

Infiltratieonderzoek

**Van Domselaerstraat e.o. te Barneveld,
deellocatie "noodlokalen"**

Gegevens opdrachtgever

De Bunte Vastgoed
Postbus 8029
6710 AA Ede

Contactpersoon:
De heer W.A. van den Top

CSO Adviesbureau

Gotlandstraat 26
7418 ER Deventer
Tel. 0570 – 50 41 80
Fax 0570 – 50 41 90
n.lurvink@cso.nl

Contactpersoon CSO
ing. N.B.J. Lurvink

Projectcode: 10J066
Rapportnummer: 10J066.R02
Versiedatum: 08 april 2011
Status: Definitief

Autorisatie

Opgesteld door:
Ing. N.B.J. Lurvink
Adviseur bodem, water & locatieontwikkeling

Handtekening



Akkoord bevonden door:
Drs. Ing. M. Pfaff – Wagenaar
Senior adviseur

Handtekening



Projectcode: 10J066
Versiedatum: 08 april 2011

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	1
2	Achtergronden.....	2
2.1	Terreingesteldheid.....	2
2.2	Regionale geohydrologie.....	2
2.3	Achtergronden bij het infiltreren van hemelwater in de bodem.....	3
3	Uitgevoerd onderzoek.....	6
4	Resultaten.....	7
4.1	Veldwerkzaamheden.....	7
4.2	Infiltratieproeven.....	7
5	Conclusies.....	10
5.1	Samenvatting resultaten.....	10
5.2	Consequenties voor eventuele infiltratie.....	10

Bijlagen

Bijlage 1 Regionale ligging van de onderzoekslocatie

Bijlage 2 Overzichtstekening en situering boorpunten

Bijlage 3 Boorbeschrijvingen

Bijlage 4 Meetresultaten

1 Inleiding

In opdracht van De Bunte Vastgoed heeft CSO Adviesbureau een beperkt geohydrologisch onderzoek uitgevoerd ter plaatse van een plangebied op de hoek van de Van Domselaerstraat / Jonkersweg te Barneveld, gericht op de capaciteit van de bodem met betrekking tot de infiltratie van hemelwater.

Aanleiding voor het uitvoeren van het infiltratieonderzoek is de voorgenomen planontwikkeling ten behoeve van de realisatie van een supermarkt met bovenliggende appartementen en parkeergelegenheid en de hiervoor benodigde bestemmingswijziging, waarvan de watertoets een onderdeel is. In het kader van het “Waterbeleid voor de 21^{ste} eeuw” en de daaruit voortvloeiende voorschriften van waterbeheerders, is men voornemens het hemelwater af te koppelen van de riolering. Om de mogelijkheden van infiltratie op de locatie te onderzoeken is een eerste verkenning naar de geohydrologische eigenschappen van het plangebied uitgevoerd.

Doel van het onderzoek is het bepalen van de doorlatendheid en daarmee de infiltratiemogelijkheden van de bodem ter plaatse van de toekomstige voorzieningen. Op de terreindelen, waar mogelijkheden voor het realiseren van wadi's bestaan, zijn doorlatendheidsmetingen (infiltratiemetingen) uitgevoerd.

In dit rapport wordt ingegaan op de beschikbare gegevens en de onderzoeksopzet, de uitvoering en de resultaten van het veldonderzoek. Ten slotte worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

2 Achtergronden

2.1 Terreingesteldheid

De regionale ligging van de locatie is weergegeven in bijlage 1. In bijlage 2 is een overzicht van de locatie en situering van de boorpunten weergegeven. In onderstaand overzicht zijn de algemene gegevens van de locatie opgenomen:

- Adres : plangebied op de hoek van de kruising Van Domselaerstraat en Jonkersweg te Barneveld
- Oppervlakte : circa 3.000 m²
- Huidig gebruik : noodlokalen van de LTS met schoolplein, fietsenstalling en parkeerplaatsen
- Toekomstig gebruik : supermarkt met daarboven appartementen, parkeergelegenheid
- Verharding : bebouwing, tegels (schoolplein) en klinkers (parkeergelegenheid)

2.2 Regionale geohydrologie

De onderstaande gegevens zijn ontleend aan de Grondwaterkaart van Nederland, 32 oost Amersfoort (TNO-Dienst Grondwaterverkenning, januari 1985) en het hydrogeologisch model *REGIS*, te raadplegen via www.dinoloket.nl. Het maaiveld bevindt zich op 9,8 tot 10,3 m+NAP. De regionale bodemopbouw in de omgeving van het plangebied kan globaal als volgt worden geschematiseerd:

Tabel 2.1 Regionale bodemopbouw

Traject (m-NAP)	Geologische omschrijving	Lithostratigrafie	Grondsoort
+ 10 tot -6	Eerste watervoerend pakket	Formatie van Twente	Matig fijn tot matig grof zand, enkel laagje uiterst fijn zand ingeschakeld
-6 tot -16	Eerste scheidende laag	Eemformatie, formatie van Drenthe	Klei, zandige klei
-13 tot -115	Tweede en derde watervoerend pakket	Formaties van Urk, Sterksel, Enschede en Harderwijk	Matig tot uiterst grond zand, enkel laagje klei ingeschakeld

Het freatische grondwater staat in de zomer op circa 8,5 m+NAP, hetgeen overeenkomt met circa 1,5 m-mv. In de winter staat het grondwaterpeil op 9,0 m+NAP, hetgeen overeenkomt met circa 1,0 m-mv. Het grondwater in het eerste watervoerende pakket stroomt in westelijke richting. De stijghoogte in het tweede en derde watervoerende pakket is groter dan die in het eerste watervoerende pakket, hetgeen kwelstroming vanaf het Veluwemassief impliceert worden niet gescheiden door een scheidende laag. Tussen het tweede en derde watervoerende pakket is geen scheidende laag aanwezig.

Er is een industriële grondwateronttrekking bekend, op circa 350 meter ten zuidoosten van het plangebied (Vink). Het effect van deze onttrekking op de stromingsrichting van het grondwater is gering. Verder worden in de omgeving van Barneveld geen dermate grote hoeveelheden grondwater onttrokken, dat de stromingsrichting in het eerste watervoerend pakket wordt beïnvloed.

Circa 10 kilometer ten zuidoosten van het plangebied ligt het grondwaterbeschermingsgebied van drinkwaterwinning Edese Bos. Circa 10 kilometer ten noordoosten van het plangebied ligt het grondwaterbeschermingsgebied van drinkwaterwinning Putten.

Voor de grondwaterstand zijn de volgende karakteristieken bekend:

- GHG 0,4 tot 0,8 m-mv
- GVG 0,8 tot 1,2 m-mv
- GLG 1,6 tot 2,0 m-mv

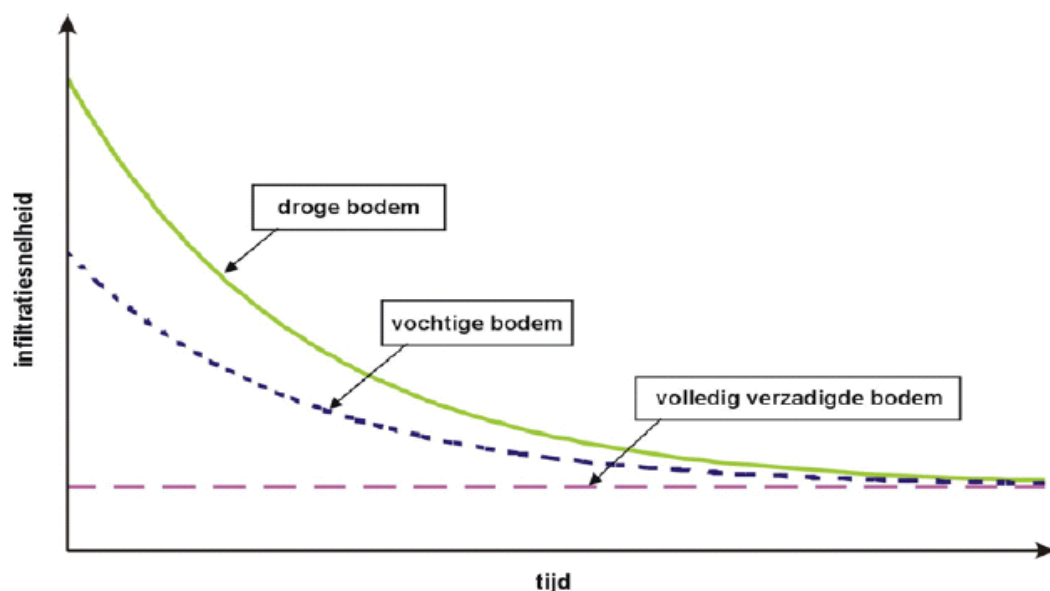
Op basis van de TNO-gegevens kan de gemiddelde waterstand binnen het plangebied worden verwacht op 1,2 m-mv (8,8 m+NAP) en de GHG op 0,8 m-mv (9,2 m+NAP).

2.3 Achtergronden bij het infiltreren van hemelwater in de bodem

De infiltratiecapaciteit van de ondergrond verschilt per type ondergrond. Bij de dimensionering van een infiltratievoorziening is het van belang uit te gaan van een zo correct mogelijke inschatting van de infiltratiecapaciteit. Infiltratietesten zijn een hulpmiddel om een inschatting te maken van de infiltratiecapaciteit van de ondergrond. Het heeft echter weinig zin om de infiltratiecapaciteit te testen van gronden waarvan op basis van literatuurgegevens een veel te kleine doorlaatbaarheid wordt verwacht (klei, leem en veen).

De ondergrond bestaat uit een onverzadigde en een verzadigde zone. De doorlaatbaarheid (of infiltratiecapaciteit) van beide zones wordt gekarakteriseerd door de hydraulische geleidbaarheid K . In de verzadigde zone is de hydraulische geleidbaarheid een constante (K_{sat}), in de onverzadigde zone is dit niet het geval. In de onverzadigde zone speelt de zuigcapaciteit van de bodem een belangrijke rol en is de hydraulische geleidbaarheid een functie van die zuigcapaciteit, die op haar beurt weer een functie is van het watergehalte van de bodem. Zo zal bij een initieel drogere bodem de infiltratiesnelheid groter zijn dan bij een initieel vochtige bodem. De infiltratiesnelheid zal afnemen naarmate het watergehalte in de bodem stijgt, totdat de bodem verzadigd raakt en de infiltratiesnelheid een constante waarde benadert. Het is aan te raden deze constante waarde te gebruiken als (veilige) waarde voor de infiltratiecapaciteit bij de dimensionering van de infiltratievoorziening en de berekening van het ledigingsdebiet.

Figuur 2.1 geeft aan dat de infiltratiecapaciteit van een droge bodem veel groter is dan de infiltratiecapaciteit van een volledig verzadigde bodem. Dit betekent dat het beter is te voorkomen dat de infiltratie leidt tot langdurige vernatting, omdat dit de effectiviteit van een infiltratievoorziening sterk vermindert. Bij de interpretatie van infiltratiemetingen als door ons uitgevoerd (omgekeerde boorgatmethode) wordt met bovengenoemde processen rekening gehouden. De capaciteit van een infiltratievoorziening verminderd met de tijd door colmatatie (dichtslibbing), een goede aanleg en onderhoud zijn noodzakelijk om de infiltratiecapaciteit te blijven garanderen.



Figuur 2.1 Infiltratiesnelheid met verschillende initiële watergehaltes

De infiltratiecapaciteit van de bodem is tevens afhankelijk van de grondwaterstand. Met name in de winterperiode kunnen hoge grondwaterstanden voorkomen. De Europese Norm hemelwater binnen de perceelgrens [CEN, 2000, in voorbereiding] gaat uit van een minimale dikte van 0,70 m onverzadigde zone boven het hoogste niveau van de grondwaterspiegel (GHG).

De processen zoals hierboven beschreven hebben ook invloed op de interpretatie van de metingen. Aangezien een goede bepaling van de doorlatendheid (k-waarde) van groot belang is voor de dimensionering van de infiltratievoorziening zijn twee methodes gebruikt om deze te bepalen, zie tabel 2.2. De methodes zijn nader uitgewerkt in hoofdstuk 3.

Tabel 2.2 Gehanteerde methode voor bepaling doorlatendheid

Methode	Beschrijving	Nauwkeurigheid
Veldwaarneming	Indicatieve bepaling k-waarde aan de hand van zintuiglijke waarnemingen zoals korrelverdeling, korrelsortering, pakking, siltigheid en humeusiteit	+ subjectieve methode
Omgekeerde boorgatmethode	zie hoofdstuk 3	++++ een betrouwbare methode die rekening houdt met de plaatselijke omstandigheden. Een omgekeerde boorgatmethode meet de doorlatendheid van de bodem op boorpuntniveau.

het aantal + -en staat voor de mate van nauwkeurigheid

Middels de omgekeerde boorgatmethode wordt met name de horizontale verzadigde infiltratiecapaciteit (K_h) van de onverzadigde zone gemeten. Bij infiltratie van hemelwater wordt echter gebruik gemaakt van de verticale infiltratiecapaciteit (K_v) van de onverzadigde zone (zwaartekracht infiltratie), welke in de regel lager is dan de horizontale doorlatendheid. Bij de berekening van de doorlatendheid is zoveel mogelijk uitgegaan van de verzadigde doorlatendheid, zodat overschatting ten gevolge van zuigcapaciteit vanwege een onverzadigde bodem, reeds is voorkomen. Indirect wordt de verticale doorlatendheid ook voor een deel meegenomen in de omgekeerde-boorgat-methode, er zal echter altijd sprake blijven van een kleine overschatting. Bij het advies wordt uitgegaan van de laagst gemeten doorlatendheid, waardoor het gevolg van eventuele overschatting minimaal zal zijn.

3 Uitgevoerd onderzoek

Op 03 maart 2011 zijn de veldwerkzaamheden uitgevoerd. Om een beeld van de doorlatendheid van de bodem te verkrijgen zijn op twee locaties infiltratieproeven uitgevoerd, verdeeld over het plangebied.

Op basis van literatuuronderzoek dat in het kader van de watertoets is uitgevoerd (CSO Adviesbureau, kenmerk 10J066.R04, 13 april 2011) is de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) ingeschat op 0,8 m-mv.

De boringen zijn doorgezet totdat oxydatieverschijnselen in het bodemprofiel zijn waargenomen (0,8 m-mv), welke een indicatie vormen van de GHG. Per boring is een boorbeschrijving conform NEN 5104 opgesteld. Op basis van het opgeboorde materiaal zijn in het veld k-waarden en weergegeven in de boorprofielen. Vanwege de praktisch zeer moeilijk uit te voeren steady-state proef (constant debiet en waterpeil) is gekozen voor de niet steady-state infiltratieproef waarbij het waterniveau in het boorgat afneemt in de tijd.

In het proefgat is een HDPE-filter geplaatst (volledig geperforeerd, diameter 7 cm). Het filtermateriaal zorgt ervoor dat het boorgat niet instort tijdens de proef. Allereerst is de grond rondom het filter verzadigd door een ruime hoeveelheid water via het filter te laten infiltreren, waarbij het boorgat enige tijd volledig vol water staat (voorbereiten).

Nadat de bodem verzadigd is, is per boring een infiltratieproef uitgevoerd. Bij één boring (05) is ter verificatie van de betrouwbaarheid van de resultaten een duplo-bepaling uitgevoerd. De uitgevoerde proef is een niet steady-state infiltratieproef (omgekeerde boorgat test) waarmee de verzadigde doorlatendheid wordt bepaald.

Bij de proef wordt het filter in het boorgat wederom gevuld met water waarna door middel van een datalogger de snelheid wordt bepaald waarmee het water uit het boorgat de bodem in zakt. De datalogger (diver) meet maximaal elke twee seconden de hoogte van de waterkolom in het boorgat.

Op basis van de metingen wordt de doorlatendheid van de bodem bepaald. Daarnaast kan op basis van de spreiding in de doorlatendheid tussen de meetpunten worden bekeken hoe homogeen de bodem op de onderzoekslocatie is.

De positie van de in dit onderzoek verrichte boringen zijn ingemeten ten opzichte van een vast punt en op de plattegrond van bijlage 2 weergegeven.

De veldwerkzaamheden zijn verricht door CSO. CSO is ISO 9001, VCA** en BRL2000 gecertificeerd door DNV. Daarnaast is CSO lid van de Vereniging Kwaliteitsborging Bodemonderzoek (VKB).

4 Resultaten

4.1 Veldwerkzaamheden

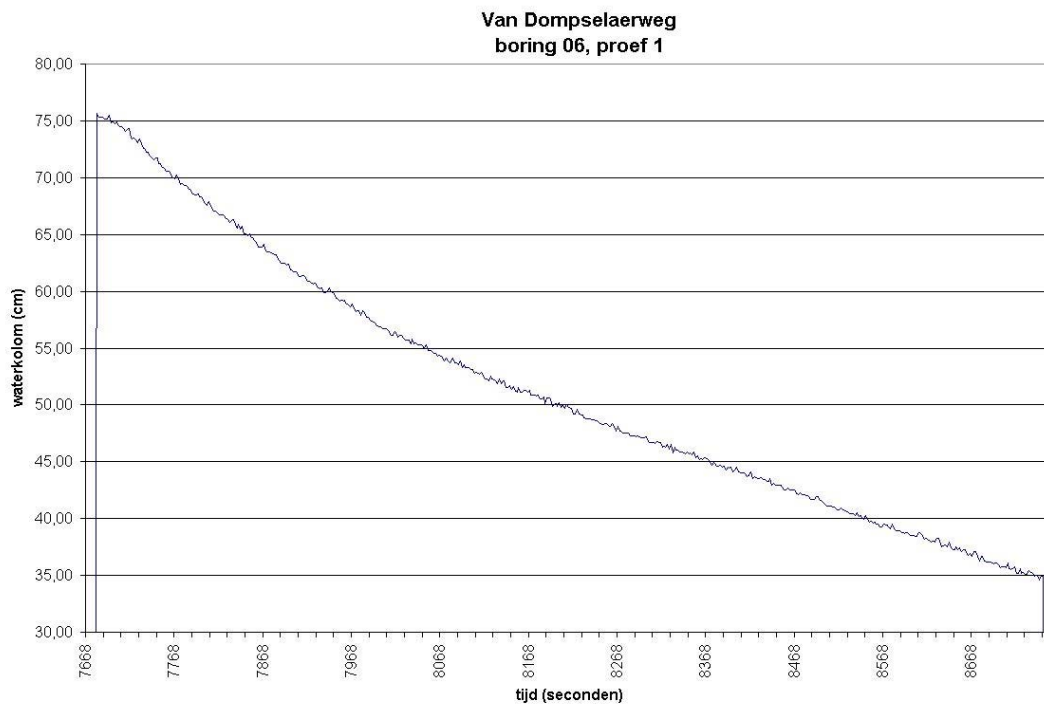
Het opgeboorde materiaal is beoordeeld op kleur, textuur, bijmenging(en) en eventuele bijzonderheden. Op basis van deze zintuiglijke waarnemingen zijn aan de verschillende bodemlagen K-waarden toegekend op grond van gelijkvormigheid van de korrels, korrelsortering (grofheid), leemhoudendheid en organische stof –gehalte. Tevens is de gemiddeld hoogste grondwaterstand geschat. De boorbeschrijvingen zijn opgenomen in bijlage 3.

De bodem bestaat tot 1,0 m-mv overwegend uit matig fijn, zwak tot matig humeus, zwak tot sterk siltig zand. Er zijn in beide boringen tot de einddiepte veel bijmengingen met puin, kolengruis, baksteen en/of beton aangetroffen. De bodemopbouw is tevens niet homogeen, er is geen sprake van een ongeroerde bodem. De doorlatendheid is op basis van bodemsamenstelling in het veld geschat op 0,3 tot 6,0 m/dag. De GHG is op basis van oxydatieverschijnselen in het boorprofiel geschat op 0,7 m-mv.

4.2 Infiltratieproeven

Bij het uitwerken van de meetgegevens is uitgegaan van een benadering “met een afnemend infiltrerend oppervlak”, aangezien het volledige boorgat met water is gevuld en is voorzien van filtermateriaal.

In figuur 4.1 is als voorbeeld één infiltratiecurve weergegeven (boorgat 06).



Figuur 4.1 Infiltratiecurve boring 03

Het debiet dat uit het boorgat de bodem inloopt volgt, in samenhang met de vergelijking van Darcy, uit de volgende vergelijking:

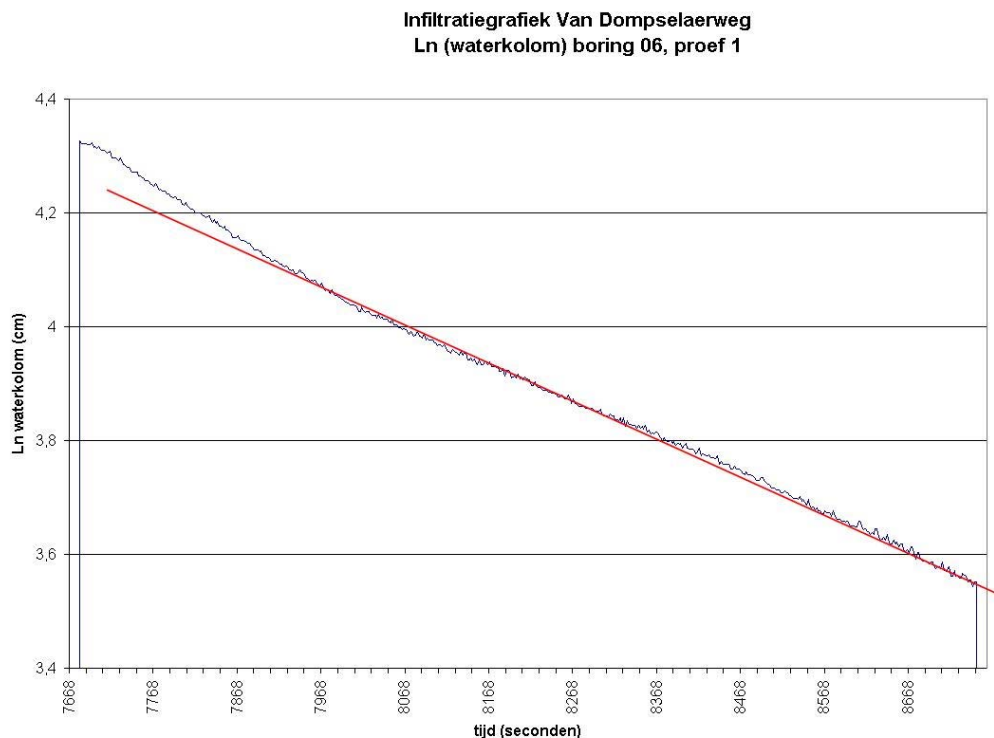
$$Q(t) = K * A(t) = -\pi * r^2 * \frac{dh}{dt}$$

met: K = doorlatendheid (m/sec)
 A = oppervlakte waarover water infiltreert in de bodem (m²)
 h = waterniveau in het boorgat (m)
 t = tijd (s)

Integratie van deze vergelijking leidt tot de vergelijking:

$$K = \frac{r}{2} * \frac{-\Delta(\ln(h(t)))}{\Delta(t)}$$

Beide vergelijkingen veronderstellen dus een lineair verband tussen ln(h) en de tijd. Dit lijkt voor de ondergrond te worden benaderd. In onderstaande grafiek is ln(h) tegen de tijd uitgezet. De mate waarin het lineair verband aanwezig is wordt door middel van de regressie lijn (rode lijn) weergegeven.



Figuur 4.2 Lineaire relatie tussen $\ln(\text{waterkolom})$ en de tijd

In bijlage 4 zijn de grafieken van de infiltratieproeven van beide boringen weergegeven. De regressielijnen, en daarmee ook de doorlatendheid, hebben met name betrekking op het bodemtraject vanaf 0,3 m-mv. Een infiltratievoorziening zal namelijk vermoedelijk niet in de toplaag worden aangelegd.

In onderstaande tabel zijn de berekende k-waarden weergegeven.

05-1	80	10	3,5	3,52	3,22	3370	3892	0,9
05-2	80	n.v.t.	3,5	3,53	2,83	4534	6158	0,7
06-1	80	15	3,5	4,07	3,58	7974	8706	1,0

Tabel 4.1 Verzadigde horizontale doorlatendheden

Gezien de spreiding tussen beide metingen van proef 05, kan gesteld worden dat de proeven representatief zijn voor het bepalen van de doorlatendheid ter plaatse.

5 Conclusies

5.1 Samenvatting resultaten

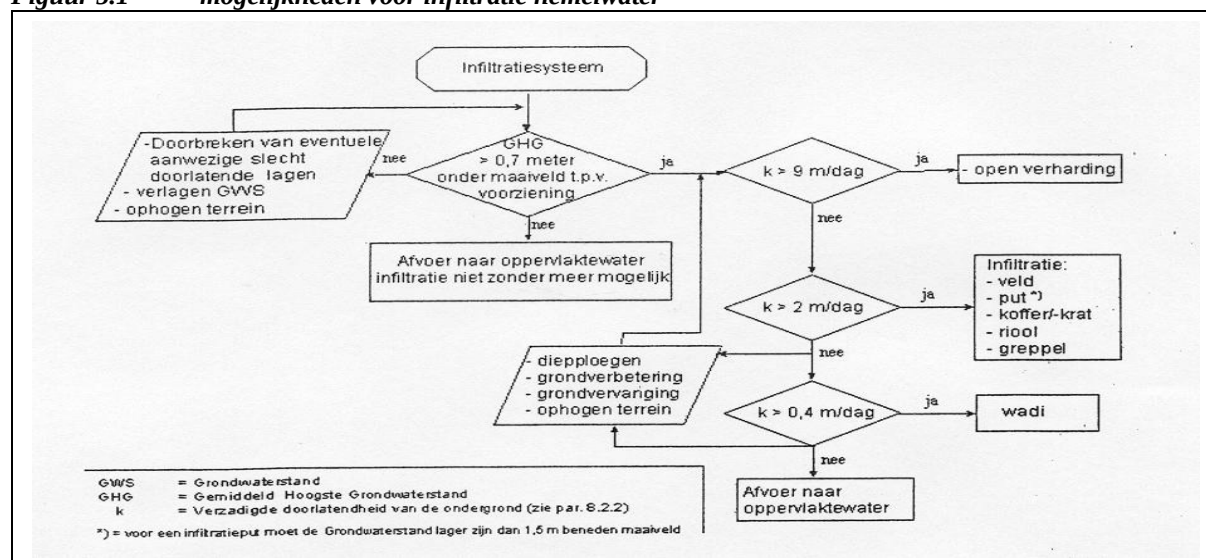
Verdeeld over het plangebied zijn twee boringen tot de GHG uitgevoerd. In de boorgaten zijn infiltratieproeven uitgevoerd. De bodem bestaat tot 1,0 m-mv overwegend uit matig fijn, zwak tot matig humeus, zwak tot sterk siltig zand. Er zijn in beide boringen tot de einddiepte veel bijmengingen met puin, kolengruis, baksteen en/of beton aangetroffen. De bodemopbouw is tevens niet homogeen, er is geen sprake van een ongeroerde bodem. De doorlatendheid is op basis van bodemsamenstelling in het veld geschat op 0,3 tot 6,0 m/dag. De GHG is op basis van oxydatieverschijnselen in het boorprofiel geschat op 0,7 m-mv.

In tabel 4.1 zijn de gemeten doorlatendheden (m/dag) weergegeven. Hieruit blijkt dat de onverzadigde bodem een doorlatendheid heeft van gemiddeld 0,90 m/dag.

5.2 Consequenties voor eventuele infiltratie

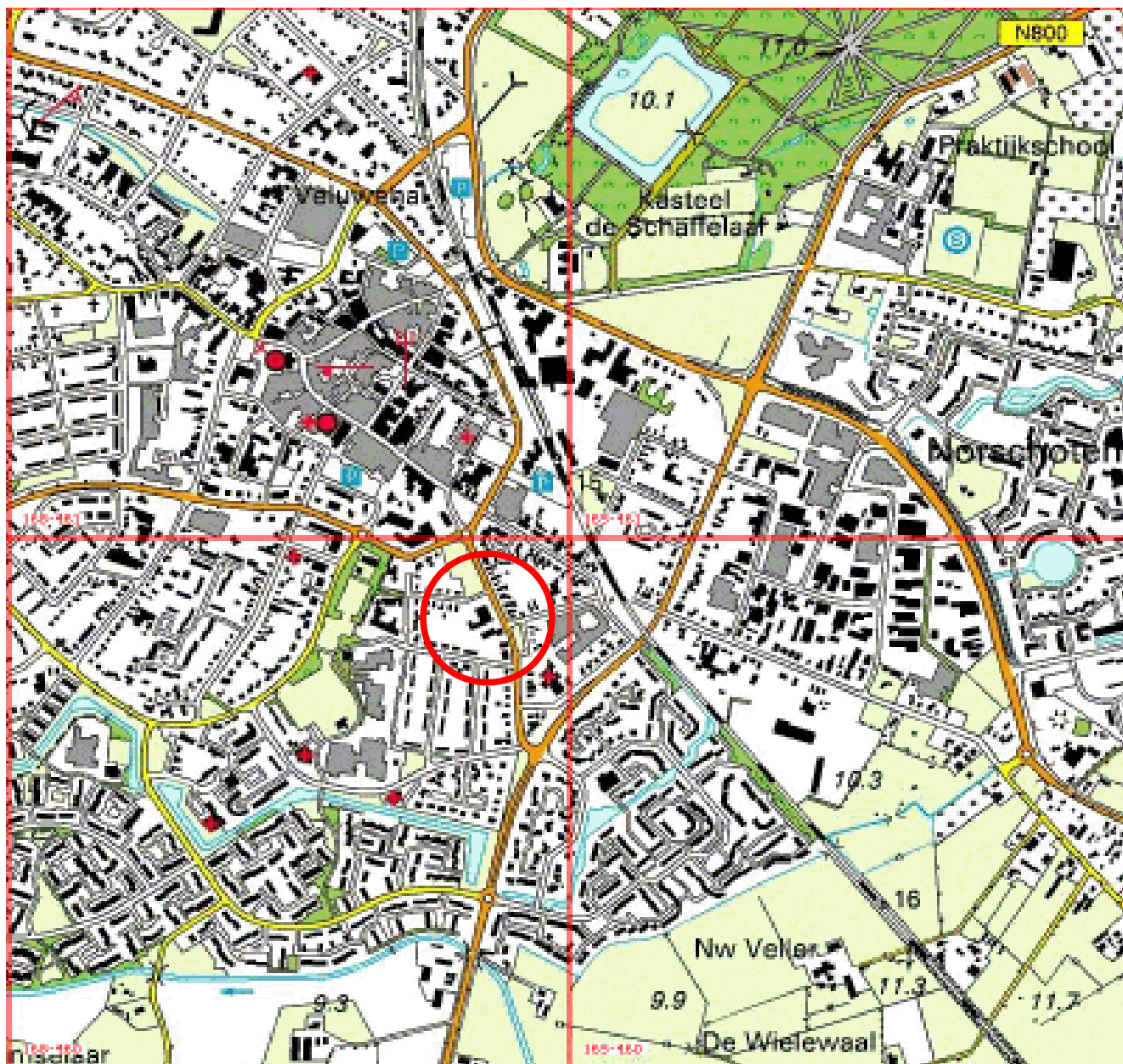
Bij het ontwerpen van infiltratievoorzieningen wordt doorgaans de ontwerprichtlijn 'Hemelwater binnen de perceelgrens (2000)' gebruikt. Uit het onderstaande stroomschema (figuur 5.1) zijn de mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater op de onderzoekslocatie af te leiden.

Figuur 5.1 mogelijkheden voor infiltratie hemelwater



In dit geval betekent dit dat er voor de uitvoering van voorzieningen ten behoeve van opvang, gebruik en infiltratie van hemelwater binnen de perceelsgrenzen beperkte mogelijkheden zijn. De geohydrologische situatie van het plangebied is voldoende voor infiltratie van hemelwater middels wadi's.

Bijlage 1 Regionale ligging van de onderzoekslocatie



Bijlage 1

Titel: Kaart regionale ligging van het plangebied

Projectcode: 10J066

Projectnaam: Van Domselaerstraat e.o. te Barneveld.

CSO Adviesbureau

Datum: april 2011

Bijlage 2 Overzichtstekening en situering boorpunten



Situering boringen infiltratie-onderzoek

Legenda

- Boringen
- Straatkolken
- Locatie

Project: Infiltratie-onderzoek Van Domselaerstraat te Barneveld, deellocatie "noodlokalen"

Opdrachtgever: De Bunte Vastgoed

Datum: 11-03-2011

Projectnr. 10J066

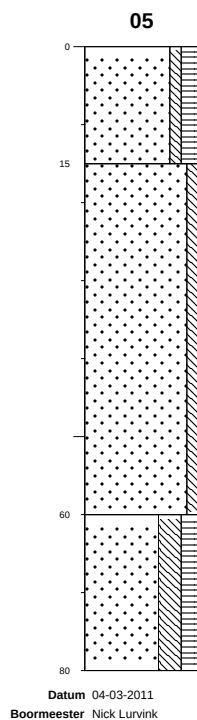
Auteur: ing. S. Wobben	
Gezien: ing. N.B. J. Lurvink	

1:500 (A3)

MILIEU • RUIMTE • WATER

Postbus 2018
7420 AA Deventer
Tel. 0570 – 50 41 82
Fax 0570 – 50 41 90

Bijlage 3 Boorbeschrijvingen

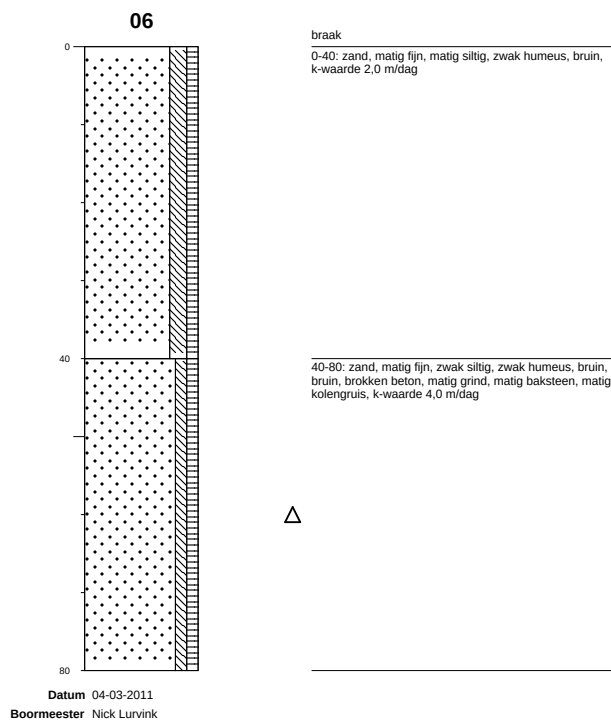


groenstrook
0-15: zand, matig fijn, zwak siltig, matig humeus, bruin, k-waarde 2,0 m/dag

15-60: zand, matig fijn, zwak siltig, bruin, geel, k-waarde 6,0 m/dag

60-80: zand, matig fijn, sterk siltig, matig humeus, bruin, zwart, sporen roest, sterk metselpuin, matig kolengruis, k-waarde 0,3 m/dag

△



braak
0-40: zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, bruin, k-waarde 2,0 m/dag

40-80: zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, bruin, bruin, brokken beton, matig grind, matig baksteen, matig kolengruis, k-waarde 4,0 m/dag

△

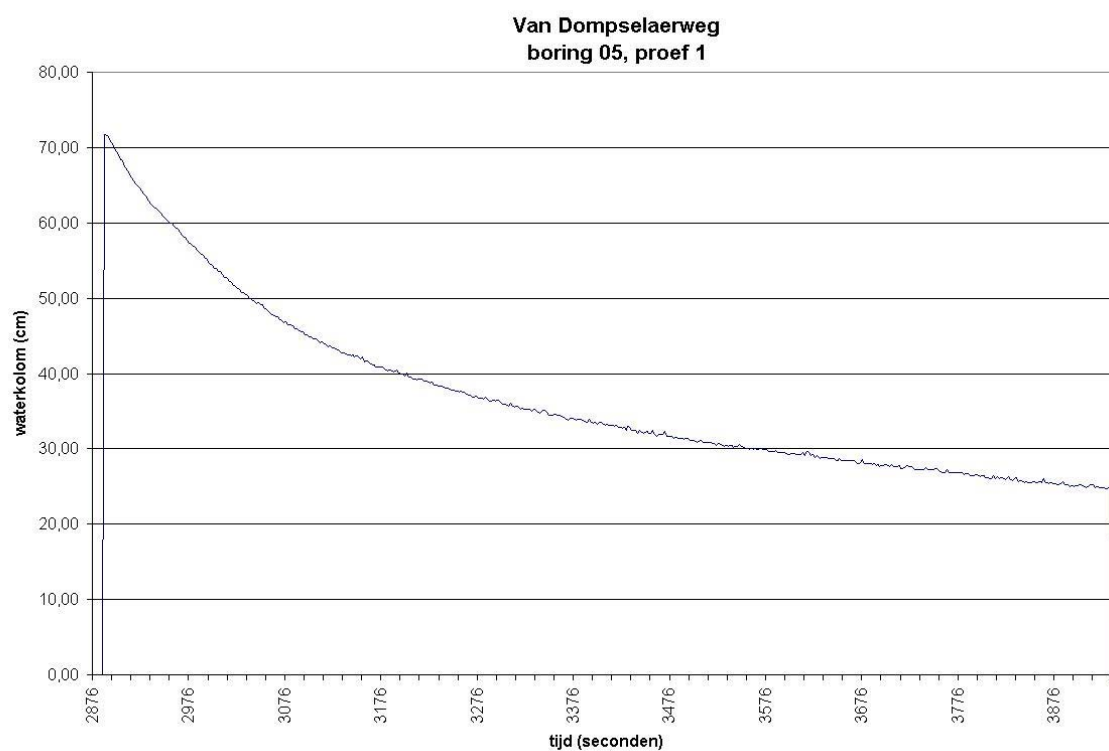
Boorprofielen

Getekend conform NEN 5104

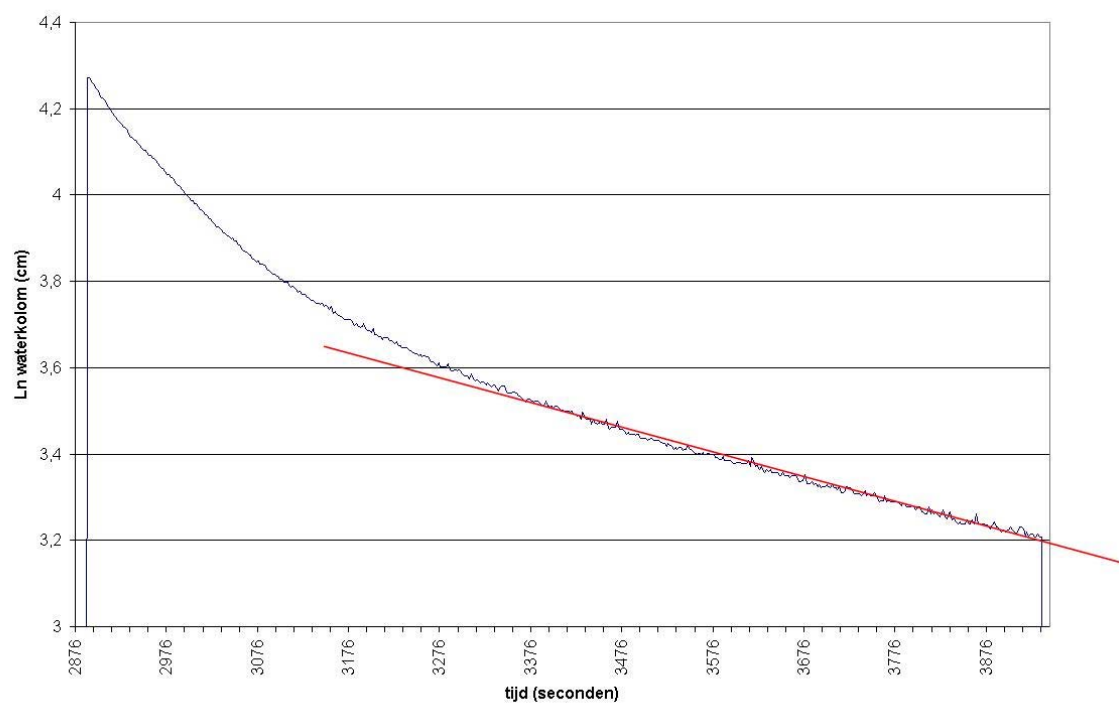
Projectnaam Van Domselaerstraat e.o.
Projectnummer 10J066
Opdrachtgever De Bunte Vastgoed
Pagina 1 van 1

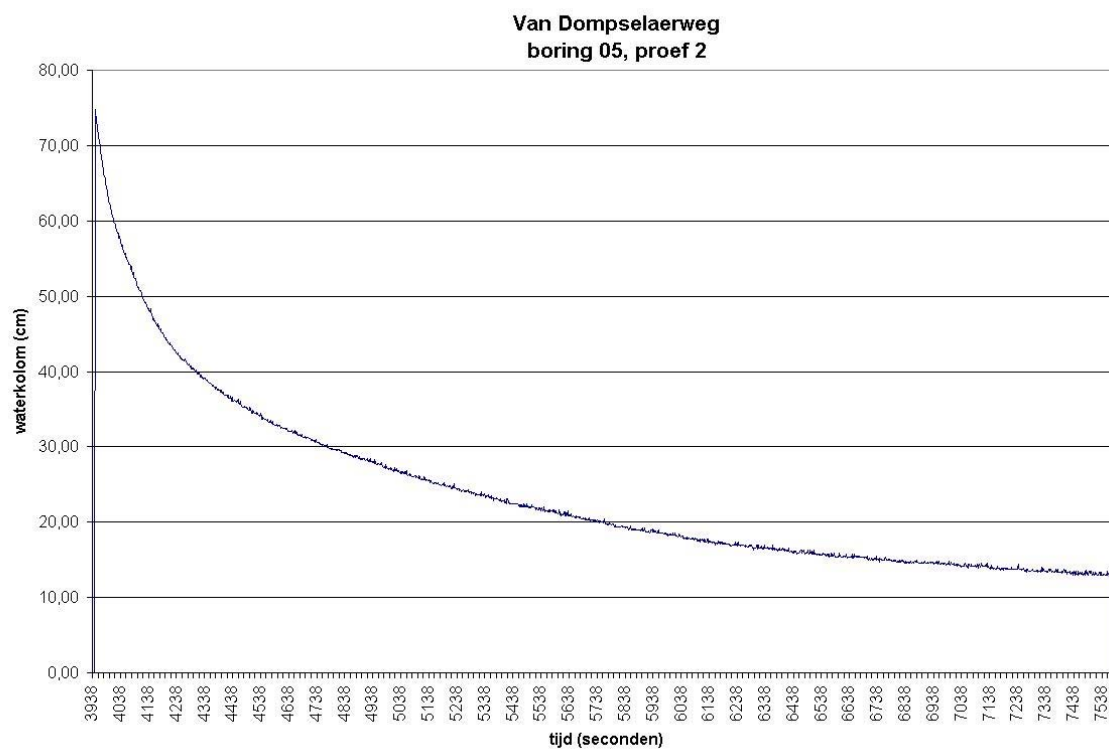


Bijlage 4 Meetresultaten

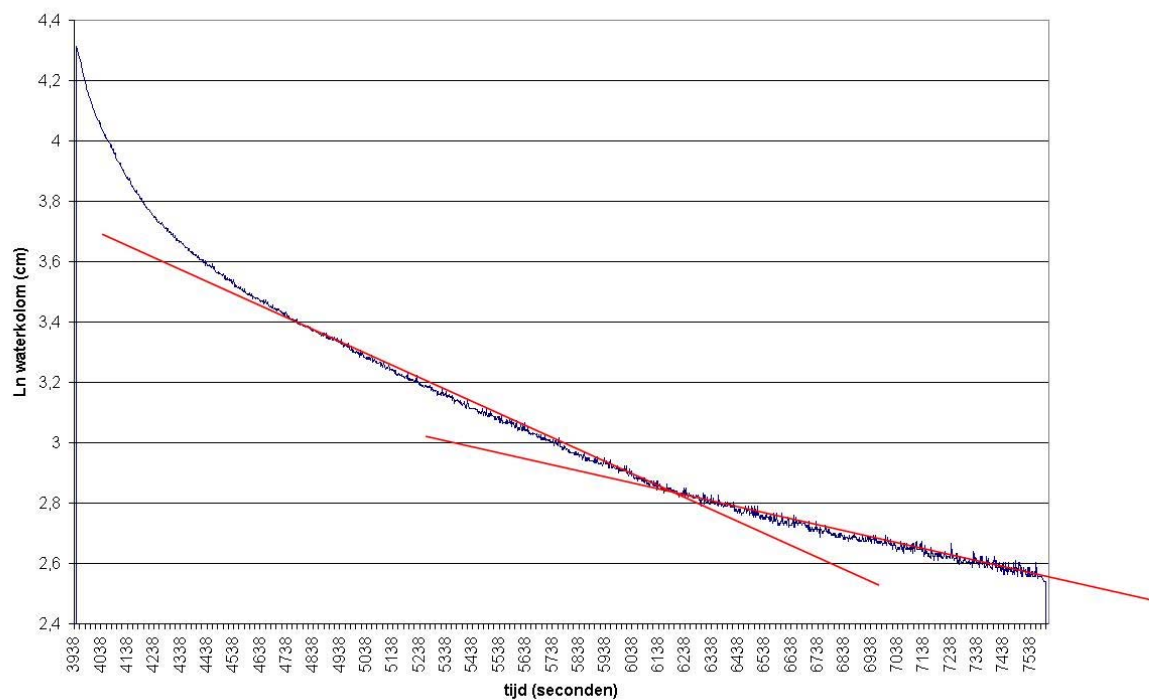


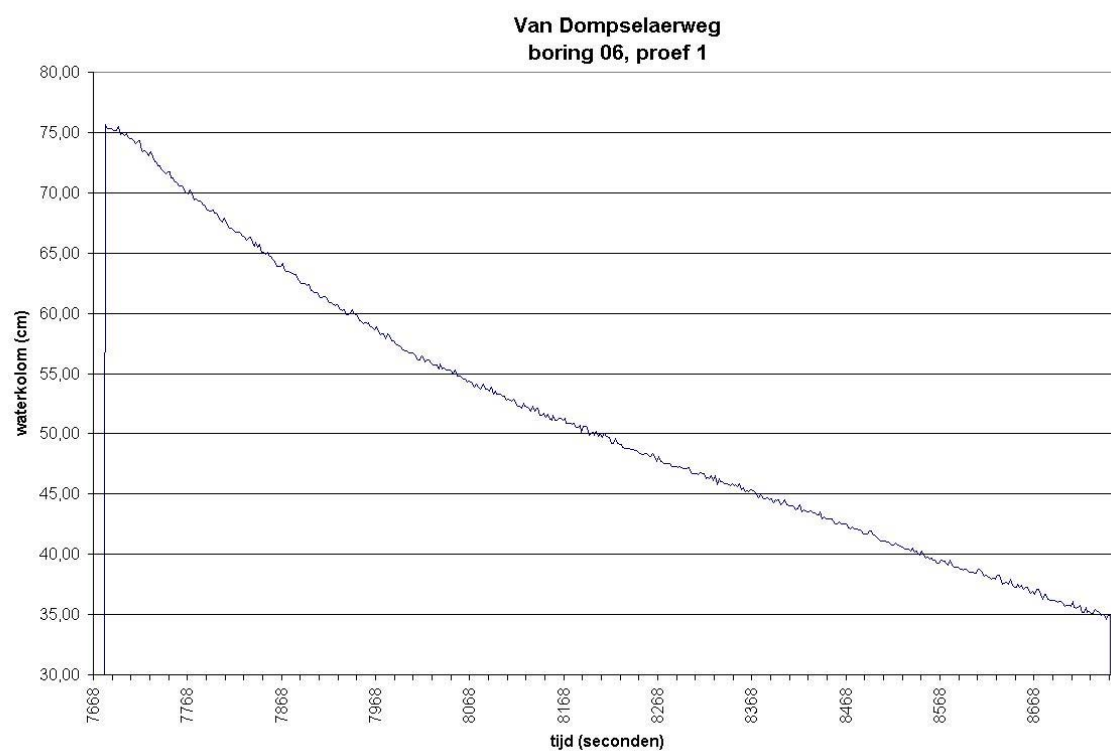
**Infiltratiegrafiek Van Domselaerstraat
Ln (waterkolom) boring 05, proef 1**





**Infiltratiegrafiek Van Domselaerweg
Ln (waterkolom) boring 05, proef 2**





**Infiltratiegrafiek Van Domselaerweg
Ln (waterkolom) boring 06, proef 1**

