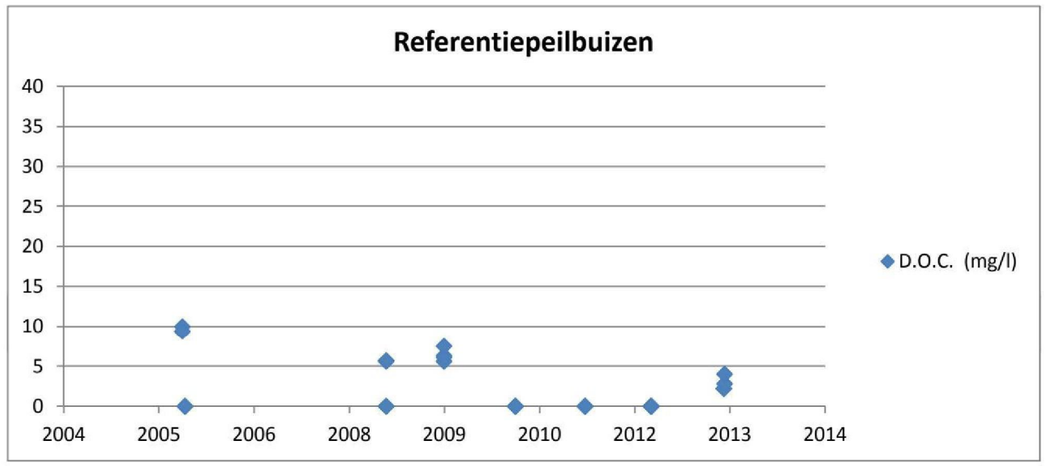

Benedenstroomse peilbuizen
250
200
150
100
50
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
sulfaat (mg/l)

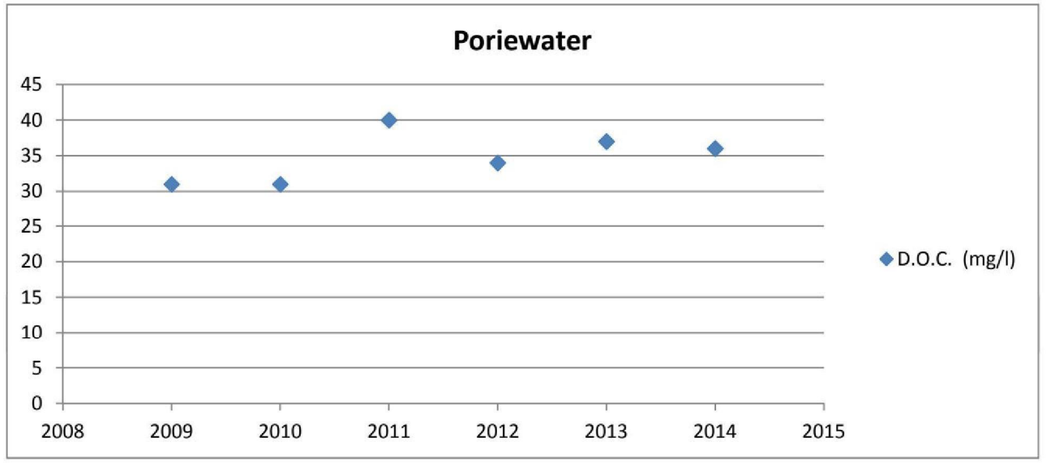

Referentiepeilbuizen
160
140
120
100
80
60
40
20
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
chloride (mg/l)

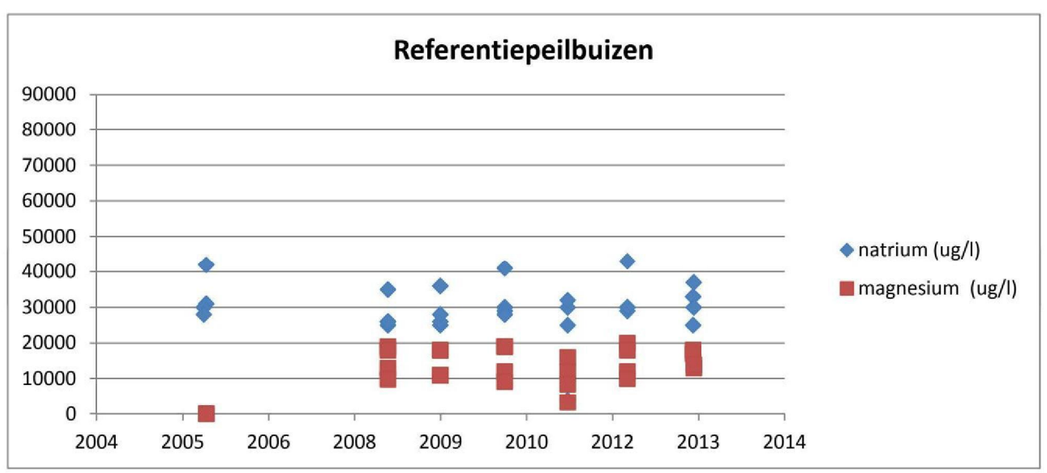

Benedenstroomse peilbuizen
160
140
120
100
80
60
40
20
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
chloride (mg/l)

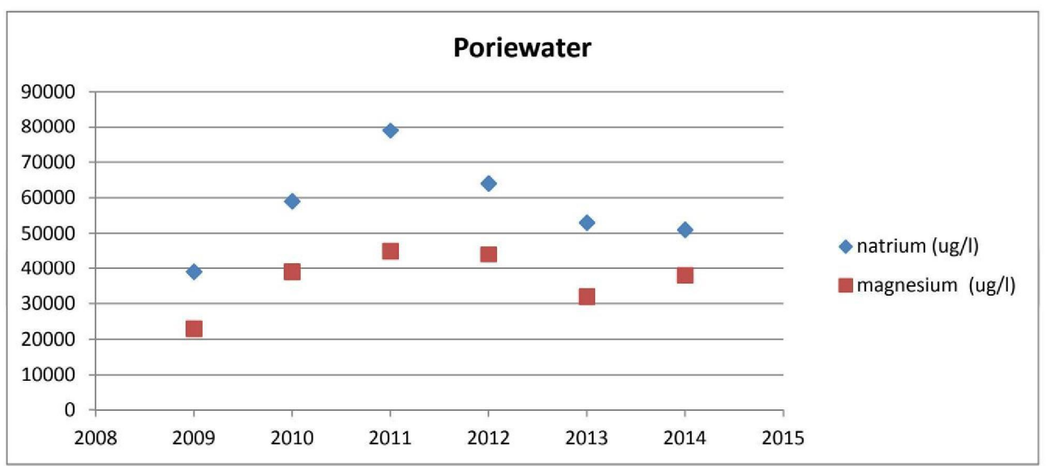

Referentiepeilbuizen
300000
250000
200000
150000
100000
50000
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
calcium (ug/l)

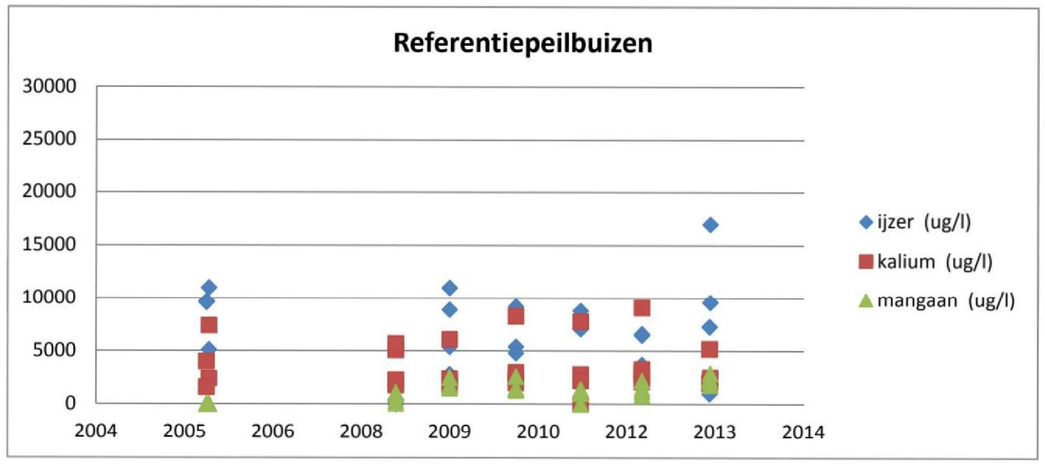

Poriewater
300000
250000
200000
150000
100000
50000
0
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
calcium (ug/l)

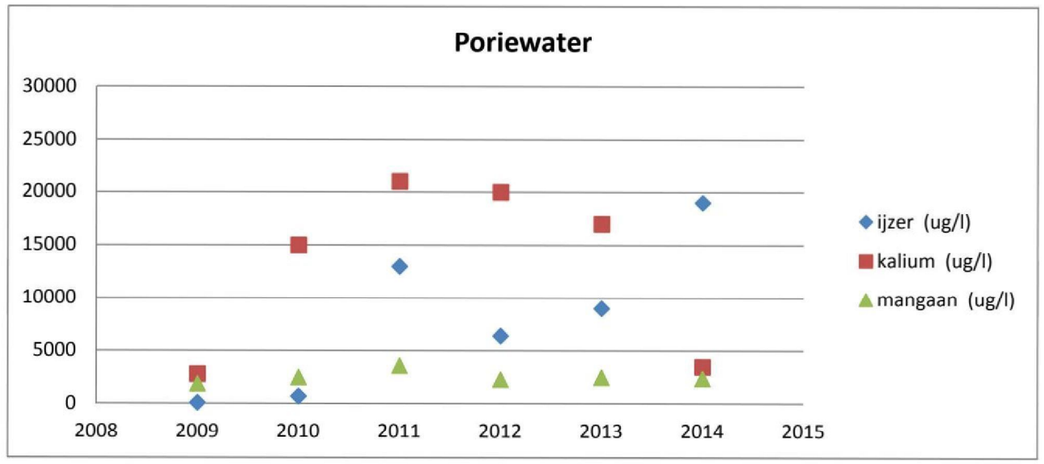

Referentiepeilbuizen
40
35
30
25
20
15
10
5
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
D.O.C. (mg/l)

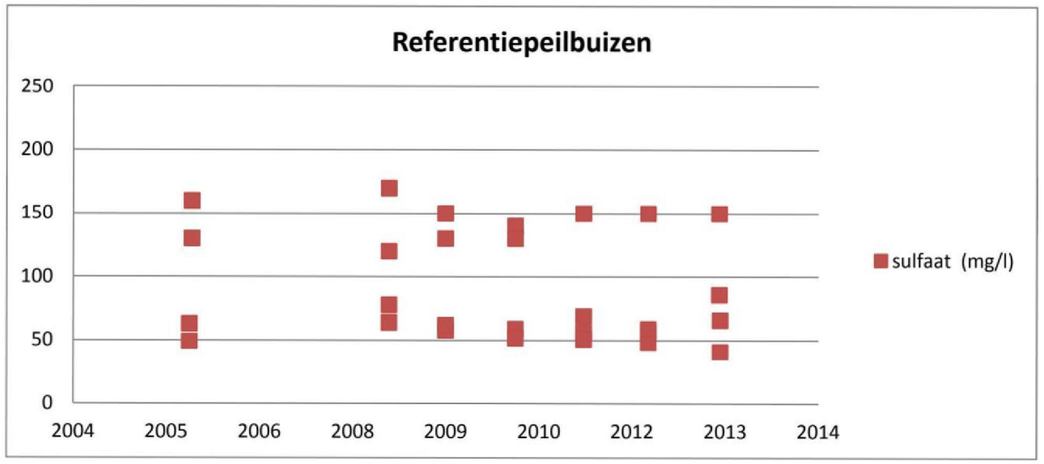

Poriewater
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
D.O.C. (mg/l)

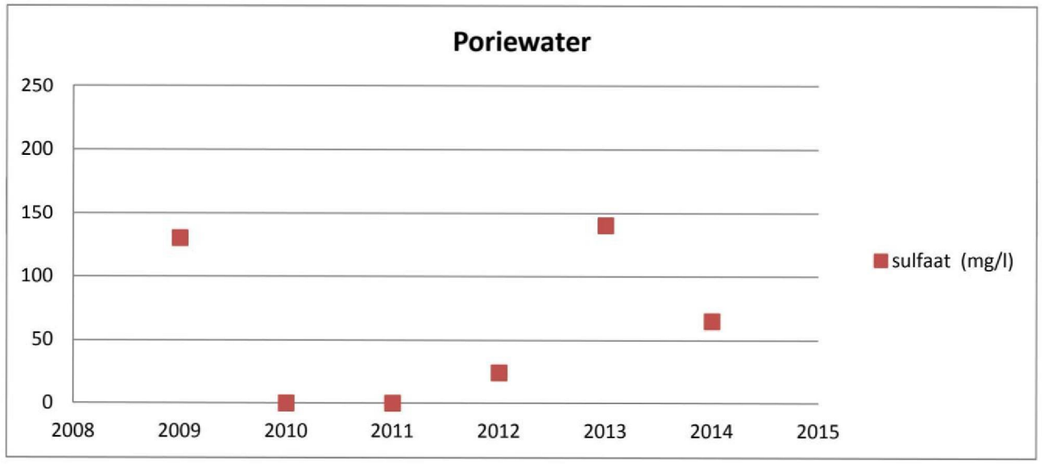

Referentiepeilbuizen
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
natrium (ug/l)
magnesium (ug/l)

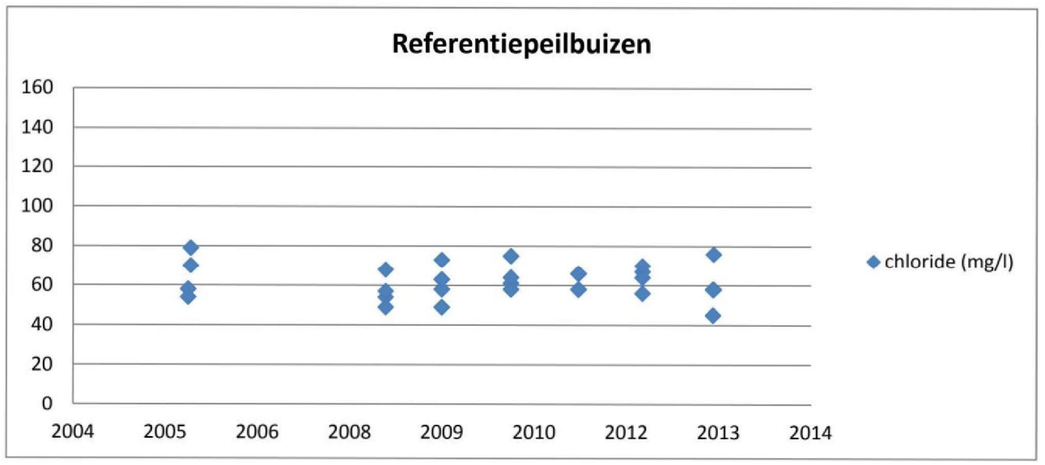

Poriewater
90000
80000
70000
60000
50000
40000
30000
20000
10000
0
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
natrium (ug/l)
magnesium (ug/l)

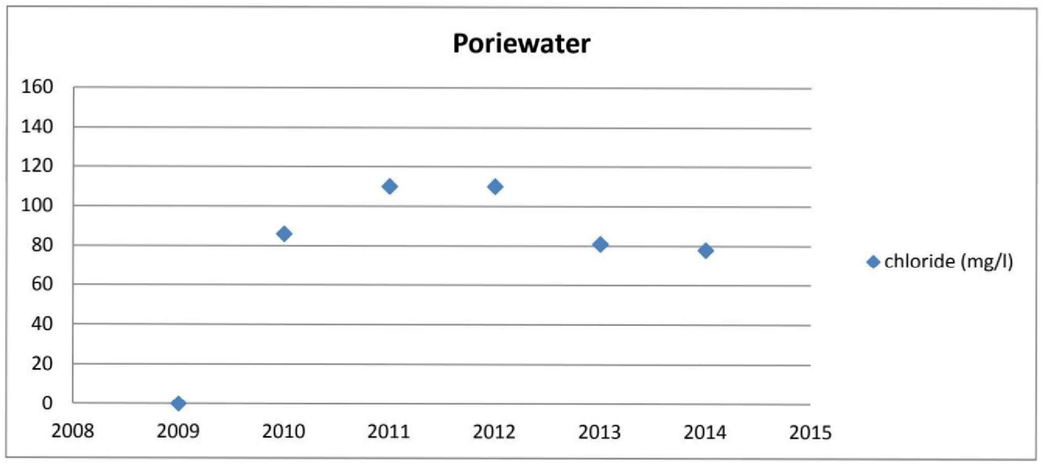

Referentiepeilbuizen
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
ijzer (ug/l)
kalium (ug/l)
mangaan (ug/l)


Poriewater
30000
25000
20000
15000
10000
5000
0
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
ijzer (ug/l)
kalium (ug/l)
mangaan (ug/l)


Referentiepeilbuizen
250
200
150
100
50
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
sulfaat (mg/l)


Poriewater
250
200
150
100
50
0
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
sulfaat (mg/l)


Referentiepeilbuizen
160
140
120
100
80
60
40
20
0
2004
2005
2006
2008
2009
2010
2012
2013
2014
chloride (mg/l)


Poriewater
160
140
120
100
80
60
40
20
0
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
chloride (mg/l)