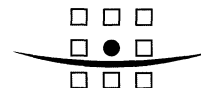




# Infiltratieproef met zware metalen verontreinigd grondwater

aan de Castersedijk te Hapert (gemeente Bladel)



**ROYAL HASKONING**

**HASKONING NEDERLAND B.V.  
MILIEU**

Boschveldweg 21  
Postbus 525  
5201 AM 's-Hertogenbosch  
+31 (0)73 687 41 11 Telefoon  
+31 (0)73 61 47 835 Fax  
info@den-bosch.royalhaskoning.com E-mail  
www.royalhaskoning.com Internet  
Arnhem 09122561 KvK

Documenttitel Infiltratieproef met zware metalen  
verontreinigd grondwater  
Aan de Castersedijk te Hapert (Gemeente  
Bladel)  
Verkorte documenttitel Infiltratieproef Hapert  
Status Definitief rapport  
Datum 12 juli 2007  
Projectnummer 9S0316  
Opdrachtgever Interregproject BeNeKempen  
Referentie 9S0316/R00004/415040/DenB

Auteur(s) drs. F.J. Olie & ir. J. Taat  
Collegiale toets ing. H.J. Verheul  
Datum/paraaf ..12.7.2007..  
Vrijgegeven door drs. F.J. Olie  
Datum/paraaf ..12/7/07..

## INHOUDSOPGAVE

	Blz.	
1	INLEIDING	1
	1.1 Aanleiding	1
	1.2 Doelstelling	2
2	VOORONDERZOEK	3
	2.1 Bodemopbouw en geohydrologie	3
	2.2 Vooronderzoek bodemkwaliteit	4
	2.3 Bemaling persleiding	4
3	ONTWERP INFILTRATIEVOORZIENING	EN
	MONITORINGSPROGRAMMA	5
	3.1 Ontwerp infiltratievoorziening	5
	3.2 Monitoringsysteem	7
4	UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN	8
	4.1 Opname grondwaterstanden Castersedijk	8
	4.2 Nulsituatie grondonderzoek	9
	4.3 Grondwaterkwantiteit	9
	4.4 Grondwaterkwaliteit	9
	4.5 Kwaliteit bemalingswater	9
	4.6 Eindsituatie grondonderzoek	10
5	RESULTATEN INFILTRATIEPROEF	10
	5.1 Veldmetingen	10
	5.1.1 Doorlatendheidsbepalingen	10
	5.1.2 Infiltratiecapaciteit	11
	5.1.3 Stijghoogten	12
	5.2 Waterbalans	13
	5.3 Variabelen waterbalans	14
	5.4 Geochemie	17
	5.4.1 Nul-onderzoek uitgevoerd op 20 september 2006	17
	5.4.2 Kwaliteit van het infiltrerende water	18
	5.4.3 Verspreiding van infiltrerend water in de bodem	19
	5.4.4 Massabalans slibbassin 1	21
	5.4.5 Massabalans infiltratiebassin 2 (zie ook figuur 22)	25
6	BEVINDINGEN INFILTRATIEPROEF	28
7	CONCLUSIES	29
8	AANBEVELINGEN	31
	REFERENTIES	32

## Figuren

1. Overzicht boorlocaties vooronderzoek (A3-Geofox incl. locaties A en B)
2. Bovenaanzicht infiltratievoorziening
3. Doorsnede A-A' infiltratievoorziening
4. Doorsnede B-B' infiltratievoorziening
5. Locaties meetpunten waterpassing
6. Profielen infiltratievoorziening
7. Afmetingen infiltratievoorziening
8. Meetopstelling infiltratievoorziening
9. Bemonsteringslocaties bovenaanzicht
10. Bemonsteringslocaties lengteprofiel
11. Verloop divers Grote Beerze en B100
12. Verloop stijghoogten peilbuizen
13. Zeefkrommen
14. Infiltratietesten
15. Neerslag en verdamping
16. Waterpeilen wp1 en wp2
17. Debieten watermeters
18. Daggemiddelden waterbalans slibbassin
19. Daggemiddelden waterbalans infiltratiebassin
20. Berekende concentraties zink in influent en gemeten concentraties in slibbassin
21. Cumulatieve massabalans zink over slibbassin
22. Massabalans zink

## Bijlagen

1. Meetwaarden waterpassing
2. Grondwaterstanden
3. Boringen
4. Analyseresultaten grond
5. Analyseresultaten grondwater

## 1 INLEIDING

### 1.1 Aanleiding

Als onderbouwing van een gebiedsgericht beleid ten aanzien van lozingen van verontreinigd bemalingswater binnen de Kempen is bij projectbureau Aktief Bodembeheer de Kempen (ABdK) de behoefte ontstaan om in de praktijk te toetsen in hoeverre daadwerkelijk hiervoor zuivering noodzakelijk is dan wel dat directe lozing op het oppervlaktewater plaats kan vinden. Indien in de bodem vastlegging van in het bemalingswater aanwezige zware metalen plaatsvindt, is de noodzaak van zuivering minder urgent geworden. Door een pilot study uit te voeren met infiltratie van verontreinigd grondwater, is deze vraagstelling mogelijk te beantwoorden aan de hand van opgedane praktijkervaringen. In dit verband is door ABdK samenwerking gezocht met het waterschap de Dommel en de provincie Noord-Brabant, uitvoering heeft plaats gevonden binnen het internationale project BeNeKempen.

Een geschikte locatie voor de praktijkproef werd gevonden langs het traject Netersel-Hapert waar spots zware metalen verontreinigd grondwater zijn aangetroffen (Geofox-Lexmond, 2006a en 2006b). Deze verontreinigingen zijn te relateren aan de toegepaste zinkassenverharding onder de weg, zoals kenmerkend is voor de Kempen. Door gebruik te maken van vrijkomend bemalingswater afkomstig van een geplande persleiding langs dit traject zou een en ander gecombineerd kunnen worden. De topografische situering van de praktijkproef is weergegeven in afbeelding 1.



**Afbeelding 1: Topografische situering onderzoekslocatie.**

Op verzoek van ABdK heeft Royal Haskoning een ontwerp gemaakt van een infiltratievoorziening met bijbehorend monitoringsprogramma (Royal Haskoning, 2006). Onderhavige rapportage bevat de resultaten van uitvoering van deze praktijktest en van het monitoringsprogramma. De monitoring is uitgevoerd op basis van het voorstel van Royal Haskoning met kenmerk 9S0316/L00001/FJO/DenB, 19 juni 2006. Aanleg van de persleiding, bemaling en inrichting van de infiltratievoorziening werden uitgevoerd door Westvoort BV uit Helmond.

Na een korte gebiedsomschrijving in hoofdstuk 2 wordt het ontwerp van de infiltratievoorziening omschreven in combinatie met de waterbalans (hoofdstuk 3). In hoofdstuk 4 komen de uitgevoerde veldwerkzaamheden in het kader van het monitoringsprogramma aan de orde. Hoofdstuk 5 bevat de resultaten met specificaties van de variabelen van de waterbalans en de geochemische processen. Ten slotte komen de conclusies van de praktijkproef in hoofdstuk 6 ter sprake.

## 1.2 Doelstelling

Met de uitvoering van deze pilot study zijn meerdere doelstellingen te benoemen:

- Het toetsen in hoeverre vastlegging door de bodem plaatsvindt door infiltratie van in bemalingswater aanwezige zware metalen.
- Indien er sprake is van sorptie, het toetsen in hoeverre er hierbij verschillende effecten optreden tussen een humeuze toplaag en een zandige ondergrond;
- Het opstellen van een waterbalans en massabalans aan de hand waarvan het infiltratiedebiet kan worden afgeleid;

- Het monitoren van diverse variabelen van de waterbalans om meer inzicht in het infiltratieproces te krijgen.

## 2 VOORONDERZOEK

### 2.1 Bodemopbouw en geohydrologie

Na een vooronderzoek van 2 potentiële locaties (A) en (B) langs het geplande tracé van de persleiding is locatie B geselecteerd als meest gunstige locatie voor de infiltratieproef (afbeelding 1 en figuur 1). Locatie B betreft een perceel van ca. 5.100 m<sup>2</sup> ten westen van de Castersedijk en ongeveer 700 m ten noorden van de RWZI (kadastraal nummer 841). Op ongeveer 150 m in westelijke richting van het perceel stroomt de Grote Beerze.

Het maaiveld loopt in westelijke richting af van NAP +25.5 m nabij de Castersedijk naar NAP 24.8 m nabij de westelijke perceelsgrens. De ondergrond bestaat uit een matig fijn leemhoudend zandpakket van enkele meters dik (vml. Nuenen-groep) waaronder grindhoudende grove zanden voorkomen (Formatie van Veghel/Sterksel). Uit het vooronderzoek bleek niet de aanwezigheid van ingesloten leemlagen in de vml. Nuenen-groep (Inpijn-Blokpoel (2005), Geofox-Lexmond (2006b)).

Het ondiepe fijnzandige pakket is matig doorlatend met een geschatte doorlatendheid van ca. 10 m/d (Inpijn-Blokpoel, 2005). De onderliggende grove zanden hebben een pakketdikte van ca. 12 m en vormen het eerste watervoerende pakket met een geschatte minimale doorlatendheid van ca. 25-50 m/d ( $kD=300-600 \text{ m}^2/\text{d}$ ). Meetgegevens van de grondwaterspiegel ter plaatse van locatie B waren tijdens het vooronderzoek van 2005 niet beschikbaar (Inpijn-Blokpoel, 2005). Tijdens het boren van peilbuis B100 op locatie B werd in februari 2006 de grondwaterspiegel op ca. 0.6 m-mv aangetroffen (Geofox-Lexmond, 2006b). Op basis van de bodemkaart (Stiboka, 1985) is het perceel gekenmerkt door een ondiepe Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG), globaal tussen 0.4-0.8 m-mv. In de omgeving van Hapert vertonen peilputten met langjarige meetreeksen maximale fluctuaties tot 1 m (Inpijn-Blokpoel, 2005). Op grond hiervan werd bij het ontwerp van de infiltratievoorziening rekening gehouden met een ondiepe grondwaterstand en een sterk fluctuerende grondwaterspiegel.

## 2.2 Vooronderzoek bodemkwaliteit

In december 2005 is door Geofox-Lexmond (2006a) in het verlengde van en ten noorden van de Casterensedijk een grondwateronderzoek uitgevoerd aan beide zijden van de weg Gagelvelden (lokatie A, figuur 1). Het ondiepe grondwater (tot 3 m-mv) bleek plaatselijk sterk verontreinigd te zijn met cadmium, nikkel en zink. De sterke verhoogde concentraties aan cadmium en zink zijn vermoedelijk te relateren aan de aanwezige zinkassenverharding. Sterk verhoogde nikkelconcentraties zijn niet kenmerkend voor zinkassen. Dergelijke waarden komen vaker in de regio voor en worden verklaard als regionaal verhoogde achtergrondwaarden. In januari 2006 is door Geofox-Lexmond (2006b) op het geplande perceel voor de infiltratieproef aan de Casterensedijk een verkennend bodemonderzoek uitgevoerd. Hierbij zijn zintuiglijk geen afwijkingen aan de bodem waargenomen. Een van de grondmonsters van de bovengrond is licht verhoogd met koper. Verder zijn geen verhoogde concentraties zware metalen aangetoond in de bovengrond. Het ondiepe grondwater in peilbuis B100 (figuur 1) blijkt licht verontreinigd te zijn met cadmium (1.2  $\mu\text{g/l}$ ) en matig verontreinigd met nikkel (64  $\mu\text{g/l}$ ) en zink (510  $\mu\text{g/l}$ ). Van overige zware metalen werden concentraties beneden de streefwaarde/detectiegrens aangetoond. Elders langs de Casterensedijk zijn op diverse plaatsen in het ondiepe grondwater sterke verontreinigingen met zink (tot 6.500  $\mu\text{g/l}$ ), cadmium (tot 12  $\mu\text{g/l}$ ) en nikkel (tot 140  $\mu\text{g/l}$ ) aangetoond. IJzer is niet in verhoogde concentraties aangetoond (<50  $\text{mg/l}$ ).

## 2.3 Bemaling persleiding

In het opgestelde bemalingsadvies van de persleiding (Inpijn-Blokpoel, 2005) is rekening gehouden met een sterke variatie van het vereiste bemalingsdebiet langs het tracé van de persleiding (vanuit de RWZI langs de Casterensedijk richting de Gagelvelden, zie afbeelding 1). Hierin is nog uitgegaan van een bemaling over de totale tracélengte van ca. 4 km. Onttrekkingsdebieten van ca. 5-125  $\text{m}^3/\text{uur}$  over 75 m ontgravingslengte zijn berekend. Locatieverschillen, een veranderend grondwaterstandsniveau en de daarmee wisselende verlagingeisen om de persleiding in den droge aan te leggen geven aanleiding tot grote verschillen in (berekende) onttrekkingsdebieten. Uitgaande van een maximaal bemalingsdebiet van ca. 125  $\text{m}^3/\text{uur}$  kan hiervan ongeveer 60  $\text{m}^3/\text{uur}$  gebruikt worden voor de infiltratieproef, de overige 65  $\text{m}^3/\text{uur}$  wordt geloosd op de RWZI.



In de uitvoering blijkt dat slechts ca. 2 km sleuf moet worden bemalen (Westvoort, 2006). Langs het overgrote deel is horizontale drainbemaling toegepast. De onttrekkingsdrains (80 mm) zijn om de ca. 60 m onderbroken en verlengd met blinde uitloopstukken tot boven maaiveld.

Waar horizontale drains niet ingebracht kunnen worden wordt langs 1 zijde van de sleuf verticale filterbemaling toegepast. Filters (2") zijn op onderlinge afstand van ca. 2 a 3 m aangebracht met perforaties op een diepte van ca. 3/4 tot 4/5 m-mv. De filters zijn aangesloten op een 4" verzamelleiding die om de ca. 60 m onderbroken is en voorzien is van een 4" aanzuigslang.

Zowel de blinde uitloopstukken van de drains als de aanzuigslangen van de filterbemaling worden aangesloten op bemalingspompen met capaciteit van ca. 50 m<sup>3</sup>/uur.

Met een gemiddelde aanlegssnelheid van ca. 200 m/d wordt per dag ca. 400 m sleuflengte bemalen. Hiervoor zijn gemiddeld steeds 5-7 pompen in werking, die met het vorderen van het werk verplaatst worden (Westvoort, 2006).

Voor de eerste 1 km is uitgegaan dat het opgepompte water (ca. 20 m<sup>3</sup>/uur) afgevoerd wordt op de infiltratiebuffer. Bemalingswater afkomstig van de tweede km te ontgraven sleuf wordt elders geloosd (Westvoort, 2006).

### **3 ONTWERP INFILTRATIEVOORZIENING EN MONITORINGSPROGRAMMA**

#### **3.1 Ontwerp infiltratievoorziening**

Omdat lozing van toekomstige bronneringen binnen de Kempen doorgaans plaats zal vinden binnen het fijnzandige pakket is de infiltratiecapaciteit van deze zanden maatgevend geweest bij het ontwerp van de infiltratievoorziening.

Eerste indicatieve calculaties gaven reeds de noodzaak van kades rondom de infiltratievoorziening aan. Uitgaande van een maximaal lozingsdebiet van 60 m<sup>3</sup>/uur over een totaal perceelsoppervlak van ca. 5.000 m<sup>2</sup> (Inpijn-Blokpoel, 2006) wordt per oppervlakte-eenheid ca. 12 mm/uur aangevoerd. Op grond van een aangenomen literatuurwaarde voor de infiltratiecapaciteit van 10 mm/uur voor lemige fijne zanden betekent dit dat niet al het water via infiltratie kan worden afgevoerd<sup>1</sup>. Er moet dus via een overstort geloosd kunnen worden. Daarnaast blijkt dat vanwege een ondiepe grondwaterspiegel (verwachte GHG op ca. 0,5 m-mv) weinig water geborgen kan worden. Inrichting van een infiltratievoorziening met opstaande kades rondom is dus noodzakelijk gebleken.

Het principe en ontwerp van de infiltratievoorziening zijn in figuren 2-4 weergegeven. Na oplevering is de inrichting opnieuw ingemeten vanwege praktische wijzigingen ten aanzien van het oorspronkelijke ontwerp. De meetpunten hiervan zijn in figuur 5 weergegeven, de meetwaarden in bijlage 1.

---

<sup>1</sup> De vermelde perceelsoppervlakte van 5.000 m<sup>2</sup> is nooit volledig gebruikt voor de inrichting van de infiltratievoorziening. Inmeting na oplevering gaf een veel kleiner infiltratieoppervlak te zien van totaal ca. 3.000 m<sup>2</sup>. Uitgaande van een maximaal inlaatdebiet van 60 m<sup>3</sup>/uur zou dit per eenheid van oppervlakte een aanvoersnelheid opleveren van 20 mm/uur. Bij een infiltratiecapaciteit van 10 mm/uur voor het zanddek is de noodzaak van opstaande kades en een overstort in het ontwerp hiermee nogmaals bevestigd.

Ingemeten lengteprofiel en dwarsprofielen zijn in figuur 6 te zien. Figuur 7 vertoont een overzicht van de afmetingen van de infiltratiebassins.

In de veronderstelling een verschillend sorptie-effect te vinden bij de infiltratie van met zware metalen verontreinigd bemalingswater door een al dan niet humeuze toplaag, is de infiltratievoorziening ingedeeld in 2 verschillende infiltratiebodems (figuur 2):

- 1 infiltratiebodem (A) ingegraven in het fijne zandpakket, dus zonder humeuze toplaag (figuur 4). De infiltratiebodem is zonder afschot aangelegd op GHG-niveau (ca. 0.5 m-mv), op NAP +24.3/24.4 m. Hier infiltreert het bemalingswater direkt in het fijnzandige pakket.
- 1 infiltratiebodem (B) op maaiveldniveau met humeuze toplaag van 1-3 dm dik bovenop het fijne zandpakket (figuur 4). De humeuze toplaag is gespit omdat de bovengrond anders te verdicht is door mechanische bewerking en infiltratie vrijwel niet haalbaar is.

Beide infiltratiebekkens zijn langgerekt (totale lengte ca. 119 m<sup>1</sup>) en vertonen in de breedte geringe verschillen (ca. 11-13 m<sup>1</sup>), zie ook figuur 7.

De bodem van infiltratiebekken (A) ligt met NAP +24.3/24.4 m een 0.5 m beneden het bodemniveau van (B) (op NAP +24.8 m). Beide infiltratiebekkens zijn in de lengterichting van elkaar gescheiden door middel van barriërs (figuren 2 en 4).

De buitenkades van de infiltratievoorziening zijn onder een helling van 1:1 aangebracht met kruinhoogte op NAP +25.9 m (kruinbreedte 1 m). De taluds (helling 1:1) van de infiltratievoorziening zijn aan de binnenzijde bekleed met worteldoek en kokosmatten om afschuiving tegen te gaan. Begroeiing van de kades heeft ongestoord plaats kunnen vinden.

Het inlaatpunt van het bemalingswater bevond zich ter hoogte van het verdiepte bassin 1A (figuur 2). Het bemalingswater werd geleverd door in eerste instantie 3 drains. In een later stadium van de infiltratieproef is een vierde drain bijgezet die verontreinigd grondwater afkomstig van de Vloed leverde (afbeelding 1 en figuur 1).

Alle drains kwamen uit op een container met bakstenen waarop neerslagen van oxides en hydroxides achterbleven. De container bevond zich in het verdiepte bassin B2.

Vervolgens stroomde het water in een eerste slibbassin dat via een overstort uitkwam in een tweede bassin. In een eerste bassin kon het meeste slib sedimenteren en vindt deels infiltratie plaats. Bij stijgend waterpeil stroomde de infiltratiebodem 1B (figuur 2) over. Ook hier kon infiltratie via de gespitte toplaag plaatsvinden. In het slibbassin van 1A stond stroomafwaarts een 1 m hoge pvc-put opgesteld, als overstortput ter voorkoming van uitspoeling van de taluds. Water stroomde hier vanuit alle richtingen toe alwaar het via een pijp naar een tweede bassin stroomde, hier genoemd infiltratiebassin. Slibbassin en infiltratiebassin zijn van elkaar gescheiden door een kade met kruinbreedte van 2 m en kruinhoogte op NAP +25.9 m (figuur 3). De taluds van deze tussenkade (helling 1:1) waren eveneens bekleed om afschuiving tegen te gaan. Na overstort vanuit het slibbassin naar het infiltratiebassin kon het water alsnog in een slibvrije omgeving infiltreren.

Indien van toepassing kon het overschot aan water via de overstort aan de achterzijde van het tweede bassin 2A uitstromen op de sloot richting Grote Beerze (figuur 2).

Evenals in het slibbassin is als overstort een 1 m hoge PVC-buis gebruikt (figuur 3).

## 3.2 Monitoringsysteem

De doelstelling van het monitoringsprogramma is aan de hand van metingen de diverse variabelen van de waterbalans te kwantificeren en door middel van kwalitatieve analyses de verontreinigingssituatie in de grond en het grondwater te monitoren.

Voor kwantitatieve controle van de waterbalans zijn verschillende middelen gebruikt. Aan inputzijde is dagelijks de neerslag gemeten in een KNMI-regenmeter ter plaatse van de RWZI (afbeelding 1). Ingebrachte watermeters in de drains boven de containerbak registreerden per drain het volume aan ingelaten bemalingswater. Zo ook zijn watermeters ingericht in de overstortleiding die het overschot aan water uit het slibbassin naar het infiltratiebassin registreerden en in de overstortleiding richting sloot aan de achterzijde van het infiltratiebassin. Het waterpeil in beide bassins, en daarmee ook indirect de berging, werd met een meetinterval van 1 uur geregistreerd door middel van divers. Wat de output betreft, voor de verdamping zijn dagtotalen afkomstig van het KNMI-station Eindhoven gebruikt. Overige verliesposten in de waterbalans, zoals infiltratie in de bodem en lekkage via de kaders, zijn indirect afgeleid en gerelateerd aan de hoogte van het waterpeil in de bassins.

Daarnaast zijn de bewegingen van de grondwaterspiegel onder en buiten de infiltratievoorziening 1 maal per uur geregistreerd door middel van ingehangen divers binnen een meetnet aan peilbuizen (figuur 8).

Ten slotte kan verificatie plaatsvinden van afgeleide infiltratiedebieten uit de waterbalans aan de hand van in situ bepaalde waarden van de infiltratiecapaciteit en berekende doorlatendheden op basis van zeeffracties van genomen grondmonsters.

Voor de kwalitatieve controle is de grond en het grondwater bemonsterd voor analyse op de parameters vermeld in tabel 1. De monsternames zijn uitgevoerd voorafgaand aan, tijdens en na afloop van de infiltratieproef.

Tabel 1. Analysepakket grond en grondwater

Grondwaterpakket	Grond/Slibpakket
pH, EC, temp	Lutum
Redoxpotentiaal	Organische stof
IJzer totaal	Calcium
Nitraat	IJzer totaal
DOC	Sulfide
Sulfaat	Metalen (8)
Ammonium-vrij	Zuurgraad
Opgeloste zuurstof	
Metalen (8)	Zeeffracties (SCG)

## 4 UITGEVOERDE WERKZAAMHEDEN

De uitgevoerde werkzaamheden van het monitoringsprogramma betreffen het bepalen van:

1. de kwaliteit en doorlatendheid van de toplaag;
2. de kwaliteit van het freatisch grondwater;
3. de grondwaterstand van het freatisch grondwater t.o.v. NAP;
4. het waterpeil in de slibbassins en de infiltratiebassins;
5. de kwaliteit/kwantiteit van het instromend bemalingswater in het slibbassin;
6. de kwaliteit/kwantiteit van het water vanuit het slibbassin naar het infiltratiebassin;
7. de hoeveelheid neerslag en verdamping;

Totale monitoring is uitgevoerd van 7 juli tot 21 november 2006. Het inlaten van bemalingswater in de infiltratievoorziening is gestart op 26 september 2006 en werd beëindigd op 3 november 2006. In deze periode zijn door uitvoering van bovengenoemde werkzaamheden gegevens verzameld nodig voor het opstellen van de waterbalans, een kwantificering van het infiltratiedebiet en voor het geochemisch inzicht ten aanzien van de effecten van lozen van verontreinigd bemalingswater in een verontreinigde omgeving. In onderstaande paragrafen wordt in chronologische volgorde beschreven welke werkzaamheden zijn uitgevoerd tijdens de voorbereiding en uitvoering van het onderzoek.

### 4.1 Opname grondwaterstanden Castersedijk

Ten behoeve van de bepaling van de actuele grondwaterstanden langs de aan te leggen persleiding zijn in juli 2006 metingen van de grondwaterstanden uitgevoerd. De volgende peilbuizen aan de Castersedijk zijn gepeild:

- B04, B05, B06, B07, B08, B09, B10, B11, B12, B13, B14, B100 en Pb de Beerze;

In de watergang "De Beerze" is een peilbuis geplaatst, deze peilbuis en referentiepeilbuis B100 op het perceel van de infiltratievoorziening zijn voorzien van een diver. Vanaf begin juli 2006 zijn de grondwaterstand en het peil van de Grote Beerze automatisch geregistreerd om reeds in een vroeg stadium inzicht te verkrijgen in deze bewegingen bij afwezigheid van harde meetgegevens. Dit werd nog versterkt door de aanhoudende droge periode en het vermoeden van een dalende grondwaterspiegel. Bij een te lage grondwaterstand (dieper dan 1.5 m-mv) zou het project van de infiltratievoorziening niet doorgaan omdat dan te weinig bemalingswater aangevoerd kon worden. De positieve beslissing voor uitvoering van de proef is later in de zomer van 2006 genomen.

De peilbuizen zijn in augustus 2006 gewaterpast ten opzichte van NAP. In de tabel in bijlage 2 zijn de grondwaterstanden opgenomen en omgerekend naar stijghoogten ten opzichte van NAP.

## 4.2 Nulsituatie grondonderzoek

Op 12 september 2006, alvorens het bemalingswater in de infiltratievoorziening is gelaten, zijn ter plaatse van de infiltratievoorziening twaalf grondboringen verricht tot 1,5 meter beneden de grondwaterstand (boringen 01 t/m 12, figuur 8 en bijlage 3) Deze boringen zijn afgewerkt met een peilbuis. De hierbij vrijkomende grond is geclassificeerd en beoordeeld op eventuele verontreinigingskenmerken. De grond van 8 grondmonsters (boringen 01 t/m 07 en 12) zijn in het Gemeenschappelijk Waterschapslaboratorium (GWL) onderzocht. De resultaten van de chemische analyses op de grondmonsters en de toetsing aan de streef- en interventiewaarden zijn weergegeven in bijlage 4. Tijdens het bodemonderzoek is door middel van een in situ-infiltratieproef (dubbele ring-infiltrometer) op diverse plaatsen (R1 t/m R6, figuur 8) de doorlatendheid van de bodem indicatief bepaald. Door het GWL zijn tevens de zeeffracties van vijf grondmonsters bepaald.

Van alle boringen en peilbuizen alsmede de infiltratievoorziening zijn x- en y-coördinaten ingemeten. De peilbuizen zijn ook gewaterpast ten opzichte van NAP. Een figuur met een overzicht van de infiltratievoorziening en geplaatste boringen en peilbuizen is opgenomen in figuur 8.

## 4.3 Grondwaterkwantiteit

Na plaatsing van alle peilbuizen in- en rondom de infiltratievoorziening in week 37 2006 zijn deze voorzien van een diver. De door de divers geregistreerde gegevens zijn periodiek uitgelezen. Hiermee is inzicht verkregen in de dynamiek van het grondwater tijdens de infiltratieproef. De divers zijn, nadat het bemalingswater uit het infiltratiebassin was weggelopen, enkele dagen blijven hangen waarna ze zijn uitgelezen.

## 4.4 Grondwaterkwaliteit

Het grondwater is op drie momenten uit de peilbuizen bemonsterd. Het doel hiervan is het vaststellen van de kwaliteit van het grondwater bij aanvang, tijdens en na afloop van de proefperiode. Op 20 september, 9 oktober en 13 november 2006 zijn alle peilbuizen bemonsterd. Tevens zijn van het grondwater uit alle peilbuizen in het veld de zuurgraad, elektrisch geleidingsvermogen, zuurstofgehalte en redoxpotentiaal gemeten. De resultaten van de chemische analyses op de grondwatermonsters en de toetsing aan de Nederlandse streef- en interventiewaarden zijn weergegeven in bijlage 5.

## 4.5 Kwaliteit bemalingswater

Op 5, 9 en 18 oktober 2006 is het bemalingswater op vier punten bemonsterd: het influent, bassin 1, overstort en het effluent. In het veld is van vier punten de zuurgraad, elektrisch geleidingsvermogen, zuurstofgehalte en redoxpotentiaal gemeten. Tevens zijn van de inlaat van de klinkerbak diverse monsters genomen.

## 4.6 Eindsituatie grondonderzoek

Ter vaststelling van de kwaliteit van de bodem na het beëindigen van de infiltratieproef zijn op acht plaatsen grondmonsters genomen en geanalyseerd op het grondpakket (boringen 01x t/m 07x en 12x). Om de analyseresultaten te kunnen vergelijken met de beginsituatie zijn de grondmonsters genomen op dezelfde plaats en diepte als tijdens het nulsituatie onderzoek.

Ter plaatse van de monsterpunten T1 t/m T7 en T12 is de toplaag (0,0-0,1 m-mv) apart bemonsterd. Om eventuele accumulatie van verontreinigde stoffen in de toplaag te detecteren zijn de grondmonsters geanalyseerd door ALcontrol Laboratoires op een NEN5740-pakket.

In drie van de vier bassins is een dun laagje slib aangetroffen (ca. 1 cm dik, zie ook bijlage 3), hiervan zijn monsters genomen welke zijn geanalyseerd op het grondpakket (zie bijlage 4).

## 5 RESULTATEN INFILTRATIEPROEF

### 5.1 Veldmetingen

#### 5.1.1 Doorlatendheidsbepalingen

Van de bemonsterde grond tot 1 m-mv afkomstig uit 5 verschillende boringen is door middel van zeven de korrelgrootteverdeling bepaald. De resultaten hiervan zijn in figuur 12 weergegeven. Zoals uit de figuur kan worden opgemaakt betreft het hier slecht gesorteerde fijne tot matig grove zanden met een mediane waarde van  $D50=180-285 \mu\text{m}$ .

Aan de hand van de percentages doorval van de zeeffracties zijn voor de grondmonsters de doorlatendheidswaarden bepaald. In onderstaande tabel 2 zijn de resultaten van deze doorlatendheidsbepalingen samengevat. Als gevolg van verschillende benaderingen van het U-cijfer<sup>2</sup> vertoont de doorlatendheid een zekere variatie.

Tabel 2: Overzicht doorlatendheidsbepalingen 6 grondmonsters.

Boring	Monsterdiepte [m-mv]	Lithologie	D50 [ $\mu\text{m}$ ]	k-waarde [m/d]
B1	0.5-1.0	Matig fijn zand, zwak siltig		1.4-2.1
B3	0.5-0.8	Uiterst grof zand, zwak siltig, zwak grindig	285	3.1-4.5
B4	0.6-1.0	Matig fijn zand, matig siltig	179	0.3-0.4
B6	0.5-1.0	Matig fijn zand, matig siltig	266	1.5-2.1
B10	0.0-0.5	Matig fijn zand, matig siltig, zwak grindig	250	1.5-2.1
Gemiddeld				1.3-2.2

<sup>2</sup> U-cijfer beschrijft het specifieke oppervlak van de sedimentkorrels. Het U-cijfer wordt gedefinieerd als de verhouding tussen het totale oppervlak van de korrels in een bepaald gewicht zand en hetzelfde gewicht aan bolvormige korrels met een doorsnede van 1 cm.

In het algemeen kan gesteld worden dat de fijne tot matig grove zanden worden gekenmerkt door geringe doorlatendheidswaarden. De aanwezigheid van relatief hoge percentages fijne fracties in de mengmonsters zijn hier debet aan. Alle 5 monsters vertonen een geringe variatie in doorlatendheid. Uitschieter naar boven met een twee maal zo grote doorlatendheid ( $k=3.1-4.5$  m/d) betreft het monster uit boring B3 ter plaatse van het infiltratiebassin 1A (figuur 8).

Monster B4 genomen ter plaatse van het slibbassin 1B met gespitte toplaag vertoont daarentegen een minimale doorlatendheidswaarde ( $k=0.3-0.4$  m/d) als gevolg van meer dan bijna 10 % partikels kleiner dan  $16 \mu\text{m}$ . De totaal gemiddelde doorlatendheid bedraagt  $k=1.3-2.2$  m/d.

### 5.1.2 Infiltratiecapaciteit

Met behulp van dubbele ringinfiltrometers is verspreid over de infiltratievoorziening in situ de infiltratiecapaciteit op 7 verschillende locaties bepaald. Voor de locaties van de infiltratietesten zie figuur 8. De infiltratietesten duurden in het algemeen ca. 60-75 minuten. Het verloop van de testen is weergegeven in figuur 14. Na een initiële grote waarde neemt de infiltratiecapaciteit van de bodem snel af en gaat naar een min of meer constant niveau. De infiltratiecapaciteit vertoont hierbij een spreiding van  $I=0.15-5$  m/d.

In tabel 3 zijn de verkregen resultaten samengevat met onderscheid tussen uitgevoerde testen ter plaatse van de gespitte toplaag, het ontgraven zandpakket en referentiemetingen op het oorspronkelijke maaiveld buiten de infiltratievoorziening. Hieruit blijkt dat geen significante verschillen in infiltratiecapaciteit aanwezig zijn tussen de gespitte toplaag, het ontgraven zandpakket en het oorspronkelijke maaiveld buiten de infiltratievoorziening. Het iets humeuzer karakter van de gespitte toplaag draagt niet bij aan verschillen in infiltratiecapaciteit tussen de gespitte toplaag en ontgraven zanddek.

**Tabel 3: Resultaten infiltratietesten.**

Infiltratiecapaciteit [m/d]	Gespitte toplaag	Ontgraven zand	Referentie maaiveld
	R2=1.5-5		R7=1.8-2.8
	R4=0.3-1.8	R3=2-3	R8=1.7-4.6
	R6=1.5-3.5	R5=0.6-1.5	
<b>Gemiddeld</b>	<b>1.1-3.4</b>	<b>1.3-2.3</b>	<b>1.8-3.7</b>

Verlenging van de duur van de infiltratietesten langer dan 75 minuten had niet tot ander resultaat geleid (zie figuur 14). Uitvoering van meer infiltratietesten dan deze 7 stuks had de betrouwbaarheid in het resultaat weliswaar vergroot. Ook zou de totale spreiding waarbinnen de infiltratiecapaciteit zou zijn gevonden zeer waarschijnlijk zijn toegenomen. Maar in hoeverre dit zou resulteren in significante onderlinge verschillen in infiltratiecapaciteit tussen diverse locaties, lijkt gezien de ontstane dalingscurven van figuur 14 niet aannemelijk.

Bovenstaande waarden van de infiltratiecapaciteit komen bij benadering overeen met de verzadigde doorlatendheid van de onderzochte grond. De geringe grootten in infiltratiecapaciteit ( $< 4$  m/d) worden bevestigd door de berekende doorlatendheden op basis van zeeffracties ( $< 5$  m/d), zie ook tabel 2.

### 5.1.3 Stijghoogten

Uit het verloop van de gemeten stijghoogten van het grondwater is het volgende geconstateerd (figuren 12a-e):

- Met het starten van de bemaling van de persleiding op 26 september 2006 daalt de grondwaterstand langs het bemalingstracé. Referentiepeilbuis B100 grenst direct hieraan en de metingen in deze peilbuis laten een snelle grondwaterstands daling zien van minimaal 1.2 m (figuur 12a) wanneer de bemaling zich rond 28 september heeft verplaatst tot nabij de infiltratievoorziening. De grondwaterstands daling breidt zich uit in de richting van de infiltratievoorziening. Naast peilbuis B100 is pb1 de enigste peilbuis van het meetnet waar een netto grondwaterstands daling duidelijk herkenbaar aanwezig is. Bij overige peilbuizen worden de effecten van grondwaterstands verlaging ten gevolge van de bemaling volledig teniet gedaan door de overheersende effecten van grondwaterstands verhoging veroorzaakt door infiltratie van ingelaten bemalingswater in de infiltratievoorziening.
- Met het inlaten van bemalingswater op 26 september 2006 in het slibbassin stijgt het grondwater in de omgeving van het slibbassin vrijwel direct. Onder het gespitte slibbassin 1B is deze stijging het sterkst. Met groter wordende afstand tot het slibbassin neemt de stijghoogtetoeename af in de lengterichting van de infiltratievoorziening (vergelijk peilbuisset pb4, pb5 en pb6, en peilbuisset pb2 en pb3, figuur 12a en b).
- Onder het verdiepte slibbassin 1A is ondiep een leemlaag aanwezig. Het filter van peilbuis pb01 is onder de leem ingericht. Als gevolg van deze weerstandbiedende laag kan nauwelijks infiltratie richting onderliggend zandpakket optreden. Het effect van stijghoogteverlaging door de bemaling van de persleiding is in deze peilbuis overheersend. In peilbuis pb01 werd een stijghoogteverlaging van 0.6-0.7 m gemeten (figuur 12c).
- Vanwege de aanwezige leemlaag kan het ingelaten bemalingswater in het slibbassin niet infiltreren, maar stroomt af over de leemlaag naar de zijkant in de richting van peilbuis pb10. Peilbuis pb10 bereikt hierdoor vrijwel hetzelfde stijghoogteniveau als onder het slibbassin 1B (pb04, figuur 12c). Aan de andere zijde ondervindt peilbuis pb7 een geringe stijging van de grondwaterspiegel. Ook hiervoor geldt dat het effect van de stijghoogtetoeename als gevolg van de infiltratie groter is dan de verlaging ten gevolge van de onttrekking.
- Tijdens het verdere verloop van de infiltratieproef blijven peilbuizen pb7 en pb10 beïnvloed door het waterpeil in het slibbassin (figuur 12c).
- Met de start van overstorten van bassinwater uit het slibbassin naar het infiltratiebassin op 26/27 september 2006 stijgen de grondwaterpotentialen onder het infiltratiebassin (figuren 12d en 12e).
- Tijdens de overstortperiode 28 september-8 oktober 2006 van water uit het infiltratiebassin naar de Grote Beerze bereiken de grondwaterpotentialen onder het infiltratiebassin een min of meer constant niveau vanwege het constante waterpeil. Maximale infiltratie treedt dan op als gevolg van maximale potentiaalverschillen tussen waterpeil en stijghoogten van het grondwater: potentiaalverschil peilbuis pb2 0.3 m, peilbuis pb5 0.4 m (figuur 12d), peilbuis pb6 0.5 m, peilbuis pb3 0.7 m (figuur 12e).



- Voor bovengenoemde periode met maximale potentiaalverschillen zijn infiltratiesnelheden geschat variërend van 0.2-0.4 m/d ter plaatse van peilbuizen pb2 en pb5 (voorin infiltratiebassin, figuur 8) en van 0.3-0.8 m/d ter plaatse van peilbuizen pb3 en pb6 (achterin infiltratiebassin, figuur 8). De onderlinge verschillen in geschatte infiltratiesnelheden tussen beide sets peilbuizen zijn waarschijnlijk het gevolg van grover wordende sedimenten richting Grote Beerze. Onderlinge verschillen in infiltratiesnelheden tussen gespitte toplaag en het ontgraven zanddek zijn niet aangetoond.
- Na debietsafname van overstort uit slibbassin vanaf 8 oktober 2006 daalt het waterpeil in infiltratiebassin en loopt dit bassin langzaam leeg. Daarmee neemt infiltratie van bassinwater naar ondergrond geleidelijk af vanwege afnemende potentiaalverschillen.

## 5.2 Waterbalans

Al in een vroeg ontwerpstadium van de infiltratievoorziening is het opstellen van de waterbalans van belang geweest om zodoende de verschillende componenten van de waterbalans te kunnen definiëren. Op grond van deze waterbalans is het monitoringsprogramma ingericht met de bedoeling de grootheden van de individuele variabelen direct te kunnen meten dan wel indirect te bepalen.

Voor beide bassins van de infiltratievoorziening geldt in principe dezelfde waterbalans zoals in algemene termen kan worden beschreven volgens,

$$Q_{inlaat} + P_{bruto} = E + Q_{overstort} + Q_{dijk} + Q_{infiltratie} \pm \Delta S \quad (1)$$

waarbij,

$Q_{inlaat}$	=	inlaatdebiet	[m <sup>3</sup> /d]
$P_{bruto}$	=	bruto neerslag	[m <sup>3</sup> /d]
$\Delta S$	=	bergingsverandering	[m <sup>3</sup> /d]
$E$	=	verdamping van open water	[m <sup>3</sup> /d]
$Q_{ovrstort}$	=	afvoerdebiet via overstort	[m <sup>3</sup> /d]
$Q_{dijk}$	=	lekkage via dijklichamen	[m <sup>3</sup> /d]
$Q_{infiltratie}$	=	infiltratiedebiet	[m <sup>3</sup> /d]

Opgemerkt wordt dat in de meeste variabelen een oppervlakte zit ingesloten die verandert met een stijgend en dalend waterpeil in de bassins.

Specifiek voor het slibbassin (1A en 1B) geldt dan dat het infiltratiedebiet expliciet kan worden beschreven als,

$$Q_{infiltratie\_1} = Q_{inlaat} + P_{bruto\_1} - E_1 - Q_{overstort\_1 \rightarrow 2} - Q_{dijk\_1} \pm \Delta S_1 \quad (2)$$

Analoog kan voor het infiltratiebassin (2A en 2B) het infiltratiedebiet worden beschreven als,

$$Q_{\text{infiltratie}_2} = Q_{\text{overstort}_{t \rightarrow 2}} + P_{\text{bruto}_2} - E_2 - Q_{\text{overstort}_{2 \rightarrow \text{Gr. Beerze}}} - Q_{\text{dijk}_2} \pm \Delta S_2 \quad (3)$$

### 5.3 Variabelen waterbalans

In het veld zijn de verschillende variabelen met variërende intervallen gemeten. Met de divers werd de waterhoogte met een intensieve frequentie van 1 waarneming per uur geregistreerd. Terwijl de neerslag op de RWZI met grote regelmaat omstreeks 09:00 werd afgelezen, liet de praktijk het niet altijd toe dat bijvoorbeeld de watermeters op dezelfde tijd werden afgelezen. Daarnaast zijn de verdampingsgegevens afkomstig van het KNMI-station Eindhoven, representatief voor de uurvakken 0-24 uur.

Gekozen is om de verzamelde meetgegevens terug te brengen naar 24-uurs-metingen, gelijk aan die van de verdampingswaarden. In deze paragraaf worden per variabele van de waterbalans de gemiddelde waarden op dagbasis beschreven.

#### Inlaatdebiet

Het verloop van het inlaatdebiet in de slibbassins 1A en 1B is weergegeven in figuur 17. Het inlaatdebiet in het voorste bassin is afhankelijk van de aanvoer van bemalingswater afkomstig van de eerste km persleiding vanaf de RWZI. Vanaf de start van de bemaling op 26 september 2006 is bemalingswater aangevoerd via 2 drains. (pompnummers 1114 en 1102). Een dag later is een derde drain bijgezet (no 1107). Het totaaldebiet dat in het infiltratiebassin werd ingelaten bedroeg in de eerste week ca. 20-30 m<sup>3</sup>/uur. De individuele drains lieten hierbij grote verschillen in onttrekkingsdebiet zien: 1-22 m<sup>3</sup>/uur.

Op 6 oktober 2006 is een vierde drain bijgezet, afkomstig van De Vloed. Omdat kwaliteitsmetingen inmiddels hadden uitgewezen dat bemalingswater met te lage concentraties aan zware metalen werd aangevoerd, was besloten voor vergroting van de effectiviteit van de infiltratieproef om bekend grondwater met sterk verhoogde concentraties zink aan het slibbassin toe te voegen. Tegelijkertijd diende bemalingswater met lage concentraties aan zware metalen zo veel mogelijk te worden gereduceerd.

Het overschot aan water dat de slibbassins via de overstort in de tussendijk verlaat is gelijk aan het inlaatdebiet van de achterste infiltratiebassins. In figuur 17 is het verloop hiervan weergegeven door watermeter no. 3. Binnen 1 dag nadat het bemalingswater in de slibbassins 1A en 1B werd ingelaten kwam het waterpeil tot boven overstortniveau waardoor water uit de voorste bassins in de infiltratiebassins 2A en 2B stroomde. Deze overstortperiode heeft geduurd van 26 september tot en met 11 oktober 2006. Het inlaatdebiet voor de infiltratiebassins 2A en 2B bereikte op 28 september 2006 een maximum van ca. 10 m<sup>3</sup>/uur. Hierna nam het inlaatdebiet snel af naar ca. 5 m<sup>3</sup>/uur om vervolgens geleidelijk af te nemen naar minimale waarden.

#### Neerslag

Het verloop van de bruto neerslag tijdens de infiltratieproef is weergegeven in figuur 15. Ter vergelijking van de lokale metingen ter plaatse van de RWZI zijn dagtotalen afkomstig van KNMI-station Eindhoven (vliegveld Welschap) toegevoegd.

Over de infiltratieperiode (26 september-3 november 2006) werd op de RWZI in totaal 68.2 mm aan bruto neerslag gemeten, op het KNMI-station Eindhoven 72.9 mm.

Ondanks dat de metingen in Eindhoven de trend van de lokale neerslaghoeveelheden redelijk volgen, mag voor nauwkeurige bepalingen van de lokale neerslag niet hiervan worden uitgegaan. Het buiige karakter tijdens de infiltratieperiode heeft geleid tot lokale verschillen tussen vliegveld Welschap en de infiltratievoorziening te Hapert (figuur 15).

In het algemeen is de infiltratieproef uitgevoerd in een redelijk droge periode, enkele uitschieters in de eerste 2 weken daargelaten (30 september Pgr=15.4 mm, 5 oktober 13.4 mm).

### Berging

De berging van bemalingswater in het slibbassin en infiltratiebassin wordt voor een belangrijk deel bepaald door de veranderende waterstand in de bassins. Aan de hand van bekende afmetingen en gemeten niveaus is de berging in de bassins op dagbasis berekend. Ter indicatie van de bergingsterm in de waterbalans is het dagelijks verloop van de gemiddelde waterniveaus in beide bassins in figuur 16 weergegeven.

De daggemiddelden op 25 september 2006 betreffen referentieniveaus van de meetsondes. Op 26 september omstreeks 14:00 uur wordt bemalingswater ingelaten in slibbassin 1A (figuur 2). Uit uurmetingen van de diver wp02 in het infiltratiebassin is gebleken dat het water in het infiltratiebassin op 26 september 2006 binnen het uurvak 23:00-00:00 is gaan stijgen. In de voorafgaande tijdsperiode van ca. 9-10 uur na aanvang bemalingsproef is het waterpeil in het slibbassin gaan stijgen en werd water geborgen. Na bereiken van het overstortniveau van de pvc-put (op NAP +25.41 m) is water vanuit het slibbassin gaan overlopen naar het infiltratiebassin 2A. Uit figuur 16 blijkt dat het waterpeil in de slibbassin hierna verder is gaan stijgen tot gemiddeld NAP +25.5 m. Blijkbaar was de aanvoer van ingelaten bemalingswater groter dan het totaal aan berging, infiltratie en afvoer van bassinwater naar het infiltratiebassin.

Het stijgen van het waterpeil in het infiltratiebassin tot aan het overstortniveau van NAP +25.28 m duurt enkele dagen. Het infiltratiebassin kan dan de aanvoer van overstortwater vanuit het slibbassin minus de infiltratie door de bassinbodem voldoende bergen. Op 28 september 2006 in het uurvak 22:00-23:00 uur stijgt het waterpeil boven het overstortniveau en treedt overstort van bassinwater naar de Grote Beerze op. De periode van overstort naar de Grote Beerze duurt een kleine 10 dagen. Vanaf 7 oktober 2006 ontvangt het infiltratiebassin te weinig water om gelijke tred te houden met de maximale berging en infiltratie: het bassin loopt geleidelijk leeg.

Terwijl het infiltratiebassin langzaam leegloopt, blijft het waterpeil in het slibbassin nog lange tijd constant op gemiddeld NAP +25.2 m.

### Verdamping

Dagtotaal van de referentie gewasverdamping volgens Makking zijn weergegeven in figuur 15. De verdampingswaarden zijn afkomstig van het KNMI-station Eindhoven. De infiltratieproef is uitgevoerd aan het einde van een lange droge periode met hoge temperaturen. De verdamping vertoonde geringe schommelingen in orde van 1-2 mm/dag. In totaal is gedurende de periode van de infiltratieproef (26 september-3 november 2006) 42.2 mm aan verdamping berekend ter plaatse van het KNMI-station Eindhoven.

In principe worden fouten geïntroduceerd door toepassing van de gewasverdamping voor een van voldoende vocht voorzien grasland in plaats van verdamping van open water en door gebruik te maken van metingen afkomstig vliegveld Welschap in plaats van lokale metingen. In de waterbalansberekeningen en afleiding van het infiltratiedebiet zijn deze fouten echter gering tot verwaarloosbaar klein.

#### Afvoerdebiet

Het afvoerdebiet van de slibbassins wordt vertegenwoordigd door het verloop van watermeter no. 3 in de tussenkade (figuur 17). Zie hiervoor bovenstaande opmerkingen met betrekking tot het inlaatdebiet.

Het afvoerdebiet van het overschot aan water uit de infiltratiebassins 2A en 2B richting de Grote Beerze werd geregistreerd door watermeter no. 1103 (figuur 17). Na vollopen van de infiltratiebassins met ingelaten water uit de slibbassins werd op 30 september 2006 het overstortniveau bereikt. De afvoer van overtollig water vanuit het infiltratiebassin richting Grote Beerze heeft minder dan 1 week geduurd. Het uurdebiet bedroeg gedurende de eerste paar dagen gemiddeld 5-6 m<sup>3</sup>/uur.

#### Lekkagedebiet via kades

De naar buiten gerichte lekkage van oppervlaktewater via de kades is gering. Indicatieve berekeningen komen uit op een totale lekkagedebiet van minder dan 2 m<sup>3</sup>/dag. De geringe doorlatendheden van de uit fijne zanden opgebouwde kades (ca.  $k=2$  m/d) zijn mede verantwoordelijk hiervoor.

#### Infiltratiedebiet

Het infiltratiedebiet is afgeleid voor zowel het slibbassin als het infiltratiebassin. Hierbij is gebruik gemaakt van de waterbalans volgens vgl. (2) en (3) en gemiddelde dagwaarden van diverse variabelen.

Voor het slibbassin is het verloop van het infiltratiedebiet weergegeven in figuur 18. Na inlaten van bemalingswater in het slibbassin neemt het infiltratiedebiet vrij snel toe. Gedurende de eerste 2 weken schommelt het infiltratiedebiet tussen de 200-300 m<sup>3</sup>/dag. Hierna blijft het infiltratiedebiet min of meer constant als gevolg van een gestopte afvoer van water uit het slibbassin via de overstort naar het infiltratiebassin.

Voor een redelijk betrouwbare schatting van het infiltratiedebiet vanuit het slibbassin is de periode 12-23 oktober 2006 beschouwd. In deze periode is het waterpeil min of meer constant gebleken. Overstort van bassinwater is inmiddels gestopt. De infiltratie wordt dan nog maar grotendeels bepaald door het inlaatdebiet van bemalingswater en de bergingsverandering. De effecten van neerslag, verdamping en lekkage via de kades zijn verwaarloosbaar klein (orde 1 m<sup>3</sup>/dag) in vergelijking met de grootte van het inlaatdebiet (orde 100-en m<sup>3</sup>/dag). Voor deze periode is op basis van de waterbalans het infiltratiedebiet geschat op ca. 150 m<sup>3</sup>/dag. Vertaald naar het infiltratieoppervlak van ca. 1000 m<sup>2</sup> voor het slibbassin kan hieruit een infiltratiesnelheid van ca. 0.15 m/dag worden afgeleid.

Het verloop van het infiltratiedebiet in het infiltratiebassin is weergegeven in figuur 19. Nadat de aanvoer vanuit het slibbassin via de overstort is gestopt begint het infiltratiebassin leeg te lopen. Op grond van de waterbalans vertoont het infiltratiedebiet hierbij een geleidelijke daling.

Met het dalende waterpeil nemen de potentiaalverschillen in vergelijking met de stijghoogten van het grondwater onder het bassin af en daarmee eveneens het infiltratiedebiet. De afname van de potentiaalverschillen onder het infiltratiebassin is geïllustreerd in figuren 12.

## 5.4 Geochemie

### 5.4.1 Nul-onderzoek uitgevoerd op 20 september 2006

Voor het uitvoeren van de infiltratieproef is de situatie op de locatie vastgelegd door middel van monsternamen en chemische analyse van bodem en grondwater.

Tabel 4 geeft de gemiddelde waarden en standaardafwijkingen van de 8 bodemmonsters. Bij alle statistische bewerkingen zijn analyseresultaten beneden de detectiegrens gelijkgesteld aan de helft van de detectiegrens.

**Tabel 4: Samenvatting nulonderzoek bodem.**

Component	Eenheid	gemiddelde	standaard afwijking
Organische stof	%	1.2	0.7
Sulfide	mg/kg	0.5	0.0
Calciet	%	1.0	0.0
Fractie lutum	%	1.7	0.9
pH-KCL	-	6.4	0.3
<b>Metalen</b>			
Arseen	mg/kg	2.4	1.4
Cadmium	mg/kg	0.2	0.1
Calcium	mg/kg	409	210
Chroom	mg/kg	8.0	3.5
IJzer	mg/kg	3418	15323
Koper	mg/kg	7.9	6.1
Kwik	mg/kg	0.1	0.0
Lood	mg/kg	6.6	4.6
Nikkel	mg/kg	3.4	1.3
Zink	mg/kg	21.4	15.5

Gemiddeld is de bodem bijzonder arm, met een laag lutum-, kalk- en organisch stofgehalte. Tevens is de grond licht zuur. Naar verwachting is de adsorptie van metalen gering en vindt voornamelijk plaats op ijzeroxiden. De bodem bevat vrijwel geen sulfiden, zodat geen sprake is van sulfidische binding van metalen.

Indien we naar de individuele waarnemingen kijken, valt op dat boring 1 nauwelijks ijzer en vrijwel geen zware metalen bevat. In boringen 1, 2 en 3 is de toplaag verwijderd en zijn de gehalten metalen lager dan in de overige boringen.

**Tabel 5: Samenvatting nulonderzoek grondwater.**

Component	eenheid	gemiddelde	standaard afwijking
Soortelijke geleiding	uS/cm	503.7	134.4
pH	-	5.8	0.3
Zuurstof	mg/l	2.2	1.0
Redoxpotentiaal	mV	127.5	48.2
Ammonium	mg/l	0.1	0.1
Nitraat	mg/l	6.1	5.5
Vrij ammoniak	mg/l	0.0	0.0
DOC	mg/l	6.0	2.2
Sulfaat	mg/l	62.7	41.8
<b>Metalen</b>			
Arseen	µg/l	2.4	2.6
Cadmium	µg/l	0.7	0.6
Chroom	µg/l	0.8	0.7
IJzer	µg/l	8966	17546
Koper	µg/l	6.0	3.7
Kwik	µg/l	0.0	0.0
Lood	µg/l	1.9	1.7
Nikkel	µg/l	22.7	20.3
Zink	µg/l	88.4	96.7

Tabel 5 bevat een samenvatting van de gemeten concentraties in de 12 peilbuizen. In zijn algemeen is het grondwater licht zuur. De redoxcondities variëren tussen aëroob (peilbuizen 2, 6, 11, 12), nitraatreducerend (peilbuizen 3, 5, 8 en 9) tot ijzerreducerend (peilbuizen 1, 4, 7 en 10). De zuurstof- en ijzergehalten variëren sterk en zijn niet altijd met elkaar in evenwicht. Ammonium is vrijwel niet aangetroffen en het gehalte opgelost organisch koolstof is laag. De zink-, cadmium- en chroomconcentraties variëren rond de streefwaarden.

#### 5.4.2 Kwaliteit van het infiltrerende water

**Tabel 6: Vergelijking nulonderzoek en infiltrerend water.**

Component	eenheid	gemiddelde nulonderzoek peilbuis 1-6	Bassin 1 5-10-2006	Bassin 1 18-10-2006
Soortelijke geleiding	uS/cm	505	633	623
pH	-	5.8	6.1	5.8
Zuurstof	mg/l	2.1	<b>8.8</b>	<b>8.4</b>
Redoxpotentiaal	mV	140	72	135
Ammonium	mg/l	0.1	0.1	0.1
Nitraat	mg/l	4.9	<b>15.0</b>	<b>16.0</b>
Vrij ammoniak	mg/l	0.0	0.0	0.0
DOC	mg/l	5.7	10.5	6.0
Sulfaat	mg/l	59.5	110	100

Component	eenheid	gemiddelde nulonderzoek peilbuis 1-6	Bassin 1 5-10-2006	Bassin 1 18-10-2006
<b>Metalen</b>				
Arseen	µg/l	2.5	7.9	0.8
Cadmium	µg/l	0.5	<b>0.8</b>	<b>1.5</b>
Chroom	µg/l	1.1	0.3	0.3
IJzer	µg/l	9605	5600	2500
Koper	µg/l	5.0	4.5	9.3
Kwik	µg/l	0.0	0.0	0.0
Lood	µg/l	2.0	0.8	2.0
Nikkel	µg/l	20.6	<b>55</b>	<b>63</b>
Zink	µg/l	75.8	<b>220</b>	<b>430</b>

Vet gemiddelde concentratie bassin 1 meer dan 2x nulsituatie

Tabel 6 geeft een vergelijking tussen de gemeten concentratie onder de bassins en de concentratie in bassin 1. De gemeten concentraties in het slibbassin 1 zijn ook representatief voor het infiltratiebassin 2 (met uitzondering van ijzer en arseen, deze zijn in bassin 2 lager, zie paragraaf). Na 5 oktober is extra verontreinigd water aangevoerd om de concentratieverschillen tussen het oorspronkelijke grondwater en het infiltrerende water te vergroten.

De chemische samenstelling van het infiltrerende water en oorspronkelijke water verschilt niet sterk. Door de beluchting bevat het infiltrerende water meer zuurstof en nitraat en minder ijzer. Tevens bevat het infiltrerende water meer cadmium, nikkel en zink.

#### 5.4.3 Verspreiding van infiltrerend water in de bodem

**Tabel 7: Concentratieontwikkeling in de peilbuizen onder de bassins (peilbuizen 1-6).**

Component	eenheid	gemiddelde nulonderzoek 20-09-2006	gemiddelde 9-10-2006	gemiddelde 18-10-2006	standaard afwijking 18-10-2006
Soortelijke geleiding	uS/cm	504.8	550.2	513.5	88.4
pH	-	5.8	5.4	6.0	0.3
Zuurstof	mg/l	2.1	4.6	7.8	2.3
Redoxpotentiaal	mV	139.7	141.8	207.8	83.0
Ammonium	mg/l	0.1	0.1	0.0	0.0
Nitraat	mg/l	4.9	11.3	11.5	5.9
Vrij ammoniak	mg/l	0.0	0.0	0.0	0.0
DOC	mg/l	5.7	7.7	5.2	1.5
Sulfaat	mg/l	59.5	89.0	93.3	14.6

Component	eenheid	gemiddelde nulonderzoek 20-09-2006	gemiddelde 9-10-2006	gemiddelde 18-10-2006	standaard afwijking 18-10-2006
<b>Metalen</b>					
Arseen	µg/l	2.5	2.4	2.1	2.3
Cadmium	µg/l	0.5	0.7	0.9	0.8
Chroom	µg/l	1.1	0.4	0.4	0.2
IJzer	µg/l	9605	8604	4471	10890
Koper	µg/l	5.0	4.3	4.0	1.9
Kwik	µg/l	0.0	0.0	0.0	0.0
Lood	µg/l	2.0	1.7	1.0	0.6
Nikkel	µg/l	20.6	22.8	29.7	22.7
Zink	µg/l	75.8	173.3	252.5	264.3

Voor een beperkt aantal parameters is het effect van het infiltratiewater in de peilbuizen zichtbaar. Het zuurstofgehalte stijgt evenals de nitraat- en sulfaatconcentraties. Hoewel het grondwater aëroob is geworden bevat het nog steeds ijzer. De zinkconcentratie stijgt sterk, cadmium en nikkel in mindere mate. De standaardafwijking is bij de metalen groter dan bij de macro-parameters. De response van metalen is vertraagd ten opzichte van macro's.

Bij bestudering van de resultaten van de individuele peilbuizen zien we grote verschillen in het effect van de infiltratie:

**Tabel 8: Waargenomen effecten per peilbuis.**

Peilbuis	Waargenomen effect	Redox
1	lichte toename zuurstof, overige concentraties blijven laag	ijzer
2	toename zuurstof, nitraat, sulfaat, cadmium, nikkel, zink	aëroob
3	toename zuurstof, nitraat, sulfaat, cadmium, nikkel, zink	nitraat → aëroob
4	toename zuurstof, nitraat, sulfaat, overige concentraties blijven hoog	ijzer → aëroob
5	toename zuurstof, nitraat, sulfaat, cadmium, nikkel, zink	nitraat → aëroob
6	toename zuurstof, nitraat, sulfaat, nikkel blijft hoog, arseen daalt	aëroob

Vermoedelijk beïnvloedt de bodemsamenstelling sterk het effect van de infiltratie. De effecten zijn, ook voor zware metalen, duidelijk meetbaar in de peilbuizen. Dit is het gevolg van de hoge infiltratiesnelheid en de geringe adsorptiecapaciteit van de bodem.

Opmerkelijk is ook dat in de referentiebuizen effecten te zien zijn: het zuurstofgehalte stijgt en het ijzergehalte daalt. In peilbuizen 11 en 12 stijgen tevens de sulfaatconcentraties. Dit kan het gevolg zijn van toestroming van infiltratiewater. De gehalten van zware metalen veranderen niet.



**Tabel 9: Concentratieontwikkeling in de grondmonsters (1-6) versus slibmonsters**

Component	eenheid	gemiddelde 12-09-2006	gemiddelde X 14-11-2006	gemiddelde Top 14-11-2006	Gemiddelde slibmonsters 14-11-2006
Organische stof	%	1.17	1.12	1.26	2.9
Sulfide	mg/kg	0.50	0.50	25.00 D	17
Calciet	%	1.00	1.00	0.10	<2.0
Fractie lutum	%	1.53	1.64	2.93	5.5
pH-KCL	-	6.37	5.87	5.22	5.5
<b>Metalen</b>					
Arseen	mg/kg	2.08	2.09	2.00	7.3
Cadmium	mg/kg	0.14	0.13	0.20	0.5
Calcium	mg/kg	367.50	294.17	271.00	707
Chroom	mg/kg	7.22	6.03	7.50	25
IJzer	mg/kg	3123	3262	3600	17900
Koper	mg/kg	7.03	6.73	6.33	19
Kwik	mg/kg	0.05	0.06	0.03	<0.01
Lood	mg/kg	5.68	5.63	5.63	19
Nikkel	mg/kg	3.18	3.32	3.23	15.5
Zink	mg/kg	17.67	19.57	25.50	136

D detectiegrens 50 mg/kg

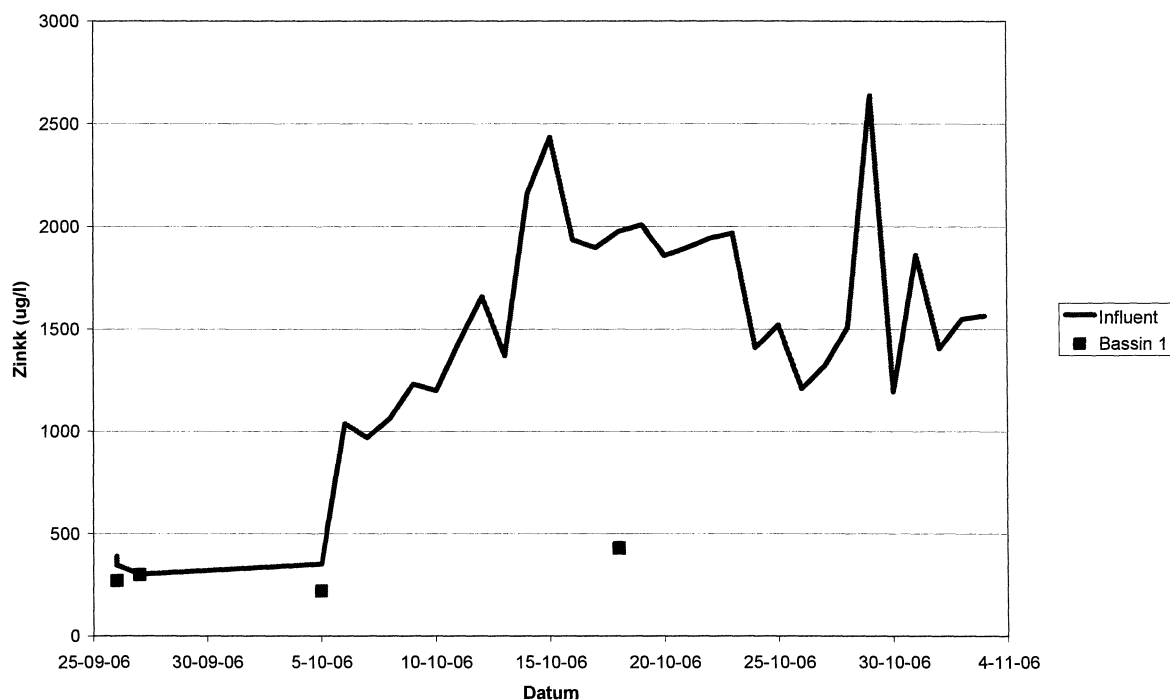
Bij de chemische analyses op grondmonsters zijn verschillende detectiegrenzen toegepast. De resultaten van de bemonstering van de top (bovenste 0,1 m) worden sterk beïnvloed door een hoge detectiegrens. De concentraties zware metalen in boring 1 nemen sterk toe, maar dit is het gevolg van het lage ijzergehalte in het monster van het nulonderzoek. De sterke zinktoename in boring 1 tussen 12/9 en 14/11 (van 1.5 naar 20 mg/kg) is verantwoordelijk voor de lichte toename in het gemiddelde zinkgehalte (van 17.7 naar 19.6 mg/kg). Voor het overige is geen significante trend in de gemiddelde resultaten te ontdekken, gezien de spreiding om het gemiddelde.

Na beëindiging van de infiltratieproef zijn 3 mengmonsters van afgezet slib genomen, verdeeld over het slibbassin 1 (2 monsters) en over het infiltratiebassin (1 monster), zie ook figuur 9. De analyseresultaten per slibmonster zijn vermeld in bijlage 4, de gemiddelde waarden zijn toegevoegd aan tabel 9.

Uit de slibmonsters blijkt dat wel ijzerhydroxide neerslaat, er zijn immers hoge ijzerconcentraties gemeten. Evenzo vindt accumulatie van zware metalen plaats. Zware metalen binden zich hierbij aan de neergeslagen ijzerhydroxiden en fijne slibdeeltjes (concentraties zware metalen aan slib zijn algemeen factor 2-3 keer hoger dan aan grond, voor zink is dit ca. 6-7 keer zo hoog).

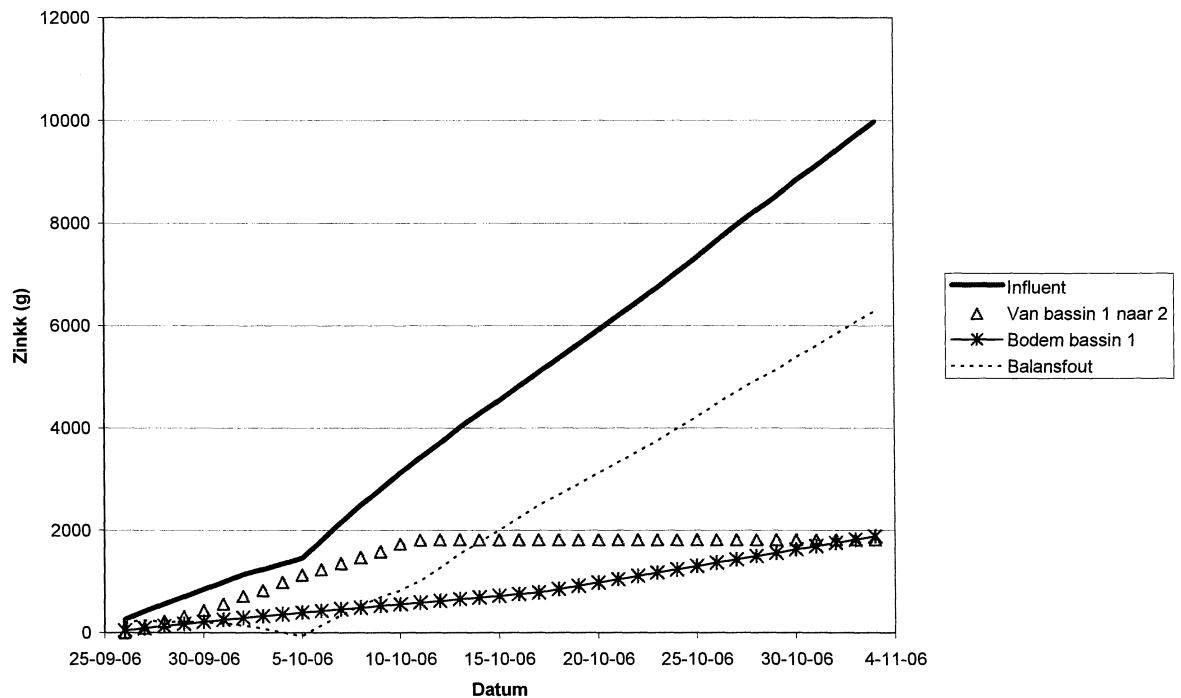
#### 5.4.4 Massabalans slibbassin 1

Op basis van de gemeten concentraties en debieten wordt in deze paragraaf een massabalans opgesteld voor het slibbassin 1. Voor een sluitende massabalans blijkt een veel intensiever meetprogramma noodzakelijk.



**Figuur 20: Berekende concentratie in het influent en gemeten concentratie in het slibbassin.**

In figuur 20 zijn de berekende ingangconcentraties en de gemeten concentraties in het slibbassin weergegeven. De ingangconcentraties van 25 september t/m 5 oktober zijn gebaseerd op drie metingen. Daarna is water uit De Vloed toegevoegd en zijn de concentraties berekend op basis van de debieten, een concentratie van 4100  $\mu\text{g/l}$  in het water van De Vloed (gemiddelde van metingen 6/10 en 18/10) en 350  $\mu\text{g/l}$  in het overige water. Wat meteen opvalt, is dat de gemeten concentratie op 18/10 in het slibbassin de concentratieverhoging in het influent nauwelijks volgt. De gemiddelde verblijftijd in het slibbassin is gelijk aan het volume gedeeld door het debiet, bij benadering  $1000 \text{ m}^3 / 9 \text{ m}^3/\text{uur} = 4,6$  dagen. De verhoging van de zinkconcentratie in het influent na toevoeging van bemalingswater afkomstig van De Vloed had duidelijker zichtbaar moeten zijn indien het zink zich conservatief gedraagt (opgelost blijft). Dus het wordt snel geadsorbeerd aan slibdeeltjes in het water.



**Figuur 21: Cumulatieve massabalans over het slibbassin**

De cumulatieve massabalans over slibbassin 1 is bij benadering (zie ook figuur 22):

$$M_{Fout(1)} = M_{influent(1)} - M_{containerbak} - M_{(1)naar(2)} - M_{Bodem(1)} - M_{slib(1)}$$

waarin:

$M_{fout(1)}$	fout in de massabalans slibbassin (g)
$M_{containerbak}$	massa in containerbak (g)
$M_{influent(1)}$	massa in influent slibbassin (g)
$M_{(1)naar(2)}$	stroming van bassin 1 naar 2 (g)
$M_{bodem(1)}$	geïnfiltreerd van bassin 1 naar de bodem (g)
$M_{slib(1)}$	massa aan slib bassin 1 (g)

Voor de infiltratie naar de bodem is een gemiddelde infiltratieflex van 0,15 m/d aangehouden (zie paragraaf 5.3). Het resultaat is weergegeven in figuur 21. Tot de inschakeling van De Vloed is de fout in de massabalans beperkt. Ongeveer 70% stroomt naar infiltratiebassin 2 en 30% infiltreert. Na 11/10 stroomt er geen water meer van bassin 1 naar bassin 2 en is de cumulatieve massa van deze stroom constant. De eerder beschreven discrepantie tussen de concentratie in het influent en in bassin 1 leidt tot een fout in de massabalans. De meest voor de hand liggende verklaring voor de fout in de massabalans is binding van zink aan neergeslagen ijzer of fijne deeltjes. Omdat na 11/10 geen water meer naar bassin 2 is gestroomd, zou dit zink terug te vinden moeten zijn in de bodem van bassin 1.

Aan het einde van de proef is de balans:

**Tabel 10: Massabalans zink slibbassin 1 (g).**

	In	Uit
Influent	9973 (100%)	
Containerbak		432 (4 %)
Naar bassin 2		1811 (18%)
Infiltratie naar de bodem		1899 (19%)
Accumulatie aan slib		1436 (15 %)
Fout balans/onbekend		4395 (44%)

**Massabalans bodem slibbassin 1 (zie ook figuur 22)**

In de bodem van bassin 1 zijn op twee locaties grondmonsters genomen, namelijk in boring 1 en boring 4. De gemeten concentraties zijn:

**Tabel 11: Zink in grondmonsters van bassin 1 (mg/kg).**

Boring	Nulsituatie (0-50 cm)	Eindsituatie (0-50 cm)	Eindsituatie top (0-10 cm)
1	1,5	20	28
4	40	39	32
alle 6(gem.)	18	20	26

De nulmeting in boring 1 vertoont een onregelmatigheid door een laag ijzergehalte. Uit deze twee metingen is moeilijk een toename af te leiden. Dat geldt ook voor het gemiddelde van alle zes grondmonsters in de bodem van de bassins. Het verschil tussen 18 en 20 mg/kg is gezien de spreiding verwaarloosbaar. Er lijkt een verschil te bestaan tussen 20 en 26 mg/kg, maar bij accumulatie van zware metalen bovenin het bodemprofiel is de hogere zinkconcentratie in de eerste 10 cm ten opzichte van de eerste 50 cm verklaarbaar. In de nulsituatie is de zinkconcentratie in de eerste 10 cm niet vastgesteld.

Indien we als gedachtenexperiment de missende hoeveelheid zink (4.395 g) mengen met de eerste 10 cm van de bodem van bassin 1 ( $0,1 \text{ m} \times 1000 \text{ m}^2 \times 1700 \text{ kg/m}^3 = 170.000 \text{ kg}$ ) is de toename 26 mg/kg. Dit is niet waargenomen.

Bovendien blijken de gemeten zinkconcentraties in het (verse) slib de grote afwijking in de massabalans niet te verklaren. Voor berekening van de zinkmassa aan het slib is gebruik gemaakt van de geschatte massa slib en de (enkele) metingen van zinkconcentraties aan het slib (gemiddeld 114 mg/kg voor slibbassin 1). Voor slibbassin 1 is een massa van 1436 gr aan zink berekend, dat is 15 % van de totale hoeveelheid ingelaten zink.

Ten slotte is de hoeveelheid zink berekend dat is geaccumuleerd aan ijzerhydroxides in de containerbak. Bij een maximale ijzerconcentratie van  $5 \text{ g/m}^3$  in het influent met een totaal volume ingelaten bemalingswater van  $7.676 \text{ m}^3$  bedraagt de totale ijzermassa 38.380 g. Uitgaande van een conservatieve Zn/Fe-verhouding van 0.01125 (afkomstig van slibmonster s2, bijlage 4) kan maximaal 432 g aan zink worden gebonden, dat is maximaal 4 % van de totale hoeveelheid ingelaten zink.

**Tabel 12: Zink in grondwater van bassin 1 (µg/l)**

Peilbuis	Nulsituatie	9/10/2006	18/10/2006
1	6,4	5,7	3,9
4	260	240	320
alle 6 (gem.)	76	173	253

De peilbuizen onder het slibbassin vertonen nauwelijks een toename van het zinkgehalte in het grondwater. Deels wordt dit verklaard doordat het filter van peilbuis 1 onder een lemlaag is ingericht en niet direct gevoed wordt door infiltrerend bassinwater. Een toename in zinkgehalte geldt wel voor het gemiddelde over alle 6 peilbuizen onder de bassins. Het volume grondwater onder beide bassins is oppervlakte x diepte x porositeit = 2900 m<sup>2</sup> x 2 m x 0,3 = 1100 m<sup>3</sup>. Indien we veronderstellen dat de toename 200 µg/l is, dan is de massatoename in het grondwater 227 g. Het aandeel van het grondwater in de massabalans onder beide bassins is verwaarloosbaar klein (2 %) ten opzichte van de totale hoeveelheden zink in het influent.

Uit de opgestelde massabalans voor zink in slibbassin 1 blijkt een restterm van 4395 gr aan zink (44 %) dat als overschot overblijft. Indien in dit bassin meer slib is afgezet dan waarmee is gerekend en de zinkconcentraties aan slib hoger liggen dan is gemeten neemt deze sluitfout af. Stel bijvoorbeeld dat in plaats van 1 cm slib een sliblaag van 2 cm is afgezet, dat levert bij gelijke zinkconcentraties een 30 % bijdrage van de ingelaten zinkmassa op en daarmee een sluitfout van 29 %. Het is derhalve aannemelijk te maken dat grote binding van zink als voornaamste proces verantwoordelijk is voor het ontstaan van de restterm van de massabalans.

#### 5.4.5 Massabalans infiltratiebassin 2 (zie ook figuur 22)

Analoog met het slibbassin 1 is voor het infiltratiebassin 2 eveneens een massabalans op te stellen volgens:

$$M_{Fout(2)} = M_{in\,fluent(2)} - M_{Beerze} - M_{Bodem(2)} - M_{slib(2)}$$

waarin,

$M_{fout(2)}$	fout in de massabalans infiltratiebassin 2 (g)
$M_{in\,fluent(2)}$	massa via overstort vanuit slibbassin 1 (g)
$M_{Beerze}$	massa naar Grote Beerze (g)
$M_{bodem(2)}$	geïnfiltreerd van bassin 1 naar de bodem (g)
$M_{slib(2)}$	massa aan slib bassin 1 (g)

In tabel 13 is de berekende massa aan zink, verdeeld naar de verschillende termen van de massabalans, samengevat. Een illustratie van de massabalans is weergegeven in figuur 22.

**Tabel 13: Massabalans zink infiltratiebassin 2 (g).**

	In	Uit
Influent	1811 (100 %)	
Naar Grote Beerze		140 (8 %)
Infiltratie naar de bodem		3175 (175 %)
Accumulatie aan slib		2010 (111 %)
Fout balans	3514 (194 %)	

Uit deze balans blijkt dat er driemaal zoveel is vastgelegd als er is ingekomen aan vracht. Blijkbaar is de heterogeniteit van de vastlegging in de bassins groot. Dit geldt ook voor de vastlegging in het 1<sup>e</sup> bassin.

Verschil met de situatie van het slibbassin 1 is dat het influent met een totaal van 1811 gr aan zink gedurende een kortere periode is ingelaten (26 september-11 oktober 2006 versus een totale duur van 26 september-3 november 2006 voor ingelaten bemalingswater in slibbassin 1), Vanaf 30 september 2006 is slechts gedurende een kleine week 140 gr aan zink via het effluent naar de Grote Beerze afgevoerd. Infiltratie naar het grondwater en accumulatie aan slib heeft gedurende de gehele infiltratieproefperiode (26 september-3 november 2006) plaats kunnen vinden. Voor de verlies posten van zink via infiltratie naar het grondwater is maximaal 3175 gr berekend, voor de vastlegging aan het slib 2010 gr.

Uit bovenstaande blijkt dat de massa ingelaten zink (1811 g) in potentie geheel kan worden afgevoerd via het grondwater en/of via vastlegging aan het slib. Met andere woorden, niet alle capaciteit van binding van zink aan slib of verlies via infiltratie is benut. Indien uitgegaan wordt van volledige infiltratie naar het grondwater (maximaal 3175 gr zink) en binding aan slib (2010 gr zink) ontstaat een zinktekort van 3514 gr. Deze restterm in de massabalans is terug te brengen tot veel kleinere waarden indien minder slibvolume in het infiltratiebassin 1 is afgezet dan is berekend, er sprake is van lagere zinkconcentraties aan het slib dan met 180 mg/kg is gemeten en in mindere mate de zinkconcentraties in het infiltrerende grondwater lager zijn dan is gemeten.

#### Vanuit een andere optiek bekeken

Uit de massabalans van het slibbassin 1 en het infiltratiebassin 2 verdwijnt in totaal een zinkmassa van 5074 gr (=1899+3175 gr) via infiltratie naar de ondergrond. Dat is maximaal 51 % van het aangevoerde zink via het bemalingswater. Hiervan is maximaal 227 gr zink terug te vinden als toegenomen zinkgehalten in het grondwater (2 % van totale zinkmassa). De overige zinkmassa (49 % van totaal aangevoerde zinkmassa) moet dus vastgelegd zijn aan de vaste fase van de bodem bij passage van het infiltratiewater door de bassinbodem.

Als uitgegaan wordt van de totale massabalans voor zink (aangevoerde zinkmassa= 9.973 g) blijkt dat:

- 1 % is geloosd op de Beerze (140 g)
- 4 % is vastgelegd in de ontijzeringscontainer (432 g)
- 83 % is vastgelegd in de bovengrond en het slib (8.293 g)
- 2% is aangevuld in het grondwater (227 g)
- 9 % is onbekend (881 g)

### *Cadmium*

Het gedrag van cadmium volgt in grote lijnen dat van zink. Ook voor cadmium geldt dat de gemeten concentraties in bassin 1 lager zijn dan het influent tijdens de infiltratie van water uit De Vloed. De concentraties in De Vloed waren 4,9 µg/l respectievelijk 9,2 µg/l op 6 en 18 oktober. Uit de overige onttrekking komt 1 µg/l, zodat de verwachte concentratie (30% De Vloed) circa 3 µg/l is. Op 18 oktober is 1,5 µg/l gemeten, een verschil van 50%. De zink/cadmium verhouding in het influent is ongeveer 300 g/g, in het influent van De Vloed 600 g/g. In bassin 1 is de verhouding vrijwel constant 300 g/g. Op 5 oktober was de verhouding in de stroom van bassin 1 naar 2 en het effluent opmerkelijk genoeg 600 g/g. Voor de massabalans van cadmium in bassin 1 heeft dit echter nauwelijks effect. De verhouding in het bodemmateriaal vertoont geen trend: nulmeting:130, eindmeting 150, meting toplaag 0-10 cm 128 g/g. De laatste waarde wordt sterk beïnvloed door de verhoogde detectiegrens. De spreiding in de zink/cadmium verhouding van de bodemmonsters is groot (60 – 300 g/g).

### *Verdunning tijdens infiltratie*

In de nul-situatie is het poriënwater in de bodem gevuld met relatief schoon water. Dit water wordt verdrongen door het verontreinigde infiltratiewater. Hierbij treden twee fenomenen op, die als resultaat hebben dat de gemeten concentraties in de peilbuizen geleidelijk toenemen:

- het concentratiefront vervaagt doordat de adsorptiesnelheid aan de bodem beperkt is. Bij (lineaire) evenwichtsadsorptie is de verspreiding trager, maar blijft het front scherp. Bij infiltratiesnelheden van 0,15 m/d speelt de diffusiesnelheid naar de adsorptieplekken naar verwachting een belangrijke rol.
- de infiltratie is niet uniform over het gebied. Via voorkeursstroombanen zal een gedeelte van het infiltratiewater snel de peilfilters bereiken terwijl ook schoon poriënwater toestroomt. Dit effect veroorzaakt tijdelijk verdunning en een geleidelijke stijging van de concentraties.
- verdunning door toestromend grondwater speelt tijdens de infiltratieproef geen rol. Na de proef zullen de verontreinigingen door regenwater en toestromend grondwater langzaam uitgeloozd worden. Hierbij speelt verdunning door voorkeursstroming wel enige rol (dispersie).

## 6 BEVINDINGEN INFILTRATIEPROEF

Uit de toepassing en resultaten van de infiltratieproef komen de volgende bevindingen naar voren:

### *Veldwerkzaamheden*

- De belangrijkste randconditie voor het uit kunnen voeren van de infiltratieproef was de aanvoer van voldoende bemalingswater. De beslissing om de pilot study alsnog door te laten gaan in een periode van langdurige droogte was alleen mogelijk door langdurige metingen van de lokale grondwaterstand voorafgaand aan de infiltratieproef, waarmee de trend van een weer stijgende grondwaterstand inzichtelijk werd gemaakt.

### *Inlaatdebiet*

- Het totaal ingelaten volume aan bemalingswater in de infiltratievoorziening bedroeg over de periode 26 september-3 oktober 2006 in totaal 7.676 m<sup>3</sup>.

### *Neerslag*

- Tijdens uitvoering van de infiltratieproef werd op de locatie tussen 26 september-3 oktober 2006 in totaal 68.2 mm aan neerslag gemeten.

### *Verdamping*

Het totaal aan referentie gewasverdamping volgens Makking bedroeg tijdens de infiltratieperiode 42.2 mm.

### *Berging*

- Aan de hand van uurlijkse divermetingen van het oppervlaktepeil in de bassins is het dynamische proces van berging in de infiltratievoorziening inzichtelijk gemaakt.
- Kwantificering van de bergingsterm in de waterbalans vergroot de betrouwbaarheid van het afgeleide infiltratiedebiet als restterm van de waterbalans.
- Het bergingsvolume in het voorste slibbassin bedroeg 700 m<sup>3</sup> en in het achterste infiltratiebassin 1380 m<sup>3</sup>. Bij maximaal waterpeil tot aan stortniveaus kon maximaal 2080 m<sup>3</sup> aan bemalingswater worden geborgen.

### *Afvoerdebiet*

- Via de overstort van het slibbassin naar het infiltratiebassin is in totaal 1.500 m<sup>3</sup> afgevoerd. De afvoer van bassinwater via de overstort naar de Grote Beerze heeft minder dan 1 week geduurd en bedroeg in totaal 544 m<sup>3</sup> (gemiddeld 5-6 m<sup>3</sup>/uur).

### *Lekkagedebiet via dijken*

- Mede vanwege geringe doorlatendheden van de dijklichamen is het lekkagedebiet naar buiten de infiltratievoorziening verwaarloosbaar klein.

### *Infiltratiedebiet*

- Op grond van waterbalansberekeningen blijkt het infiltratiedebiet voornamelijk bepaald te worden door de grootte van het inlaatdebiet, overstortdebiet en bergingsveranderingen. Effecten van neerslag, verdamping en lekkage via de kades zijn van mineure betekenis.



- In het slibbassin bereikt de infiltratie maximale waarden van ca. 300 m<sup>3</sup>/dag in een periode van maximale waterniveaus. In het achterliggende infiltratiebassin wordt een maximaal infiltratiedebiet bereikt van ca. 150 m<sup>3</sup>/dag (ca. 0.15 m/d). Verschillen in het infiltratiedebiet tussen beide bassins zijn het gevolg van de onderlinge peilverschillen.

#### *Geochemie*

- Het infiltrerende water heeft de macro-chemie in de peilbuizen onder de bassins en de referentiebuizen 11 en 12 sterk beïnvloed: het grondwater is aëroob geworden. In de peilbuizen onder de bassins is het gehalte zware metalen gestegen. Adsorptie aan de vaste bodemdeeltjes heeft slechts een beperkte invloed gehad.
- Het inlaten van sterk verontreinigd bemalingswater met zink heeft niet geleid tot sterk verhoogde zinkconcentraties in het bassinwater. Hiermee is een grote afwijking in de massabalans ontstaan. Het verdwijnen van zink uit het bassinwater kan verklaard worden door binding van zink aan neergeslagen ijzer of fijne slibdeeltjes in het bassin.
- Uit verhoogde ijzerconcentraties in slib blijkt dat wel ijzerhydroxides neerslaan, waaraan zware metalen zich kunnen binden. Aan de hand van massabalansberekeningen gebaseerd op maximale zinkconcentraties aan slib en een geschat slibvolume is de bijdrage van gebonden zink aan slib geschat op 15 % voor het slibbassin. Deze bijdrage kan oplopen tot ca. 60 % wanneer rekening wordt gehouden met een groter slibvolume en hogere zinkconcentraties aan slib dan de enkele metingen aangeven.

## 7 CONCLUSIES

Op basis van de opgedane ervaringen van de infiltratieproef van met zware metalen verontreinigd grondwater worden de volgende conclusies getrokken:

- Toepassing van een ontijzeringsinstallatie middels een containerbak met straatklinkers heeft niet geleid tot een sterke afname van zware metalen in het ingelaten bemalingswater. Terwijl het ijzergehalte na passage van de installatie sterk is afgenomen (tot 90 %) is vastlegging van zink aan de gevormde ijzerhydroxiden in de containerbak beperkt gebleken (4 %).
- Een groot deel van de massa ingelaten zink verdwijnt door middel van vastlegging aan neergeslagen ijzer en/of fijne slibdeeltjes. Dit is af te leiden op basis van een opgestelde massabalans voor het aangevoerde zink in het slibbassin na aftrek van (gemeten) verliesposten als infiltratie naar het grondwater en overstort naar het aangrenzende bassin. De bijdrage van vastlegging van zink in het slibbassin 1 kan oplopen tot 60 %.
- In de opgestelde massabalans voor zink is een afwijking ontstaan tussen het (gemeten) aan- en afgevoerde zink en het vastgelegde zink. Op basis van beschikbare analyses en meetgegevens is in eerste instantie een sluitfout van 45 % vastgesteld. Indien wordt uitgegaan van meer afgezet slibvolume en hogere zinkconcentraties aan het slib is deze sluitfout sterk te reduceren en neemt de bijdrage van vastlegging aan slib toe van 15 % naar ca. 60 %.

- Daarnaast vindt belangrijke vastlegging van zink aan de vaste fase van de bodem plaats bij passage van infiltrerend bassinwater naar de ondergrond. Voor beide bassins is dit maximaal 49 % van de totaal ingelaten zinkmassa.
- Het aandeel van het grondwater in de massabalans onder beide bassins is verwaarloosbaar klein (2 %) ten opzichte van de totale hoeveelheden zink in het influent. Verslechtering van de grondwaterkwaliteit is derhalve beperkt. Met een kortdurende overstort van zink moet het overgrote deel van de aangevoerde zink dus achtergebleven zijn in de bassins.
- Uit de totale massabalans voor zink blijkt dat van de totale aangevoerde zinkmassa (=9.973 g):
  - 1 % is geloosd op de Beerze (140 g)
  - 4 % is vastgelegd in de ontijzeringscontainer (432 g)
  - 83 % is vastgelegd in de bovengrond en het slib (8.293 g)
  - 2% is aangevuld in het grondwater (227 g)
  - 9 % is onbekend (881 g)
- Voor cadmium gelden in principe dezelfde conclusies als voor zink, maar cadmium is in lagere concentraties aanwezig (factor 300-600).
- Met de infiltratie van met zware metalen verontreinigd bemalingswater treedt een beperkte en tijdelijke verslechtering op van de grondwaterkwaliteit. Overwogen kan worden om aanvullende maatregelen toe te passen om het grondwater te beschermen tegen directe infiltratie van met zware metalen verontreinigd bemalingswater
- Het in de beginfase van de infiltratieproef inlaten van matig met zware metalen verontreinigd bemalingswater onder hoge debieten is achteraf niet voordelig gebleken voor een gunstig resultaat van de pilot study. Het vervolgens afkoppelen van drains en knippen in de onttrekkingsdebieten in combinatie met de toevoeging van sterk verontreinigd bemalingswater heeft daarentegen een positieve bijdrage geleverd.
- De licht zure bodem en de initieel hoge achtergrondconcentraties zijn achteraf niet bevorderend gebleken voor de geochemische effectiviteit van de infiltratieproef. Onder betere omstandigheden (schonere, minder zure of voorbehandelde bodems) is het zuiverende effect van de bodem groter en zou geen verandering van de zinkconcentratie in het grondwater op 2 m diepte optreden. Verlenging van de infiltratieproef had niet tot andere conclusies geleid.
- Het pakket dekzanden aan het maaiveld wordt gekarakteriseerd door relatief hoge percentages fijne fracties met als gevolg lage doorlatendheden en infiltratiecapaciteiten (< 5 m/d). Infiltratiemogelijkheden bij toekomstige bemalingen in dit pakket worden mede hierdoor sterk beperkt. Significante verschillen in infiltratiecapaciteit tussen een humeuze toplaag en het onderliggende (dek)zand zijn niet aangetoond.

- Geschatte infiltratiesnelheden op basis van gemeten potentiaalverschillen en geschatte weerstanden variëren voor het infiltratiebassin tussen 0.2-0.8 m/d. De toename in de infiltratiesnelheden die hierbij is gevonden in de richting van de Grote Beerze, is zeer waarschijnlijk het gevolg van grover wordende sedimenten, waarin de peilbuizen zijn ingericht. Onderlinge verschillen in infiltratiesnelheden tussen gespitte toplaag en ontgraven zanden zijn niet gevonden.

Op grond van bovenstaande conclusies blijkt dat significante vastlegging door de zandige bodem plaatsvindt bij infiltratie van in bemalingswater aanwezige zware metalen, waarbij geen verschillende effecten optreden tussen een humeuze toplaag en een zandige ondergrond. Het proces van vastlegging is niet homogeen verdeeld over het bassin. Daarnaast is gebleken dat het infiltratieproces goed inzichtelijk is gemaakt aan de hand van monitoring van diverse variabelen van de waterbalans en massabalans op basis waarvan het infiltratiedebiet en vastlegging van zware metalen kon worden afgeleid.

## 8 AANBEVELINGEN

Op basis van de verkregen resultaten van deze pilot study wordt het volgende aanbevolen:

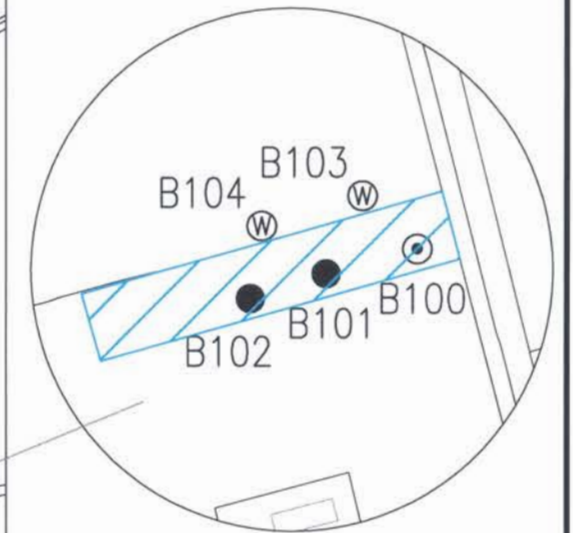
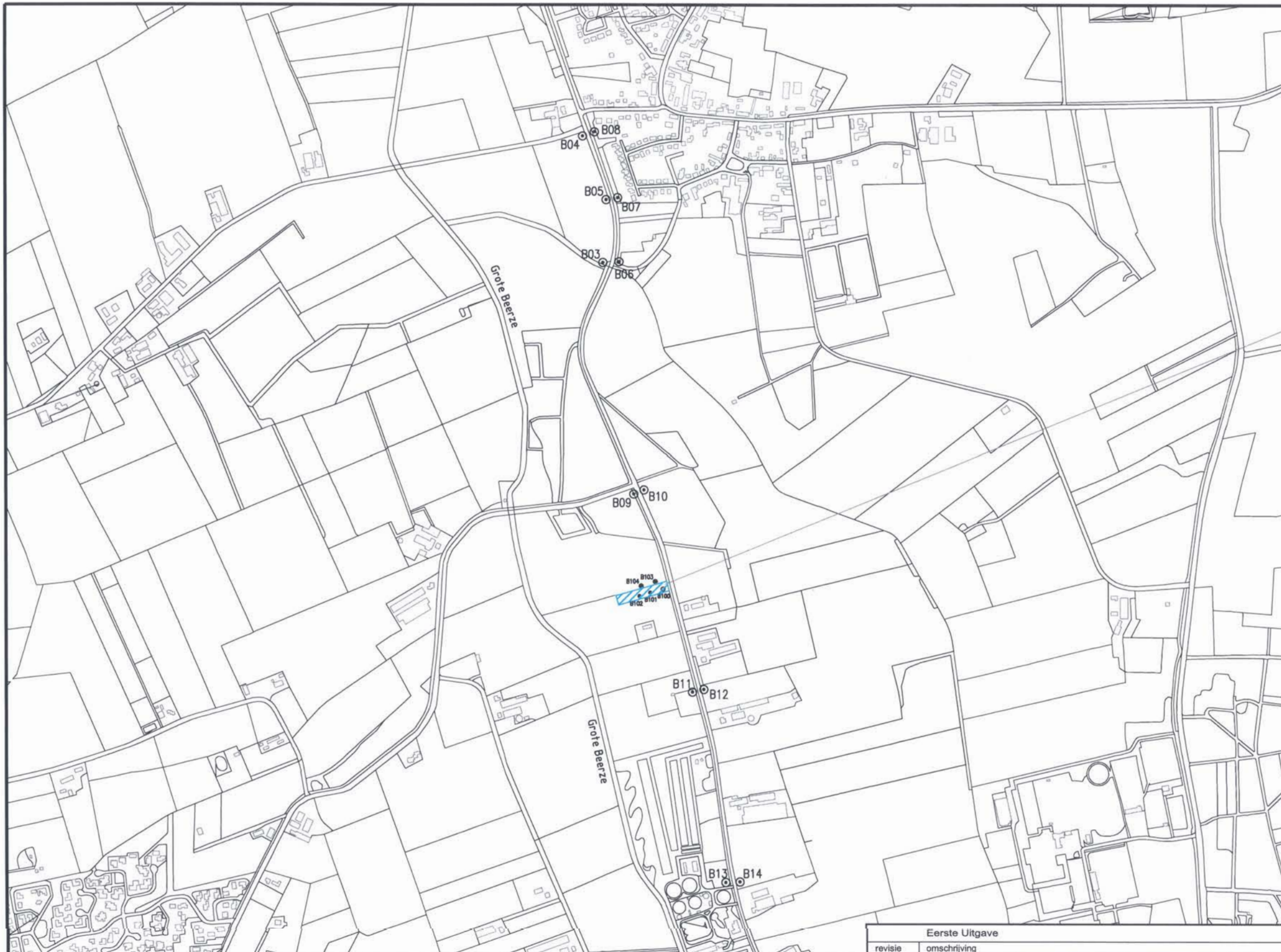
- Gezien de verkregen resultaten kan infiltratie van met zware metalen verontreinigd bemalingswater technisch goed uitgevoerd worden.
  - Uitgevoerde methode van infiltratie van met zware metalen verontreinigd bemalingswater biedt een oplossing voor het vraagstuk van het vastleggen van zware metalen uit het bemalingswater aan de vaste fase.
- Toepassing van hulpmiddelen c.q. additieven kunnen de vastlegging van zware metalen aan de vaste fase bevorderen. Een voorbeeld hiervan is het bekalken van de bodem voor de infiltratie of het verhogen van de pH in het slibbassin. De toegenomen accumulatie van zware metalen aan slib is nadelig met betrekking tot de afvoer van verontreinigd slib.
- Mocht de pilot study elders worden herhaald, wordt aanbevolen de monitoring anders in te richten met een fijnere bemonstering van de bodemlagen (lagen  $\ll$  30 cm) en een groter verschil in verontreinigingsgraad van zware metalen tussen input en output. Tevens is het voordelig om bij een herhalingsproef mee te liften op bestaande of geplande bemalingen.
- Aanbevolen wordt om specifiek voor de Kempen een document op te stellen waarin de randvoorwaarden en beperkingen van toekomstige bemalingen worden vastgelegd. Een dergelijk document schept duidelijkheid voor diverse partijen die gemoeid zijn met toekomstige bemalingen (waterschappen, provincies, gemeenten, aannemers, consultants, etc.). Te denken valt aan het vaststellen van randvoorwaarden ten aanzien van regelgeving (wat is wel/niet acceptabel?), de grootte van het infiltratiedebiet en de mate van bodemkwaliteit.

- Toepassing van lokale metingen van de neerslag in de waterbalans verdient de voorkeur boven het gebruik van metingen van het dichtstbijzijnde KNMI-station. Grote afwijkingen tussen beide meetlocaties zijn met name te verwachten in perioden met een sterk buig karakter.
- Met betrekking tot verdamping kunnen voor het opstellen van de waterbalans meetgegevens van het dichtstbijzijnde KNMI-station worden toegepast in plaats van lokale metingen. De fout die hierdoor wordt geïntroduceerd is bij toepassing van hoge onttrekkingsdebieten (10-tallen m<sup>3</sup>/uur) relatief klein.

## REFERENTIES

- Geofox-Lexmond, 2006a: Grondwateronderzoek Gagelvelden. Kenmerk 20053077/JAKE, 4 januari 2006;
- Geofox-Lexmond, 2006b: Briefrapportage (water)bodemonderzoek Casterstedijk te Casteren. Kenmerk 20060280/DZUT;
- Inpijn-Blokpoel, 2005: Persleiding Netersel Hapert. Bemalingsonderzoek. Kenmerk VG-9811A;
- Inpijn-Blokpoel, 2006: Persleiding Netersel Hapert. Infiltratie bemalingswater. Kenmerk VG-9811B;
- KNMI, 2007: Daggegevens van het weer in Nederland. Klimaatdata en advies;
- Royal Haskoning, 2006: Infiltratievoorziening Hapert. Notitie dd.12 juni 2006. Kenmerk 9R7485.A0;
- Westvoort, 2006: Projectplan persleiding Netersel-Hapert. Besteknummer 1-2005. Kenmerk 18604.

**Figuur 1**  
**Overzicht boorlocaties vooronderzoek (A3-Geofox incl.**  
**locaties A en B)**



Infiltratievoorziening

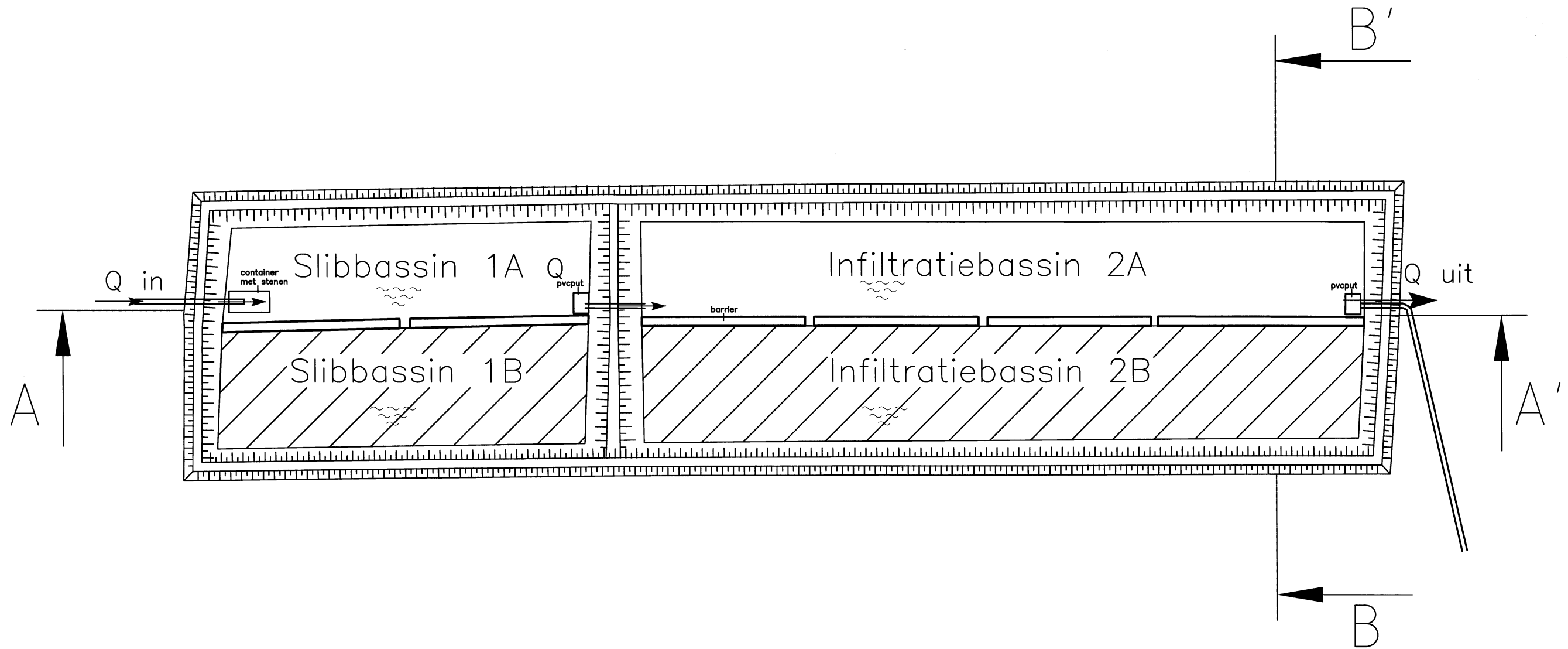
**Legenda**

- B101 ● boring
- B103 ⊗ boring in waterbodem
- B100 ⊙ peilbuis
- infiltratievoorziening



Eerste Uitgave		HD	EvMI	FJO	03.MEI.2007
revisie	omschrijving	getek.	gecontr.	accoord	datum
opdrachtgever <b>Actief Bodembeheer de Kempen</b>		project <b>Monitoring infiltratievoorziening te Casteren</b>			
omschrijving <b>Overzicht boorlocaties vooronderzoek Castersedijk te Hapert</b>		Boschveldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch +31 (0)73 687 41 11 +31 (0)73 612 07 76 info@den-bosch.royalhaskoning.com www.royalhaskoning.com		 <b>ROYAL HASKONING</b> Bodem	
formaat A3	schaal 1:10000	fase DEFINITIEF		projectnummer 9S0316	tekeningnummer / 010

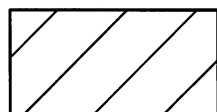
## **Figuur 2** **Bovenaanzicht infiltratievoorziening**



## Legenda

Q

debietmeting en kwaliteitsmeting



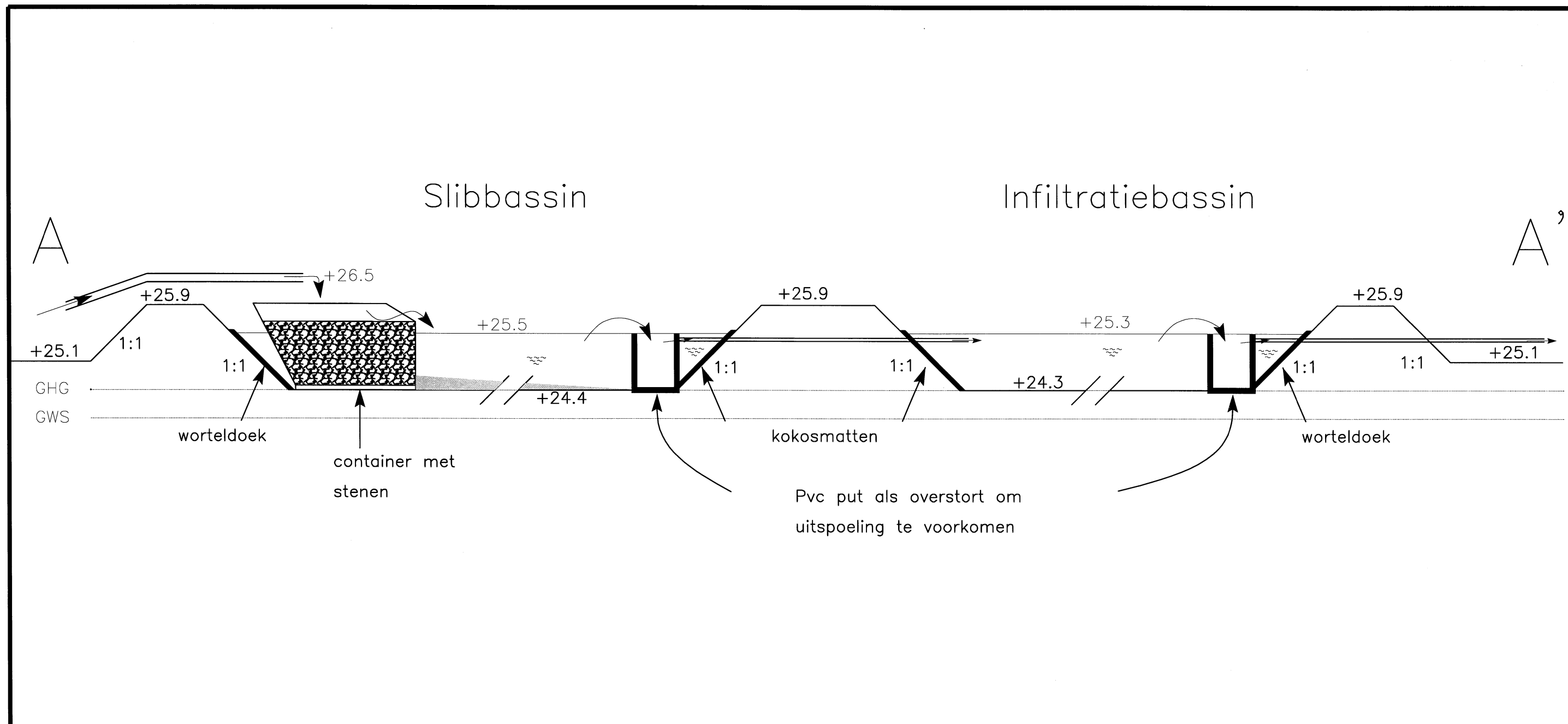
bassin met gespitte toplaag

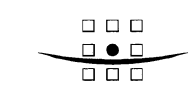
Eerste Uitgave		HD	EvMI	FJO	22.FEB.2007
revisie	omschrijving	getek.	gecontr.	accoord	datum
opdrachtgever <b>Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)</b>			project <b>Infiltratievoorziening Hapert</b>		
omschrijving <b>Bovenaanzicht</b>		Boschveldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch +31 (0)73 687 41 11 +31 (0)73 612 07 76 info@den-bosch.royalhaskoning.com www.royalhaskoning.com		HASKONING NEDERLAND B.V. A COMPANY OF  <b>ROYAL HASKONING</b> Bodem	
formaat A4	schaal 1:750	fase DEFINITIEF	projectnummer 9S0316	tekeningnummer / 009	



### **Figuur 3**

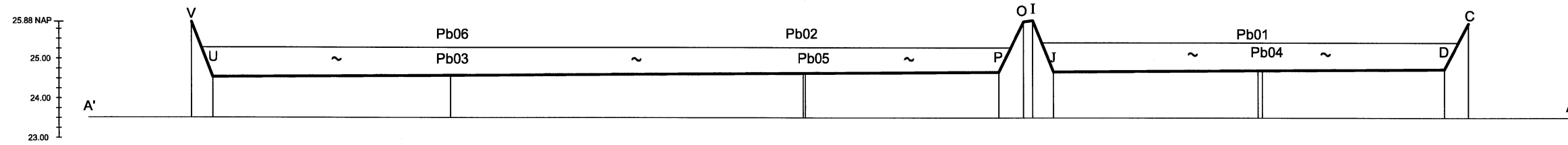
## **Doorsnede A-A' infiltratievoorziening**



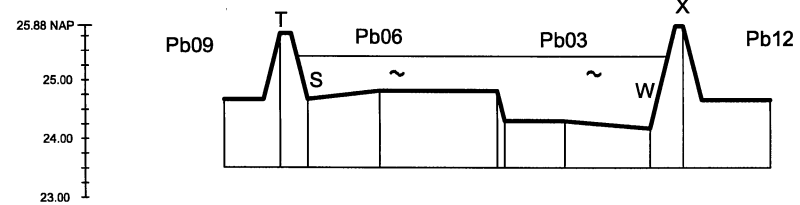
Eerste Uitgave		HD	EvMI	FJO	22.FEB.2007
revisie	omschrijving	getek.	gecontr.	accoord	datum
opdrachtgever <b>Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)</b>			project <b>Infiltratievoorziening Hapert</b>		
omschrijving <b>Doorsnede A - A'</b>		Boschveldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch +31 (0)73 687 41 11 +31 (0)73 612 07 76 info@den-bosch.royalhaskoning.com www.royalhaskoning.com		HASKONING NEDERLAND B.V. A COMPANY OF  <b>ROYAL HASKONING</b> Bodem	
formaat A4	schaal 1:100	fase DEFINITIEF	projectnummer 9S0316	tekeningnummer / 005	

**Figuur 4**  
**Doorsnede B-B' infiltratievoorziening**

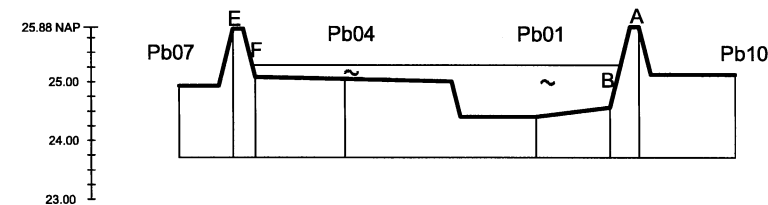
Lengteprofiel A'-A




Dwarsprofiel Pb09-Pb12

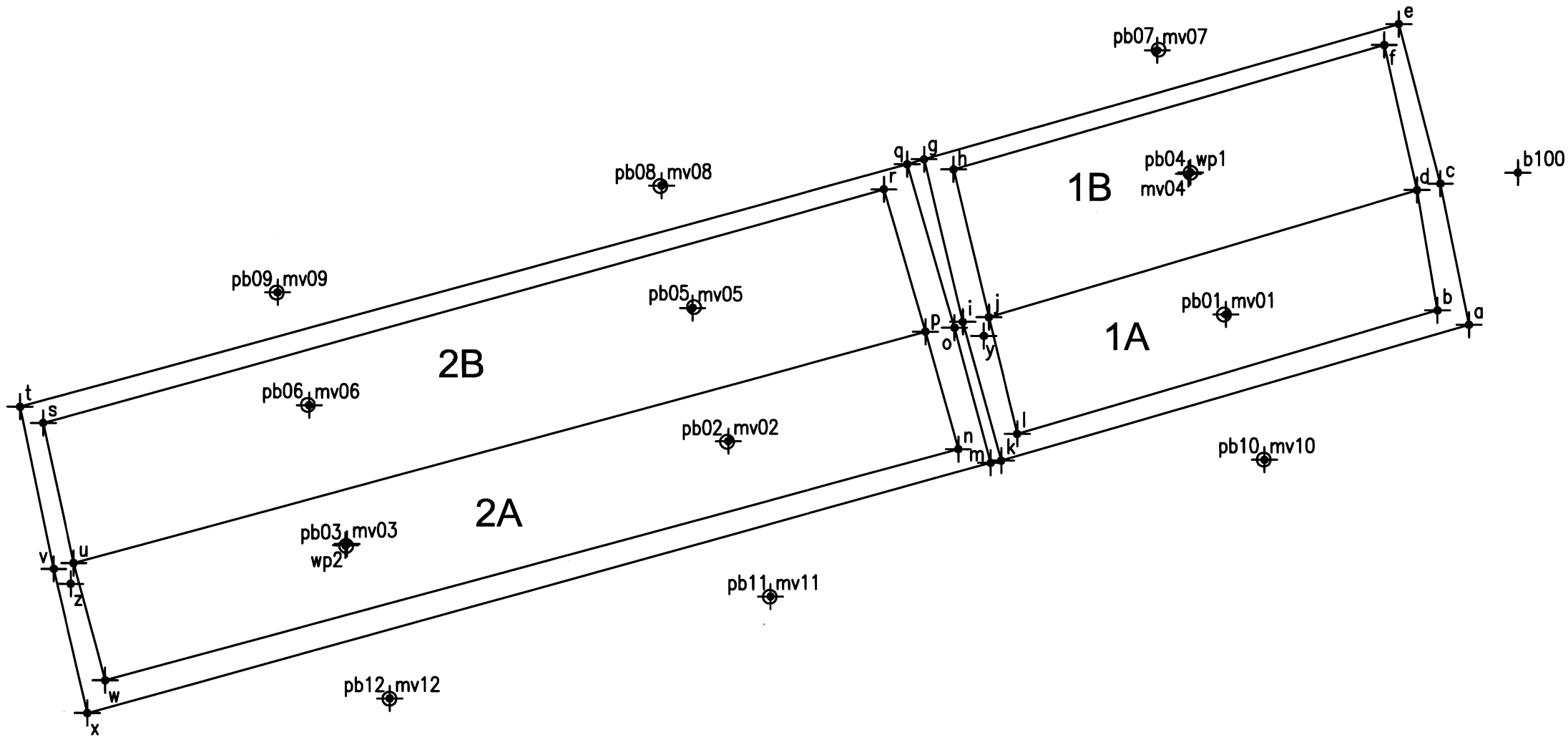


Dwarsprofiel Pb07-Pb10



Eerste Uitgave		HD	EvMI	FJO	01.FEB.2007
revisie	omschrijving	getek.	gecontr.	accoord	datum
opdrachtgever Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)			project Infiltratievoorziening Hapert		
omschrijving Profielen		Boschveldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch +31 (0)73 687 41 11 +31 (0)73 612 07 76 info@den-bosch.royalhaskoning.com www.royalhaskoning.com		Telefoon Fax E-mail Internet  <b>ROYAL HASKONING</b> Bodem	
formaat A3	schaal Hor. 1:500, Vert. 1:125	fase DEFINITIEF	projectnummer 9S0316	tekeningnummer / 003A	

## Figuur 5 Locaties meetpunten waterpassing



# Legenda

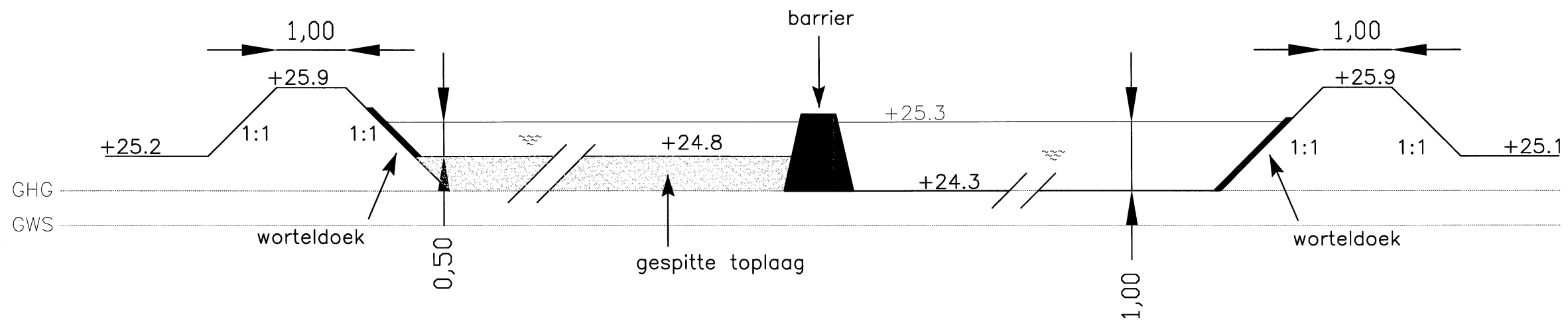
- 06 Peilbuis
- meetpunt waterpassing

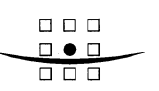
Eerste Uitgave		HD	EvMI	22.FEB.2007	
revisie	omschrijving	getek.	gecontr.	accoord	datum
opdrachtgever <b>Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)</b>			project <b>Infiltratievoorziening Hapert</b>		
omschrijving <b>Locatie meetpunten waterpassing</b>		Boschveldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch +31 (0)73 687 41 11 +31 (0)73 612 07 76 info@den-bosch.royalhaskoning.com www.royalhaskoning.com		HASKONING NEDERLAND B.V. A COMPANY OF  <b>ROYAL HASKONING</b> Bodem	
formaat A4	schaal 1:750	fase DEFINITIEF	projectnummer 9S0316	tekeningnummer / 007	

## **Figuur 6** **Profielen infiltratie voorziening**

B

B'

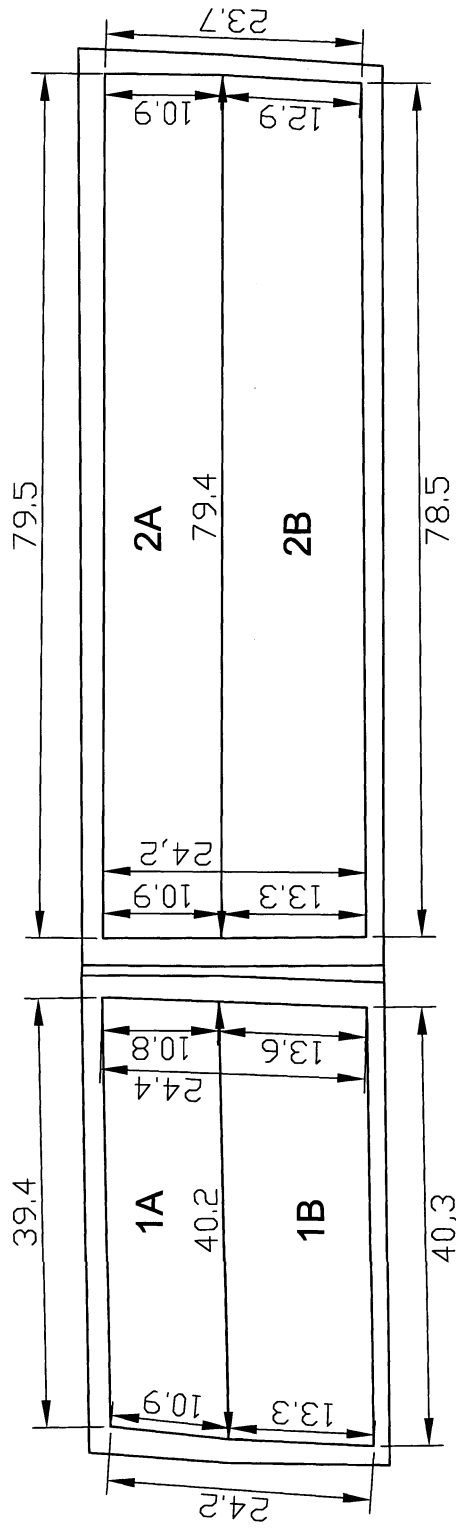


Eerste Uitgave		HD	EvMI	FJO	22.FEB.2007
revisie	omschrijving	getek.	gecontr.	accoord	datum
opdrachtgever <b>Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)</b>			project <b>Infiltratievoorziening Hapert</b>		
omschrijving <b>Doorsnede B-B'</b>		Boschveldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch +31 (0)73 687 41 11 +31 (0)73 612 07 76 info@den-bosch.royalhaskoning.com www.royalhaskoning.com		HASKONING NEDERLAND B.V. A COMPANY OF  <b>ROYAL HASKONING</b> Bodem	
formaat A4	schaal 1:100	fase DEFINITIEF	projectnummer 9S0316	tekeningnummer / 008	



## **Figuur 7**

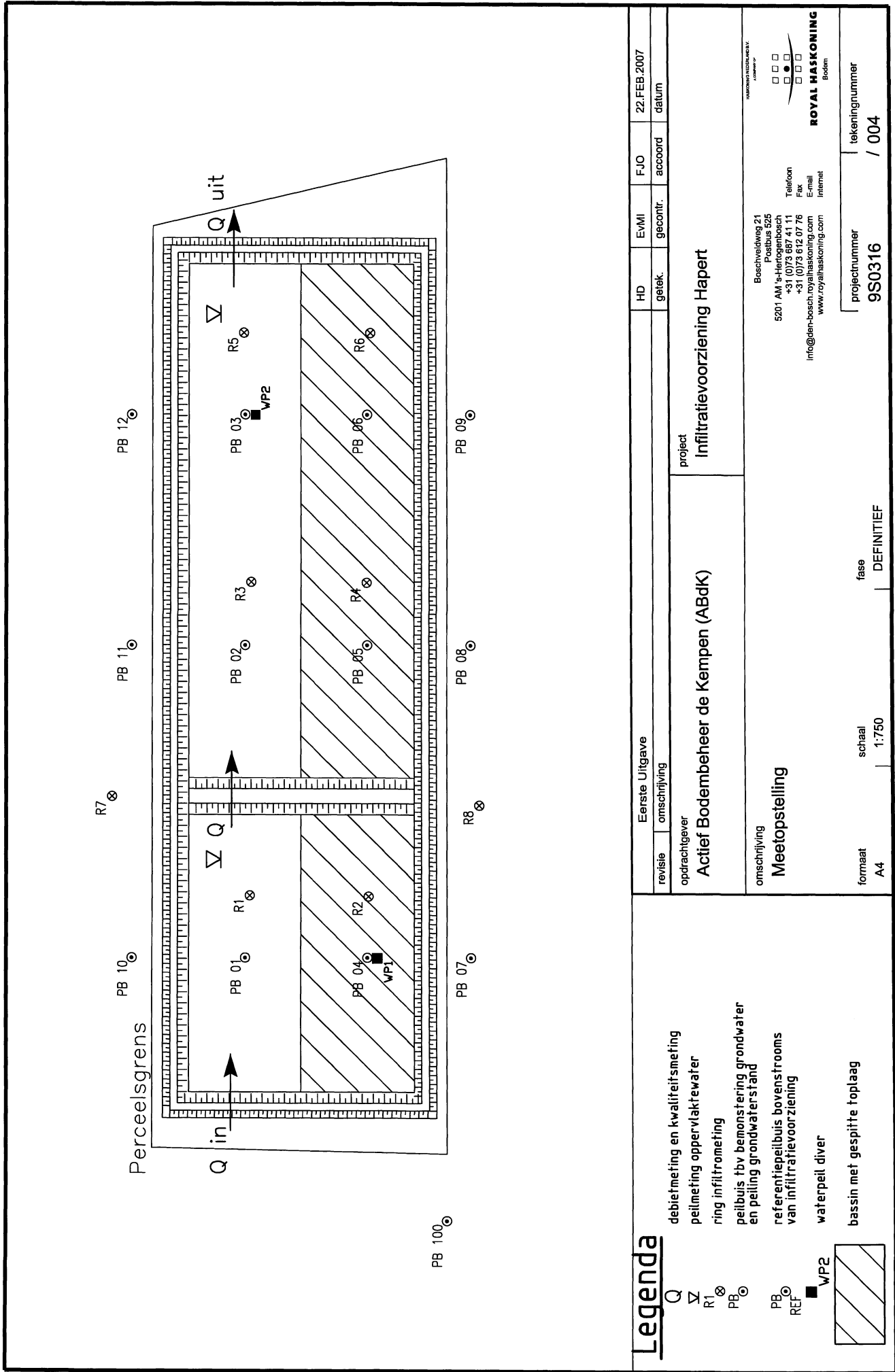
### **Afmetingen infiltratievoorziening**



Eerste Uitgave		HD	EvMI	FJO	22.FEB.2007
revisie	omschrijving	getek.	gecontr.	accoord	datum
opdrachtgever <b>Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)</b>		project <b>Infiltratievoorziening Hapert</b>			
omschrijving <b>Afmetingen infiltratievoorziening</b>		Bescheldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch T: (0)43 877 471 F: (0)43 877 076 E: info@den-bosch-royalhaskoning.com I: www.royalhaskoning.com			
formaat A4	schaal 1:750	fase DEFINITIEF	projectnummer 9S0316	tekeningnummer / 009A	



## **Figuur 8** **Meetopstelling infiltratievoorziening**



### Legenda

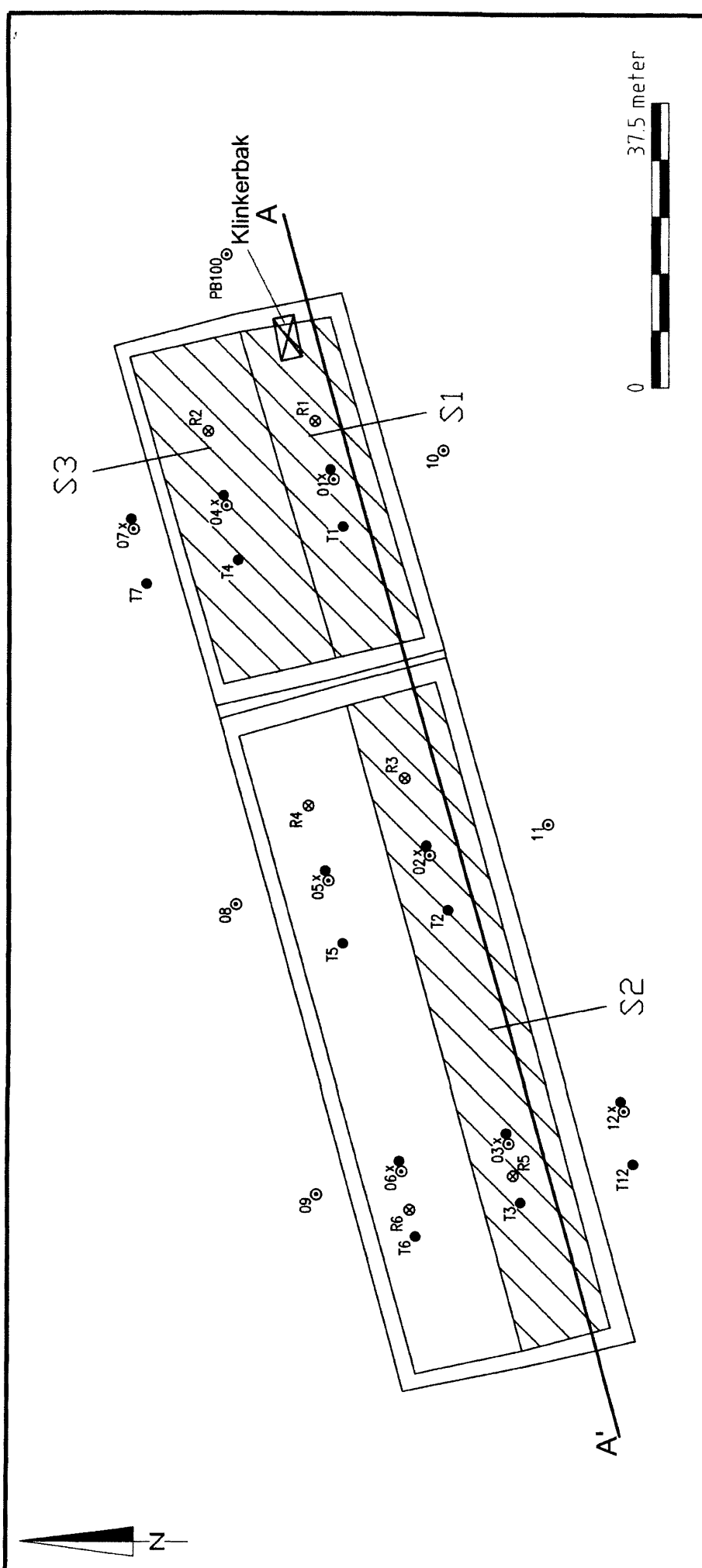
- Q
- Σ Q
- R1 ⊗
- PB ⊗
- PB REF ⊗
- WP2
- 

- debietmeting en kwaliteit-smeting
- peilmeting oppervlaktewater
- ring infiltrrometing
- peilbuis tbv bemonstering grondwater en peiling grondwaterstand
- referentiepeilbuis bovenstrooms van infiltratievoorziening
- waterpeil diver
- bassin met gespitte toplaag

revisie	Eerste Uitgave	HD	EvMI	FJO	22.FEB.2007	datum
opdrachtgever		getek.	gecontr.	accoord		
<b>Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)</b>		project				
<b>Meetopstelling</b>		<b>Infiltratievoorziening Hapert</b>				
omschrijving Boschveldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch +31 (0)73 667 41 11 +31 (0)73 612 07 76 info@ten-bosch.royalhaskoning.com www.royalhaskoning.com Bodem						
formaat A4	schaal 1:750	fase DEFINITIEF	projectnummer 9S0316		tekeningnummer / 004	

## **Figuur 9**

### **Bemonsteringslocaties bovenaanzicht**



A		Tekening aangepast	HD	EVMI	BH	18.JAN.2007
		Eerste Uitgave	EVMI	BHA		18.DEC.2006
		revisie omschrijving	gelek.	gecontr.	accord	datum
opdrachtgever		Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)				
omschrijving		Infiltratievoorziening Hapert				
Bodemonderzoek infiltratievoorziening		Boeschveldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch +31 (0)73 887 41 11 +31 (0)73 612 07 76 info@den-beach.royalhaskoning.com www.royalhaskoning.com				
formaat	A4	schaal	1:750	fase	CONCEPT	lekeningsnummer
				9S0316.01		/ 001

**Legenda**

- 06X ● Boring nulsituatie / eindsituatie
- T6 ● Boring Toptlaag (10 cm-mv)
- R6 ⊗ Ring Infiltrometing
- ▨ Mengmonster sliblaag
- A—A' Dwersdoorsnede A-A'

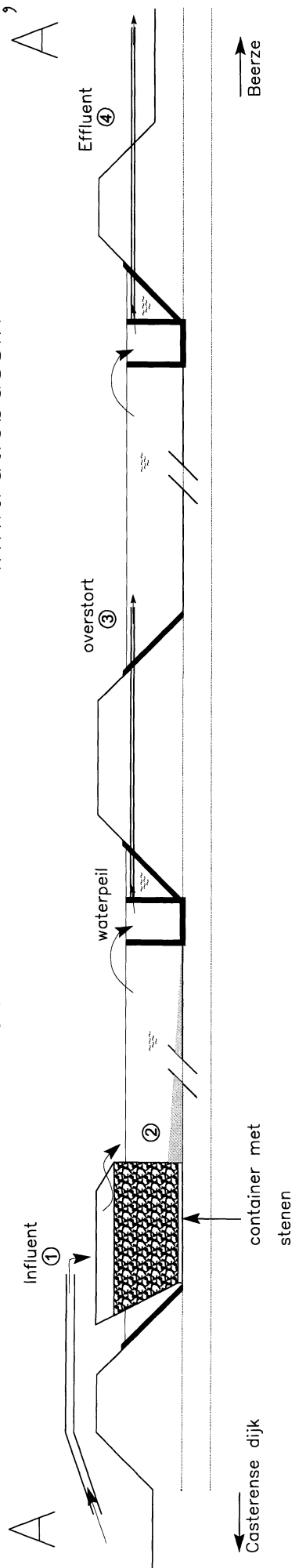


## **Figuur 10**

### **Bemonsteringslocatie lengteprofiel**

# Slibbassin

# Infiltratiebassin



- ① Influent : Bemonsteren op GWL grondwaterpakket + temperatuur
- ② Bassin 1 : Bemonsteren op GWL grondwaterpakket + Redox, O<sub>2</sub>, pH, EC, temp  
Via slangenpomp onder waterpeil bemonsteren
- ③ Overstort : Bemonsteren op GWL grondwaterpakket inclusief Redox, O<sub>2</sub>, pH, EC, temp
- ④ Effluent : Water dat wordt geloosd op de Beerze: bemonsteren op  
GWL grondwaterpakket inclusief Redox, O<sub>2</sub>, pH, EC, temp

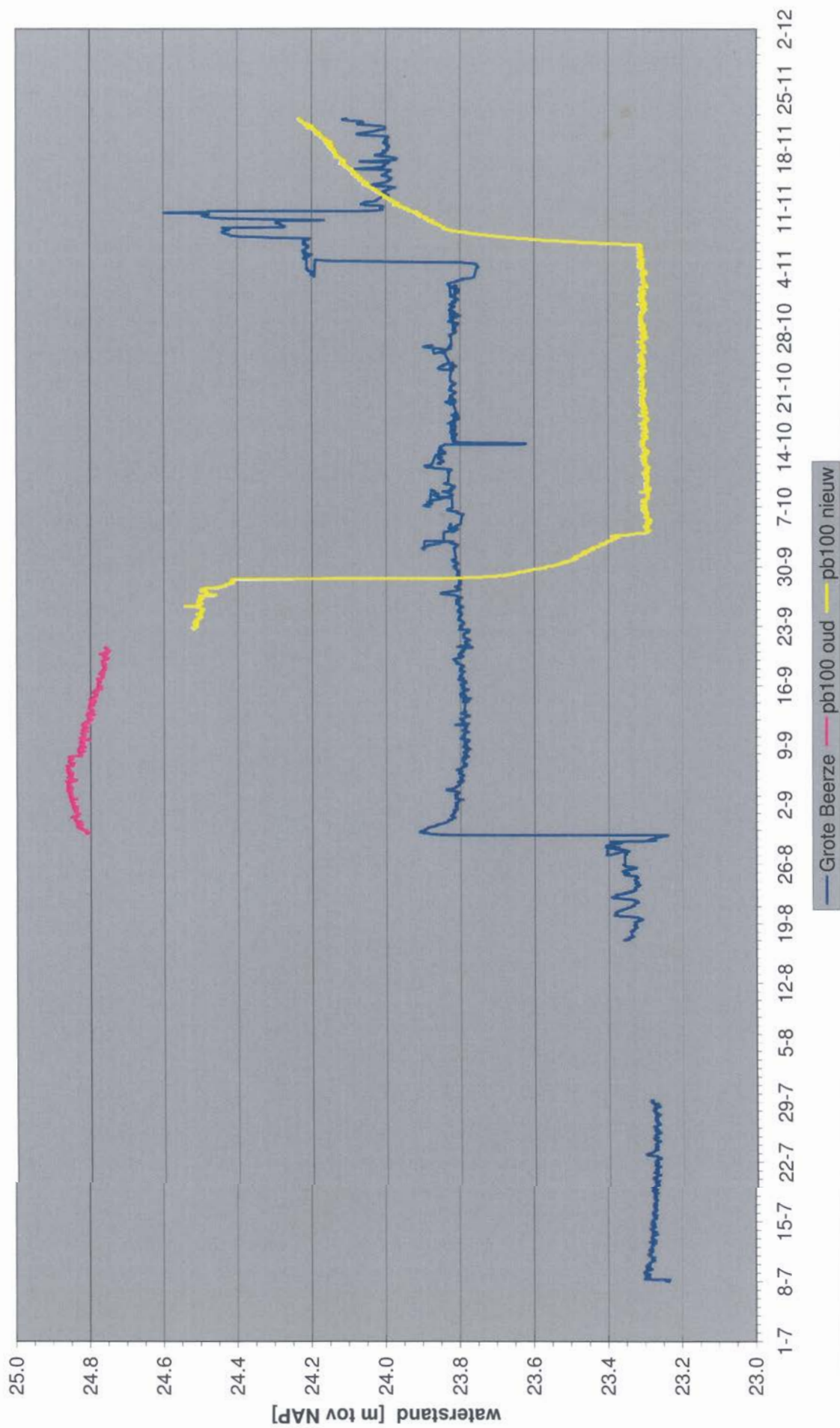
Eerste Uitgave		HD	EVM	FJO	22.FEB.2007
revisie	omschrijving	gelek.	gecontr.	accord	datum
opdrachtgever		project			
Actief Bodembeheer de Kempen (ABdK)		Infiltratievoorziening Hapert			
omschrijving		Bemonsteringspunten			
Boschveldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch +31 (0)73 687 41 11 +31 (0)73 6 12 07 76 info@den-bosch.royalshakoning.com www.royalshakoning.com		Boschveldweg 21 Postbus 525 5201 AM 's-Hertogenbosch +31 (0)73 687 41 11 +31 (0)73 6 12 07 76 info@den-bosch.royalshakoning.com www.royalshakoning.com Beeldm			
formaat	schaal	fase		projectnummer	tekeningnummer
A4	1:100	DEFINITIEF		9S0316	/ 006



## **Figuur 11**

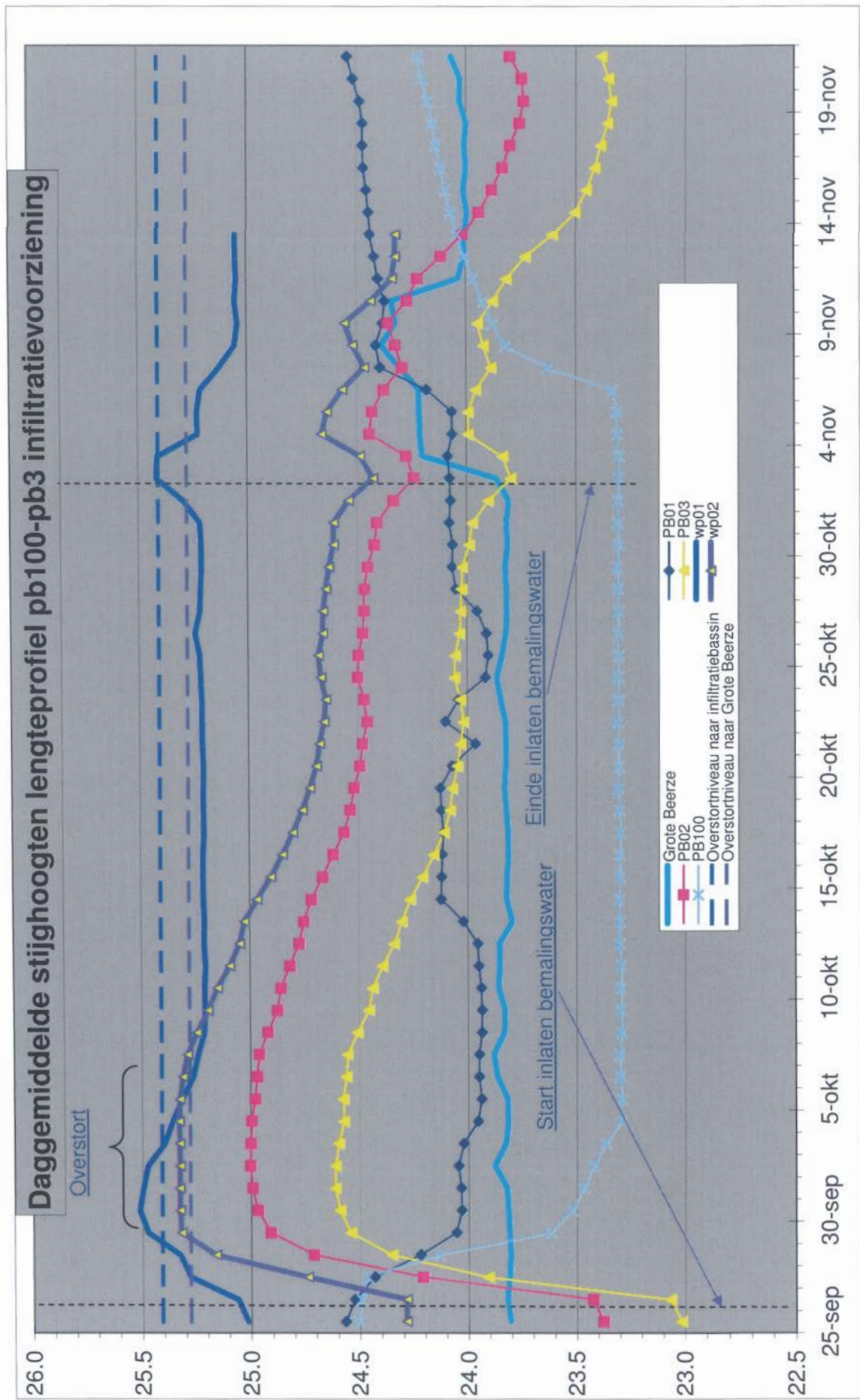
### **Verloop divers Grote Beerze en B100**

### Verloop divers Grote Beerze en peilbuis B100

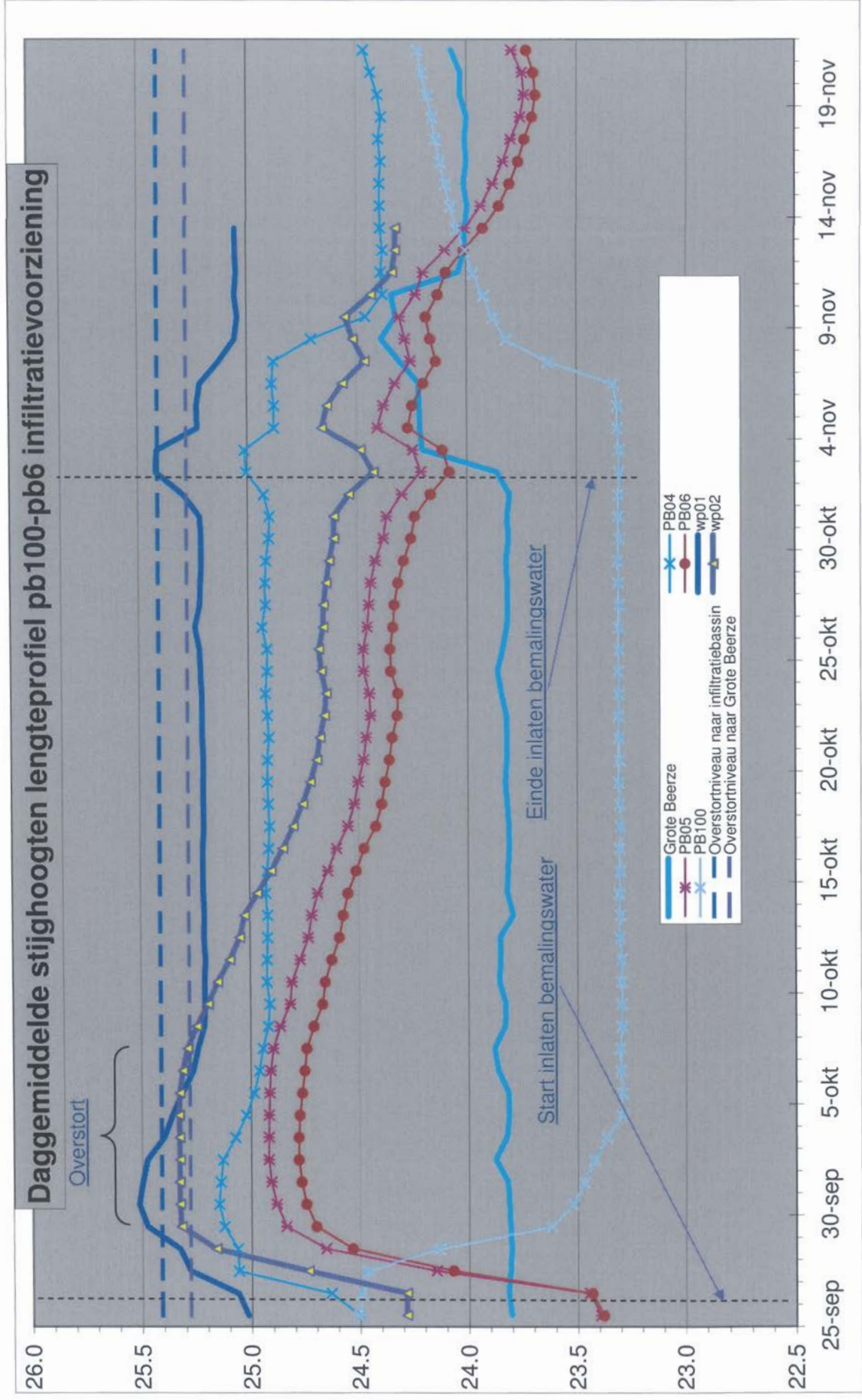


Figuur 11

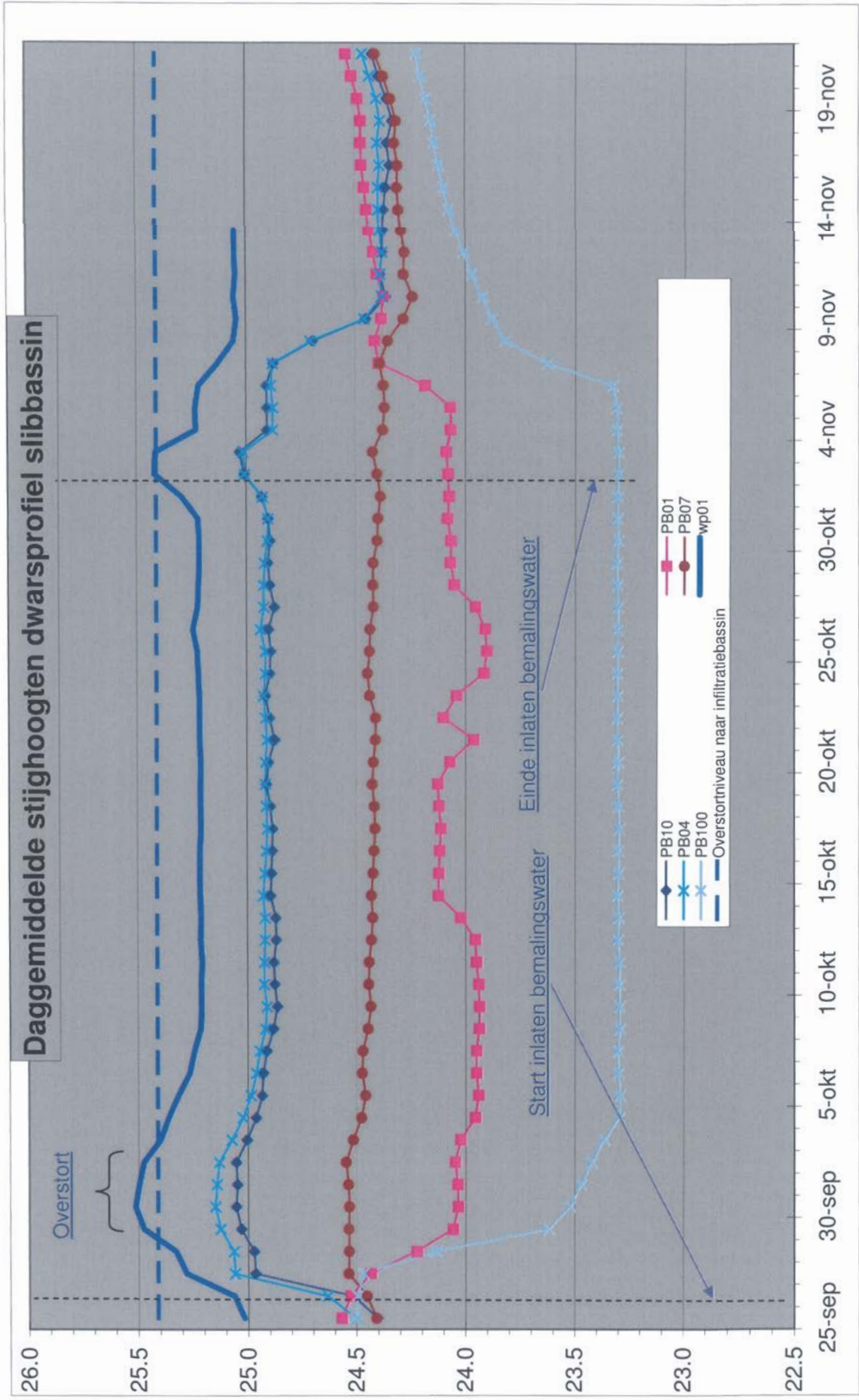
**Figuur 12**  
**Verloop stijghoogten peilbuizen**



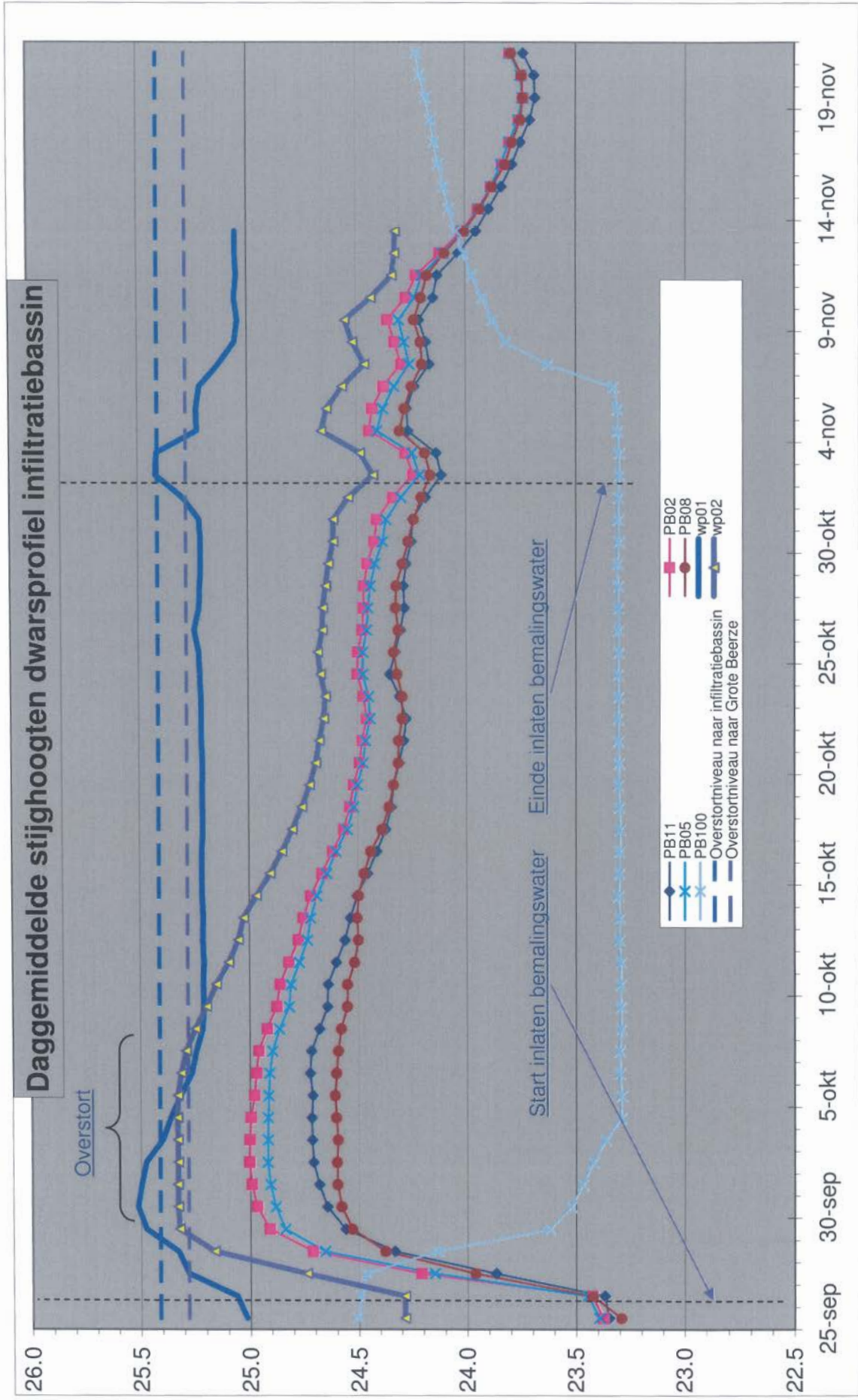
Figuur 12A



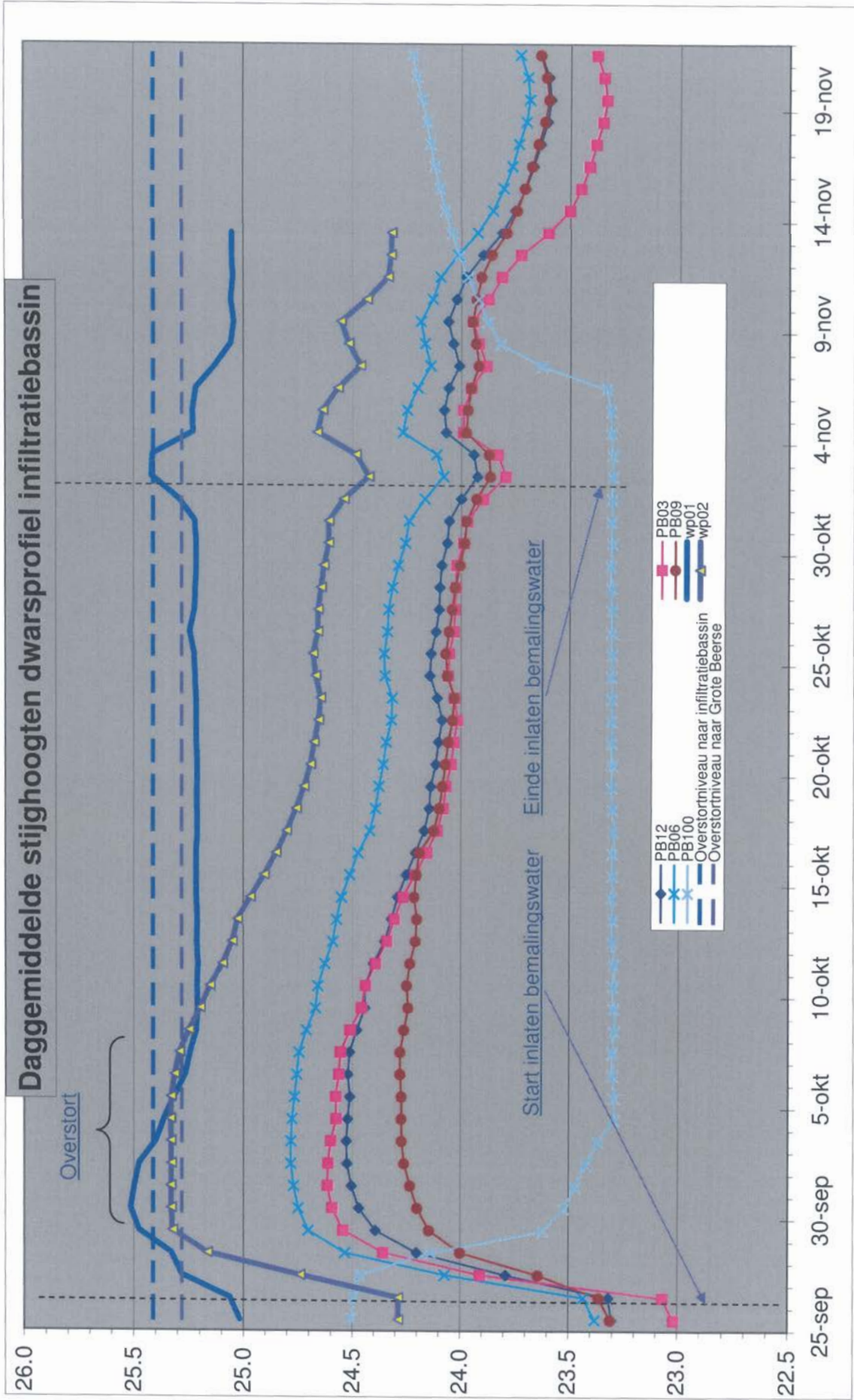
Figuur 12B



Figuur 12C



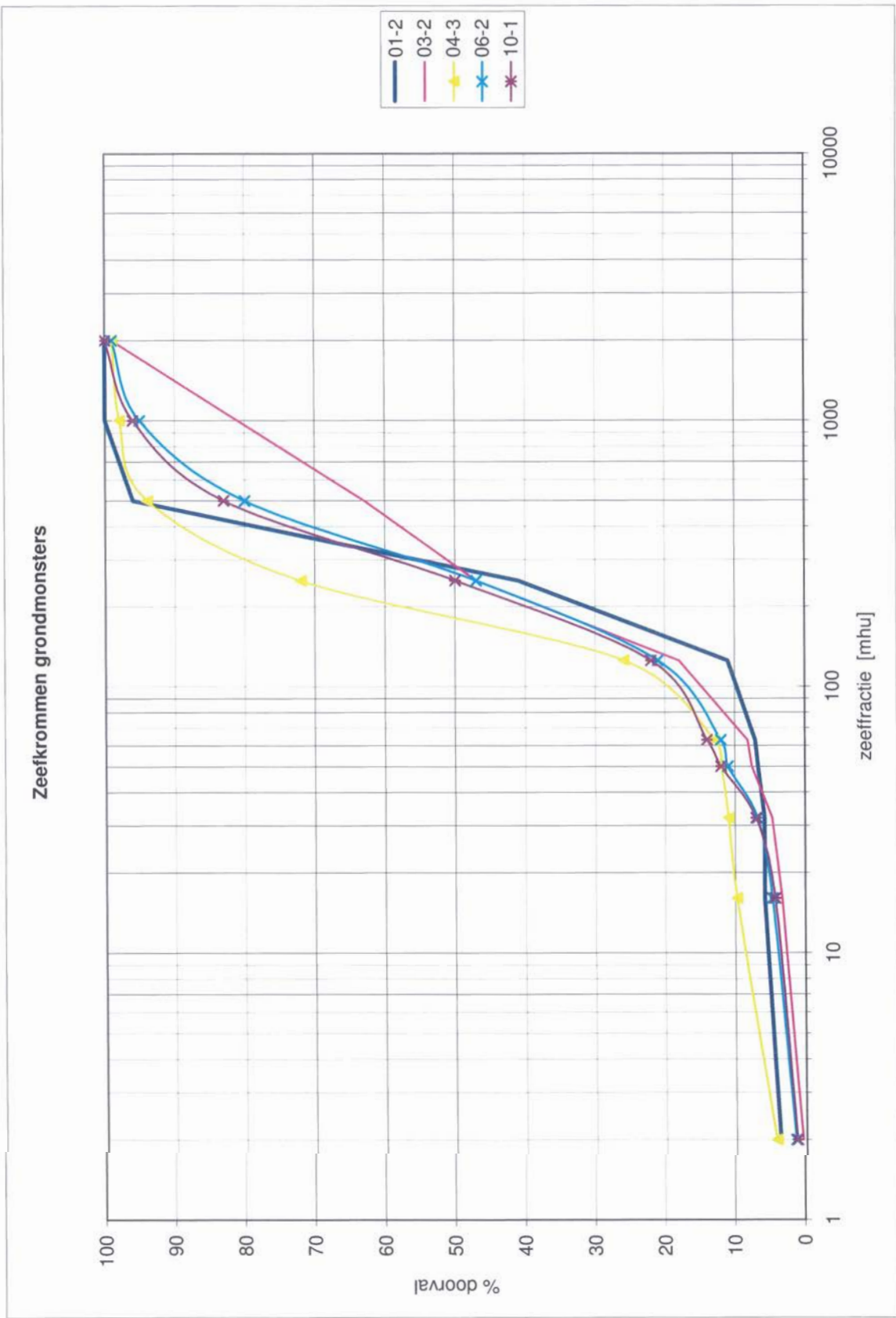
Figuur 12D



Figuur 12E



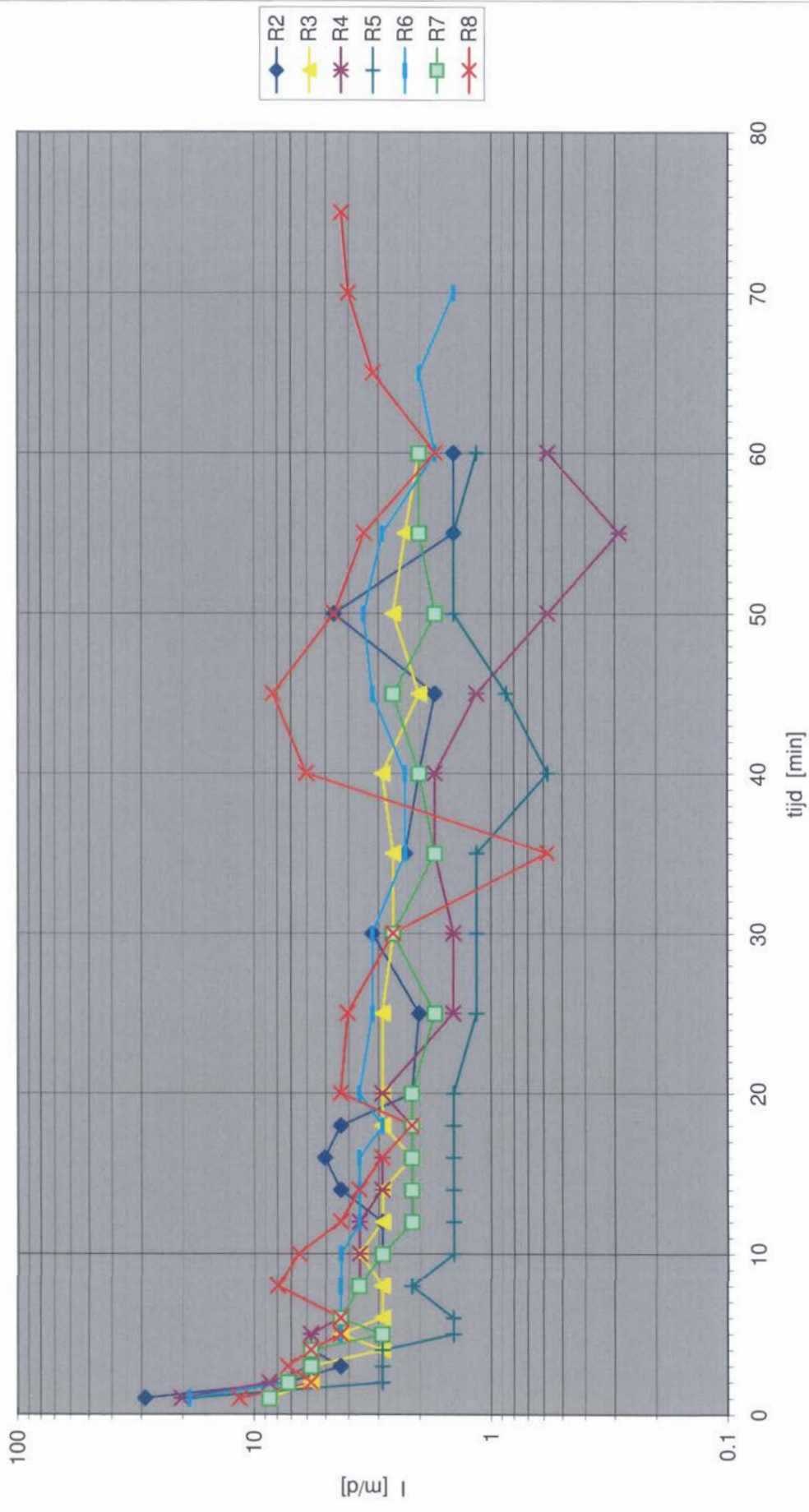
## **Figuur 13** **Zeefkrommen**



Figuur 13

## **Figuur 14 Infiltratietesten**

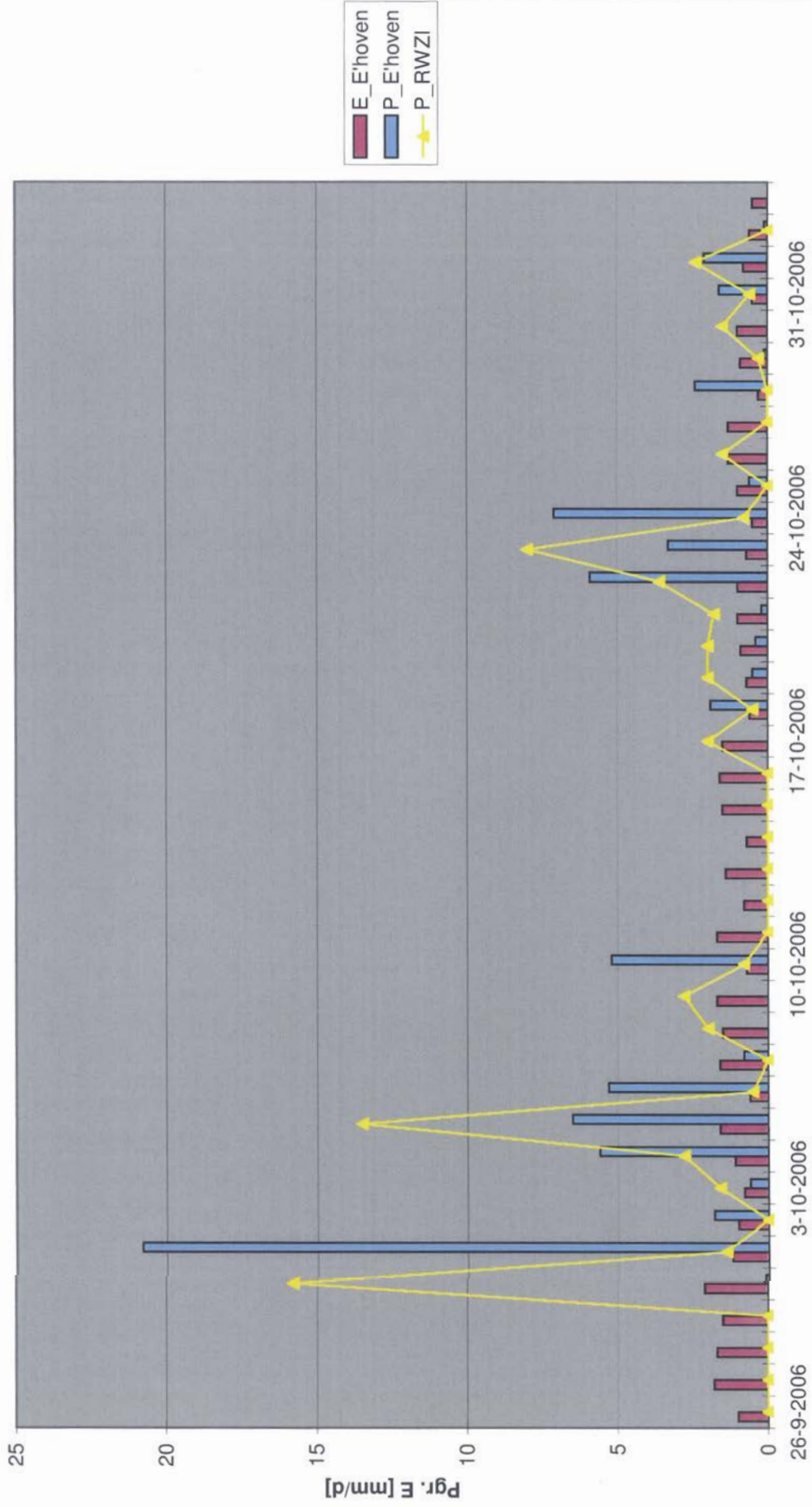
# Verloop infiltratietesten



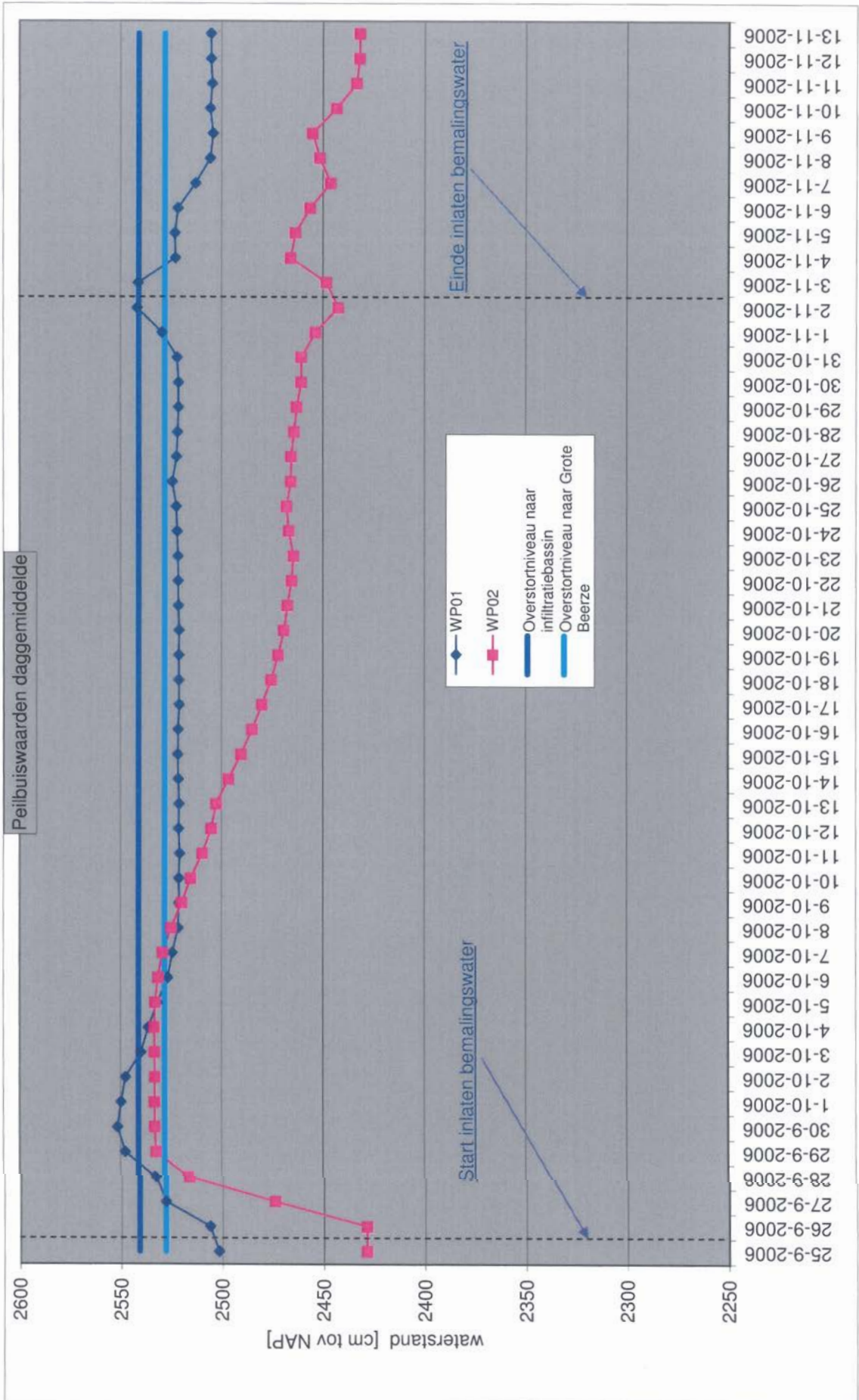
Figuur 14

## **Figuur 15** **Neerslag en verdamping**

# Neerslag en verdamping



**Figuur 16**  
**Waterpeilen wp1 en wp2**

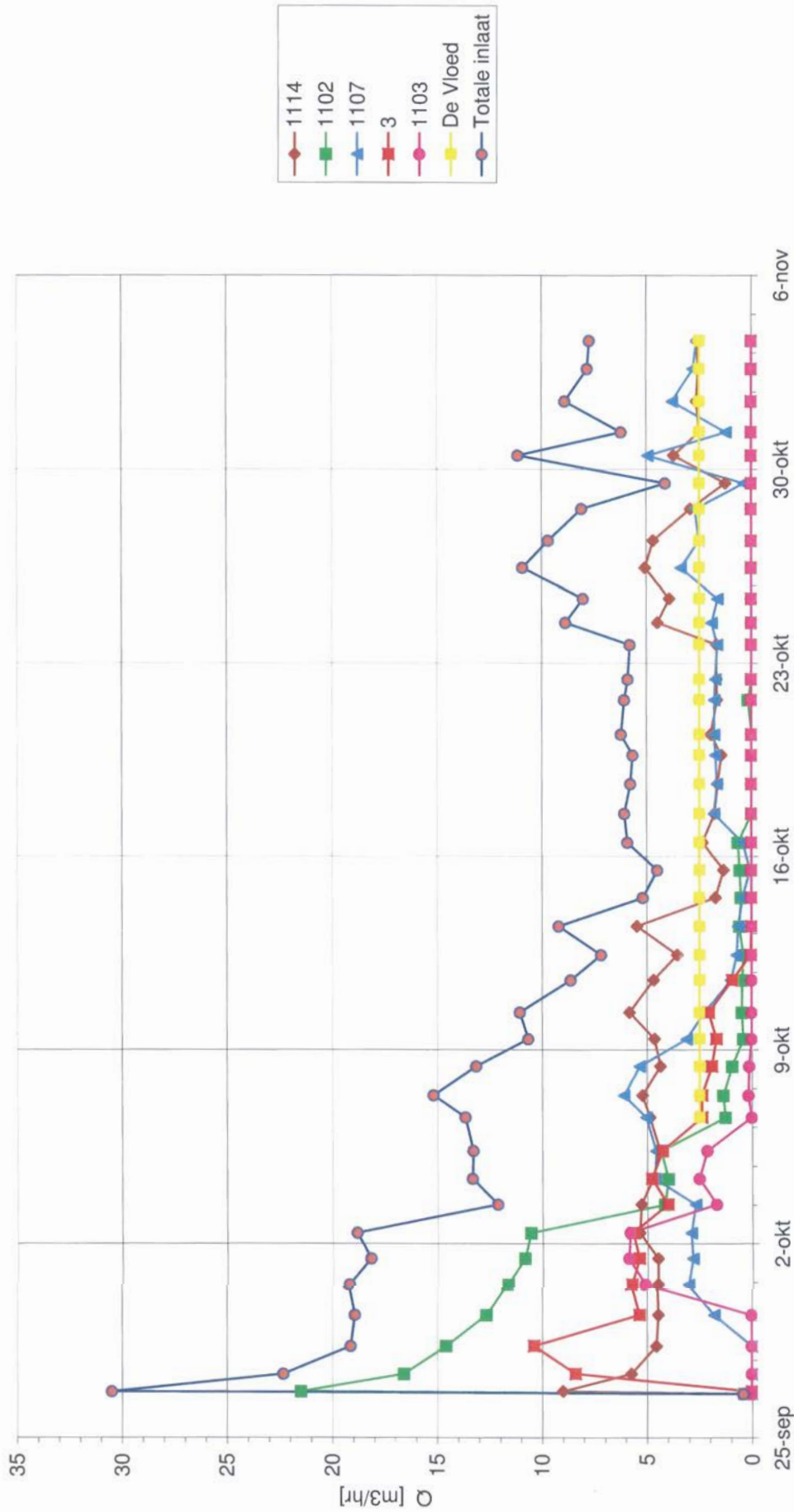


Figuur 16



## **Figuur 17** **Debieten watermeters**

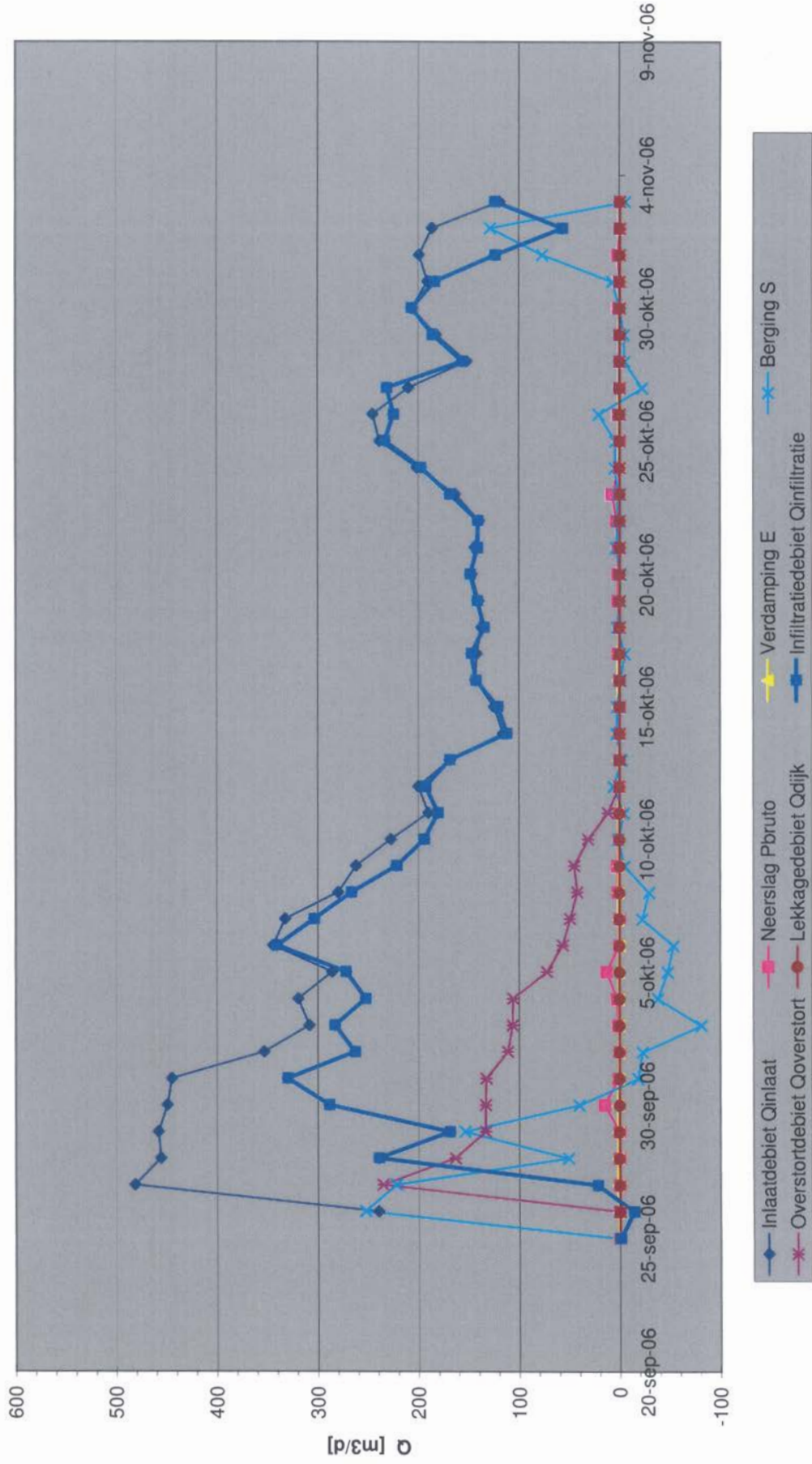
Infiltratievoorziening Casterense dijk te Hapert  
 Onttrekkingsdebiet drains infiltratievoorziening



Figuur 17

**Figuur 18**  
**Daggemiddelden waterbalans slibbassin**

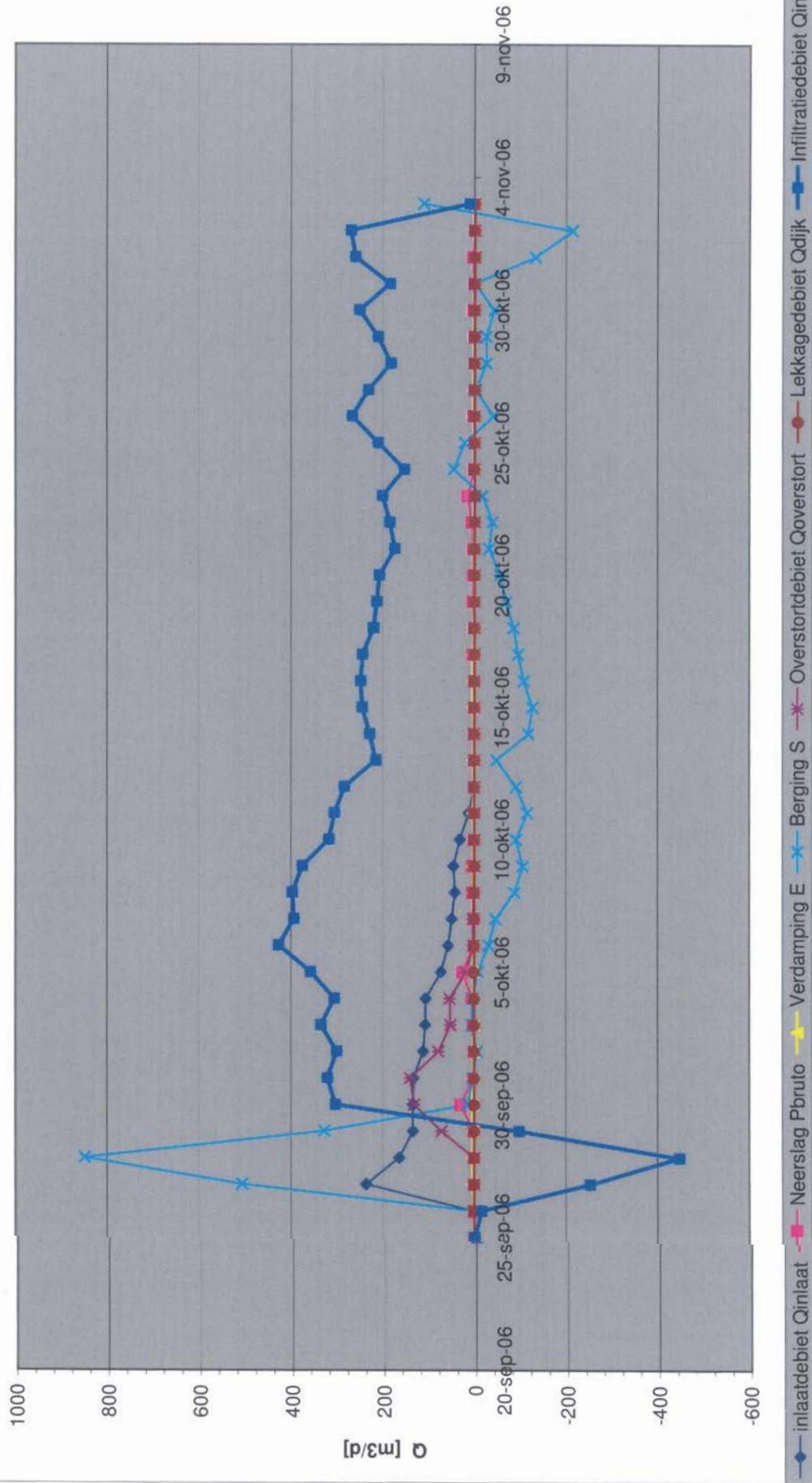
### Daggemiddelden waterbalans slibbassin



Figuur 18

**Figuur 19**  
**Daggemiddelen waterbalans infiltratiebassin**

### Daggemiddelden waterbalans infiltratiebassin



Figuur 19

A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

## **Bijlage 1**

### **Meetwaarden waterpassing**

# Points

**Project : 9s0316**

<b>User name</b>	901384	<b>Date &amp; Time</b>	15:41:41 15-9-2006
<b>Coordinate System</b>	Netherlands	<b>Zone</b>	RD
<b>Project Datum</b>	RD (Netherlands)		
<b>Vertical Datum</b>		<b>Geoid Model</b>	Netherlands (De Min)
<b>Coordinate Units</b>	Meters		
<b>Distance Units</b>	Meters		
<b>Height Units</b>	Meters		

## Point listing

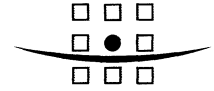
Name	Easting	Northing	Elevation	Feature Code
k	144601,515	377284,922	25,856	
l	144602,948	377287,319	24,577	
m	144600,564	377284,720	25,840	
n	144597,670	377285,940	24,498	
pb02	144576,846	377286,606	25,795	
mv02	144576,961	377286,655	24,336	
mv05	144573,754	377298,590	24,754	
pb05	144573,887	377298,690	26,171	
pb08	144570,875	377309,518	25,355	
mv08	144570,991	377309,564	24,781	
mv09	144536,471	377299,932	24,629	
pb09	144536,398	377299,911	25,162	
mv06	144539,302	377289,814	24,775	
pb06	144539,168	377289,840	26,231	
mv03	144542,666	377277,359	24,265	
wp2	144542,526	377277,238	25,756	
pb03	144542,583	377277,175	25,733	
w	144520,912	377265,111	24,136	
x	144519,300	377262,167	25,881	
v	144516,323	377275,081	25,882	
z	144517,851	377273,751	25,409	overloop
u	144518,111	377275,607	24,494	
s	144515,398	377288,171	24,633	
t	144513,321	377289,640	25,753	
y	144599,974	377296,101	25,276	overloop
mv10	144625,227	377285,027	25,071	
pb10	144625,162	377285,037	25,668	
pb11	144580,666	377272,698	25,256	
mv11	144580,728	377272,713	24,785	
mv12	144546,470	377263,517	24,625	
pb12	144546,442	377263,496	25,122	
beerze	144309,222	377316,267	24,145	
b100	144648,072	377310,787	26,161	
b06	144522,020	378106,760	25,067	
b06mv	144522,054	378106,584	25,045	
b08	144460,656	378433,866	24,776	
vastpunt 1	144563,085	377567,792	26,631	
vp2	144790,427	376649,858	27,281	
13	144787,490	376656,196	27,201	
13mv	144787,358	376656,164	27,268	
vp3	144704,768	377078,720	26,206	
vp4	144485,690	378277,548	24,377	
b06mw	144522,050	378106,593	25,051	



a	144643,639	377297,143	25,866
b	144640,804	377298,433	24,512
c	144641,086	377309,787	25,837
d	144638,984	377309,211	24,692
e	144637,347	377324,041	25,855
f	144636,028	377322,170	25,028
07	144615,744	377321,751	25,652
07mv	144615,618	377321,690	24,880
04	144618,629	377310,751	25,978
wp1	144618,565	377310,787	26,176
mv04	144618,452	377310,659	24,995
mv01	144621,784	377298,071	24,354
pb01	144621,595	377298,056	25,654
g	144594,651	377311,920	25,824
h	144597,300	377311,020	24,774
q	144593,137	377311,476	25,848
r	144591,040	377309,232	24,730
p	144594,740	377296,471	24,620
o	144597,346	377296,834	25,893
i	144598,096	377297,360	25,922
j	144600,433	377297,789	24,631

[\*\*Back to top\*\*](#)

A COMPANY OF



**ROYAL HASKONING**

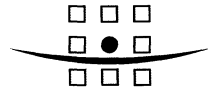
## **Bijlage 2 Grondwaterstanden**

## Bijlage 2

## Grondwaterstandsmetingen Casterense Dijk te Hapert

				1-8-2006	17-8-2006	29-8-2006
peilbuis	bkpb	maaiveld	filterdiepte	gws	gws	gws
	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[m tov NAP]	[m tov NAP]
B04	24.614	24.66	24.61	22.97	23.29	23.634
B05	23.998	23.98	22.25	23.06	23.47	22.498
B06	25.067	25.05	22.57	23.25	23.71	23.977
B07	24.659	24.62	22.29	23.10	23.52	23.869
B08	24.776	24.78	22.41	23.10	23.40	23.746
B09	26.535	26.46	23.02	24.42	24.58	24.635
B10	26.460	26.49	21.41	24.40	24.46	24.520
B100	26.161		22.64	24.51	24.67	24.811
B11	26.939	26.92	23.79	24.38	24.55	24.589
B12	26.887	26.86	23.59	24.39	24.44	24.597
B13	27.250	27.25	24.30	27.25	24.86	24.950
B14	27.382	27.31	24.43	24.84	24.83	24.922
Beerze	24.145			23.29	23.37	23.245

A COMPANY OF

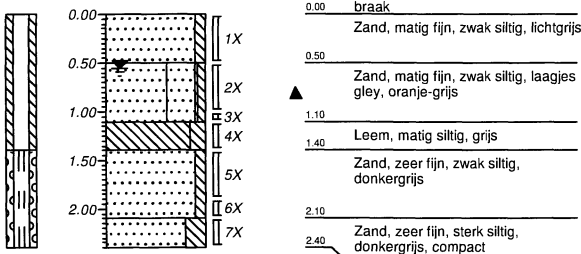


**ROYAL HASKONING**

## **Bijlage 3 Boringen**

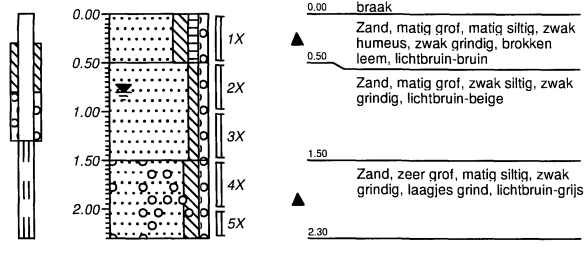
### Boring 01

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 55



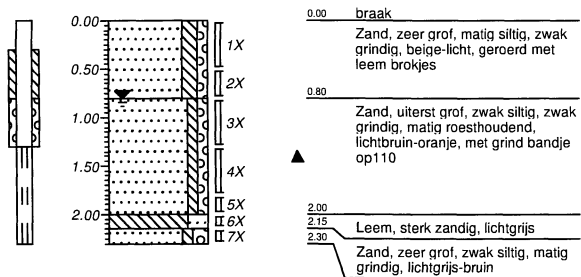
### Boring 02

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 80



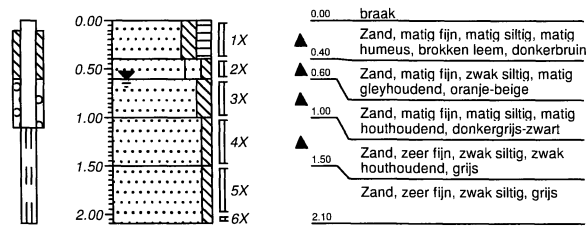
### Boring 03

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 80



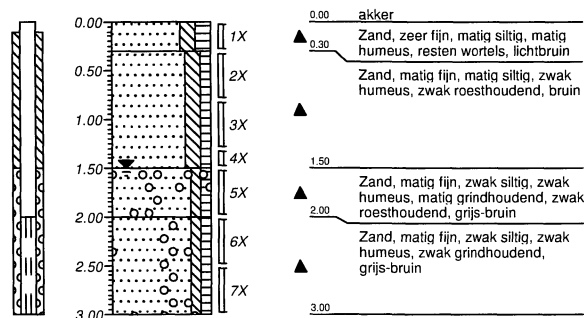
### Boring 04

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 60



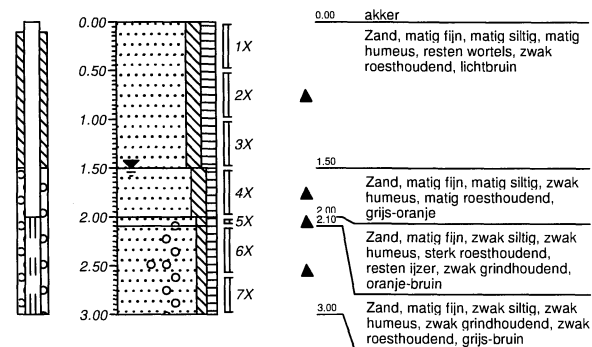
### Boring 05

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 150



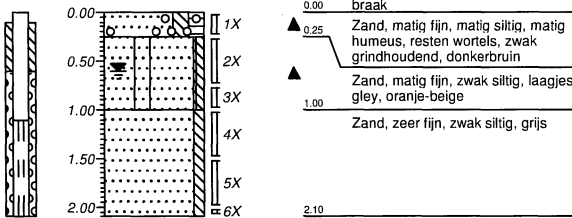
### Boring 06

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 150



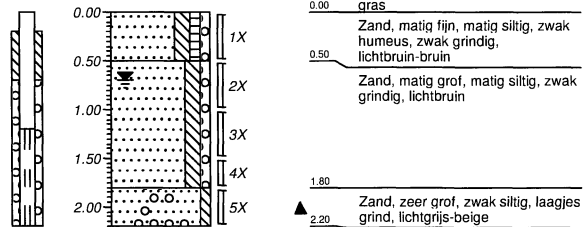
### Boring 07

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 60



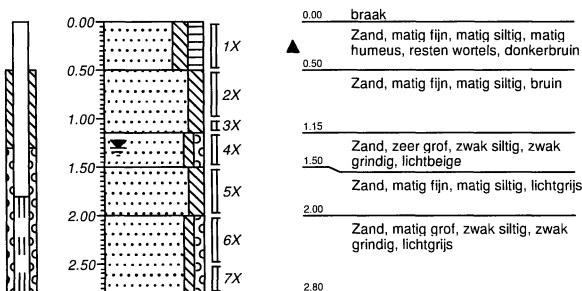
### Boring 08

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 70



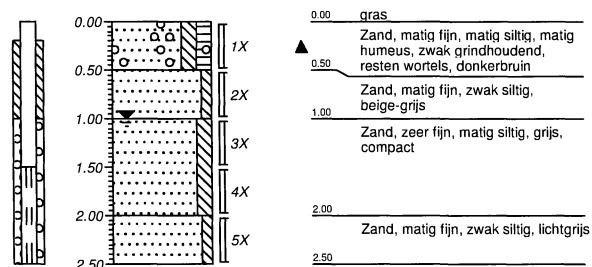
### Boring 09

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 130



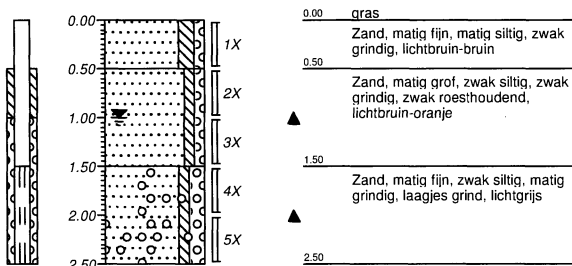
### Boring 10

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 100



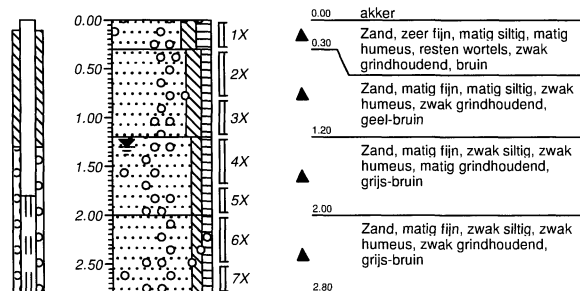
### Boring 11

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 100



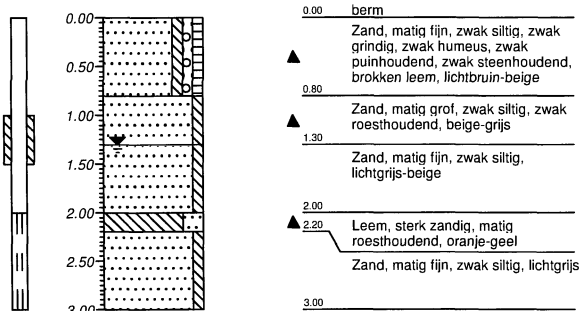
### Boring 12

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 130



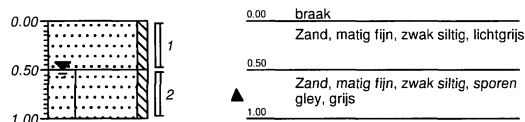
### Boring B100A

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 22-09-2006  
 Grondwaterstand: 130



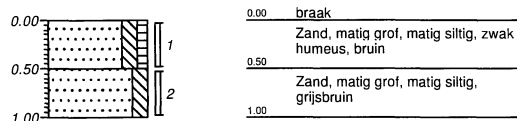
### Boring 01X

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand: 50



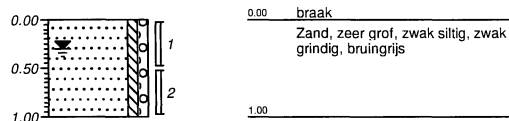
### Boring 02X

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand:



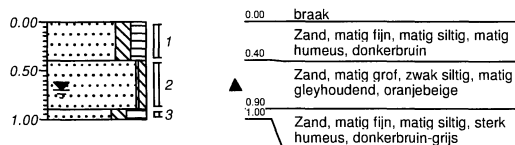
### Boring 03X

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand: 30



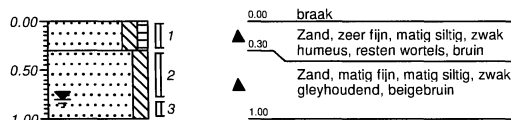
### Boring 04X

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand: 70



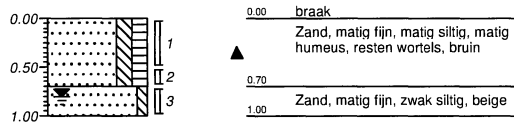
### Boring 05X

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand: 80



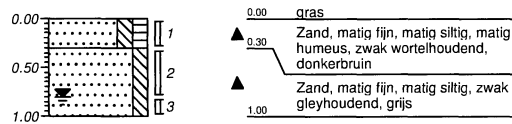
### Boring 06X

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand: 80



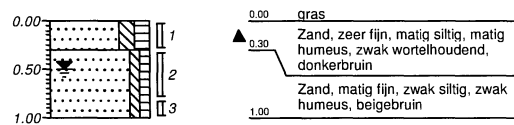
### Boring 07X

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand: 80



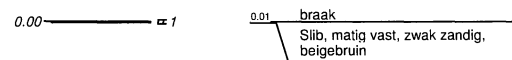
### Boring 12X

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand: 50



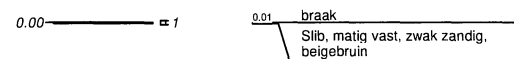
### Boring S01

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand:



### Boring S02

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand:



### Boring S03

X-coördinaat:  
 Y-coördinaat:  
 Datum: 13-11-2006  
 Grondwaterstand:





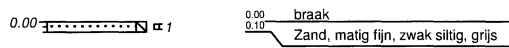
### Boring S04

X-coördinaat:  
Y-coördinaat:  
Datum: 13-11-2006  
Grondwaterstand:



### Boring T01

X-coördinaat:  
Y-coördinaat:  
Datum: 13-11-2006  
Grondwaterstand:



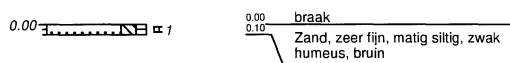
### Boring T02

X-coördinaat:  
Y-coördinaat:  
Datum: 13-11-2006  
Grondwaterstand:



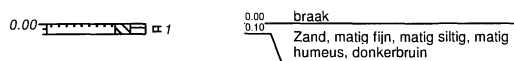
### Boring T03

X-coördinaat:  
Y-coördinaat:  
Datum: 13-11-2006  
Grondwaterstand:



### Boring T04

X-coördinaat:  
Y-coördinaat:  
Datum: 13-11-2006  
Grondwaterstand:



### Boring T05

X-coördinaat:  
Y-coördinaat:  
Datum: 13-11-2006  
Grondwaterstand:



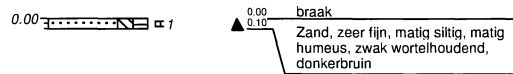
### Boring T06

X-coördinaat:  
Y-coördinaat:  
Datum: 13-11-2006  
Grondwaterstand:



### Boring T07

X-coördinaat:  
Y-coördinaat:  
Datum: 13-11-2006  
Grondwaterstand:



### Boring T12

X-coördinaat:  
Y-coördinaat:  
Datum: 13-11-2006  
Grondwaterstand:



# Legenda (conform NEN 5104)

## grind

	Grind, siltig
	Grind, zwak zandig
	Grind, matig zandig
	Grind, sterk zandig
	Grind, uiterst zandig

## zand

	Zand, kleiig
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

## veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiig
	Veen, sterk kleiig
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

## klei

	Klei, zwak siltig
	Klei, matig siltig
	Klei, sterk siltig
	Klei, uiterst siltig
	Klei, zwak zandig
	Klei, matig zandig
	Klei, sterk zandig

## leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

## overige toevoegingen

	zwak humeus
	matig humeus
	sterk humeus
	zwak grindig
	matig grindig
	sterk grindig

## geur

	geen geur
	zwakke geur
	matige geur
	sterke geur
	uiterste geur

## olie

	geen olie-water reactie
	zwakke olie-water reactie
	matige olie-water reactie
	sterke olie-water reactie
	uiterste olie-water reactie

## p.i.d.-waarde

	>0
	>1
	>10
	>100
	>1000
	>10000

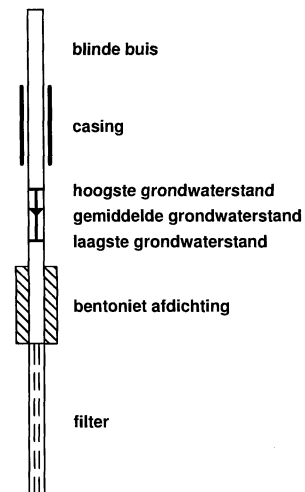
## monsters

	geroerd monster
	ongeroid monster

## overig

	bijzonder bestanddeel
	Gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	Gemiddeld laagste grondwaterstand
	slib
	water

## peilbuis



## **Bijlage 4**

### **Analyseresultaten grond**

Bijlage 4

Grondanalyses infiltratievoorziening te Hapert

Omschrijving	Eenheid	Boring 1			Boring 2			Boring 3		
		12-9-2006	14-11-2006	14-11-2006	12-9-2006	14-11-2006	14-11-2006	12-9-2006	14-11-2006	14-11-2006
<b>Datum</b>										
Deelmonster		01-1	01X-1	T01-1	02-1	02X-1	T02-1	03-1	03X-1	T03-1
Diepte	cm-mv	0-50	0-50	0-10	0-50	0-50	0-10	0-50	0-50	0-10
Organische stof	m/m %	<1	<1	<0.5	<1	<1	0.6	<1	<1	0.7
Droge stof (Ds)	m/m %	83	78	83.8	90	84	86.2	92	85	87.3
Globeirest	m/m %	100	99		100	99		100	100	
Sulfide	mg/kg Ds	<1	<1	<50	<1	<1	<50	<1	<1	<50
Calciet	% van Ds	<2.0	<2.0	<0.2	<2.0	<2.0	<0.2	<2.0	<2.0	<0.2
Fractie < 2 um (lutum)	% van Ds	1.1	1.4	1.9	<1	1.8	2.5	<1	<0.5	2.2
Fractie < 16 um	% van Ds	2.6	2.9		2.8	3.6		<1	<0.5	
ph-KCL		6.3	6	5.2	6.4	5.6	5.2	6.8	6	4.7
<b>Metalen</b>										
Koper (Cu)	mg/kg Ds	<0.5	2	<5	2.7	3	<5	1.2	0.9	<5
Chroom (Cr)	mg/kg Ds	1.1	10	<15	9	5.3	<15	5	1.3	<15
Zink (Zn)	mg/kg Ds	1.5	20	28	11	12	21	7.5	7.4	36
Lood (Pb)	mg/kg Ds	<0.5	3.7	<13	2.6	2.8	<13	1.4	1.3	1.3
Cadmium (Cd)	mg/kg Ds	<0.05	0.06	<0.4	0.06	0.07	<0.4	0.08	<0.05	<0.4
Nikkel (Ni)	mg/kg Ds	0.7	7.2	7.2	4.9	3.3	3.6	3.5	1.5	4.1
Ijzer (Fe)	mg/kg Ds	340	4000	3500	3400	3600	3400	1900	670	3500
Calcium	mg/kg Ds	380	410		250	<250	<250	<250	<250	<250
Arsen (As)	mg/kg Ds	<0.1	0.68	<4	1.7	2.5	<4	0.71	0.33	<4
Kwik (Hg)	mg/kg Ds	<0.1	<0.1	<0.05	<0.1	<0.1	<0.05	<0.1	<0.1	<0.05

Voor de toetsing aan de WBB is een gemiddeld bodemtype gehanteerd:

Org.stof gem. 1.7

Lutum <2 mhu gem. 3.1

Bijlage 4

Grondanalyses infiltratievoorziening te Hapert

Omschrijving	Eenheid	Boring 4			Boring 5			Boring 6		
		12-9-2006	14-11-2006	14-11-2006	12-9-2006	14-11-2006	14-11-2006	12-9-2006	14-11-2006	14-11-2006
Datum										
Deelmonster		04-1	04X-1	T04-1	05-1	05X-1	T05-1	06-1	06X-1	T06-1
Diepte	cm-mv	0-40	0-40	0-10	0-30	0-30	0-10	0-50	0-50	0-10
Organische stof	m/m %	1.8	1.9	1.6	1.9	2.8	1.7	1.8	<1	2.7
Droge stof (Ds)	m/m %	90	86	83.6	92	84	84.7	91	82	81.2
Gloeirest	m/m %	98	98		98	97		98	101	
Sulfide	mg/kg Ds	<1	<1	<50	<1	<1	<50	<1	<1	<50
Calciet	% van Ds	<2.0	<2.0	<0.2	<2.0	<2.0	<0.2	<2.0	<2.0	<0.2
Fractie < 2 um (lutum)	% van Ds	2.9	1.7	3.2	2	2.8	4.4	2.2	1.9	3.4
Fractie < 16 um	% van Ds	7.6	4.6		4.7	6.9		4.9	4.5	
ph-KCL		6.4	6	5.9	6.1	5.8	4.4	6.2	5.8	5.9
<b>Metalen</b>										
Koper (Cu)	mg/kg Ds	13	14	11	14	11	10	11	9.5	9.5
Chroom (Cr)	mg/kg Ds	11	7.6	<15	10	6.3	<15	7.2	5.7	<15
Zink (Zn)	mg/kg Ds	40	39	32	26	19	<20	20	20	26
Lood (Pb)	mg/kg Ds	8.6	8.4	<13	13	9.6	<13	8.2	8	<13
Cadmium (Cd)	mg/kg Ds	0.26	0.3	<0.4	0.21	0.16	<0.4	0.18	0.17	<0.4
Nikkel (Ni)	mg/kg Ds	4.3	3.4	<3	3.1	2.1	<3	2.6	2.4	<3
Ijzer (Fe)	mg/kg Ds	4300	4500	4200	4800	3500	4200	4000	3300	2800
Calcium	mg/kg Ds	690	700	700	460	<250	<250	300	280	280
Arseen (As)	mg/kg Ds	3.1	3.7	<4	3.7	2.7	<4	3.2	2.6	<4
Kwik (Hg)	mg/kg Ds	<0.1	<0.1	<0.05	<0.1	<0.1	<0.05	<0.1	0.11	<0.05

Voor de toetsing aan de WBB is een gemiddeld bodemtype gehanteerd:

Org.stof gem. 1.7

Lutum <2 mhu gem. 3.1

Bijlage 4

Grondanalyses infiltratievoorziening te Hapert

Omschrijving	Eenheid	Boring 7		Boring 12		S	T	I
		12-9-2006	14-11-2006	12-9-2006	14-11-2006			
<b>Datum</b>								
Deelmonster		07-1	07X-1	12-1	12X-1			
Diepte	cm-mv	0-25	0-10	0-30	0-10			
Organische stof	m/m %	1.9	1.9	1.0	2.8			
Droge stof (Ds)	m/m %	84	83.5	93	83			85.1
Gloeirest	m/m %	98	98	99	97			
Sulfide	mg/kg Ds	<1	<50	<1	<1			<50
Calciet	% van Ds	<2.0	<0.2	<2.0	<2.0			<0.2
Fractie < 2 um (lutum)	% van Ds	2.1	2.4	2	2.3			2.9
Fractie < 16 um	% van Ds	5.3	5.7	4.5	4.6			
ph-KCL		6.9	5.8	6.3	6			5.6
<b>Metalen</b>						*	**	***
Koper (Cu)	mg/kg Ds	15	14	5.9	4.9	17	52	87
Chroom (Cr)	mg/kg Ds	9.9	6.9	11	4.9	53	128	203
Zink (Zn)	mg/kg Ds	46	38	19	20	57	174	292
Lood (Pb)	mg/kg Ds	10	8.7	8.6	6.7	53	190	328
Cadmium (Cd)	mg/kg Ds	0.31	0.28	0.21	0.14	0.44	3.5	6.6
Nikkel (Ni)	mg/kg Ds	4.4	3.5	3.8	2	12	41	70
IJzer (Fe)	mg/kg Ds	4500	4200	4100	3200			
Calcium	mg/kg Ds	730	420	340	340			
Arsen (As)	mg/kg Ds	3.3	3.2	3.3	2.4	16	23	31
Kwik (Hg)	mg/kg Ds	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.21	3.5	6.9

Voor de toetsing aan de WBB is een gemiddeld bodemtype gehanteerd:

Org.stof gem. 1.7

Lutum <2 mhu gem. 3.1

## Bijlage 4

Slibanalyses infiltratievoorziening te Hapert

Omschrijving	Eenheid	S1	S2	S3	Klinkerbak
<b>Datum</b>		14-11-2006	14-11-2006	14-11-2006	21-11-2006
Deelmonster		S1	S2	S3	01X
Diepte	cm-mv	maaiveld	maaiveld	maaiveld	-
Organische stof	m/m %	4.6	2.4	1.8	<1
Droge stof (Ds)	m/m %	56	68	78	86
Gloeirest	m/m %	95	97	98	99
Sulfide	mg/kg Ds	49	<1	<1	1.1
Calciet	% van Ds	<2.0	<2.0	<2.0	2.3
Fractie < 2 um (lutum)	% van Ds	5.2	7.9	3.3	1.6
Fractie < 16 um	% van Ds	12	19	5.5	2.1
ph-KCL		5.1	5.6	5.8	8.7
<b>Metalen</b>					
Koper (Cu)	mg/kg Ds	25	16	17	13
Chroom (Cr)	mg/kg Ds	33	30	11	22
Zink (Zn)	mg/kg Ds	160	180	67	42
Lood (Pb)	mg/kg Ds	28	19	10	7.1
Cadmium (Cd)	mg/kg Ds	0.52	0.63	0.36	0.27
Nikkel (Ni)	mg/kg Ds	16	23	7.4	19
Ijzer (Fe)	mg/kg Ds	31700	16000	5900	15300
Calcium	mg/kg Ds	400	970	750	14200
Arseen (As)	mg/kg Ds	10	8.3	3.6	3.2
Kwik (Hg)	mg/kg Ds	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1



## Bijlage 4

## Zeeftrommes SCG infiltratievoorziening te Hapert

Omschrijving	Boring 1	Boring 3	Boring 4	Boring 6	Boring 10
Datum	12-9-2006	12-9-2006	12-9-2006	12-9-2006	12-9-2006
Deelmonster	01-2	03-2	04-3	06-2	10-1
Diepte	50-90	50-80	60-100	50-100	0-50
Organische stof	<1	<1	9.7	<1	1.9
Droge stof (Ds)	m/m %	91	65	91	87
Gloirest	m/m %	100	90	99	98
Calciet	% van Ds	<2.0	<2.0	<2.0	<2.0
Fractie < 2 um	% van Ds	3.7	3.7	1.4	1.2
ph-KCL		5.8	7.0	6.8	7.2
<b>Zeeftromme SCG</b>					
Fractie < 2 um	% van MD	3.7	4.3	1.5	1.3
Fractie < 16 um	% van MD	5.8	9.8	4.7	4.3
Fractie < 32 um	% van MD	5.8	11	6.8	7
Fractie < 50 um	% van MD	6.7	12	11	12
Fractie < 63 um	% van MD	7.1	13	12	14
Fractie < 125 um	% van MD	11	26	21	22
Fractie < 250 um	% van MD	41	72	47	50
Fractie < 500 um	% van MD	96	94	80	83
Fractie < 1000 um	% van MD	100	98	95	96
Fractie < 2000 um	% van MD	100	99	99	100

## **Bijlage 5** **Analyseresultaten grondwater**







Bijlage 5  
Grondwateranalyses infiltratievoorziening

Omschrijving	Eenheid	Peilbuis 10			Peilbuis 11			Peilbuis 12			S	T	I
		20-9-2006	9-10-2006	13-11-2006	20-9-2006	9-10-2006	13-11-2006	20-9-2006	9-10-2006	13-11-2006			
Datum													
Temperatuur water	graden C	16.6	15.8	11.5	16.4	15.9	12.5	16.9	16.4	12.4			
Soortelijke geleiding	uS/cm	561	511	571	321	360	487	356	537	574			
pH direct bij binnenkomst		5.6	3.9	4.8	5.8	6	6.1	5.3	5.1	5.3			
Zuurstof	mg/l	1.4	1.9	6.62	1.32	1.43	6.39	1.69	6.76	10.12			
Redoxpotentiaal	mv	55	232	342	125	232	263	168	355	311			
Ammonium NH4-N	mg/l	0.3	<0.04	0.09	0.18	<0.04	<0.04	0.09	<0.04	<0.04			
Nitraat (NO3-N)	mg/l	<0.05	13	14	12	8.9	13	13	16	14			
Vrij ammoniak (NEN 6644)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001			
DOC (vlg. NPR 6522)	mg/l	2	3.4	4.6	7.2	6.1	6.0	9.7	6.9	6.3			
Sulfaat	mg/l	110	52	120	19	22	73	18	66	120			
<b>Metaal opgelost</b>													
Zink (Zn)	ug/l	30	89 *	94 *	170 *	140 *	170 *	130 *	140 *	140 *			
Cadmium (Cd)	ug/l	1.1 *	0.52 *	1.3 *	1.7 *	1.2 *	1.8 *	0.7 *	0.8 *	0.36			
Chroom (Cr)	ug/l	<0.25	<0.25	<0.5	<0.25	<0.25	<0.5	<0.25	<0.5	<0.5			
Koper (Cu)	ug/l	13	5.9	7.9	6.9	5.3	3.6	11	6.8	4.9			
Ijzer (Fe)	ug/l	29100	6800	<50	<50	<50	<50	<50	<50	<50			
Nikkel (Ni)	ug/l	10	13	19 *	6	6.4	7.6	1.6	4	7.2			
Lood (Pb)	ug/l	4.0	3.0	4	<1.5	<1.5	<1.5	1.5	<1.5	<1.5			
Arsen (As)	ug/l	2.7	0.34	0.85	<0.30	0.52	0.71	0.83	0.59	0.66			
Kwik (Hg)	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01			
											*	**	***
											65	433	800
											0.4	3.2	6
											1.0	16	30
											15	45	75
											15	45	75
											10	35	60
											0.05	0.17	0.3

## Analyses bemalingswater infiltratievoorziening

Nummer	Eenheid	1					Influent drain	1a	1b	1c	1d	S	T	I
		Influent totaal	Influent totaal	Influent totaal	Influent drain	Influent drain								
<b>Omschrijving</b>														
<b>drainno./watermeterno.</b>														
Datum		26-9-2006	27-9-2006	5-10-2006	6-10-2006	18-10-2006	18-10-2006	18-10-2006	18-10-2006	18-10-2006				
Temperatuur water	graden C	16.5	14.4	15.8	14.5	18	16	16	16	15.6				
Soortelijke geleiding	uS/cm	646	627	615	688	672	591	591	591	815				
pH direct bij binnenkomst		5.7	5.7	5.7	4.8	6.8	5.2	5.2	5.2	4.7				
Ammonium NH4-N	mg/l	0.18	0.18	0.11	0.19	0.09	0.12	0.12	0.12	<0.04				
Nitraat (NO3-N)	mg/l	17	16	16	4.7	15	17	17	17	7.4				
Vrij ammoniak (NEN 6644)	mg/l	0.001	<0.001	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001				
DOC (vlg. NPR 6522)	mg/l	9.4	8.9	8.4	4.8	8.6	5.5	5.5	5.5	3.6				
Sulfaat	mg/l	110	110	110	67	180	85	85	85	38				
<b>Metalen opgelost</b>														
Zink (Zn)	ug/l	390 *	300 *	350 *	3200 ***	79 *	500 **	500 **	500 **	5000 ***	65	433	800	
Cadmium (Cd)	ug/l	1.1 *	0.73 *	1.1 *	4.9 **	0.6 *	1.8 *	1.8 *	1.8 *	9.2 ***	0.4	3.2	6	
Chroom (Cr)	ug/l	1.2 *	0.6	0.3	0.5	<0.5	<0.05	<0.05	<0.05	3.7 *	1.0	16	30	
Koper (Cu)	ug/l	7.2	5.7	6.3	35 *	6.8	9.5	9.5	9.5	86 ***	15	45	75	
IJzer (Fe)	ug/l	2100	2800	5500	200	310	4200	4200	4200	180				
Nikkel (Ni)	ug/l	40 *	26 *	64 **	67 **	28 *	81 ***	81 ***	81 ***	47 **	15	45	75	
Lood (Pb)	ug/l	<1.5	<1.5	3	<1.5	<1.5	4	4	4	<1.5	15	45	75	
Arsen (As)	ug/l	1.2	0.97	1.1	1.4	0.55	1.1	1.1	1.1	0.06	10	35	60	
Kwik (Hg)	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.2	0.3	

## Analyses bemalingswater infiltratievoorziening

Nummer	Eenheid	2				3	4	S	T	I
		Bassin 1	Bassin 1	Bassin 1	Overstort					
Datum		26-9-2006	27-9-2006	5-10-2006	5-10-2006	5-10-2006	5-10-2006			
Temperatuur water	graden C	16.5	14.4	13.9	14.1	14.8	14.8			
Soortelijke geleiding	uS/cm	549	514	633	623	552	551			
pH direct bij binnenkomst		5.4	5.4	6.1	5.8	6.2	6.1			
Zuurstof	mg/l			8.81	8.39	9.82	9.51			
Redoxpotentiaal	mv			72	135	148	147			
Ammonium NH4-N	mg/l	0.15	0.15	0.13	0.11	0.05	<0.04			
Nitraat (NO3-N)	mg/l	20	19	15	16	16	16			
Vrij ammoniak (NEN 6644)	mg/l	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001			
DOC (vlgs. NPR 6522)	mg/l	8.2	7.6	10.5	6	9.8	9			
Sulfaat	mg/l	74	60	110	100	85	87			
<b>Metalen opgelost</b>										
Zink (Zn)	ug/l	270 *	300 *	220 *	430 **	540 **	540 **	65	433	800
Cadmium (Cd)	ug/l	0.95 *	0.8 *	0.76 *	1.5 *	0.88 *	0.87 *	0.4	3.2	6
Chroom (Cr)	ug/l	0.5	0.4	0.3	<0.5	<0.25	6.6 *	1.0	16	30
Koper (Cu)	ug/l	9.4	7.2	4.5	9.3	5.6	5.4	15	45	75
Ijzer (Fe)	ug/l	260	180	5600	2500	<50	51			
Nikkel (Ni)	ug/l	60 **	36 *	55 **	63 **	64 **	65 **	15	45	75
Lood (Pb)	ug/l	2	<1.5	<1.5	2	<1.5	<1.5	15	45	75
Arsen (As)	ug/l	0.76	0.92	7.9	0.75	1.0	0.84	10	35	60
Kwik (Hg)	ug/l	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.05	0.2	0.3