

## Waterhuishoudkundig plan

Volkelseweg (Retraitehuis)  
te Uden

**Opdrachtgever**  
SVU wonen  
de heer F. van Driel  
Postbus 548  
5400 AM UDEN

**Adviesbureau**  
Geofox-Lexmond bv  
Jules Verneweg 21-15  
Postbus 2205  
5001 CE TILBURG  
Tel. 013 - 4582161  
Fax 013 - 4553089

**Status**  
Concept, versie A  
**Datum**  
20 juni 2011  
**Projectnummer**  
20102497/WWIJ  
**Documentkenmerk**  
20102497\_a1RAP.doc

**Auteur**  
de heer ir. B. Kuijpers

Paraaf: 

**Controle / vrijgave**  
de heer drs. B.L.H. ter Haar

Paraaf: 



## Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Beschrijving onderzoekslocatie</b>	<b>2</b>
2.1	Algemene gegevens	2
2.2	Waterhuishouding	3
2.3	Bodemopbouw en grondwaterstanden	4
<b>3</b>	<b>Regionaal beleid stedelijk waterbeheer</b>	<b>5</b>
3.1	Randvoorwaarden waterschap Aa en Maas	5
3.2	Randvoorwaarden gemeente Uden	6
<b>4</b>	<b>Veldwerkzaamheden</b>	<b>7</b>
4.1	Algemeen	7
4.2	Uitvoering veldonderzoek	7
4.3	Veldwerkresultaten	7
<b>5</b>	<b>Afwegingen in afkoppeling van hemelwater</b>	<b>12</b>
5.1	(On)mogelijkheden voor afkoppeling van hemelwater	12
5.2	Mogelijkheid tot hergebruik of infiltratie van hemelwater	12
5.3	Mogelijkheid tot oppervlakkige en/of ondergrondse waterberging	14
5.4	Afvoeren van hemelwater (naar oppervlaktewater of riolering)	14
5.5	Noodzaak tot maaiveldophoging t.a.v. ontwatering	15
5.6	Conclusies en aanbevelingen	15
<b>6</b>	<b>Ontwerp en dimensionering van het hemelwatersysteem</b>	<b>17</b>
6.1	Verwerking van hemelwater	17
6.2	Hydrologisch neutraal ontwikkelen (HNO) van deelgebied 2	17
6.3	Hydrologisch neutraal ontwikkelen (HNO) van deelgebied 4	17
6.4	Hydrologisch neutraal ontwikkelen (HNO) van deelgebied 5	18
6.5	Praktische uitvoering en uitwerking	18
<b>7</b>	<b>Samenvatting (voorstel waterparagraaf)</b>	<b>21</b>
7.1	Algemeen	21
7.2	Voorstel waterparagraaf	21
<b>Bijlagen</b>		
<b>1</b>	<b>Situatietekeningen</b>	
1.1	Topografische ligging locatie	
1.2	Situatieschets met boor- en peilbuislocaties	
1.3	Stedenbouwkundig plan	
<b>2</b>	<b>Boorstaten</b>	
<b>3</b>	<b>Toelichting en uitwerking omgekeerde boorgatmethode</b>	
<b>4</b>	<b>Uitdraaien HNO-tool</b>	
<b>5</b>	<b>Verslag watertoetsoverleg</b>	

## 1 Inleiding

In opdracht van SVU Wonen is een waterhuishoudkundig onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de woningbouwontwikkeling in de omgeving van het Retraitehuis aan de Volkelseweg in Uden. Het plangebied is momenteel deels bebouwd en verhard (het Retraitehuis), maar grotendeels onverhard in de vorm van bos, gras en een boomkwekerij. De locatie ligt ten zuidoosten van het woongebied van Uden, tegen het bedrijventerrein Loopkant Liessent. Voor de ontwikkeling van het plangebied tot woongebied dient een bestemmingsplan te worden opgesteld, waar een waterparagraaf onderdeel van uitmaakt.

Het doel van het onderzoek is om, rekening houdend met de belangen van SVU Wonen, te voldoen aan de door het waterschap Aa en Maas en de gemeente Uden gestelde eisen en voorwaarden. In dat kader is op 6 april (voorafgaand aan het opstellen van dit waterhuishoudkundig plan) overleg gevoerd met:

- De heren M. van Roosmalen en G. van Morel (gemeente Uden);
- Mevrouw L. de Theije en de heer T. Steenbakkers (waterschap Aa en Maas).

De locatie omvat 4 deelgebieden, waarvan in 3 deelgebieden woningbouw gerealiseerd wordt. Het 4e deelgebied blijft ongewijzigd. In samenspraak met het waterschap worden de 3 te ontwikkelen deelgebieden afzonderlijk beschouwd. De belangrijkste waterhuishoudkundige aspecten zijn samengevat in een waterparagraaf (zie hoofdstuk 7). De waterparagraaf kan uiteindelijk worden gebruikt als onderdeel van het bestemmingsplan dat ten behoeve van de voorgenomen ontwikkeling wordt opgesteld.

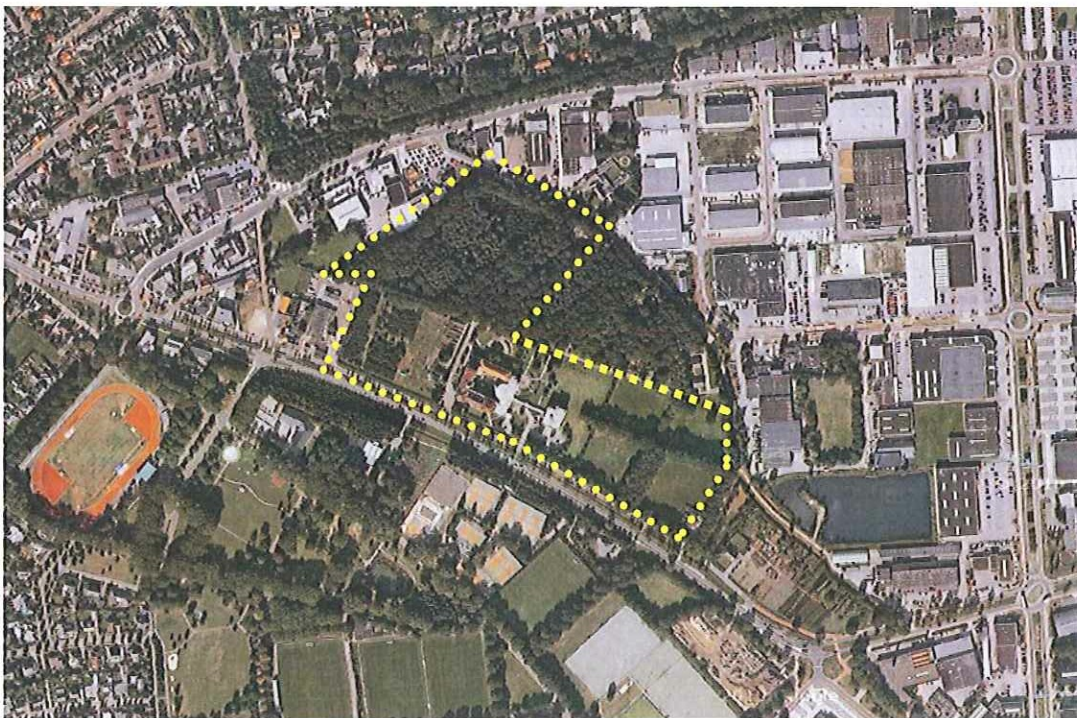
In voorliggend rapport komen de volgende aspecten aan de orde:

- basisgegevens van de huidige (waterhuishoudkundige) situatie in en rondom het plangebied, alsmede van de aard van de ontwikkeling (hoofdstuk 2);
- het huidige landelijke en regionale beleid ten aanzien van waterbeheer (hoofdstuk 3);
- de uitvoering en resultaten van de veldwerkzaamheden (hoofdstuk 4);
- de (on)mogelijkheden voor verwerking van regenwater binnen het plangebied (hoofdstuk 5);
- een globaal ontwerp en dimensionering van het voorgestelde hemelwatersysteem per deelgebied (hoofdstuk 6);
- samenvatting van het opgestelde waterhuishoudkundige plan (hoofdstuk 7).

## 2 Beschrijving onderzoekslocatie

### 2.1 Algemene gegevens

De onderzoekslocatie ligt ten zuidoosten van het woongebied van Uden, tegen de westzijde van het bedrijventerrein Loopkant Liessent. De locatie wordt globaal begrensd door de Volkelseweg (zuidzijde), bestaande bebouwing (westzijde) en de Molenheiderweg (noord- en oostzijde). Op de luchtfoto in figuur 2.1 is de ligging van de onderzoekslocatie weergegeven. In tabel 2.1 is de topografische informatie gegeven en de geografische ligging is weergegeven in bijlage 1.1.



Figuur 2.1: Luchtfoto onderzoekslocatie

De onderzoekslocatie bestaat deels uit bebouwing en verharding. De bebouwing betreft het Retraitehuis in het centrale deel van de locatie. Het grootste deel van het terrein is echter onverhard en groen (bos, gras en boomkwekerij).

Tabel 2.1: Locatiegegevens

locatiegegevens	
locatie	: Volkelseweg (Retraitehuis e.o.) te Uden
gemeente	: Uden
provincie	: Noord-Brabant
waterschap	: waterschap Aa en Maas
oppervlakte onderzoeksgebied	: 7,7 hectare
coördinaten	: X: 171.875 – 172.365 Y: 407.100 – 407.525 Z <sup>1</sup> : circa 17,4 m+NAP (ZO) tot 17,9 m+NAP (NW)

<sup>1</sup> Op basis van [www.ahn.nl](http://www.ahn.nl)

In de toekomstige situatie blijft het Retraitehuis (deelgebied 3) voornamelijk gehandhaafd als in de huidige situatie, evenals het grootste deel van het noordelijke bosgebied. In de overige delen van het plangebied (deelgebied 2, 4 en 5) worden uiteenlopende typen woningen gerealiseerd. De begrenzing van de verschillende deelgebieden is gegeven in bijlage 1.2. In bijlage 1.3 is het stedenbouwkundig plan opgenomen. Dit waterhuishoudkundig plan richt zich enkel op de te ontwikkelen deelgebieden 2, 4 en 5. Deze deelgebieden zullen afzonderlijk uitgewerkt worden, tabel 2.2 geeft de verhardingsgegevens per deelgebied.

**Tabel 2.2: Huidige en toekomstige verharding**

Deelgebied	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Huidige situatie		Toekomstige situatie	
		bebouwing (m <sup>2</sup> )	terreinverharding (m <sup>2</sup> )	bebouwing (m <sup>2</sup> )	terreinverharding (m <sup>2</sup> )
2	13.000	0	0	2.800	4.250
4	22.000	0	0	2.150	5.400
5	20.300	0	0	2.200	1.500
<b>Totaal</b>	<b>55.300</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7.150</b>	<b>11.150</b>

Voor de toename aan verharding (overeenkomend met circa 18.300 m<sup>2</sup>) dient gecompenseerd te worden. In het vervolg van dit waterhuishoudkundig plan zal de wijze waarop het hemelwater afkomstig van deze nieuwe verharding/bebouwing verwerkt wordt, worden uitgewerkt.

Ook het Retraitehuis ontwikkelt uitbreidingsplannen, hiervoor wordt in het bestemmingsplan een wijzigingsbevoegdheid opgenomen. Indien in de toekomst van de wijzigingsbevoegdheid gebruik wordt gemaakt, dient voor deze deelloot het watertoetsproces opnieuw te worden doorlopen met een bijbehorende waterhuishoudkundige onderbouwing.

## 2.2 Waterhuishouding

Langs de oostzijde van het plangebied bevindt zich een watergang, deze is deels overkluist. Deze watergang staat in verbinding met een waterpartij die zich circa 40 meter ten oosten van het plangebied bevindt. De watergang wordt aangemerkt als een primaire waterloop<sup>2</sup> en wordt door het waterschap Aa en Maas aangemerkt als zogenaamde leggerwaterloop. Het waterschap voert het onderhoud aan deze watergang uit. In een strook van 5 m vanaf de boveninsteek van deze watergang, is de "Keur oppervlaktewateren" van toepassing. Binnen deze zone mogen geen obstakels geplaatst worden en mag niet gegraven worden zonder een watervergunning van het waterschap.

Op circa 150 meter ten zuiden van het plangebied bevindt zich een kleine geïsoleerde vijver en circa 80 meter ten noorden van het plangebied ligt een watergang. In het plangebied treedt infiltratie op (Wateratlas, provincie Noord-Brabant). De locatie lijkt dan ook geschikt te zijn voor infiltratie (Waterplan Uden). De onderzoekslocatie is niet in een grondwaterbeschermingsgebied gelegen en ook niet binnen een beschermd waterhuishoudkundig gebied<sup>3</sup>. Het waterschap Aa en Maas staat voor de afvoer van hemelwater vanuit het plangebied een maximum toe van 0,33 l/s/ha.

De bestaande bebouwing (het Retraitehuis) is aangesloten op een gemengd rioolstelsel (Waterplan Uden).

<sup>2</sup> Waterplan Uden, referentie 9R2440/RO0003/501682/DenB, Royal Haskoning, 12 juni 2006

<sup>3</sup> Provinciaal Waterplan Noord-Brabant 2010-2015, provincie Noord-Brabant, 1 oktober 2010

### 2.3 Bodemopbouw en grondwaterstanden

Tabel 2.3 geeft schematisch de globale geologische bodemopbouw in de omgeving van de locatie, bepaald op basis van twee representatieve TNO-boringen (B45H0036 en B45H0065). De verschillende afzettingen zijn van met toenemende diepte (van jong naar oud) weergegeven.

**Tabel 2.3: Regionale bodemopbouw**

diepte (m-mv)	formatienaam	samenstelling
0 – 2	Boxtel	matig grindig, grof zand
2 – 13	Beegden	siltig, grindig grof zand met plaatselijk een leemlaag
13 – 25	Waalre	siltig, grindig fijn tot grof zand
25 – 45	Kiezeloöliet	siltig, grindig fijn tot grof zand

Bron: TNO-boring B45H0036 en B45H0065

#### **Regionale grondwaterstroming, -stand en fluctuatie**

De Grondwaterkaart van Nederland geeft de grondwatersituatie van het freatische grondwater weer. De stroming van het freatische grondwater is globaal zuidwestelijk gericht en heeft een gradiënt van circa 2 m/km. Lokaal kan de stroming hiervan afwijken. In het Waterplan Uden wordt de zuidwestelijke stromingsrichting van het ondiepe grondwater bevestigd.

Om meer inzicht te krijgen in de infiltratiemogelijkheden, moeten onder meer de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) ter plaatse bekend zijn. Om een indicatie van de GHG, de gemiddelde grondwaterstand (GG) en de GLG te verkrijgen is het landelijke TNO-meetnet geraadpleegd. Er bevindt zich een TNO-peilbuis in de nabijheid van de onderzoekslocatie met representatieve gegevens (recent en langdurig bemeten). Het betreft TNO-peilbuis B45H0152, waarvan de maatgevende grondwaterstanden zijn weergegeven in tabel 2.4.

**Tabel 2.4: Regionale grondwaterstandsgegevens op basis van TNO gegevens**

Peilbuis nr.	Ligging, richting	meetreeks	GHG (m + NAP)	GG (m + NAP)	GLG (m + NAP)
B45H0152	200 m, westelijk	1997 - 2004	15,3	15,0	14,7

Op basis van de informatie uit de Grondwaterkaart van Nederland, het Waterplan Uden en de regionale grondwaterstandsgegevens van TNO wordt verwacht dat de GHG op de locatie circa 15,5 m + NAP bedraagt. De GG en GLG bedragen naar verwachting respectievelijk circa 15,2 m + NAP en 14,9 m + NAP. Op basis van de maaiveldhoogte, globaal overeenkomend met circa 17,5 m + NAP, wordt de GHG derhalve verwacht tussen circa 1,9 m-mv en 2,4 m-mv.

Circa 1.000 meter ten oosten van de onderzoekslocatie bevindt zich de Raambreuk; een tektonische breuk in de ondergrond. Als gevolg hiervan wordt het diepere grondwater omhoog gestuwd en komt dit op een aantal locaties als kwel aan de oppervlakte. Hierdoor zijn sommige hogere delen vrij nat, terwijl sommige lagere delen vrij droog zijn; dit verschijnsel wordt wijst genoemd. Mogelijk treedt dit verschijnsel ook op ter plaatse van de onderzoekslocatie, dat als relatief hooggelegen wordt beschouwd.

Benadrukt wordt dat de GHG, GG en GLG met relatief beperkte grondwaterstandsgegevens zijn bepaald. Om meer inzicht te verkrijgen in de grondwaterstanden op de locatie zijn door Geofox-Lexmond bv veldmetingen verricht (zie hoofdstuk 4).



### 3 Regionaal beleid stedelijk waterbeheer

#### 3.1 Randvoorwaarden waterschap Aa en Maas

Bij ruimtelijke ontwikkelingen, waaronder ver- en nieuwbouwplannen, hanteert het waterschap een aantal uitgangspunten ten aanzien van het duurzaam omgaan met water, die van belang zijn als vertrekpunt van het overleg tussen initiatiefnemer en waterbeheerder. Bij nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen dient de initiatiefnemer hier invulling aan te geven:

- *Wateroverlastvrij bestemmen*  
Bij de locatiekeuze voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen dient rekening te worden gehouden met de norm uit het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW). In eerste instantie zal bij de locatiekeuze van een ontwikkeling gezocht moeten worden naar een plek 'die hoog en droog genoeg' is. Mocht dit echter niet mogelijk of wenselijk zijn, dan zal in de compenserende of mitigerende sfeer gezocht moeten worden naar maatregelen die het gewenste beschermingsniveau tegen wateroverlast helpen realiseren. Liever nog dan mitigeren of compenseren, wordt bij voorkeur gebouwd op locaties die als gevolg van hun ligging nú al voldoen aan de NBW-norm voor de toekomstige functie.
- *Gescheiden houden van vuil water en schoon hemelwater*  
Het streefbeeld is het afvoeren van het vuile water via de riolering en het binnen het plangebied verwerken van het schone hemelwater. Afhankelijk van de omstandigheden ter plaatse kan een compromis gesloten worden, waarbij de minimale inzet (in bestaand bebouwd gebied) is om het vuile en het schone water gescheiden aan te bieden op het (reeds aanwezige) gemengde rioolstelsel. Het waterschap zal echter niet akkoord gaan met de aanleg van nieuwe gemengde rioolstelsels.
- *Doorlopen van de afwegingsstappen: "hergebruik - infiltratie - buffering -afvoer"*  
In aansluiting op het landelijke beleid (NW4, WB21) hanteert het waterschap het beleid dat bij nieuwe plannen altijd onderzocht dient te worden hoe omgegaan kan worden met het schone hemelwater. Hierbij worden de afwegingsstappen "hergebruik - infiltratie - buffering - afvoer" (afgeleid van de trits "vasthouden - bergen - afvoeren") doorlopen. Hergebruik van hemelwater wordt voornamelijk overwogen bij grootschalige voorzieningen. Voor particuliere woningen wordt dit niet gestimuleerd, mede gezien de landelijke ervaringen met grijswatersystemen. Ook kan een vergunning nodig zijn van de grondwaterbeheerder.
- *Hydrologisch neutraal ontwikkelen*  
Nieuwe ontwikkelingen dienen te voldoen aan het principe van hydrologisch neutraal ontwikkelen, waarbij de hydrologische situatie minimaal gelijk moet blijven aan de uitgangssituatie. Hierbij mag de natuurlijke GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) niet verlaagd worden en mag bijvoorbeeld bij transformatie van landelijk naar bebouwd gebied de oorspronkelijke landelijke afvoer in de normale situatie niet overschreden worden. Het waterpeil sluit aan bij optimale grondwaterstanden en in poldergebieden worden seizoensfluctuaties toegestaan.
- *Water als kans*  
"Water" wordt door stedenbouwkundigen bij inrichtingsvraagstukken vaak benaderd als een probleem ("er moet ook ruimte voor water gecreëerd worden, en m<sup>2</sup> zijn duur"). Dat is erg jammer, want "water" kan ook een meerwaarde geven aan het plan, bijvoorbeeld door gebruik te maken van de belevingswaarde van water. Zo is 'wonen aan het water' erg gewild, een mooie waterpartij met bijbehorend groen wordt door vele inwoners gewaardeerd etc.
- *Meervoudig ruimtegebruik*  
Door bij de inrichting van een plangebied ruimte voor twee of meer doeleinden te gebruiken, is het "verlies" van m<sup>2</sup> als gevolg van de toegenomen ruimtevrage vanuit water te beperken. Zo is het in bepaalde gevallen mogelijk om het flauwe talud ook te gebruiken

als onderhoudsstrook. Flauwe taluds geven veel ruimte voor buffering van water, maar zijn ook te gebruiken voor recreatieve doeleinden.

- *Voorkomen van vervuiling*  
Bij de inrichting, het bouwen en het beheer van gebieden wordt het milieu belast. Vanuit haar wettelijke taak ten aanzien van het waterkwaliteitsbeheer streeft het waterschap ernaar om nieuwe bronnen van verontreiniging zoveel mogelijk te voorkomen. Deze bronaanpak is ook verwoord in het Emissiebeheersplan. Het waterschap besteedt hier reeds aandacht aan in de fase van de watertoets, zodat dit aspect als randvoorwaarde kan worden meegenomen in het verdere ontwerpproces.
- *Waterschapsbelangen*  
Er zijn 'waterschapsbelangen' met een ruimtelijke component. Dit betreft het volgende:
  - ruimteclaims voor waterberging
  - ruimteclaims voor de aanleg van natte EVZ's en beekherstel
  - aanwezigheid en ligging watersysteem
  - aanwezigheid en ligging waterkeringen
  - aanwezigheid en ligging van infrastructuur en ruimteclaims ten behoeve van de afvalwaterketen in beheer van het waterschap.

Indien deze belangen een rol spelen in het ruimtelijke plan dan dient hieraan in de toelichting, de voorschriften en de plankaart aandacht besteed te worden.

### 3.2 Randvoorwaarden gemeente Uden

In geval van stedelijke ontwikkelingen sluit de gemeente Uden zich aan bij de beleidsuitgangspunten van het waterschap Aa en Maas. In aanvulling op het waterschapsbeleid stelt de gemeente als aanvullende eis dat de wateropgave zoveel mogelijk op particulier terrein dient te worden gerealiseerd.



## 4 Veldwerkzaamheden

### 4.1 Algemeen

Om een gedetailleerder beeld van de bodemopbouw en de grondwaterhuishouding te verkrijgen, zijn op de locatie veldwerkzaamheden verricht. De veldwerkzaamheden zijn uitgevoerd met inachtneming van de richtlijnen en kwaliteitseisen zoals genoemd in de Beoordelingsrichtlijn veldwerk voor milieuhygiënisch bodem- en waterbodemonderzoek en mechanisch boren van de Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer, nummer 2000 "Veldwerk bij milieuhygiënisch bodemonderzoek" (kortweg: BRL SIKB 2000) en het werkprotocol VKB Protocol 2001 (Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen) en VKB Protocol 2002 (Het nemen van grondwatermonsters).

De veldwerkzaamheden zijn uitgevoerd door de volgende geregistreerde veldmedewerkers:

- de heer N. van Aarle;
- de heer J. Laros.

### 4.2 Uitvoering veldonderzoek

De mogelijkheid tot het infiltreren van hemelwater in de bodem is onder andere afhankelijk van de grondwaterstand en de waterdoorlatendheid van de bodem in de onverzadigde zone ter plaatse. Op 23 maart 2011 zijn in het plangebied 10 doorlatendheidsmetingen uitgevoerd, ook zijn 10 peilbuizen geplaatst (in combinatie met het verkennend bodemonderzoek). De peilbuizen liggen echter deels in deelgebied 3, dat in dit waterhuishoudkundig plan buiten beschouwing blijft. De uitgevoerde veldwerkzaamheden zijn weergegeven in tabel 4.1.

**Tabel 4.1: Overzicht uitgevoerde veldwerkzaamheden (i.c.m. verkennend bodemonderzoek)**

veldwerkzaamheden		metingen
Boringen <sup>a</sup>	Peilbuizen <sup>b</sup>	grondwater
10	10	10 x Omgekeerde boorgatmeting <sup>c</sup>

<sup>a</sup> : boringen tot 2,0 m-mv

<sup>b</sup> : boringen afgewerkt met een peilbuis (diepte 5,0 en 5,5 m-mv)

<sup>c</sup> : veldproef waarmee de doorlatendheid van de bodem in de onverzadigde zone kan worden bepaald

Een schets van de huidige situatie met boor- en peilbuislocaties is opgenomen in bijlage 1.2.

### 4.3 Veldwerkresultaten

#### 4.3.1 Bodemopbouw

In de boorstaten (bijlage 2) is de bodemopbouw van het onderzochte terrein weergegeven. Een globale beschrijving van de bodemopbouw is opgenomen in tabel 4.2.

**Tabel 4.2: Globale bodemopbouw**

diepte (m-mv)	bodemsamenstelling	opmerkingen
0 – 0,5	matig/zwak siltig, matig tot zeer fijn zand	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beneden 0,3 m-mv plaatselijk roesthoudend of sporen roest</li> <li>- grotendeels zwak tot matig grindhoudend</li> <li>- plaatselijk brokken puin</li> <li>- zwak wortelhoudend</li> <li>- grotendeels zwak humeus</li> </ul>
0,5 – 1,2	zwak siltig, matig grof zand, afgewisseld met matig/zwak siltig, matig tot uiterst fijn zand	<ul style="list-style-type: none"> <li>- grotendeels zwak tot sterk grindhoudend</li> <li>- plaatselijk roesthoudend of sporen roest</li> </ul>
1,2 - 4,0	matig/zwak siltig, zeer fijn tot matig grof zand, afgewisseld met zwak tot sterk zandig leem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- grotendeels zwak tot sterk grindhoudend</li> <li>- zandlagen plaatselijk matig leemhoudend of brokken leem bevattend</li> <li>- tot 3,6 m-mv plaatselijk roesthoudend of sporen roest</li> </ul>

Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de toplaag van de bodem (tot circa 1,2 m-mv) bestaat uit fijn tot grof zand. Vrijwel overal is het zand vermengd met grind en één boring is oerhoudend, beneden 0,3 m-mv komen roestverschijnselen voor. Roestverschijnselen zijn een indicatie voor wisselende grondwaterstanden. Beneden 1,2 m-mv worden zandige lagen afgewisseld met zandige leemlagen. Ook deze lagen bevatten vrijwel overal grind, de zandlagen bevatten plaatselijk leem en de roestverschijnselen komen voor tot 3,6 m-mv.

#### 4.3.2 Grondwaterstand

In tabel 4.3 is de grondwaterstand in de peilbuizen weergegeven. De grondwaterstanden zijn op 23 maart 2011 gemeten in de peilbuizen die geplaatst zijn voor het bodemonderzoek.

**Tabel 4.3: Gemeten grondwaterstand**

	peilbuis	Gemeten grondwaterstand (m-mv)	Geschatte grondwaterstand (m + NAP) <sup>4</sup>
Deelgebied 2	1	1,33	16,4
	7	1,19	16,4
Deelgebied 4	8	1,10	16,5
	2	1,36	16,4
Deelgebied 5	3	1,50	16,3
	4	1,72	16,1
	5	2,11	15,7

<sup>4</sup> Op basis van [www.ahn.nl](http://www.ahn.nl)

Op basis van [www.grondwaterstandinbrabant.nl](http://www.grondwaterstandinbrabant.nl) blijkt dat de metingen die zijn uitgevoerd op 23 maart 2011 hebben plaatsgevonden in een geohydrologisch gemiddelde periode. Verwacht wordt dan ook dat de metingen uit maart 2011 waarden betreffen die gelegen zijn rondom de GG op de onderzoekslocatie.

Het grote verschil met de geschatte grondwaterstanden op basis van het vooronderzoek (de TNO-peilbuizen) wordt mogelijk veroorzaakt door het voorkomen van kwel (wijst; zie paragraaf 2.3). Het grondwater bevindt zich echter vrij diep onder het maaiveld, waardoor het plangebied niet als nat wordt aangemerkt. Het verschil met de geschatte grondwaterstanden ligt ook deels in het feit dat er aanzienlijke maaiveldhoogteverschillen binnen het plangebied zijn aangetroffen.

Na het combineren van de beschikbare gegevens wordt een gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG), een gemiddelde grondwaterstand (GG) en een gemiddelde laagste grondwaterstand (GLG) aangehouden van respectievelijk circa 16,5 m + NAP (0,9 à 1,4 m-mv), 16,2 m + NAP (1,2 à 1,7 m-mv) en 15,9 m + NAP (1,5 à 2,0 m-mv).

#### 4.3.3 Doorlatendheid

Voor de bepaling van de mogelijkheden tot infiltratie van regenwater in de bodem is de onverzadigde doorlatendheid van de bodem een belangrijk gegeven. Een toelichting op de gehanteerde methode is weergegeven in bijlage 3.

Getracht is om op 22, 23 maart en 14 april 2011 in tien ondiepe boringen de onverzadigde doorlatendheid van de bodem te bepalen en zo de mogelijkheden voor infiltratie vast te stellen. (zie tabel 4.4). De locaties van de betreffende boringen zijn weergegeven in bijlage 1.2. Als gevolg van de bodemopbouw bleek infiltratie tijdens een van de veldproeven zeer snel te verlopen, zodanig dat geen betrouwbare meting verricht kon worden (boring 12). Op basis daarvan kan gesteld worden dat de doorlatendheid van de bodem ter plaatse van deze meting groot is (in tabel 4.4 weergegeven als > 10 m/dag). In figuur 4.1 is weergegeven op welke wijze de gemeten doorlatendheden verdeeld zijn binnen de onderzoekslocatie.

De filterstellingen ten behoeve van de doorlatendheidsmetingen bevinden zich juist boven de grondwaterstand. Deze filterstelling is gekozen omdat verwacht wordt dat dit de zone is waar in natte perioden voornamelijk infiltratie zal plaatsvinden. Infiltratie vindt voornamelijk plaats in de onverzadigde zone (boven de grondwaterspiegel). Om die reden is de doorlatendheid in de onverzadigde zone de belangrijkste factor met betrekking tot infiltratie. De doorlatendheid in de verzadigde zone (beneden de grondwaterspiegel) is niet bepaald, aangezien deze beduidend minder van belang is voor infiltratie.

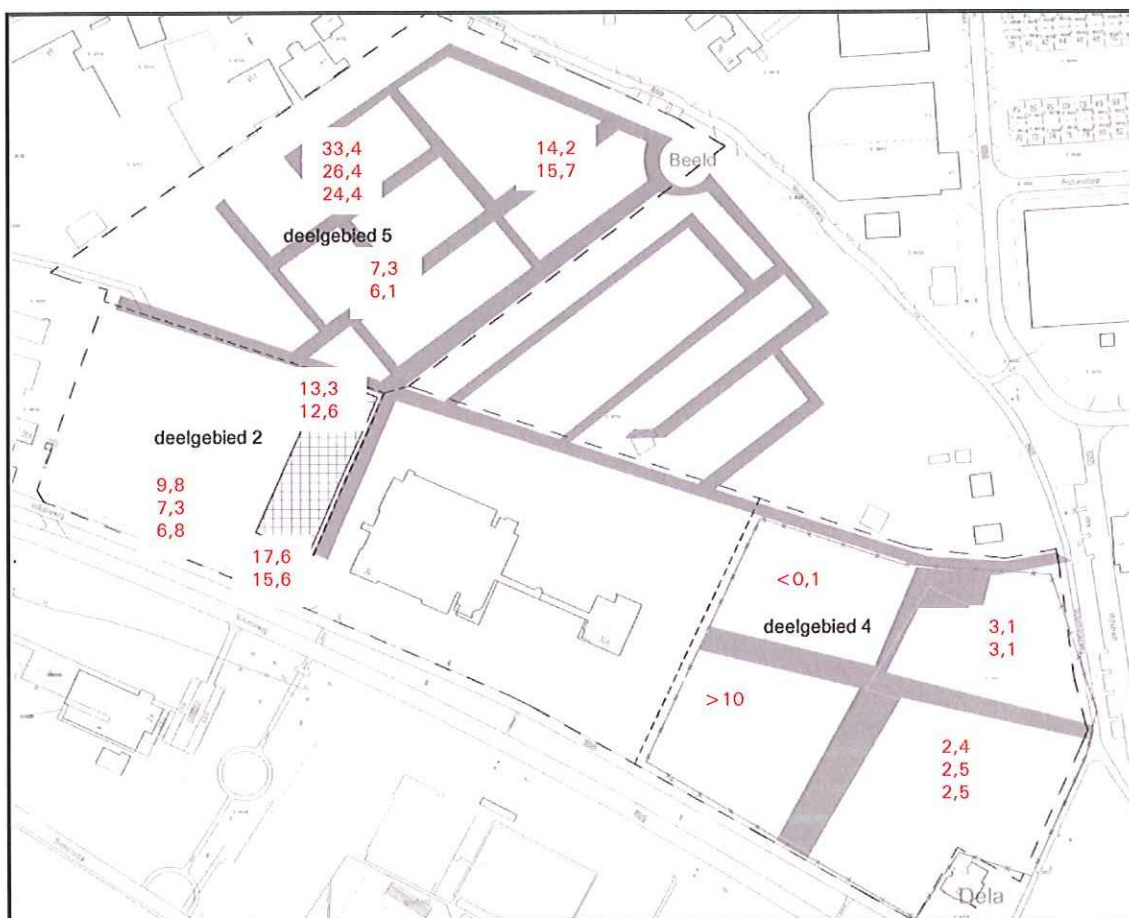
In bijlage 3 is een beschrijving van de gehanteerde methode voor de doorlatendheidsmetingen opgenomen, evenals de uitwerking van de metingen. De onverzadigde doorlatendheid wordt als goed beschouwd. De resultaten van het veldonderzoek wijzen uit dat de onderzoekslocatie in principe goed geschikt is voor infiltratie.

Tabel 4.4: Doorlatendheid onverzadigde zone (zone direct boven de grondwaterspiegel)  
(zie ook figuur 4.1)

	boring	traject (m-mv)	bodemsamenstelling	doorlatendheid (m/dag)		
				meting 1	meting 2	meting 3
	OBM 13	0,8 – 1,3	zeer fijn tot matig fijn zand	9,8	7,3	6,8
Deelgebied 2	OBM 48	0,5 – 1,5	zwak grindhoudend, matig grof zand	17,6	15,6	
	OBM 49	0,6 – 1,6	zwak grindhoudend, matig fijn zand	13,3	12,6	
Deelgebied 4	OBM 11	0,3 – 0,8	zeer fijn tot matig grof zand	2,4	2,5	2,5
	OBM 12 <sup>5</sup>	0,9 – 1,4	matig fijn tot matig grof zand	> 10		
	OBM 46	0,6 – 1,1	zwak grindhoudend, matig fijn zand	3,1	3,1	
	OBM 47 <sup>6</sup>	0,6 – 1,1	matig leemhoudend, zeer fijn zand	< 0,1		
Deelgebied 5	OBM 14	0,8 – 1,3	zeer fijn tot matig fijn zand	33,4	26,4	24,4
	OBM 50	0,5 – 1,5	zwak grindhoudend, matig fijn zand	7,3	6,1	
	OBM 51	0,5 – 1,5	zwak grindhoudend, matig fijn zand	14,2	15,7	

<sup>5</sup> Infiltratie verliep dermate snel dat geen betrouwbare meting verricht kon worden, om die reden is de doorlatendheid aangeduid als > 10 m/dag.

<sup>6</sup> Infiltratie verliep dermate traag dat de meting niet uitvoerbaar bleek, om die reden is de doorlatendheid aangeduid als < 0,1 m/dag.



Figuur 4.1: Ruimtelijke verdeling van de gemeten doorlatendheden

## 5 Afwegingen in afkoppeling van hemelwater

### 5.1 (On)mogelijkheden voor afkoppeling van hemelwater

Op basis van de beschikbare gegevens volgend uit het bureauonderzoek en de uitgevoerde veldwerkzaamheden (grondwaterstanden, bodemopbouw en doorlatendheid) zijn voor het plangebied de mogelijkheden ten aanzien van het afkoppelen van hemelwater te bepalen. Hierbij wordt de wettelijke voorkeursvolgorde (hergebruiken/infiltreren → bergen → afvoeren) als randvoorwaarde meegenomen. Dit betekent dat eerst onderzocht dient te worden of:

1. het hemelwater plaatselijk kan worden benut (hergebruik) of in de bodem kan worden vastgehouden (infiltratie);
2. indien de omstandigheden dit niet toelaten, dient onderzocht te worden of het water oppervlakkig of ondergronds kan worden geborgen;
3. pas daarna mag het water worden afgevoerd naar ander oppervlaktewater met als laatste mogelijkheid het rioolsysteem.

Door het afkoppelen van hemelwater van de riolering ontstaat ruimte in het DWA-riool om vuil afvalwater te transporteren, bijkomend voordeel is een hoger rendement van de waterzuivering. Voorwaarde voor infiltratie is dat het hemelwater voldoende schoon is. Dit is afhankelijk van o.a. de toepassing van duurzame materialen en het extensief gebruik van verhardingen.

### 5.2 Mogelijkheid tot hergebruik of infiltratie van hemelwater

#### Mogelijkheden voor hergebruik van hemelwater

Het hergebruik van hemelwater is één van de mogelijke maatregelen ten behoeve van een duurzaam watergebruik. De hoeveelheid regenwater die wordt ondervangen (en dus niet wordt afgevoerd richting een infiltratie- of bergingsvoorziening) hangt af van de inhoud van het hergebruikssysteem. Aangezien in het plangebied woningbouw zal plaatsvinden, zal er sprake zijn van "risicogroepen" (zoals jonge kinderen, minder validen, zieken en ouderen). In dat geval wordt het gebruik van hemelwater minder geschikt geacht.

Momenteel bestaat nog geen duidelijkheid over de wens om desondanks hemelwater binnen het plangebied te hergebruiken. Om die reden is in deze rapportage dan ook uitgegaan van de minst gunstige situatie en is aangenomen dat regenwater niet wordt hergebruikt.

#### Mogelijkheden voor vasthouden van hemelwater in vegetatiedaken

Een aanzienlijk gedeelte van het toekomstig verhard oppervlak betreft dakoppervlak. Door het maken van een weloverwogen keuze van het type dakverharding kan de afvoer van regenwater, afkomstig van het dakoppervlak, sterk worden verminderd. Een vegetatiedak kan zorgen voor een grote reductie in de afvoer (tot wel 90%). Een vegetatiedak heeft namelijk de eigenschap het regenwater te bufferen, waardoor afvoerpieken van hevige buien worden opgevangen. Een vertraagde afvoer zorgt ervoor dat het vegetatiedak langzaam "leegloopt" en de berging weer beschikbaar komt, terwijl geen sprake is van een toename van de afvoer ten opzichte van de huidige situatie. Het riool of oppervlaktewater raakt daardoor niet of minder snel overbelast.

In dit stadium bestaat nog geen duidelijkheid over de mogelijkheid / wens voor het toepassen van vegetatiedaken. Met inachtneming van de kosten, de bouwkundige consequenties van de aanleg en het onderhoud van vegetatiedaken, wordt vooralsnog uitgegaan van de minst gunstige situatie en is aangenomen dat geen vegetatiedaken worden toegepast.

#### Mogelijkheden voor infiltratie van hemelwater (oppervlakkig of ondergronds)

In figuur 5.1 is voor verwerking van hemelwater binnen een perceelsgrens schematisch de afweging tussen het wel of niet infiltreren in de bodem en de keuze van een bepaalde infiltratietechniek (op basis van de heersende grondwaterstand en de doorlatendheid van de bodem) weergegeven. Het betreft hier een algemene beslismethodiek. Ieder geval dient afzonderlijk beoordeeld te worden op basis van locatiespecifieke kenmerken (maatwerk).

De GHG geldt als eerste criterium bij de afweging tussen het infiltreren in de bodem, het bergen van het hemelwater, óf het afvoeren van hemelwater naar elders. Indien de GHG hoger is dan 0,7 m-mv is infiltratie niet zonder meer mogelijk en resteren de volgende mogelijkheden:

- het bergen van hemelwater op de locatie;
- het nemen van maatregelen ter verbetering van de geohydrologische omstandigheden;
- het afvoeren van het hemelwater naar elders.

Indien de doorlatendheid van de bodem (k-waarde) groter is dan 9 m/dag kunnen in principe alle typen infiltratievoorzieningen worden toegepast. Indien de verzadigde doorlatendheid van de onverzadigde zone kleiner is dan 9 m/dag, maar groter dan 2 m/dag, kunnen infiltratiemethoden als infiltratieveld, -koffer, -riool en -greppel goed worden toegepast. Indien de doorlatendheid van de bodem tussen de 2 en 0,4 m/dag ligt, kan het hemelwater, mits voldoende ruimte beschikbaar is, met behulp van een wadi (infiltratiegreppel met infiltratiekoffers en drainage naar open water) in de bodem worden geïnfiltreerd. In geval van een doorlatendheid van minder dan 0,4 m/dag wordt het infiltreren van hemelwater afgeraden.

#### Maaiveldhoogte en GHG

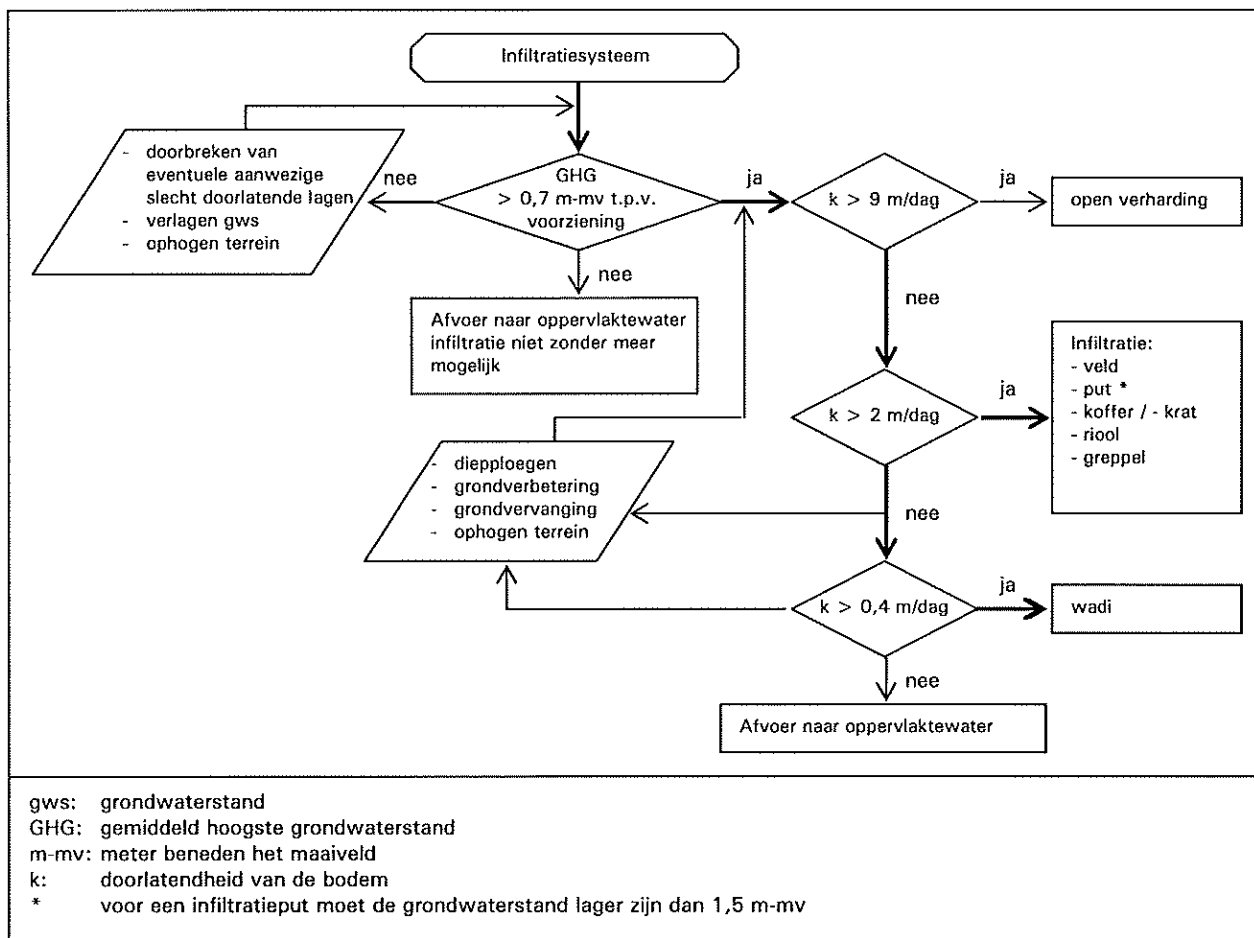
Als criterium voor de keuze tussen wel of geen infiltratie wordt de GHG gebruikt. Indien de GHG op de locatie hoger is dan 0,7 m-mv, is infiltratie niet zonder meer mogelijk. Wat betreft de geschatte maaiveldhoogte (circa 17,4 tot 17,9 m+NAP), de gemeten grondwaterstanden op de locatie en de geschatte GHG (16,5 m+NAP) blijkt op basis van de in figuur 5.1 weergegeven beslisboom infiltratie van hemelwater in de bodem mogelijk.

Om te voldoen aan de ontwateringseisen is ophoging van (delen van) het plangebied niet vereist (zie paragraaf 5.5). De aanleg van kruipruimtes behoort zonder ophoging tot de mogelijkheden. Uit figuur 5.1 blijkt dat, op basis van de verwachte GHG, infiltratie van hemelwater in het plangebied goed mogelijk is.

#### Doorlatendheid

Op basis van de voor het plangebied gemeten doorlatendheden van de onverzadigde zone kan uit figuur 4.1 worden afgeleid dat infiltratie (in aanzienlijke delen van het plangebied) mogelijk is door middel van technieken als een infiltratieveld, -put, -koffers of -kratten, een -riool of een -greppel. Ook de aanleg van een wadi behoort tot de mogelijkheden. Gezien de grote spreiding aan doorlatendheden wordt (zonder aanvullend onderzoek) het gebruik van doorlatende verharding afgeraden. Het waterschap en de gemeente hebben een voorkeur voor oppervlakkige infiltratie boven ondergrondse infiltratie.





Figuur 5.1: Mogelijkheden voor gebruik/infiltratie van hemelwater (bron: Hemelwater binnen de perceelgrens, SBR/ISSO, publicatie 70.1, mei 2002)

### 5.3 Mogelijkheid tot oppervlakkige en/of ondergrondse waterberging

De volgende stap in de voorkeursvolgorde (na hergebruik en infiltratie) is het bergen van hemelwater binnen het plangebied. In principe is het oppervlakkig bergen van water (bergen in oppervlaktewater) goed mogelijk in het gebied. Hierbij kan tevens gedacht worden aan oplossingen bestaande uit een combinatie van berging in oppervlaktewater en het infiltreren van hemelwater. Ondergronds bergen behoort in principe altijd tot de mogelijkheden, maar is in het algemeen een dure oplossing.

### 5.4 Afvoeren van hemelwater (naar oppervlaktewater of riolering)

De laatste stap in de voorkeursvolgorde (na hergebruik, infiltratie en bergen) is het afvoeren van hemelwater naar het oppervlaktewater of de riolering buiten het plangebied. Deze optie wordt door het waterschap en de gemeente enkel aanvaard als geen andere optie redelijkerwijs mogelijk is. Hierbij kan in principe ook gekozen worden voor een combinatie van afvoer naar oppervlaktewater elders en het rioelstelsel.

Omdat infiltratie en berging van hemelwater binnen het plangebied mogelijk is, staat het waterschap niet toe dat water onvertraagd wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater buiten het plangebied. Bij extreme regenval is het wel toegestaan om water af te voeren naar elders.

### 5.5 Noodzaak tot maaiveldophoging t.a.v. ontwatering

De noodzaak tot het ophogen van het maaiveld in het plangebied wordt bepaald door:

- de in het plangebied heersende grondwaterstand en de fluctuatie ervan over het jaar gezien;
- de algemeen gestelde eisen ten aanzien van de ontwateringsdiepte.

De algemeen gehanteerde ontwateringsnorm bedraagt 0,7 m ten opzichte van het toekomstige straatpeil en 0,5 m wanneer kruipruimteloos gebouwd wordt. Dat betekent in dit geval dat de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) minimaal 0,5 m onder het toekomstige straatpeil dient te liggen (ervan uitgaande dat er geen kruipruimtes gerealiseerd worden). De GHG wordt voor het plangebied in de huidige situatie geschat op circa 16,5 m + NAP. Het huidige maaiveld varieert in hoogte van circa 17,4 tot 17,9 m + NAP ([www.ahn.nl](http://www.ahn.nl)) en behoeft dus niet te worden opgehoogd om te voldoen aan de ontwateringsnorm.

Gezien de afwezigheid van oppervlaktewater in het plangebied, is de drooglegging niet in beschouwing genomen.

### 5.6 Conclusies en aanbevelingen

In de tabel 5.1 zijn de verschillende oplossingsrichtingen en hun haalbaarheid op de onderzoekslocatie schematisch weergegeven.

Momenteel bestaat nog geen duidelijkheid over hergebruik van hemelwater binnen het plangebied. Ook bestaat nog geen duidelijkheid over de mogelijkheid / wens voor het toepassen van vegetatiedaken. Met inachtneming van de kosten en de bouwkundige consequenties van hergebruik en vegetatiedaken (aanleg en onderhoud), wordt vooralsnog uitgegaan van de minst gunstige situatie en is aangenomen dat regenwater niet wordt hergebruikt of gebufferd in vegetatiedaken.

Zowel het waterschap als de gemeente heeft een voorkeur uitgesproken voor het infiltreren van hemelwater. Bij voorkeur worden infiltratievoorzieningen aangelegd op particulier terrein. Als dit niet mogelijk is dan kan alsnog worden uitgeweken naar openbaar terrein. Verder mag hemelwater dat op wegen of parkeerplaatsen valt zonder meer infiltreren in openbaar gebied (langs de wegen/parkeerplaatsen). Gemeente en waterschap nemen geen infiltratievoorzieningen in beheer. Derhalve worden de toekomstige perceelseigenaren verantwoordelijk voor het onderhoud van toekomstige infiltratievoorzieningen.

Naast het infiltreren van hemelwater, wordt ook het overdimensioneren van het (IT-)riool als een goede oplossing gezien om waterberging te realiseren. In algemene zin mogen infiltratie- of bergingsvoorzieningen alleen aansluiten op het bestaande watersysteem in de omgeving als een vertraagde afvoer (beneden de vastgestelde landelijke afvoer; 0,33 l/s/ha) wordt gerealiseerd. Een geïsoleerde infiltratievoorziening heeft echter de voorkeur.

Het voor het plangebied meest geschikt geachte hemelwatersysteem wordt in het volgende hoofdstuk beschreven.

Tabel 5.1: Haalbaarheid van de oplossingsrichtingen voor het plangebied

Oplossingsrichting	Voorbeeld	Haalbaarheid					
		Geohydrologisch	Technisch / organisatorisch	Algemeen			
Hergebruik	Doorspoelen WC	±	n.v.t.	±	nog onbekend	±	afhankelijk van o.a.: - extra kosten - dakmateriaal
Vegetatiedak	Sedum daken	±	n.v.t.	±	nog onbekend	±	afhankelijk van o.a.: - constructie bebouwing - extra kosten vegetatiedak
Oppervlakkig infiltreren	Infiltratiegreppels	+	mogelijk	+	mogelijk	++	goed mogelijk
Ondergronds infiltreren	Infiltratiekratten	+	mogelijk	±	mogelijk, heeft niet de voorkeur	±	mogelijk, heeft niet de voorkeur
Oppervlakkig bergen	Retentievijver	+	mogelijk	+	mogelijk	++	goed mogelijk
Ondergronds bergen	Bergbezinkbassin	+	mogelijk	±	mogelijk, maar niet wenselijk	±	mogelijk, maar niet wenselijk
Afvoer naar oppervlakte water	Sloten en watergangen	+	mogelijk	--	mogelijk, maar niet wenselijk <sup>7</sup>	±	mogelijk, maar alleen na infiltratie / berging en met vertraagde afvoer
Afvoer naar rioolstelsel	Verbeterd gescheiden rioolstelsel	±	n.v.t.	-	niet toegestaan <sup>8</sup>	-	niet toegestaan

<sup>7</sup> Het afvoeren van hemelwater naar elders is in de regel alleen toegestaan als de afvoer vertraagd wordt (in dit geval maximaal 0,33 l/s/ha bij een T = 10 bui).

<sup>8</sup> De afvoer van hemelwater via het verbeterd gescheiden rioolstelsel naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie is mogelijk. Deze optie wordt door de gemeente en het waterschap echter alleen toegestaan als geen alternatief voor handen is, in dit geval zijn er echter wel alternatieven.

## 6 Ontwerp en dimensionering van het hemelwatersysteem

### 6.1 Verwerking van hemelwater

Aan de hand van de lokale geohydrologische karakteristieken, de wensen van de opdrachtgever, de eisen van waterschap Aa en Maas en de door de gemeente gewenste invulling van het plangebied, is gekeken naar geschikte oplossingen voor de omgang met het hemelwater in het plangebied. In het vervolg van dit hoofdstuk worden de verschillende deelgebieden afzonderlijk beschouwd.

Het waterschap Aa en Maas en de gemeente Uden stellen dat het niet wenselijk is om hemelwater af te voeren op het riool of op het oppervlaktewater. In overleg met het waterschap en de gemeente is bepaald dat de toekomstige bebouwing en verharding wordt voorzien van een gescheiden rioolstelsel en dat hemelwater binnen de perceelsgrenzen wordt vastgehouden. De aan te leggen voorzieningen voor de opvang van hemelwater mag vertraagd afvoeren (maximaal 0,33 l/s/ha) naar de leggerwatergang ten (noord)oosten van het plangebied.

### 6.2 Hydrologisch neutraal ontwikkelen (HNO) van deelgebied 2

Gezien de gunstige geohydrologische omstandigheden, gaat de voorkeur voor deelgebied 2 uit naar het infiltreren van hemelwater. In deelgebied 2 is (gezien de grondwaterstanden en de doorlatendheid van de bodem) toepassing van een infiltratieveld, -koffer, -riool en -greppel mogelijk.

Als gevolg van de voorgenomen woningbouw en de bijbehorende verharding, zal het verhard oppervlak in deelgebied 2 toenemen met 7.050 m<sup>2</sup>. Met behulp van de HNO-tool van het waterschap Aa en Maas (voor uitkomsten zie bijlage 4) is bepaald dat een infiltratievoorziening met een oppervlakte van 350 m<sup>2</sup> gerealiseerd dient te worden. Dit komt overeen met een infiltratievoorziening met een bergend vermogen van minimaal 124 m<sup>3</sup>.

Uitgangspunt in de berekening van de vereiste omvang van de infiltratievoorziening is de laagst gemeten doorlatendheid in het deelgebied, overeenkomend met 6,8 m/dag. Omdat tevens grotere doorlatendheden zijn gemeten, komt dit overeen met een worst-case benadering.

### 6.3 Hydrologisch neutraal ontwikkelen (HNO) van deelgebied 4

De doorlatendheid in deelgebied 4 vertoont een grote variatie. Op 3 van de 4 locaties waar de doorlatendheidsmetingen zijn uitgevoerd, is de doorlatendheid voldoende voor de aanleg van een infiltratievoorziening. Op 1 van de 4 locaties was de doorlatendheid onvoldoende. Het algemene beeld van het deelgebied en van het gehele plangebied leidt ertoe dat de voorkeur uitgaat naar het aanleggen van een infiltratievoorziening. Afgaande op het merendeel van de doorlatendheidsmetingen en op de grondwaterstand, wordt verwacht dat ook in deelgebied 4 de toepassing van een infiltratieveld, -koffer, -riool en -greppel mogelijk is.

Als gevolg van de voorgenomen woningbouw en de bijbehorende terreinverharding, neemt het verhard oppervlak in deelgebied 4 toe met 7.550 m<sup>2</sup>. Op basis van de berekeningen met de HNO-tool van het waterschap Aa en Maas (voor uitkomsten zie bijlage 4) blijkt dat een

infiltratievoorziening met een oppervlakte van 1.000 m<sup>2</sup> gerealiseerd dient te worden. Dit komt overeen met een infiltratievoorziening met een bergend vermogen van minimaal 384 m<sup>3</sup>.

Er is geen aanwijsbare verklaring voor de zeer lage doorlatendheid ter plaatse van boring 47. Op basis van de overige metingen wordt aangenomen dat in algemene zin de doorlatendheid in deelgebied 4 als redelijk tot goed kan worden beschouwd. Uitgangspunt in de berekening met de HNO-tool is een doorlatendheid in het plangebied, overeenkomend met 1,0 m/dag. Gezien de gemeten doorlatendheden binnen het deelgebied (veelal groter dan 1,0 m/dag), komt dit overeen met een worst-case benadering.

#### 6.4 Hydrologisch neutraal ontwikkelen (HNO) van deelgebied 5

Zowel vanwege de goede doorlatendheid als de gunstige grondwaterstand in deelgebied 5, gaat de voorkeur uit naar het verwerken van hemelwater in een infiltratievoorziening. Op basis van de geohydrologische karakteristieken is in deelgebied 5 de toepassing van infiltratieveld, -koffer, -riool en -greppel mogelijk.

Als gevolg van de voorgenomen woningbouwontwikkeling, neemt het verhard oppervlak in deelgebied 5 toe met 3.700 m<sup>2</sup>. Met behulp van de HNO-tool van het waterschap Aa en Maas (voor uitkomsten zie bijlage 4) is bepaald dat een infiltratievoorziening met een oppervlakte van 193 m<sup>2</sup> gerealiseerd dient te worden. Dit komt overeen met een infiltratievoorziening met een bergend vermogen van minimaal 69 m<sup>3</sup>.

In de berekening van de vereiste omvang van de infiltratievoorziening is de laagst gemeten doorlatendheid in het deelgebied als uitgangspunt genomen (6,1 m/dag). Omdat tevens grotere doorlatendheden zijn gemeten, komt dit overeen met een worst-case benadering.

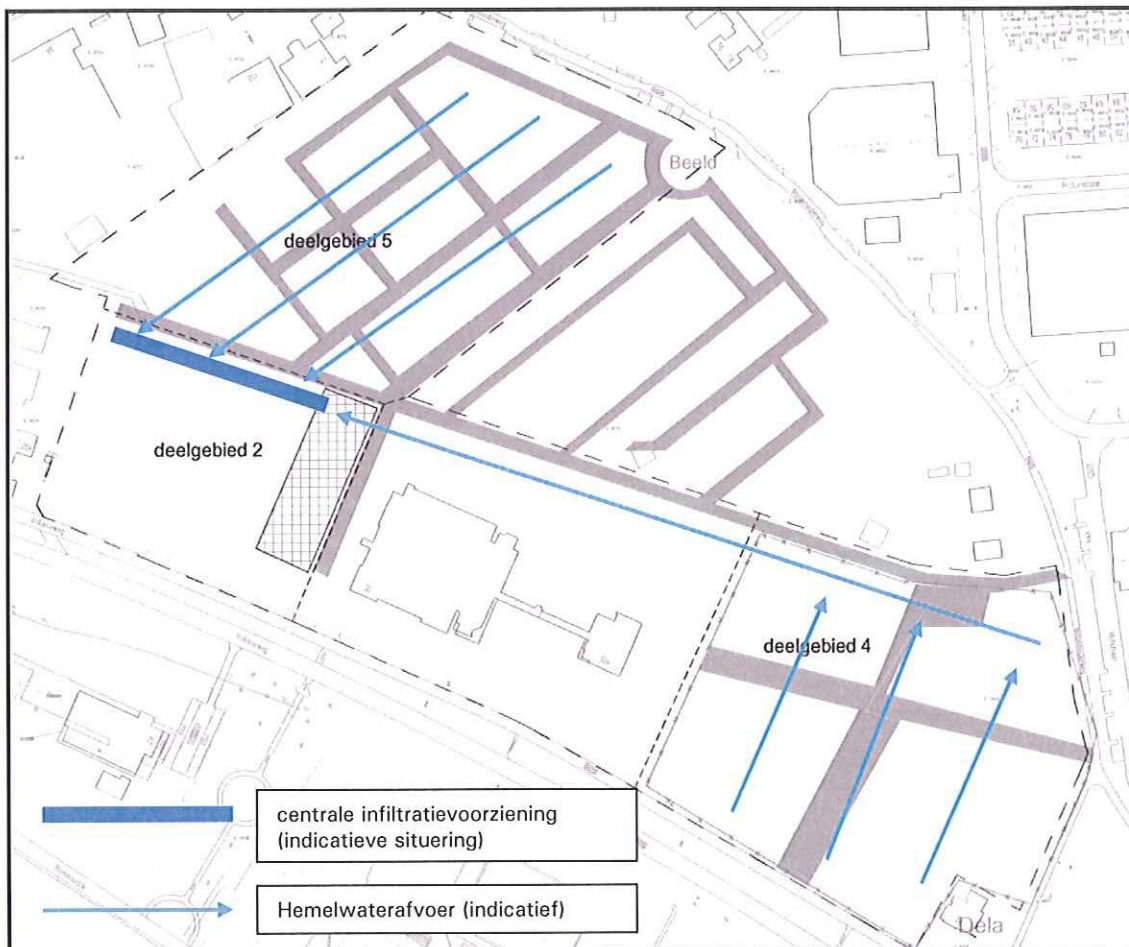
#### 6.5 Praktische uitvoering en uitwerking

Op verzoek van het waterschap en de gemeente is de vereiste dimensionering van infiltratievoorzieningen uitgewerkt per deelgebied. Dit leidt er echter toe dat de grootste voorziening aangelegd zou moeten worden in het deelgebied waar de bodem het slechtst doorlatend is (deelgebied 4). Bovendien zijn in deelgebied 4 beperkte mogelijkheden voor een infiltratievoorziening (mede vanwege een halfverdiepte parkeergarage). Om deze redenen kan er ook voor worden gekozen om een centrale infiltratievoorziening aan te leggen in het deelgebied waar de bodem het best doorlatend is (deelgebied 2). In dat geval is voor de totale toename aan verharding een infiltratievoorziening met een oppervlakte van 845 m<sup>2</sup> vereist (HNO-tool; zie bijlage 4). Dit is een infiltratievoorziening met een bergend vermogen van minimaal 322 m<sup>3</sup>. In figuur 6.1 is deze optie geschematiseerd.

Wanneer een centrale infiltratievoorziening wordt gerealiseerd, dient het water vanuit de overige delen van het plangebied te worden aangevoerd. Geadviseerd wordt om hiervoor gebruik te maken van een IT-riool, zodat hemelwater reeds tijdens het transport kan infiltreren.

In de berekeningen van de vereiste oppervlakte van de infiltratievoorziening is ervan uitgegaan dat de bodem van de infiltratievoorziening minimaal 0,6 meter onder het maaiveld ligt. In de berekening is namelijk uitgegaan van een maximale peilstijging van 0,6 meter bij een bui T = 100. In geval van een bui T = 100 mag het water stijgen tot aan het maaiveld, maar mag geen wateroverlast ontstaan.

De kwantitatieve wateropgave kan ook (deels) worden ingevuld door het HWA-riool te overdimensioneren. Het surplus aan waterberging dat op die manier in het riool gerealiseerd wordt, kan worden verrekend met de aan te leggen hemelwatervoorziening. In het geval van een IT-riool kan het hemelwater dan alsnog infiltreren in de bodem en zo het grondwater aanvullen. Dit is tevens een goede optie wanneer gekozen wordt voor een centrale voorziening (in deelgebied 2) en water naar deze voorziening getransporteerd moet worden.



Figuur 6.1: Schematisatie van centrale infiltratievoorziening in deelgebied 2

De infiltratievoorziening(en) zullen geïsoleerd van het bestaande oppervlaktewatersysteem worden aangelegd. Wel worden de voorziening(en) voorzien van een noodoverstort naar de leggerwatergang ten (noord)oosten van de onderzoekslocatie. Deze noodoverstort treedt in werking in extreme situaties wanneer wateroverlast dreigt (nadat de voorziening tot het maaiveld is gevuld met water). Overigens mogen de infiltratievoorzieningen in principe alleen aansluiten op het bestaande watersysteem onder voorwaarde dat een vertraagde afvoer (beneden de vastgestelde landelijke afvoer; 0,33 l/s/ha) wordt gerealiseerd. Indien een overstort/afvoer naar de leggerwatergang worden gerealiseerd, dient hiervoor een Watervergunning te worden aangevraagd. De aanleg van een geïsoleerde infiltratievoorziening heeft echter de voorkeur.

Goed en regelmatig onderhoud moet voorkomen dat de bodem van de infiltratievoorziening dichtslibt en dat hierdoor de infiltratiecapaciteit in de loop van de tijd terugloopt. De voorziening dient dan ook dusdanig aangelegd te worden dat onderhoud goed mogelijk is. De gemeente Uden en het Waterschap Aa en Maas zijn niet verantwoordelijk voor het beheer van de infiltratievoorziening(en). Het is (daarom) niet toegestaan om de infiltratievoorzieningen op openbaar terrein aan te leggen. Hemelwater dat op wegen of parkeerplaatsen valt, zal echter logischerwijs wel infiltreren in openbaar gebied (langs de betreffende wegen/parkeerplaatsen).

Voor de verschillende leidingen van het duurzaam gescheiden rioolstelsel (voor het hemelwater en het afvalwater) dienen verschillende materialen en kleuren te worden toegepast. In algemene zin wordt als voorwaarde aan infiltratie gesteld dat het hemelwater voldoende schoon is. Bij afkoppeling van wegen en daken naar de infiltratievoorziening dient te worden voorkomen dat de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater (negatief) wordt beïnvloed. Hiertoe dienen de volgende aandachtspunten te worden overwogen:

- het voorschrijven van bladvangsters in de regenpijpen van de aangesloten gebouwen;
- het toepassen van zandvangputten voor de aansluiting op de infiltratievoorziening;
- het frequent reinigen van de kolken;
- het reduceren van het strooien met dooizouten;
- het spuiten van chemische bestrijdingsmiddelen tot een minimum beperken;
- het frequent reinigen van de wegen en parkeerplaatsen;
- het visueel inspecteren van de infiltratievoorzieningen;
- het voorkomen van vervuiling aan de bron door geen uitloogbare materialen te gebruiken, zoals zink, lood of koper of bitumineuze dakbedekking waarbij teer of PAK's kunnen vrijkomen. Gecoate materialen kunnen wel worden toegepast;
- het informeren van de brandweer en politie over de aanwezige voorzieningen en instrueren over hoe te handelen bij brand of andere calamiteiten. Bij calamiteiten waarbij bluswater vrij komt (zoals brand), wordt de infiltratievoorziening vervuild met kleine deeltjes zoals roet. Dit is zeer moeilijk te verwijderen.



## 7 Samenvatting (voorstel waterparagraaf)

### 7.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de voornaamste zaken uit voorliggend waterhuishoudkundig plan nogmaals vermeld. De tekst dient als een opzet tot de uiteindelijke waterparagraaf die onderdeel uitmaakt van het bestemmingsplan. Voorliggend waterhuishoudkundig plan dient door de verschillende betrokken instanties (het waterschap en de gemeente) te worden goedgekeurd, alvorens het bestemmingsplan (inclusief de waterparagraaf) kan worden vastgesteld.

### 7.2 Voorstel waterparagraaf

#### 7.2.1 Aanleiding en doel

In opdracht van SVU Wonen is een waterhuishoudkundig onderzoek uitgevoerd ten behoeve van de woningbouwontwikkeling in de omgeving van het Retraitehuis aan de Volkelseweg in Uden. De locatie ligt ten zuidoosten van het woongebied van Uden, tegen het bedrijventerrein Loopkant Liessent. Voor de ontwikkeling van het plangebied tot woongebied dient een bestemmingsplan te worden opgesteld, waar een waterparagraaf onderdeel van uitmaakt.

Het doel van het onderzoek is om te voldoen aan de door het waterschap Aa en Maas en de gemeente Uden gestelde eisen en voorwaarden. Voor een nadere beschrijving van het plangebied en de waterhuishoudkundige aspecten wordt verwezen naar de rapportage van het waterhuishoudkundig plan (Waterhuishoudkundig plan "Volkelseweg (Retraitehuis) te Uden", Geofox-Lexmond bv, kenmerk 20102497\_a1RAP, definitief, versie 1, d.d. 25 april 2011).

#### 7.2.2 Huidige situatie

Het plangebied is momenteel deels bebouwd en verhard (het Retraitehuis). Aangezien het Retraitehuis in haar huidige vorm gehandhaafd blijft, maakt dit geen onderdeel uit van deze waterparagraaf. Het onderzoeksgebied heeft een oppervlakte van 55.300 m<sup>2</sup> en bestaat momenteel uit bos, gras en een boomkwekerij (allen zonder verharding).

Langs de oostzijde van het plangebied ligt een leggerwatergang die wordt beheerd door het waterschap Aa en Maas. In een strook van 5 m vanaf de boveninsteek van deze watergang, is de "Keur oppervlaktewateren" van toepassing. Het plangebied wordt aangemerkt als infiltratiegebied en ligt niet in een grondwaterbeschermingsgebied of beschermd waterhuishoudkundig gebied.

#### 7.2.3 Geohydrologische kenmerken

Op basis van grondboringen is vastgesteld dat de bovenste bodemlaag tot de maximaal verkende diepte van 4 m-mv afwisselend uit fijn en grof zand bestaat. Plaatselijk zijn storende leemlagen aanwezig.

De gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) wordt op basis van de beschikbare informatie verwacht op 16,5 m + NAP. De GG en GLG bedragen naar verwachting respectievelijk 16,2 en

15,9 m + NAP. Op basis van de maaiveldhoogte van het terrein ([www.ahn.nl](http://www.ahn.nl)) ligt de GHG circa 0,9 tot 1,4 m beneden het maaiveld.

De doorlatendheid van de bodem is in de verschillende deelgebieden onderzocht door middel van veldonderzoek. Hieruit is gebleken dat de onverzadigde doorlatendheid weliswaar behoorlijk varieert, maar in algemene zin als redelijk tot goed kan worden geclassificeerd.

#### 7.2.4 Toekomstige situatie

In de toekomstige situatie blijft het Retraitehuis (deelgebied 3) vooralsnog gehandhaafd als in de huidige situatie, evenals het grootste deel van het noordelijke bosgebied. In de overige delen van het plangebied (deelgebied 2, 4 en 5) worden uiteenlopende woningtypen gerealiseerd. Deze waterparagraaf richt zich enkel op de te ontwikkelen deelgebieden. Deze deelgebieden zijn afzonderlijk beschouwd en uitgewerkt. Tabel 7.1 geeft de verhardingsgegevens per deelgebied.

**Tabel 7.1: Huidige en toekomstige verharding**

Deelgebied	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Huidige situatie		Toekomstige situatie	
		bebouwing (m <sup>2</sup> )	terreinverharding (m <sup>2</sup> )	bebouwing (m <sup>2</sup> )	terreinverharding (m <sup>2</sup> )
2	13.000	0	0	2.800	4.250
4	22.000	0	0	2.150	5.400
5	20.300	0	0	2.200	1.500
<b>Totaal</b>	<b>55.300</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7.150</b>	<b>11.150</b>

Voor de toename aan verharding (overeenkomend met circa 18.300 m<sup>2</sup>) dient gecompenseerd te worden.

Ook het Retraitehuis ontwikkelt uitbreidingsplannen, hiervoor wordt in het bestemmingsplan een wijzigingsbevoegdheid opgenomen. Indien in de toekomst van de wijzigingsbevoegdheid gebruik wordt gemaakt, dient voor deze deellootatie het watertoetsproces opnieuw te worden doorlopen met een bijbehorende waterhuishoudkundige onderbouwing.

#### Hergebruik en vegetatiedaken

Er bestaat nog geen duidelijkheid over de mogelijkheid en de wens met betrekking tot het hergebruik van hemelwater of het toepassen van vegetatiedaken. Om die reden en vanwege de financiële en bouwkundige consequenties is uitgegaan van de minst gunstige situatie, namelijk dat hemelwater niet wordt hergebruikt.

#### Infiltratie en berging

Op basis van de geohydrologische karakteristieken is het plangebied goed geschikt om hemelwater te infiltreren. De gemeente Uden en het Waterschap Aa en Maas hebben bovendien een voorkeur uitgesproken voor verwerking van hemelwater in infiltratievoorzieningen.

#### Afvoeren van hemelwater

Het afvoeren van hemelwater (naar riolering of oppervlaktewater) wordt enkel aanvaard wanneer andere opties redelijkerwijs niet mogelijk zijn. Omdat infiltratie en berging van hemelwater binnen het plangebied mogelijk is, staan het waterschap en de gemeente niet toe dat water onvertraagd wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater of de riolering buiten het plangebied. Bij extreme regenval is het wel toegestaan om water af te voeren naar elders.

#### Noodzaak tot maaiveldophoging

De algemeen gehanteerde ontwateringsnorm bedraagt 0,7 m ten opzichte van het toekomstige straatpeil en 0,5 m wanneer kruipruimteloos gebouwd wordt. De GHG wordt voor het plangebied in de huidige situatie geschat op circa 16,5 m + NAP. De huidige maaiveldhoogte varieert van circa 17,4 tot 17,9 m + NAP ([www.ahn.nl](http://www.ahn.nl)) en behoeft dus niet te worden opgehoogd om te voldoen aan de ontwateringsnorm. Gezien de afwezigheid van oppervlaktewater in het plangebied, is de drooglegging niet in beschouwing genomen.

#### 7.2.5 Ontwerp en dimensionering hemelwatersysteem

Aan de hand van de lokale geohydrologische karakteristieken, de wensen van SVU Wonen, de eisen van waterschap Aa en Maas en de door de gemeente gewenste invulling van het plangebied, is gekeken naar geschikte oplossingen voor de omgang met het hemelwater in het plangebied. In het vervolg van dit hoofdstuk worden de verschillende deelgebieden afzonderlijk beschouwd.

Gezien de gunstige geohydrologische omstandigheden, gaat de voorkeur uit naar het infiltreren van hemelwater. Gezien de grondwaterstanden en de doorlatendheid van de bodem in het plangebied is toepassing van infiltratieveld, -koffer, -riool en -greppel mogelijk. Alleen voor deelgebied 4 dient een voorbehoud te worden gemaakt; bij 1 van de 4 doorlatendheidsmetingen in dit deelgebied is een te lage doorlatendheid geconstateerd. De toename aan verharding en de vereiste infiltratievoorziening is uitgewerkt in tabel 7.2.

**Tabel 7.1: Toename verharding en vereiste compensatie**

Deelgebied	Oppervlakte (m <sup>2</sup> )	Toename verharding (m <sup>2</sup> )	Vereiste omvang infiltratievoorziening	
			oppervlakte (m <sup>2</sup> )	inhoud (m <sup>3</sup> )
2	13.000	7.050	350	124
4	22.000	7.550	1.000	384
5	20.300	3.700	193	69

Uitgangspunt in de berekening van de vereiste omvang van de infiltratievoorziening is de laagst gemeten doorlatendheid in de deelgebieden 2 en 5. Omdat tevens grotere doorlatendheden zijn gemeten, komt dit overeen met een worst-case benadering. In deelgebied 4 is uitgegaan van een doorlatendheid van 1,0 m/dag; ondanks 1 lagere meting is dit te rechtvaardigen aangezien 3 metingen aanzienlijk hoger waren.

#### 7.2.6 Praktische uitvoering en uitwerking

De uitwerking per deelgebied leidt ertoe dat de grootste voorziening aangelegd moet worden in het deelgebied waar de bodem het slechtst doorlatend is (deelgebied 4). Daarbij zijn in deelgebied 4 beperkte mogelijkheden voor een infiltratievoorziening (mede vanwege een geplande halfverdiepte parkeergarage). Het behoort tot de mogelijkheden om een centrale infiltratievoorziening aan te leggen in het deelgebied waar de bodem het best doorlatend is (deelgebied 2). In dat geval is voor de totale toename aan verharding een infiltratievoorziening met een oppervlakte van (slechts) 845 m<sup>2</sup> vereist. Dit betreft een infiltratievoorziening met een bergend vermogen van minimaal 322 m<sup>3</sup>.

Wanneer een centrale infiltratievoorziening wordt gerealiseerd, dient het water vanuit de overige delen van het plangebied te worden aangevoerd. Geadviseerd wordt om hiervoor gebruik te maken van een IT-riool, zodat hemelwater reeds tijdens het transport kan infiltreren.

In de berekeningen van de vereiste oppervlakte van de infiltratievoorziening is ervan uitgegaan dat de bodem van de infiltratievoorziening minimaal 0,6 meter onder het maaiveld ligt. In de berekening is namelijk uitgegaan van een maximale peilstijging van 0,6 meter bij een bui  $T = 100$ . In geval van een bui  $T = 100$  mag het water stijgen tot aan het maaiveld, maar mag geen wateroverlast ontstaan.

De kwantitatieve wateropgave kan ook (deels) worden ingevuld door het HWA-riool te overdimensioneren. Het surplus aan waterberging dat zo in het riool gerealiseerd wordt, kan worden verrekend met de hemelwatervoorziening. In het geval van een IT-riool kan het hemelwater dan alsnog vanuit het riool infiltreren in de bodem en zo het grondwater aanvullen.

De infiltratievoorziening(en) zullen geïsoleerd van het bestaande oppervlaktewatersysteem worden aangelegd. Wel worden de voorziening(en) voorzien van een noodoverstort naar de leggerwatergang ten (noord)oosten van de onderzoekslocatie. Deze noodoverstort treedt in werking in extreme situaties wanneer wateroverlast dreigt (nadat de voorziening tot het maaiveld is gevuld met water). De infiltratievoorzieningen mogen in principe alleen aansluiten op het bestaande watersysteem wanneer een vertraagde afvoer ( $< 0,33$  l/s/ha) wordt gerealiseerd. Indien een overstort/afvoer naar de leggerwatergang worden gerealiseerd, dient hiervoor een Watervergunning te worden aangevraagd. De aanleg van een geïsoleerde infiltratievoorziening heeft echter de voorkeur.

Goed en regelmatig onderhoud moet voorkomen dat de bodem van de infiltratievoorziening dichtslibt en dat hierdoor de infiltratiecapaciteit in de loop van de tijd terugloopt. De gemeente Uden en het Waterschap Aa en Maas zijn niet verantwoordelijk voor het beheer van de infiltratievoorziening(en). Het is (daarom) niet toegestaan om de infiltratievoorzieningen op openbaar terrein aan te leggen. Hemelwater dat op wegen of parkeerplaatsen valt, zal echter logischerwijs wel infiltreren in openbaar gebied (langs de betreffende wegen/parkeerplaatsen).

Voor de verschillende leidingen van het duurzaam gescheiden rioelstelsel (voor het hemelwater en het afvalwater) dienen verschillende materialen en kleuren te worden toegepast. In algemene zin wordt als voorwaarde aan infiltratie gesteld dat het hemelwater voldoende schoon is. Bij afkoppeling van wegen en daken naar de infiltratievoorziening dient te worden voorkomen dat de kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater (negatief) wordt beïnvloed. Hiertoe dienen de volgende aandachtspunten te worden overwogen:

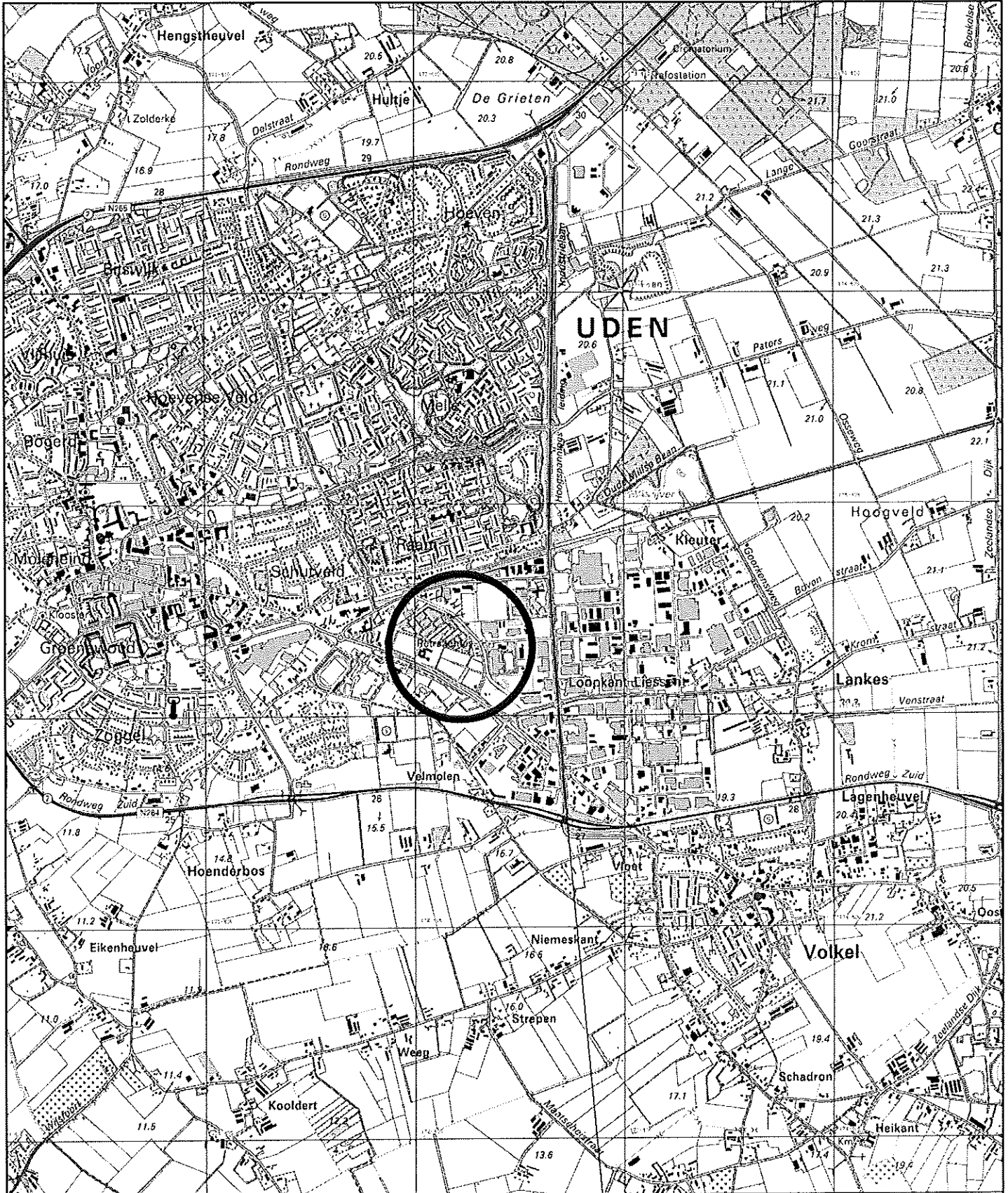
- het voorschrijven van bladvangsters in de regenpijpen van de aangesloten gebouwen;
- het toepassen van zandvangputten voor de aansluiting op de infiltratievoorziening;
- het frequent reinigen van de kolken;
- het reduceren van het strooien met dooizouten;
- het spuiten van chemische bestrijdingsmiddelen tot een minimum beperken;
- het frequent reinigen van de wegen en parkeerplaatsen;
- het visueel inspecteren van de infiltratievoorzieningen;
- het voorkomen van vervuiling aan de bron door geen uitloegbare materialen te gebruiken, zoals zink, lood of koper of bitumineuze dakbedekking waarbij teer of PAK's kunnen vrijkomen. Gecoate materialen kunnen wel worden toegepast;
- het informeren van de brandweer en politie over de aanwezige voorzieningen en instrueren over hoe te handelen bij brand of andere calamiteiten. Bij calamiteiten waarbij bluswater vrij komt (zoals brand), wordt de infiltratievoorziening vervuild met kleine deeltjes zoals roet. Dit is zeer moeilijk te verwijderen.



## **Bijlage 1: Situatietekeningen**



## **Bijlage 1.1: Topografische ligging locatie**



Omschrijving:  
**Geografische ligging locatie**

Bijlage:  
**1.1**

Tekenaar:  
**HENG**

Schaal:  
**1:25000**

Formaat:  
**A4**

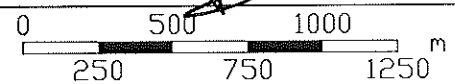
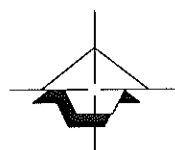
Datum:  
**21-04-2011**

Accoord:

Revisie:  
**21/04/2011**

Project:  
**Volkseweg  
 te Uden**  
 Opdrachtgever:  
**SVU wonen B.V.**

Projectnummer:  
**20102497**



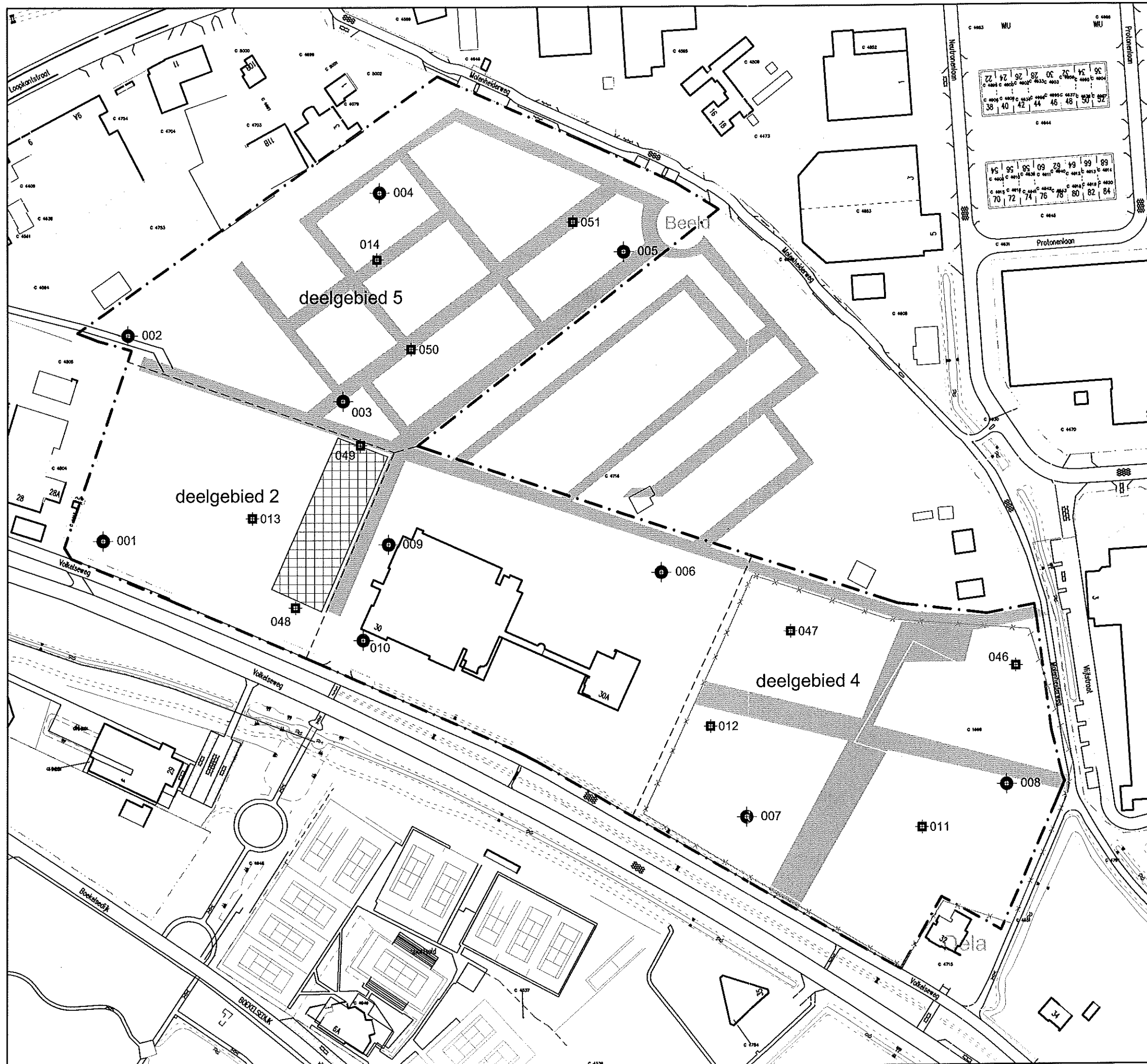
**Geofox-  
 Lexmond**









vestiging Tiburg  
 Jules Verneweg 21-15  
 Postbus 2205  
 5001 CE Tiburg  
 (013) 458 21 61  
 (013) 4553089  
 www.geofox-lexmond.nl  
 info@geofox-lexmond.nl



**Bijlage 1.2: Situatieschets met boor- en peilbuislocaties**



Legenda


-  grens onderzoekslocatie
-  grens deelgebied
-  boring tot 2,0 m-mv + OBM
-  boring met peilbuis
-  moestuin
-  pad

Omschrijving: **Situatietekening** Bijlage: 1.2

Project: **Volkseweg te Uden**

Opdrachtgever: **SVU wonen B.V.**

Projectnummer: **20102497**

Tekenaar: HENG    Schaal: 1:1750    Formaat: A3    Datum: 21-04-2011    Accoord:     Revisie: 21/04/2011



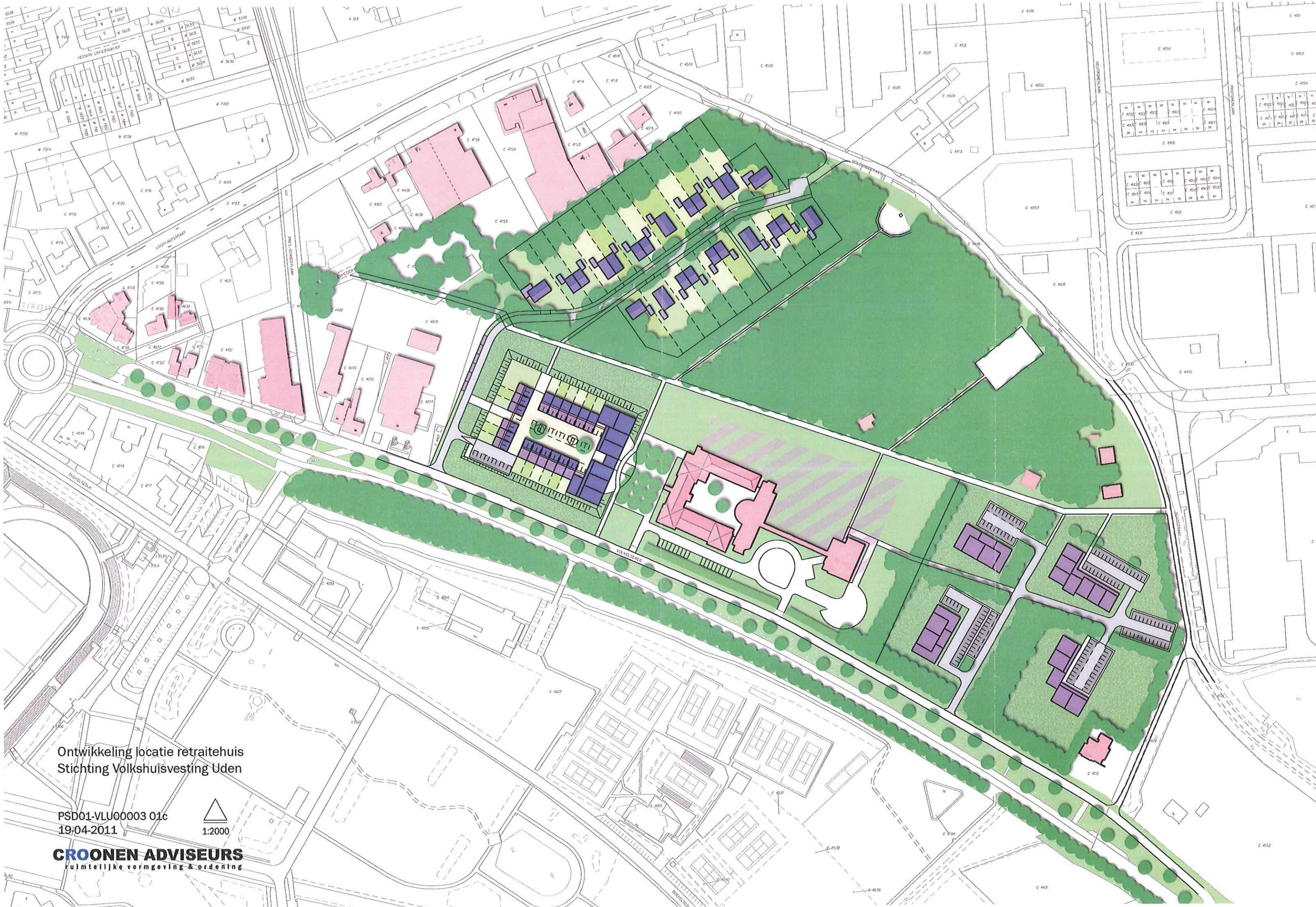


**Geofox-Lexmond**

vestiging TRburg  
 Jules Verneweg 21-15  
 Postbus 2205  
 5001 CE TRburg  
 (013) 458 21 61  
 (013) 455 30 89  
 www.geofox-lexmond.nl  
 info@geofox-lexmond.nl

## **Bijlage 1.3: Stedenbouwkundig plan**





Ontwikkeling locatie retraitehuis  
Stichting Volkshuisvesting Uden

PSD01-VLU00003 01c  
19-04-2011



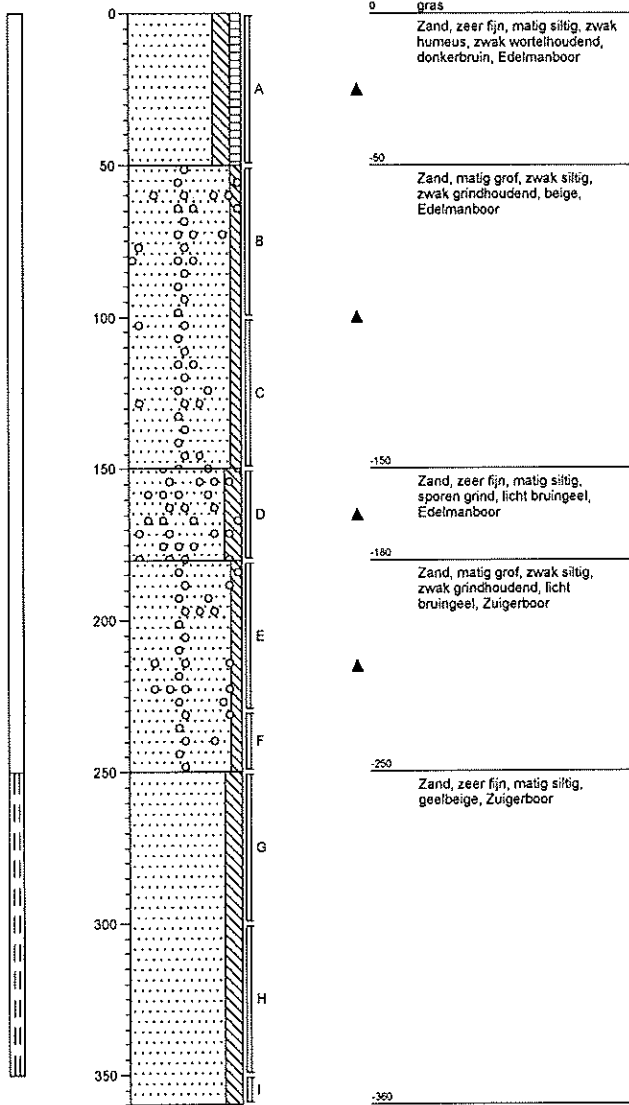
**CROONEN ADVISEURS**  
Ruimtelijke vormgeving & ordening



## **Bijlage 2: Boorstaten**

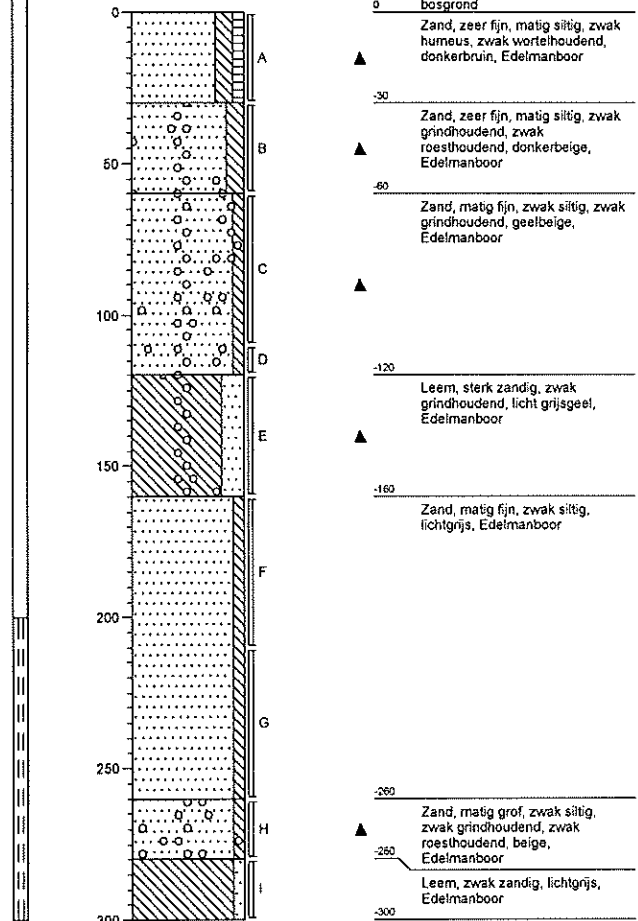
### Boring: 01

X:  
Y:  
Datum: 21-03-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



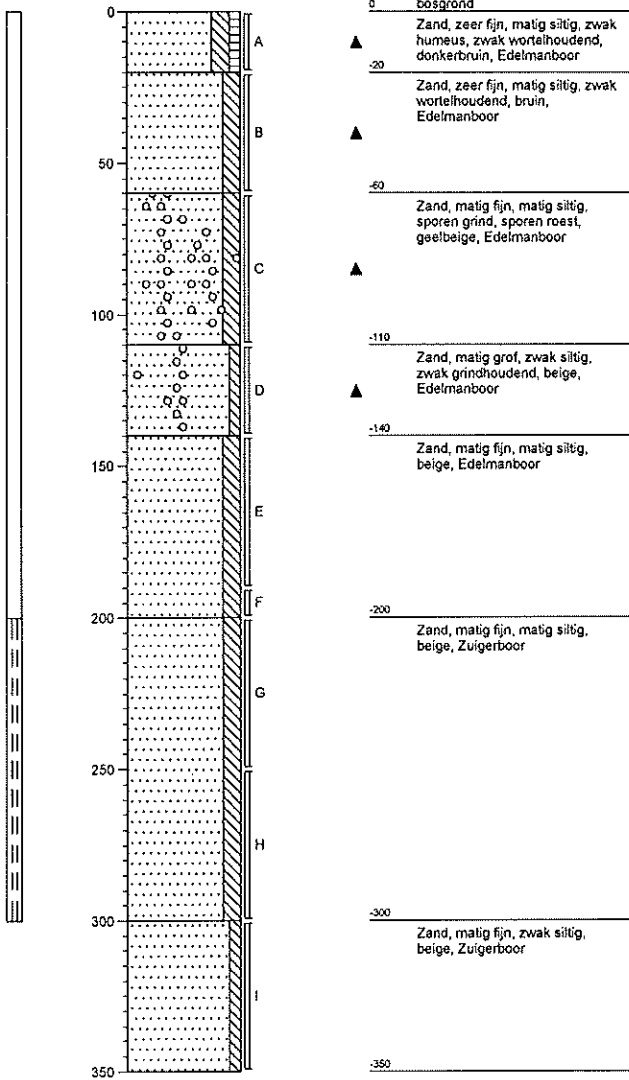
### Boring: 02

X:  
Y:  
Datum: 21-03-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



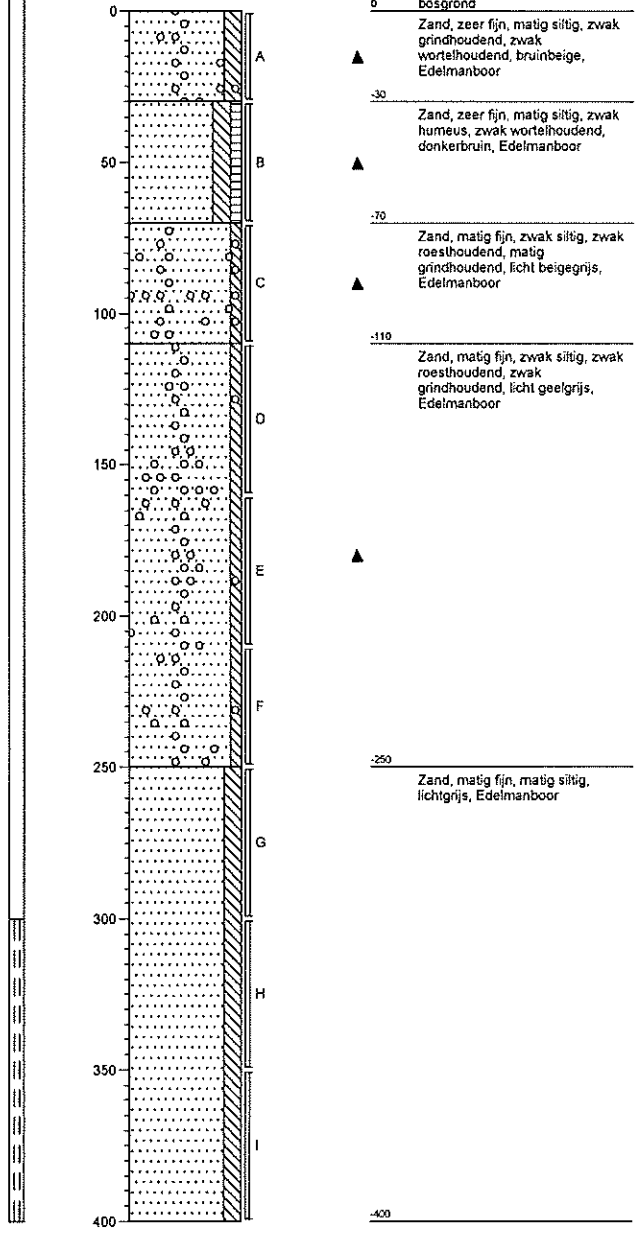
### Boring: 03

X:  
 Y:  
 Datum: 21-03-2011  
 GWS:  
 GHG:  
 GLG:  
 Opmerking: maaiveld



### Boring: 04

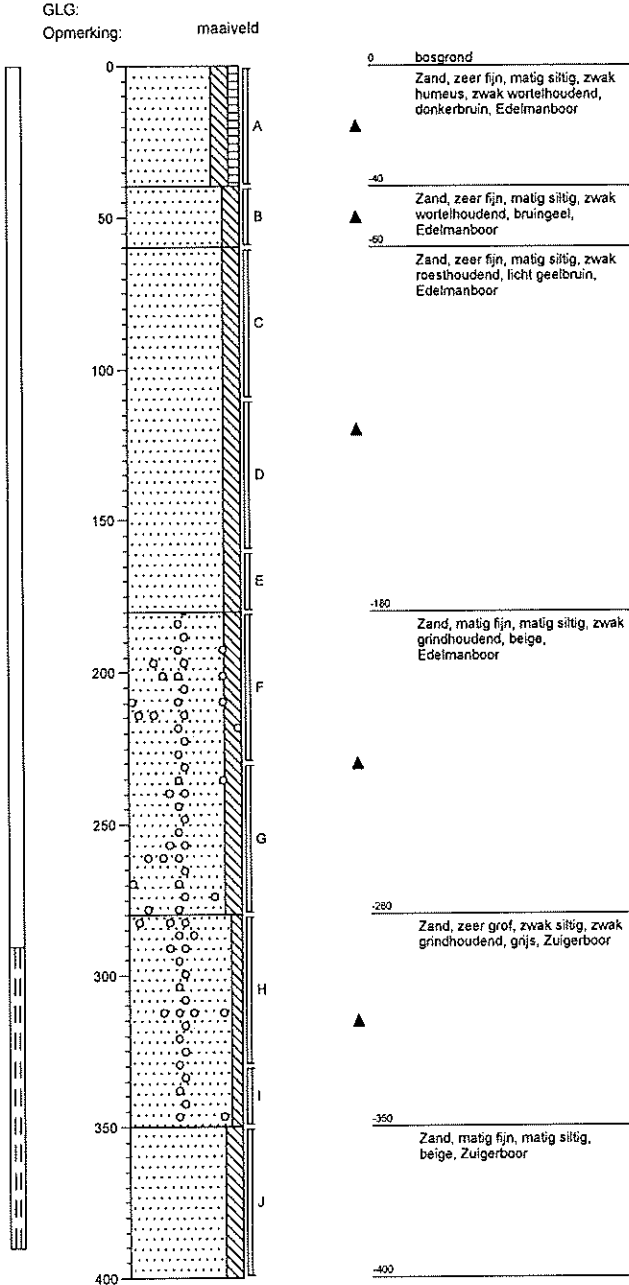
X:  
 Y:  
 Datum: 21-03-2011  
 GWS:  
 GHG:  
 GLG:  
 Opmerking: maaiveld





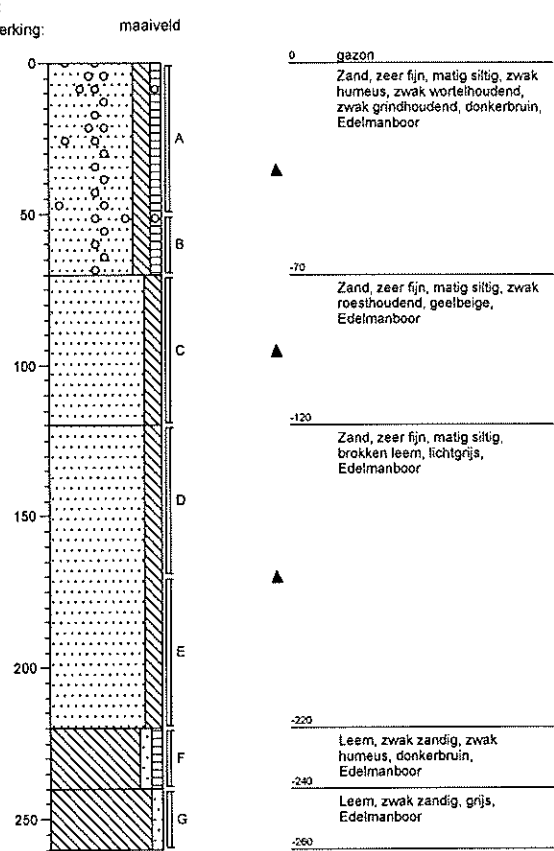
### Boring: 05

X:  
Y:  
Datum: 21-03-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



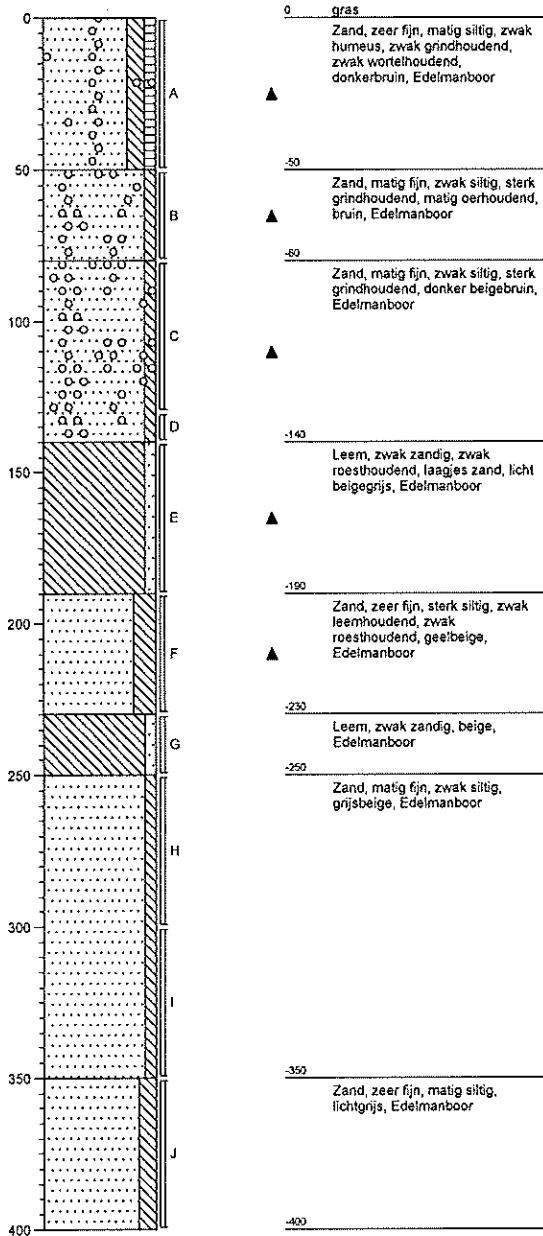
### Boring: 06

X:  
Y:  
Datum: 21-03-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



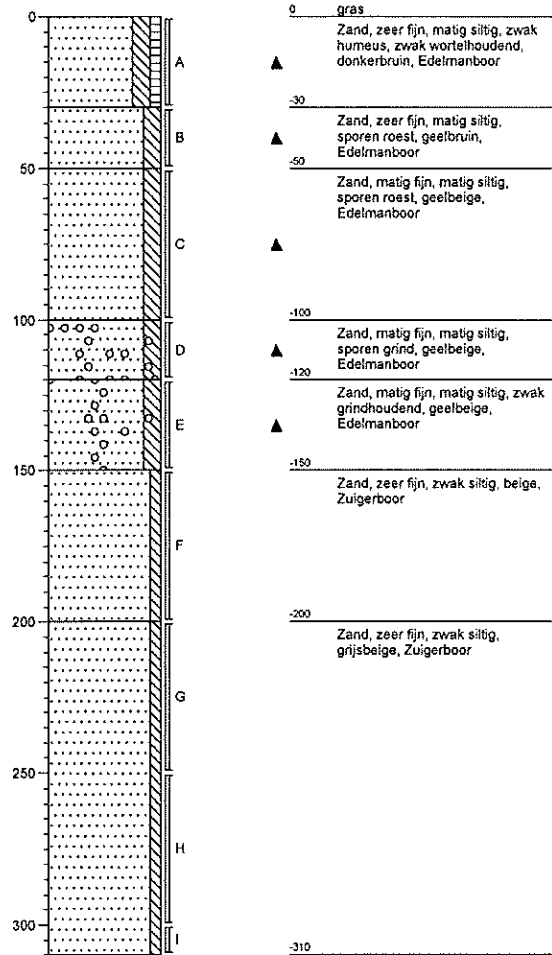
### Boring: 07

X:  
Y:  
Datum: 21-03-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



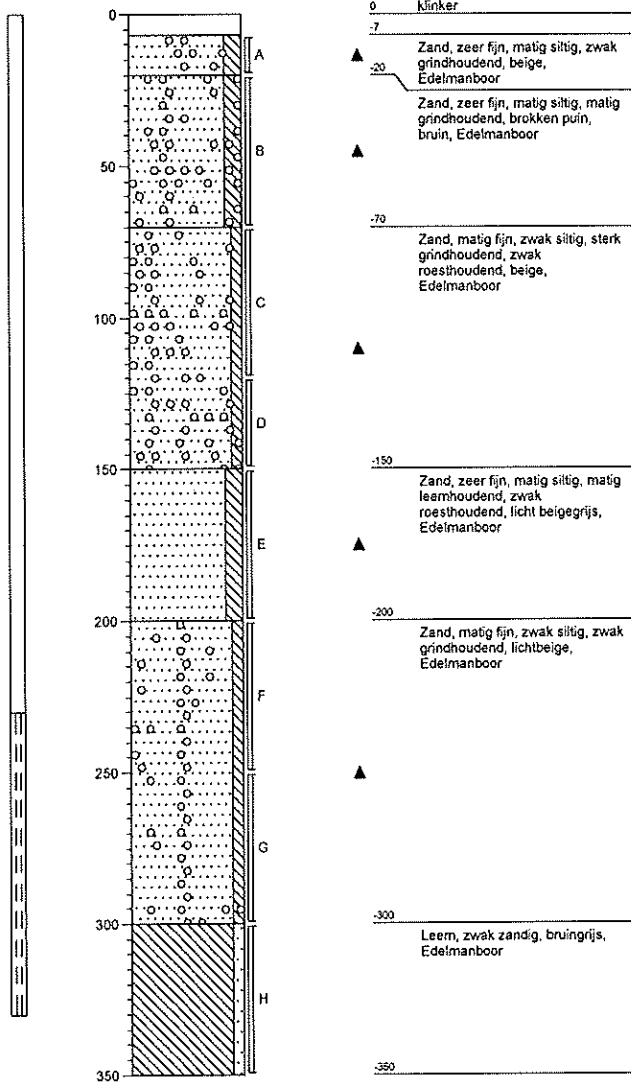
### Boring: 08

X:  
Y:  
Datum: 21-03-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



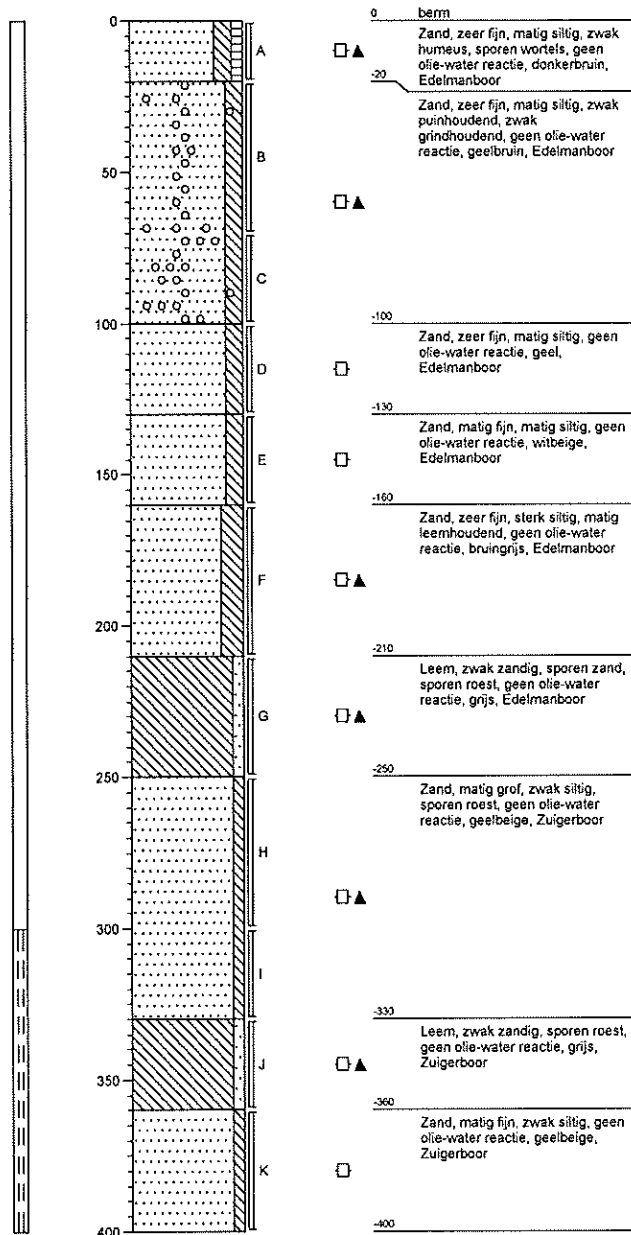
### Boring: 09

X:  
Y:  
Datum: 22-03-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



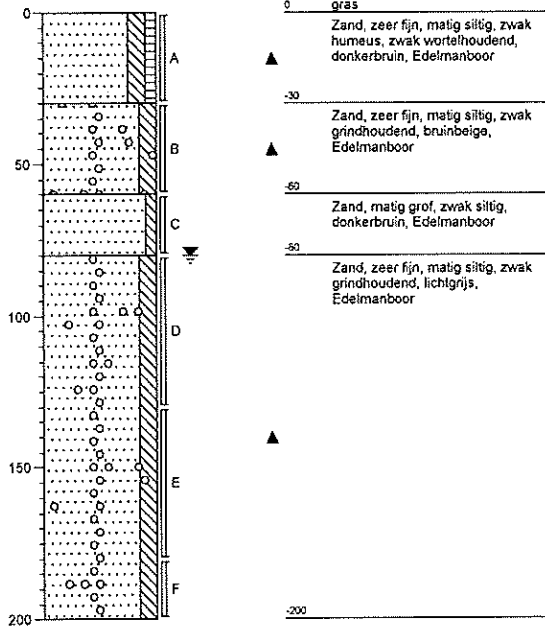
### Boring: 10

X:  
Y:  
Datum: 22-03-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



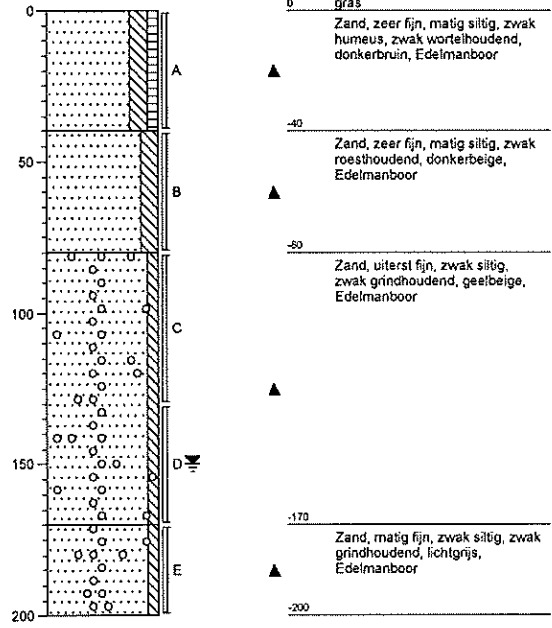
### Boring: 11

X:  
Y:  
Datum: 22-03-2011  
GWS: 80  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



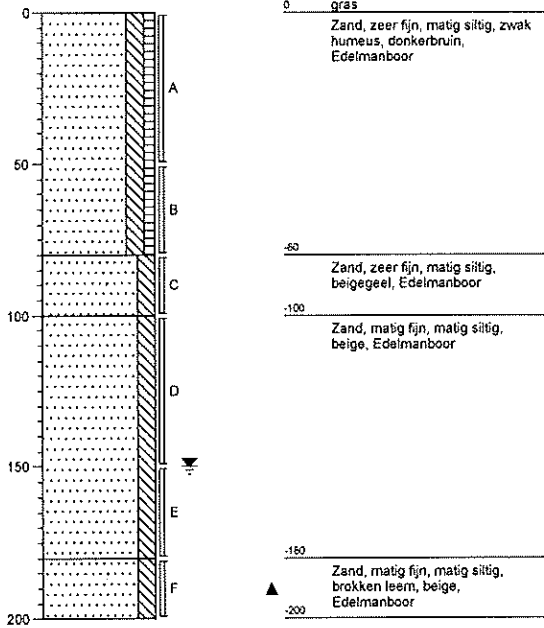
### Boring: 12

X:  
Y:  
Datum: 22-03-2011  
GWS: 150  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



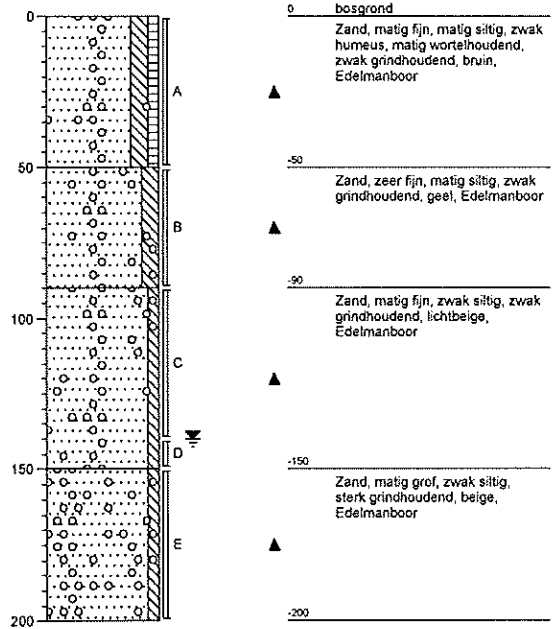
**Boring: 13**

X:  
Y:  
Datum: 23-03-2011  
GWS: 150  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



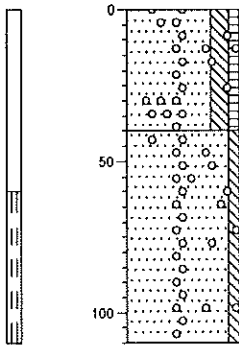
**Boring: 14**

X:  
Y:  
Datum: 23-03-2011  
GWS: 140  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



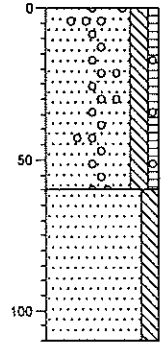
**Boring: 46**

X:  
Y:  
Datum: 13-04-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



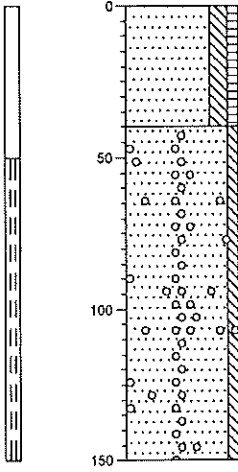
**Boring: 47**

X:  
Y:  
Datum: 13-04-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



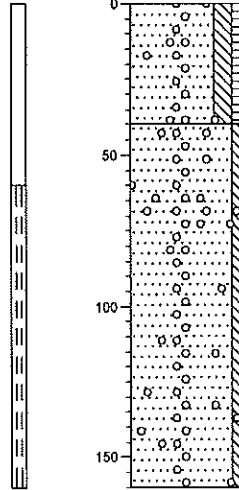
**Boring: 48**

X:  
Y:  
Datum: 13-04-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



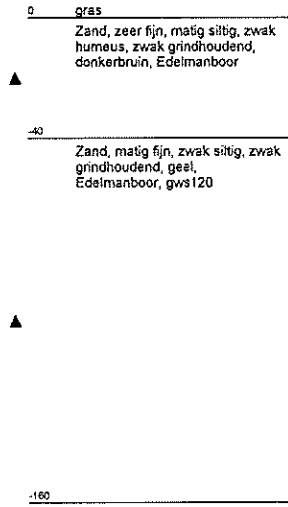
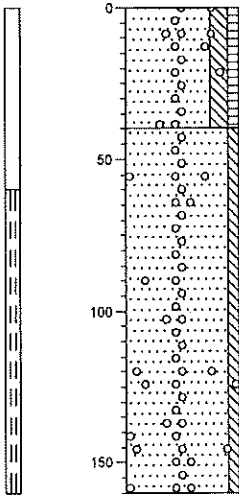
**Boring: 49**

X:  
Y:  
Datum: 13-04-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



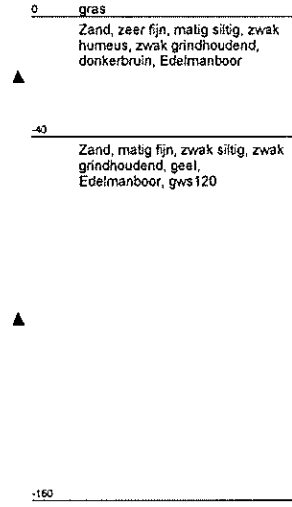
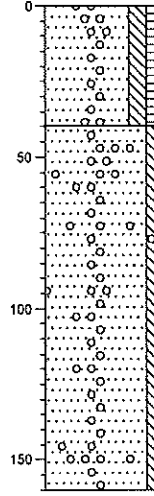
**Boring: 50**

X:  
Y:  
Datum: 13-04-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld



**Boring: 51**

X:  
Y:  
Datum: 13-04-2011  
GWS:  
GHG:  
GLG:  
Opmerking: maaiveld





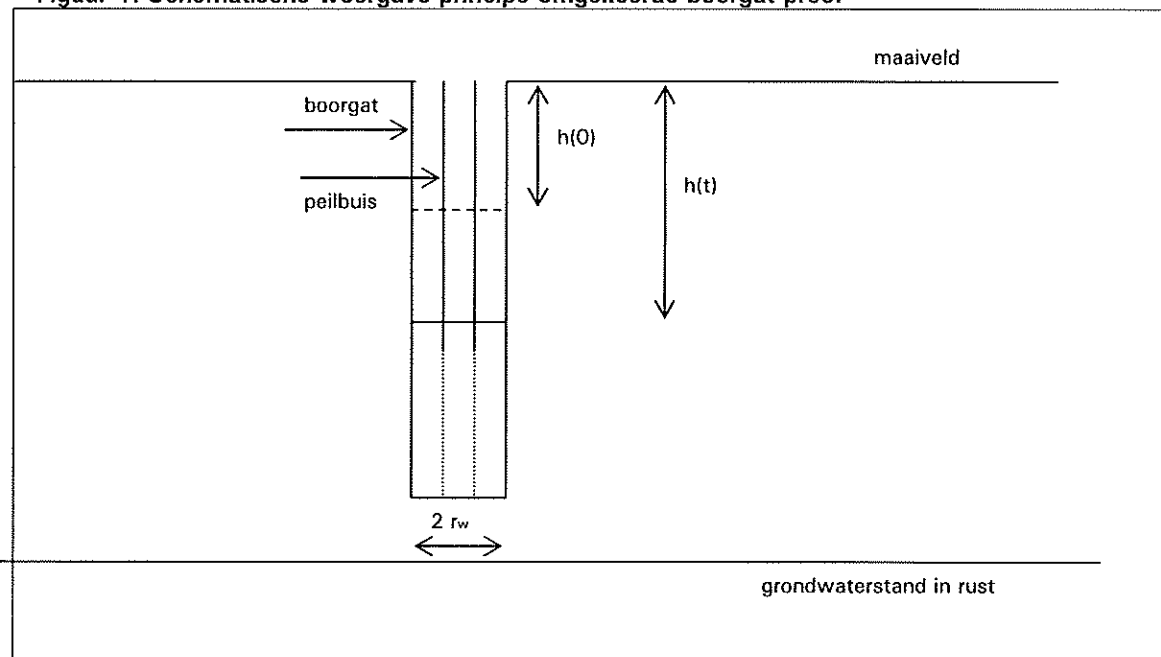
## **Bijlage 3: Toelichting en uitwerking omgekeerde boorgatmethode**

Voor de bepaling van de horizontale doorlatendheid van de onverzadigde zone in de bodem kan de zogenaamde omgekeerde boorgat-proef, ook wel Hooghoudt-proef of Porchet-proef genaamd, worden uitgevoerd.

Bij deze methode wordt een indicatie over de doorlatendheid van het bodemmateriaal rondom een in een boorgat geplaatste peilbuis verkregen uit het verloop van de daling van de waterstand in de tijd, nadat in korte tijd het boorgat tot een bepaald niveau is gevuld met water. Opgemerkt wordt, dat de actuele grondwaterstand op de locatie nog onder de onderkant van de peilbuis dient te zijn.

Uitgaande van de in figuur 1 weergegeven situatie wordt de doorlatendheid berekend op basis van de vergelijking van Thiem voor stationaire stroming naar een put. Verondersteld wordt dat de hydraulische gradiënt na verloop van tijd ongeveer 1 bedraagt. In dit geval bestaat er een lineaire relatie tussen de logaritme van de waterhoogte in het boorgat en de tijd.

Figuur 1: Schematische weergave principe omgekeerde boorgat proef



De volgende formules zijn van toepassing:

$$\tan \alpha = \frac{\log(h(0) + r_w / 2) - \log(h(t) + r_w / 2)}{t}$$

$$K = 1,15 * r_w * \tan \alpha$$

waarin:  $h(0)$  = waterhoogte in het boorgat op  $t=0$  t.o.v. van een vast referentiepunt (m);  
 $r_w$  = straal van het boorgat (m);  
 $h(t)$  = waterhoogte in het boorgat op tijdstip  $t$  t.o.v. een vast referentiepunt (m);  
 $K$  = (verzadigde) doorlaatfactor (m/dag);  
 $t$  = tijd (dagen).

Bij de verwerking van de meetgegevens wordt  $h(0)$  gecorrigeerd voor de niet-lineaire relatie bij aanvang van de meting.

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode

Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 11, meting 1
meetdatum	<=	22-03-2011
waarnemer	<=	NAAR/JLAR

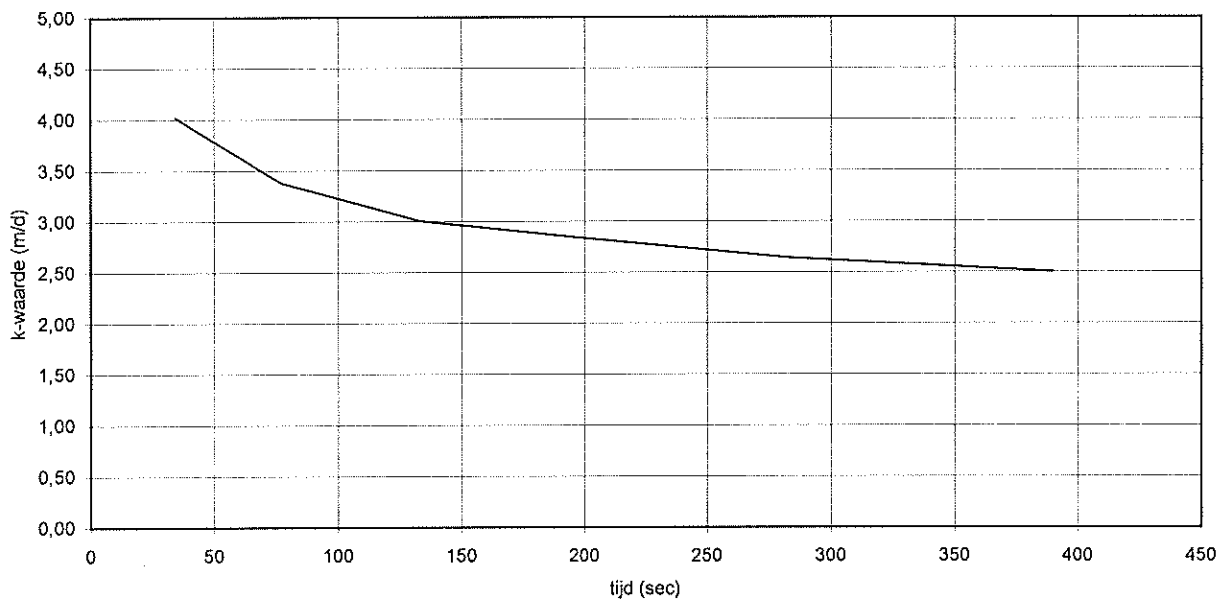
Input basisparameters

L (m)	<=	0,80	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,30	0,50	0,51	
34	0,35	0,45	0,46	4,0
77	0,40	0,40	0,41	3,4
133	0,45	0,35	0,36	3,0
197	0,50	0,30	0,31	2,8
283	0,55	0,25	0,26	2,6
390	0,60	0,20	0,21	2,5

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



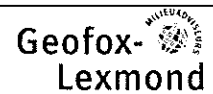
Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	0,51	toelichting
t' (s)	<=	390	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,21	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	2,4
---------	----	-----

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode



Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 11, meting 2
meetdatum	<=	22-03-2011
waarnemer	<=	NAAR/JLAR

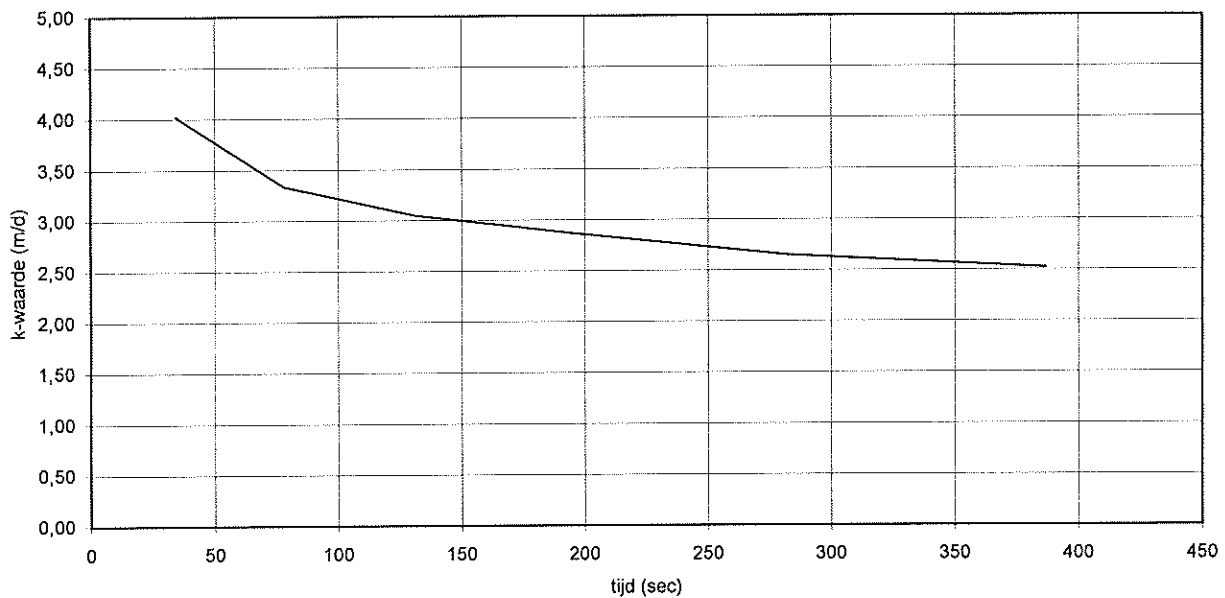
Input basisparameters

L (m)	<=	0,80	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,30	0,50	0,51	
34	0,35	0,45	0,46	4,0
78	0,40	0,40	0,41	3,3
131	0,45	0,35	0,36	3,1
195	0,50	0,30	0,31	2,9
282	0,55	0,25	0,26	2,7
387	0,60	0,20	0,21	2,5

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



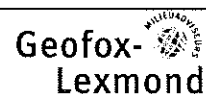
Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	0,51	toelichting
t' (s)	<=	387	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,21	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	2,5
---------	----	-----

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode



Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 11, meting 3
meetdatum	<=	22-03-2011
waarnemer	<=	NAAR/JLAR

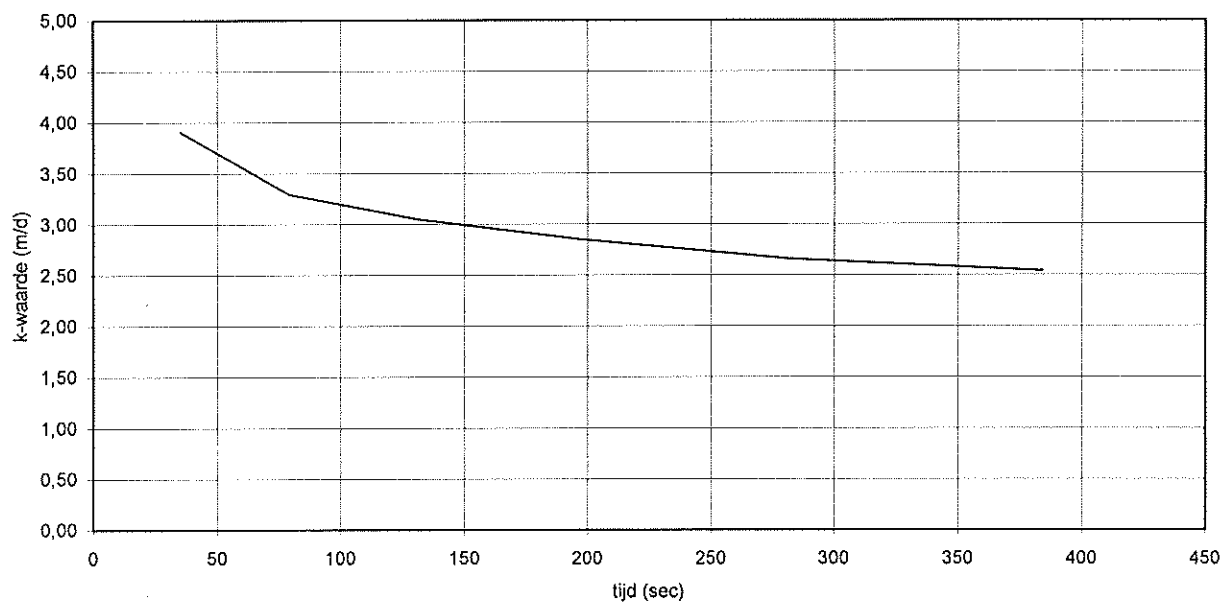
Input basisparameters

L (m)	<=	<b>0,80</b>	toelichting
rw (m)	<=	<b>0,025</b>	lengte peilbuis
rc (m)	<=	<b>0,0160</b>	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,30	0,50	0,51	
35	0,35	0,45	0,46	3,9
79	0,40	0,40	0,41	3,3
131	0,45	0,35	0,36	3,1
196	0,50	0,30	0,31	2,9
281	0,55	0,25	0,26	2,7
384	0,60	0,20	0,21	2,5

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



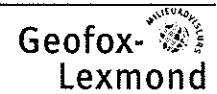
Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	0,51	toelichting
t' (s)	<=	384	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,21	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	<b>2,5</b>
---------	----	------------

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode



Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 13, meting 1
meetdatum	<=	23-03-2011
waarnemer	<=	NAAR/JLAR

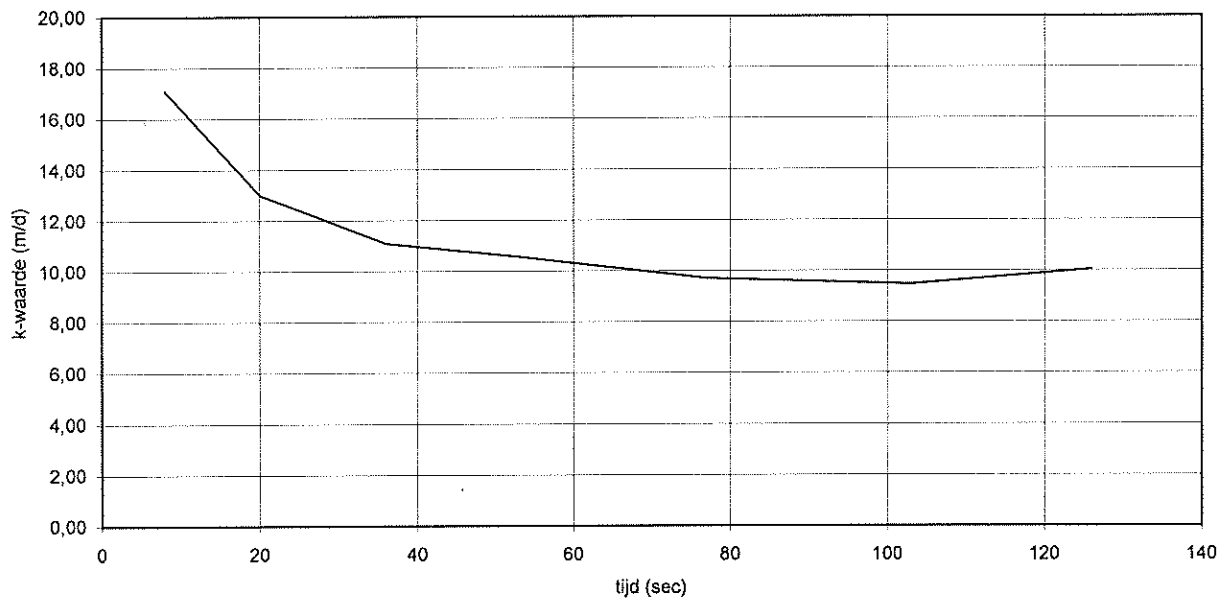
Input basisparameters

L (m)	<=	1,30	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,80	0,50	0,51	
8	0,85	0,45	0,46	17,1
20	0,90	0,40	0,41	13,0
36	0,95	0,35	0,36	11,1
53	1,00	0,30	0,31	10,6
77	1,05	0,25	0,26	9,7
103	1,10	0,20	0,21	9,5
126	1,15	0,15	0,16	10,0

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



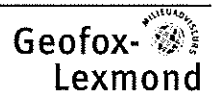
Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	0,51	toelichting
t' (s)	<=	126	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,16	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	9,8
---------	----	-----

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode



Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 13, meting 2
meetdatum	<=	23-03-2011
waarnemer	<=	NAAR/JLAR

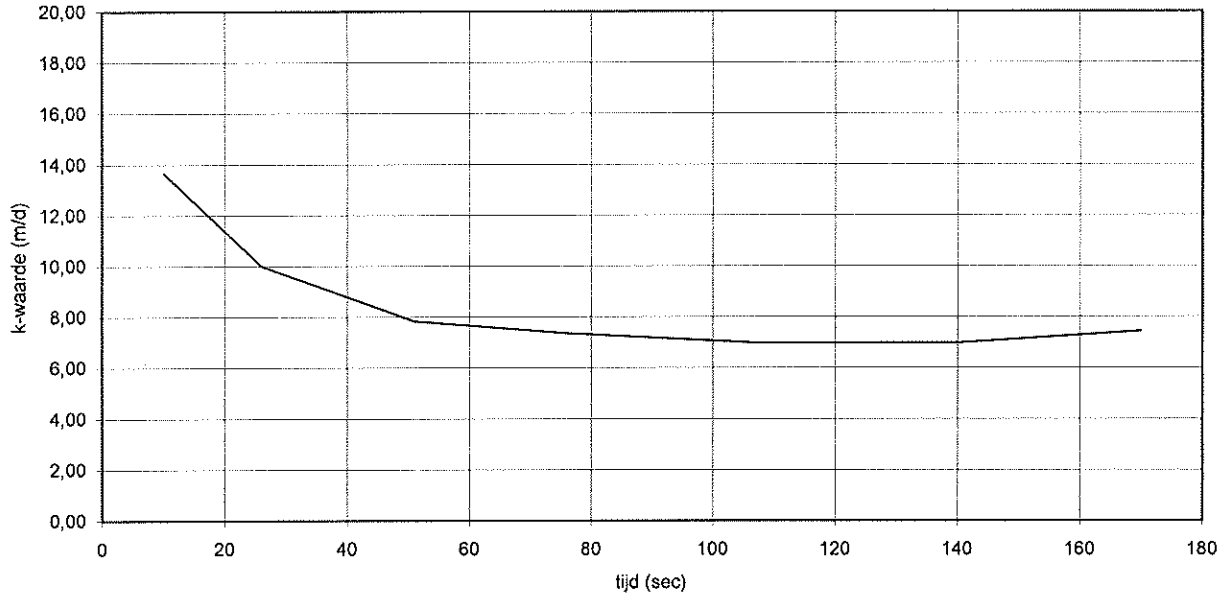
Input basisparameters

L (m)	<=	1,30	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,80	0,50	0,51	
10	0,85	0,45	0,46	13,7
26	0,90	0,40	0,41	10,0
51	0,95	0,35	0,36	7,8
76	1,00	0,30	0,31	7,4
107	1,05	0,25	0,26	7,0
140	1,10	0,20	0,21	7,0
170	1,15	0,15	0,16	7,4

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	0,51	toelichting
t' (s)	<=	170	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,16	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	7,3
---------	----	-----

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode

Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 13, meting 3
meetdatum	<=	23-03-2011
waarnemer	<=	NAAR/JLAR

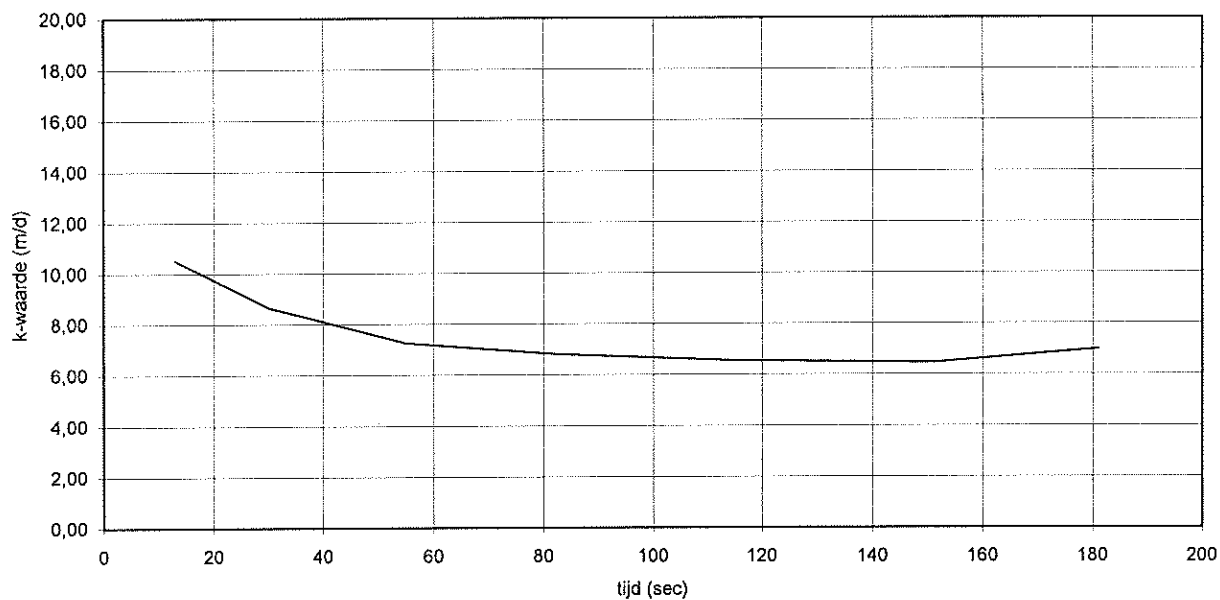
Input basisparameters

L (m)	<=	1,30	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,80	0,50	0,51	
13	0,85	0,45	0,46	10,5
30	0,90	0,40	0,41	8,7
55	0,95	0,35	0,36	7,3
82	1,00	0,30	0,31	6,8
114	1,05	0,25	0,26	6,6
151	1,10	0,20	0,21	6,5
181	1,15	0,15	0,16	7,0

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	0,51	toelichting
t' (s)	<=	181	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,16	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	6,8
---------	----	-----



Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode



Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 14, meting 1
meetdatum	<=	23-03-2011
waarnemer	<=	NAAR/JLAR

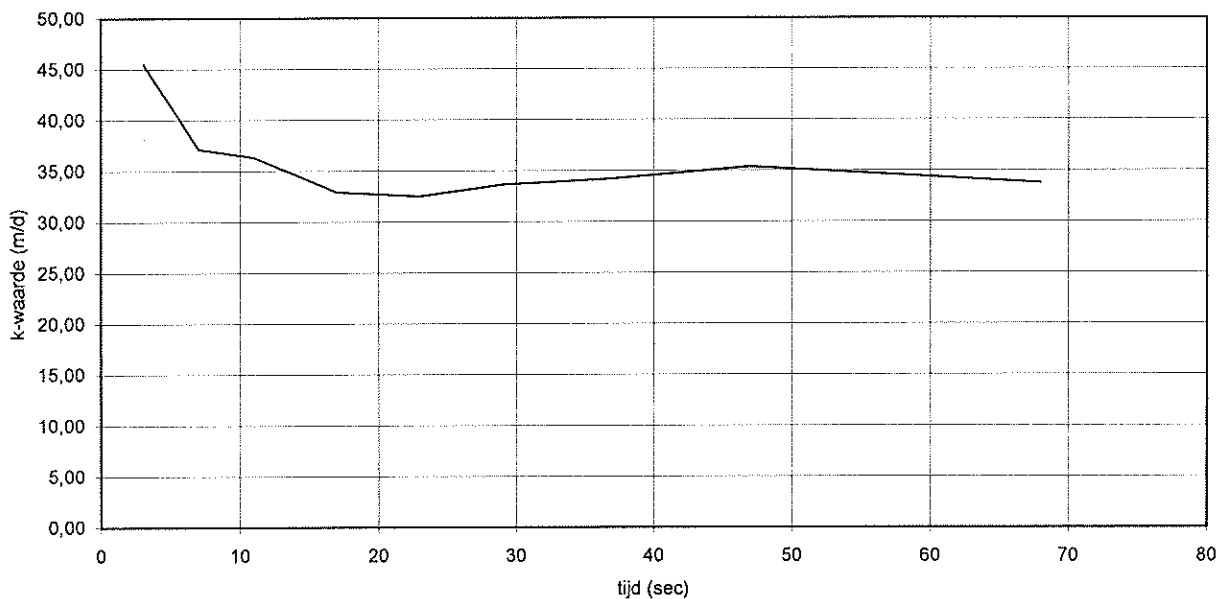
Input basisparameters

L (m)	<=	1,30	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,80	0,50	0,51	
3	0,85	0,45	0,46	45,6
7	0,90	0,40	0,41	37,2
11	0,95	0,35	0,36	36,3
17	1,00	0,30	0,31	32,9
23	1,05	0,25	0,26	32,5
29	1,10	0,20	0,21	33,6
37	1,15	0,15	0,16	34,2
47	1,20	0,10	0,11	35,4
68	1,25	0,05	0,06	33,8

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	0,51	toelichting
t' (s)	<=	68	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,06	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	33,4
---------	----	------

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode

Administratieve gegevens

project <= Retraitehuis te Uden  
 ordernr <= 20102497  
 peilbuis <= boring 14, meting 2  
 meetdatum <= 23-03-2011  
 waarnemer <= NAAR/JLAR

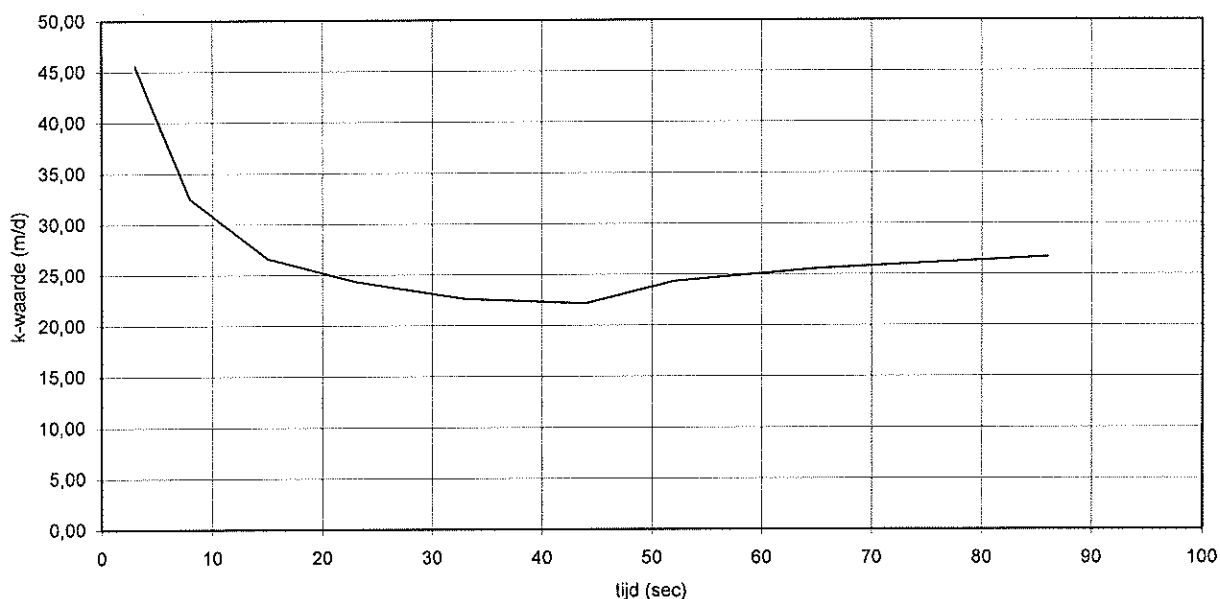
Input basisparameters

L (m) <= 1,30 toelichting  
 rw (m) <= 0,025 lengte peilbuis  
 rc (m) <= 0,0160 straal filteromstorting  
 straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,80	0,50	0,51	
3	0,85	0,45	0,46	45,6
8	0,90	0,40	0,41	32,5
15	0,95	0,35	0,36	26,6
23	1,00	0,30	0,31	24,3
33	1,05	0,25	0,26	22,7
44	1,10	0,20	0,21	22,2
52	1,15	0,15	0,16	24,3
65	1,20	0,10	0,11	25,6
86	1,25	0,05	0,06	26,7

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

h'0 (m) <= 0,51 toelichting  
 t' (s) <= 86 gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)  
 h'(t) (m) <= 0,06 referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d) => 26,4

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode

Administratieve gegevens

project <= Retraitehuis te Uden  
 ordernr <= 20102497  
 peilbuis <= boring 14, meting 3  
 meetdatum <= 23-03-2011  
 waarnemer <= NAAR/JLAR

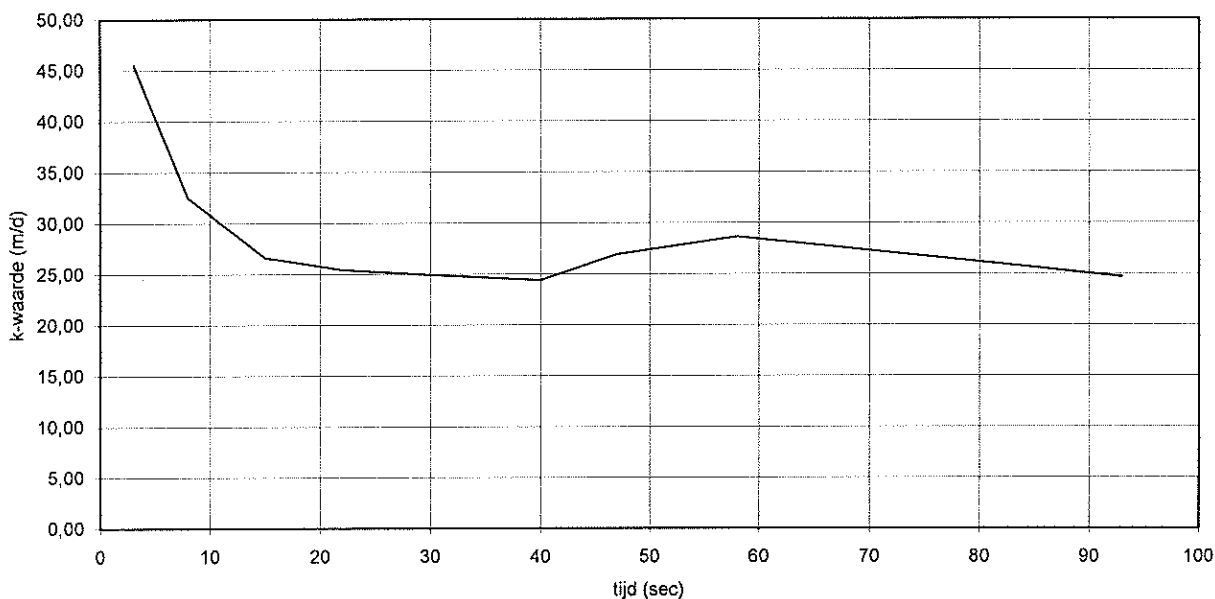
Input basisparameters

L (m) <= 1,30 toelichting  
 rw (m) <= 0,025 lengte peilbuis  
 rc (m) <= 0,0160 straal filteromstorting  
 straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,80	0,50	0,51	
3	0,85	0,45	0,46	45,6
8	0,90	0,40	0,41	32,5
15	0,95	0,35	0,36	26,6
22	1,00	0,30	0,31	25,4
30	1,05	0,25	0,26	24,9
40	1,10	0,20	0,21	24,4
47	1,15	0,15	0,16	26,9
58	1,20	0,10	0,11	28,7
93	1,25	0,05	0,06	24,7

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

h'0 (m) <= 0,51 toelichting  
 t' (s) <= 93 gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)  
 h'(t) (m) <= 0,06 referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d) => 24,4

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode



Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 46, meting 1
meetdatum	<=	14-04-2011
waarnemer	<=	MSPL/BKUI

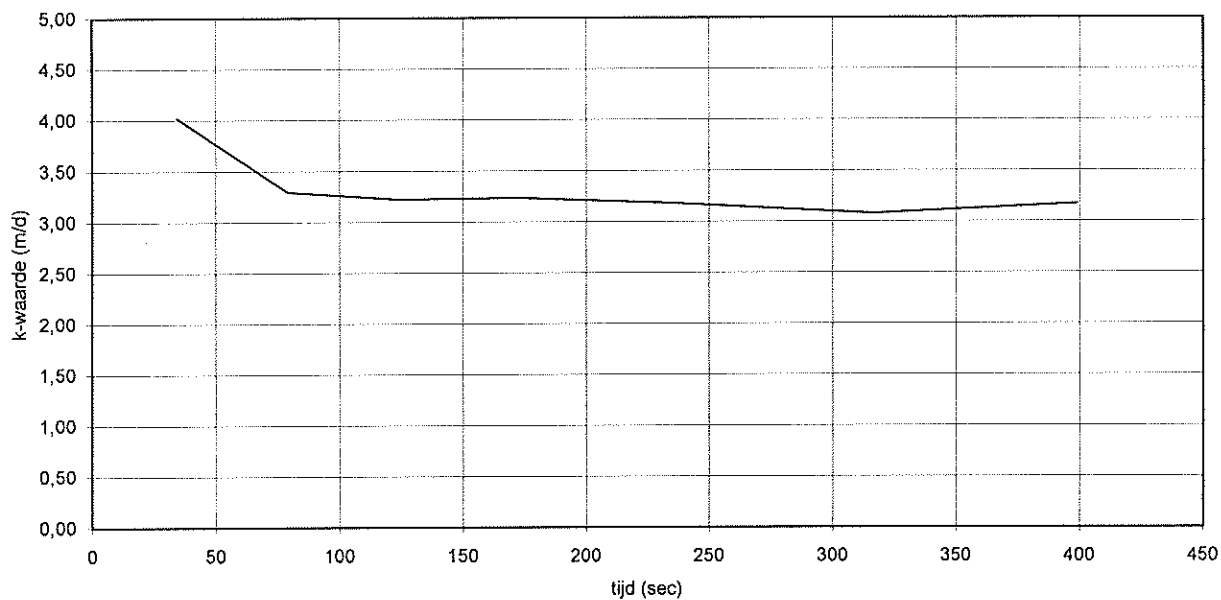
Input basisparameters

L (m)	<=	<b>1,10</b>	toelichting
rw (m)	<=	<b>0,025</b>	lengte peilbuis
rc (m)	<=	<b>0,0160</b>	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,60	0,50	0,51	
34	0,65	0,45	0,46	4,0
79	0,70	0,40	0,41	3,3
124	0,75	0,35	0,36	3,2
173	0,80	0,30	0,31	3,2
235	0,85	0,25	0,26	3,2
317	0,90	0,20	0,21	3,1
399	0,95	0,15	0,16	3,2

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	0,51	toelichting
t' (s)	<=	399	gecorr. h0 voor dh/dz>1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,16	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	<b>3,1</b>
---------	----	------------

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode



Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 46, meting 2
meetdatum	<=	14-04-2011
waarnemer	<=	MSPL/BKUI

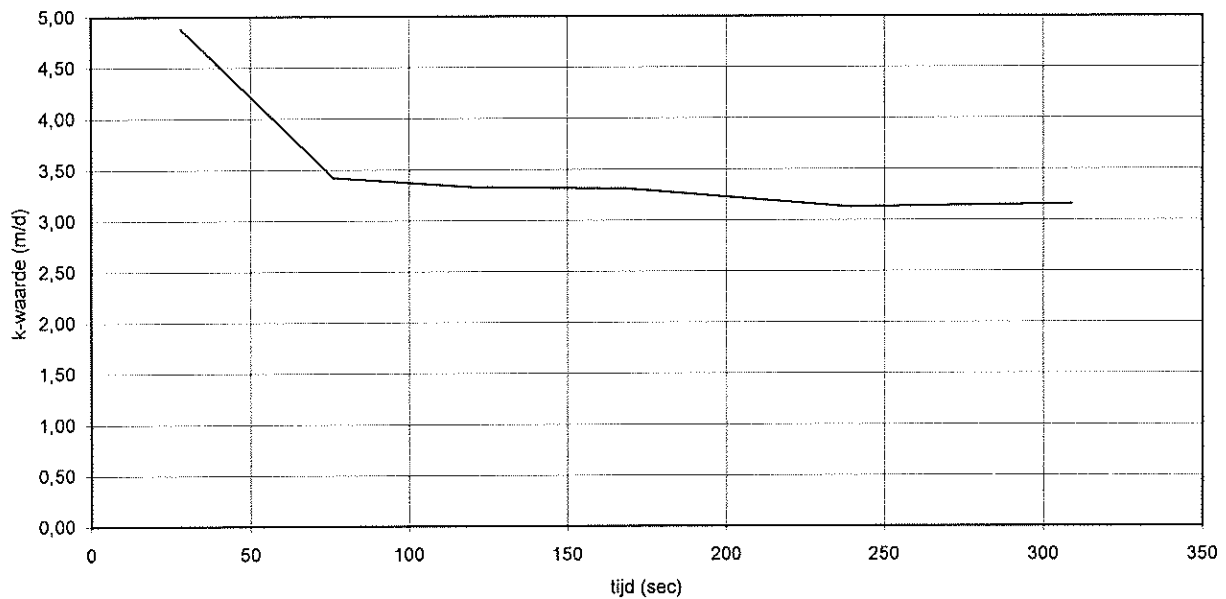
Input basisparameters

L (m)	<=	1,10	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,60	0,50	0,51	
28	0,65	0,45	0,46	4,9
76	0,70	0,40	0,41	3,4
120	0,75	0,35	0,36	3,3
169	0,80	0,30	0,31	3,3
239	0,85	0,25	0,26	3,1
309	0,90	0,20	0,21	3,2

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	0,51	toelichting
t' (s)	<=	309	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,21	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	3,1
---------	----	-----

# Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode

## Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 48, meting 1
meetdatum	<=	14-04-2011
waarnemer	<=	MSPL/BKUI

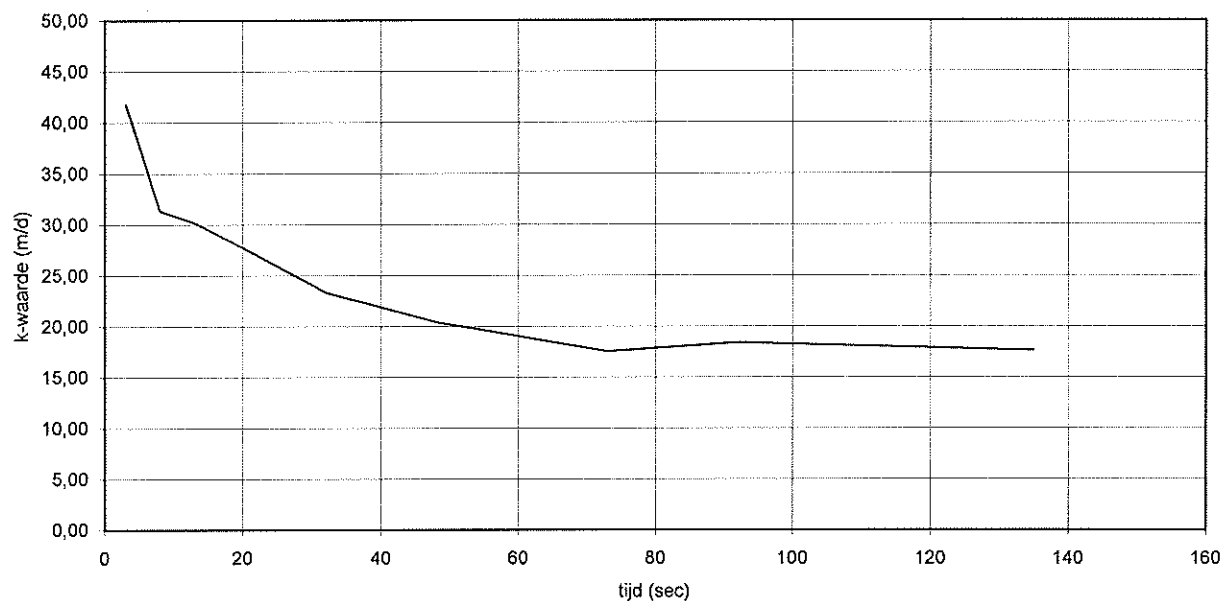
## Input basisparameters

L (m)	<=	1,50	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

## Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,50	1,00	1,01	
3	0,60	0,90	0,91	41,8
8	0,70	0,80	0,81	31,3
13	0,80	0,70	0,71	30,2
20	0,90	0,60	0,61	27,8
32	1,00	0,50	0,51	23,4
48	1,10	0,40	0,41	20,5
73	1,20	0,30	0,31	17,6
92	1,30	0,20	0,21	18,5
135	1,40	0,10	0,11	17,7

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



## Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	1,01	toelichting
t' (s)	<=	135	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,11	referentietijdstip (grafisch)

## Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	17,6
---------	----	------

Bepaling doorlaafactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode

Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 48, meting 2
meetdatum	<=	14-04-2011
waarnemer	<=	MSPL/BKUI

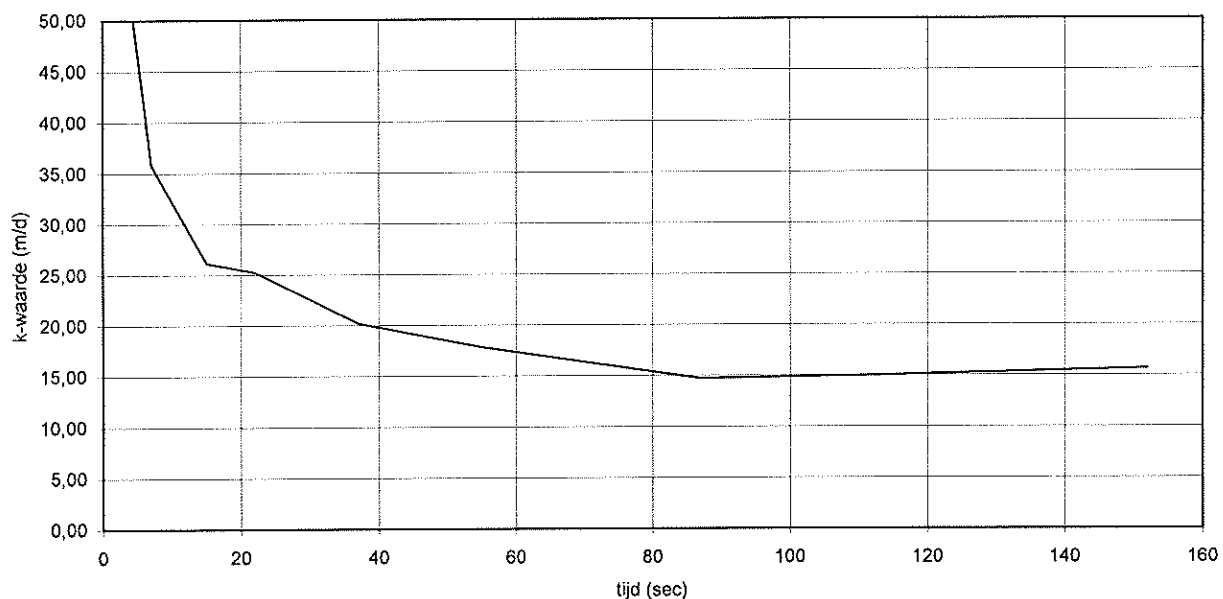
Input basisparameters

L (m)	<=	1,50	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,50	1,00	1,01	
2	0,60	0,90	0,91	62,7
7	0,70	0,80	0,81	35,8
15	0,80	0,70	0,71	26,2
22	0,90	0,60	0,61	25,2
37	1,00	0,50	0,51	20,2
55	1,10	0,40	0,41	17,9
87	1,20	0,30	0,31	14,7
113	1,30	0,20	0,21	15,0
152	1,40	0,10	0,11	15,7

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	1,01	toelichting
t' (s)	<=	152	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,11	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaafactor

K (m/d)	=>	15,6
---------	----	------

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode

Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 49, meting 1
meetdatum	<=	14-04-2011
waarnemer	<=	MSPL/BKUI

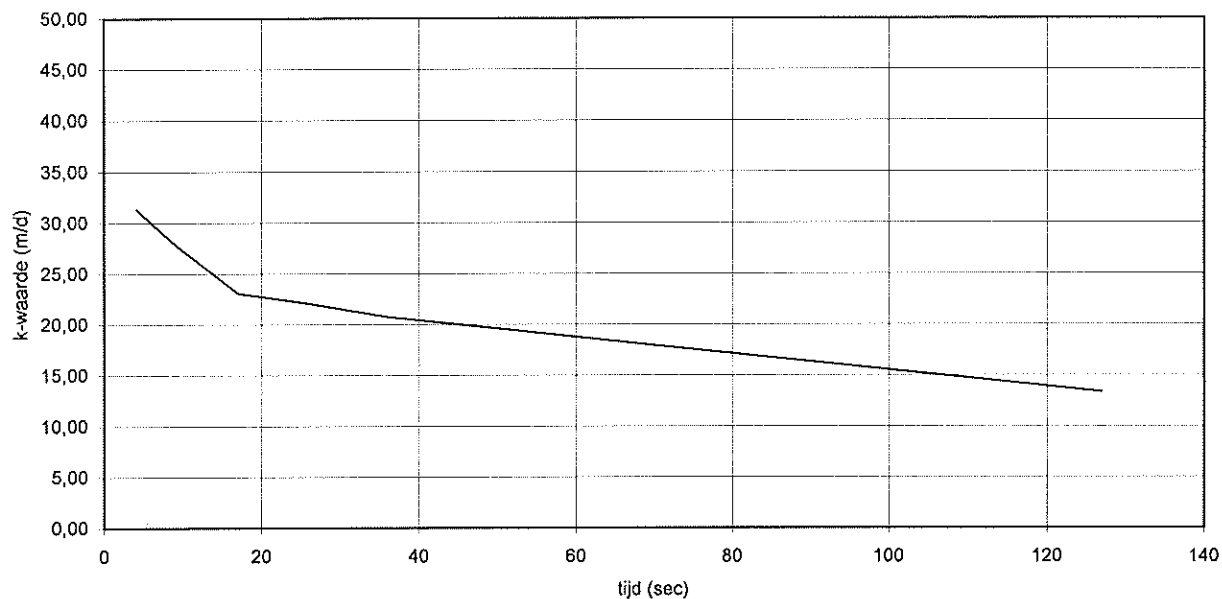
Input basisparameters

L (m)	<=	1,60	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,60	1,00	1,01	
4	0,70	0,90	0,91	31,4
9	0,80	0,80	0,81	27,8
17	0,90	0,70	0,71	23,1
25	1,00	0,60	0,61	22,2
36	1,10	0,50	0,51	20,8
50	1,20	0,40	0,41	19,6
72	1,30	0,30	0,31	17,8
127	1,40	0,20	0,21	13,4

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

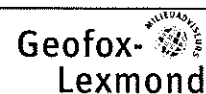
h'0 (m)	<=	1,01	toelichting
t' (s)	<=	127	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,21	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	13,3
---------	----	------



Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode



Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 49, meting 2
meetdatum	<=	14-04-2011
waarnemer	<=	MSPL/BKUI

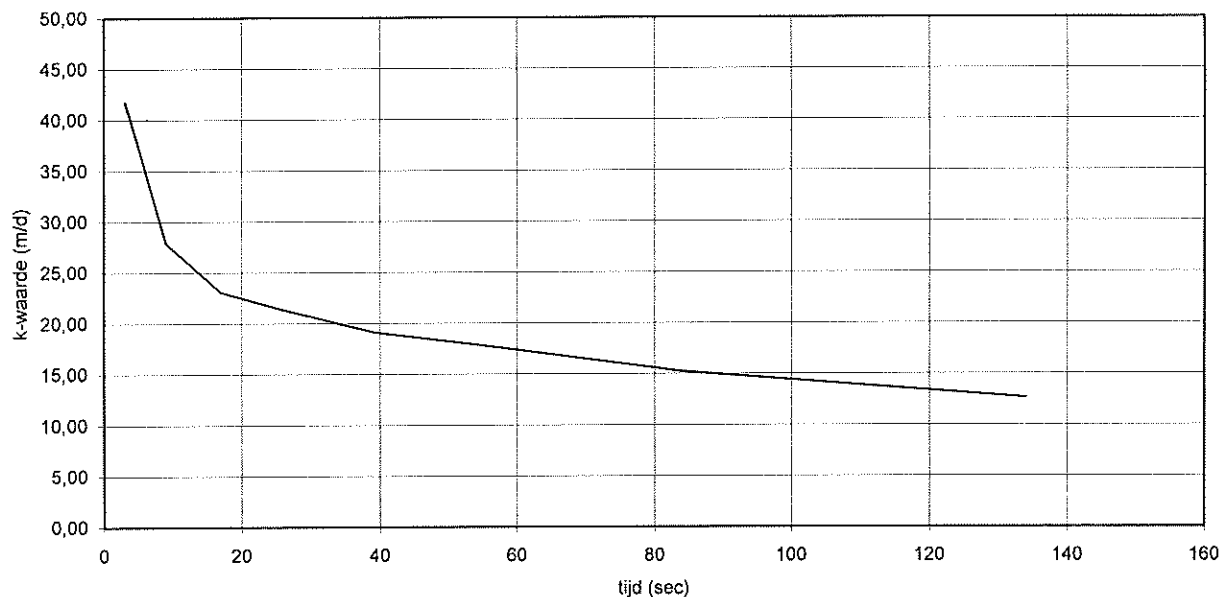
Input basisparameters

L (m)	<=	1,60	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,60	1,00	1,01	
3	0,70	0,90	0,91	41,8
9	0,80	0,80	0,81	27,8
17	0,90	0,70	0,71	23,1
26	1,00	0,60	0,61	21,4
39	1,10	0,50	0,51	19,2
55	1,20	0,40	0,41	17,9
84	1,30	0,30	0,31	15,3
134	1,40	0,20	0,21	12,7

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	1,01	toelichting
t' (s)	<=	134	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,21	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	12,6
---------	----	------

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode

Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 50, meting 1
meetdatum	<=	14-04-2011
waarnemer	<=	MSPL/BKUI

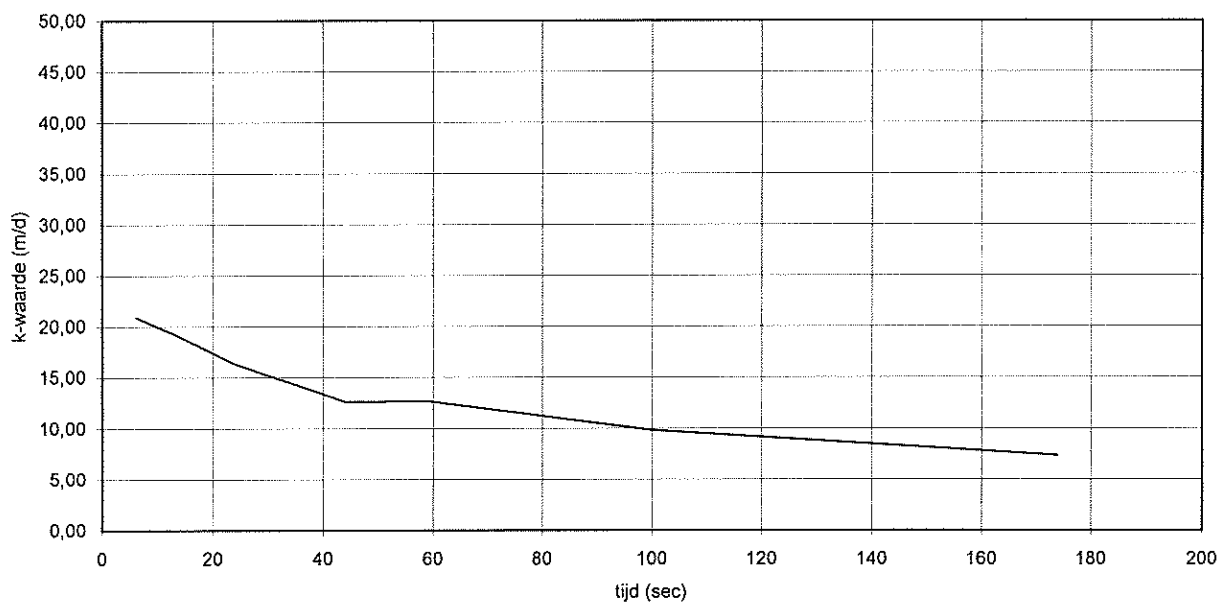
Input basisparameters

L (m)	<=	1,50	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,50	1,00	1,01	
6	0,60	0,90	0,91	20,9
13	0,70	0,80	0,81	19,3
24	0,80	0,70	0,71	16,3
44	0,90	0,60	0,61	12,6
59	1,00	0,50	0,51	12,7
100	1,10	0,40	0,41	9,8
174	1,20	0,30	0,31	7,4

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



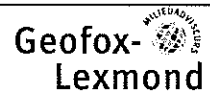
Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	1,01	toelichting
t' (s)	<=	174	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,31	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	7,3
---------	----	-----

**Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode**



**Administratieve gegevens**

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 50, meting 2
meetdatum	<=	14-04-2011
waarnemer	<=	MSPL/BKUI

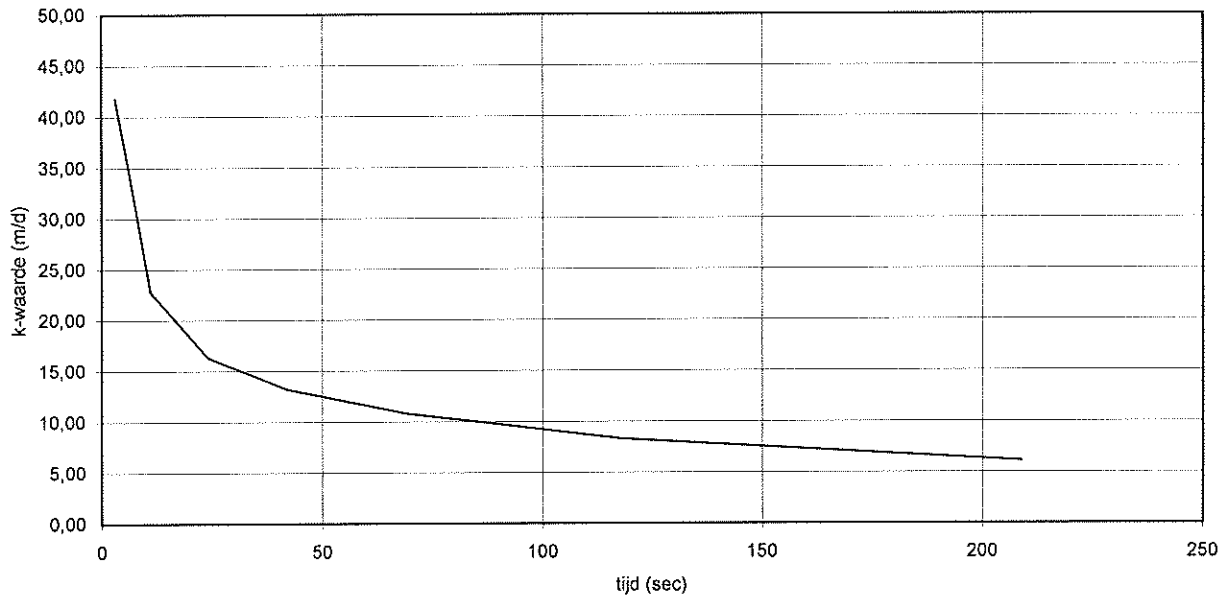
**Input basisparameters**

L (m)	<=	<b>1,50</b>	toelichting
rw (m)	<=	<b>0,025</b>	lengte peilbuis
rc (m)	<=	<b>0,0160</b>	straal filteromstorting
			straal filter

**Meetgegevens/tussenberekeningen**

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,50	1,00	1,01	
3	0,60	0,90	0,91	41,8
11	0,70	0,80	0,81	22,8
24	0,80	0,70	0,71	16,3
42	0,90	0,60	0,61	13,2
69	1,00	0,50	0,51	10,8
118	1,10	0,40	0,41	8,3
209	1,20	0,30	0,31	6,1

**Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd**



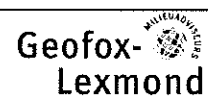
**Beoordeling meetgegevens**

h'0 (m)	<=	1,01	toelichting
t' (s)	<=	209	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,31	referentietijdstip (grafisch)

**Berekening doorlaatfactor**

K (m/d)	=>	<b>6,1</b>
---------	----	------------

# Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode



## Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 51, meting 1
meetdatum	<=	14-04-2011
waarnemer	<=	MSPL/BKUI

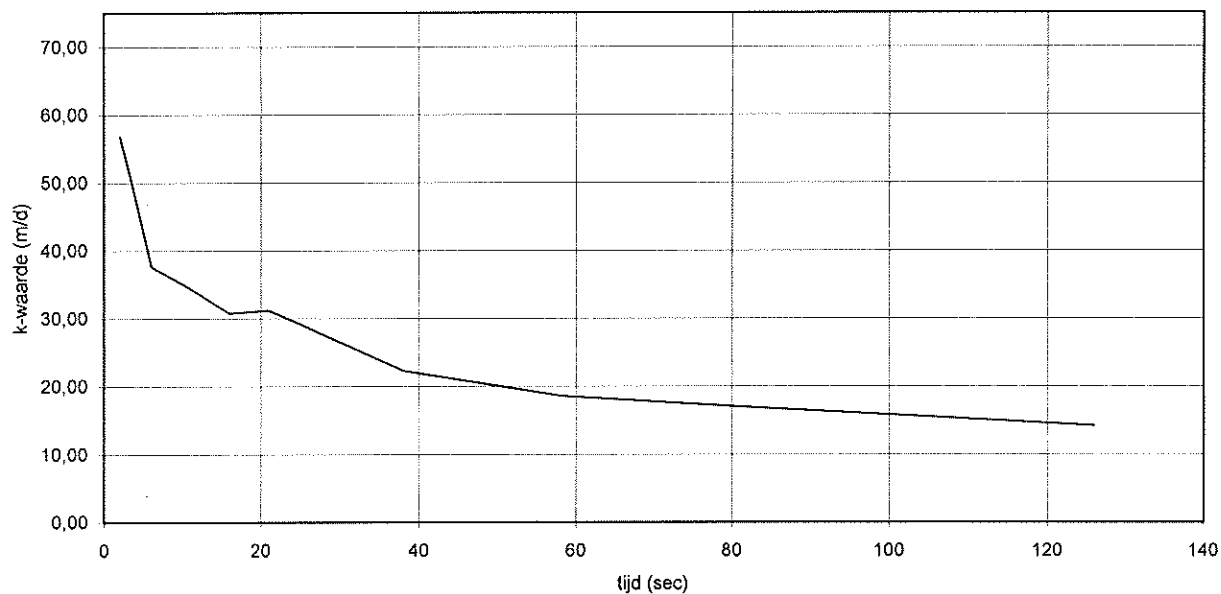
## Input basisparameters

L (m)	<=	1,50	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

## Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,40	1,10	1,11	
2	0,50	1,00	1,01	56,8
6	0,60	0,90	0,91	37,6
10	0,70	0,80	0,81	35,1
16	0,80	0,70	0,71	30,8
21	0,90	0,60	0,61	31,2
38	1,00	0,50	0,51	22,3
58	1,10	0,40	0,41	18,7
81	1,20	0,30	0,31	17,1
126	1,30	0,20	0,21	14,3

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



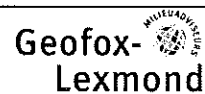
## Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	1,11	toelichting
t' (s)	<=	126	gecorr. h0 voor dh/dz > 1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,21	referentietijdstip (grafisch)

## Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	14,2
---------	----	------

Bepaling doorlaatfactor van de onverzadigde zone m.b.v. Hooghoudt-methode



Administratieve gegevens

project	<=	Retraitehuis te Uden
ordernr	<=	20102497
peilbuis	<=	boring 51, meting 2
meetdatum	<=	14-04-2011
waarnemer	<=	MSPL/BKUI

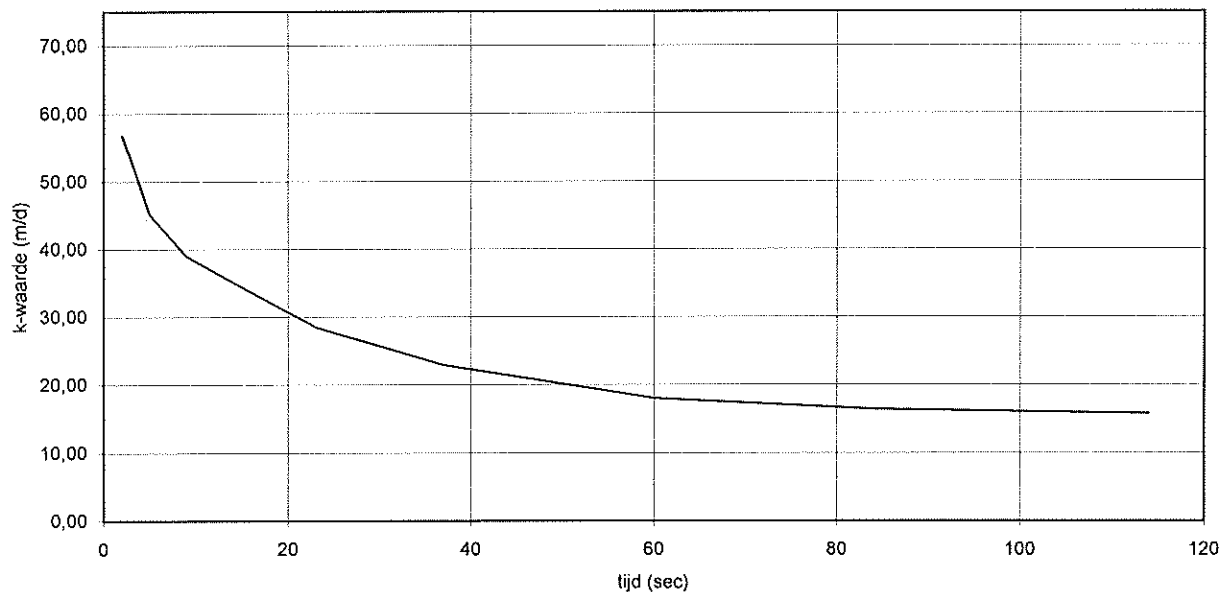
Input basisparameters

L (m)	<=	1,50	toelichting
rw (m)	<=	0,025	lengte peilbuis
rc (m)	<=	0,0160	straal filteromstorting
			straal filter

Meetgegevens/tussenberekeningen

t (s)	z (t)	h (t)	h(t)+rw/2	K(t')
<=	<=	=>	=>	=>
0	0,40	1,10	1,11	
2	0,50	1,00	1,01	56,8
5	0,60	0,90	0,91	45,2
9	0,70	0,80	0,81	39,0
14	0,80	0,70	0,71	35,2
23	0,90	0,60	0,61	28,5
37	1,00	0,50	0,51	22,9
60	1,10	0,40	0,41	18,0
84	1,20	0,30	0,31	16,5
114	1,30	0,20	0,21	15,8

Verloop horizontale verzadigde doorlatendheid in de tijd



Beoordeling meetgegevens

h'0 (m)	<=	1,11	toelichting
t' (s)	<=	114	gecorr. h0 voor dh/dz>1 (grafisch)
h'(t) (m)	<=	0,21	referentietijdstip (grafisch)

Berekening doorlaatfactor

K (m/d)	=>	15,7
---------	----	------



## **Bijlage 4: Uitdraai HNO-tool**





Waterschap  
Aa en Maas

## Algemeen

Naam project: Retraithuis te Uden (deelgebied 4)  
Contactpersoon initiatiefnemer: Frank van Driel  
Datum: 06-04-2011

## Kenmerken projectgebied

Bruto oppervlak projectgebied	22000	m <sup>2</sup>
Bestaand verhard oppervlak	0	m <sup>2</sup>
Nieuw totaal verhard oppervlak	7550	m <sup>2</sup>
Netto te compenseren oppervlak	7550	m <sup>2</sup>
Hiervan is type 1 (volledig verhard)	7550	m <sup>2</sup>
Hiervan is type 2 (semi-verhard)	0	m <sup>2</sup>
Infiltratiepercentage semi-verhard oppervlak	50	%
Maaiveldniveau nieuw verhard oppervlak	17.6	m + NAP
GHG	16.5	m + NAP
Infiltratiesnelheid bodem	1.0	m/dag

## Systemeisen aan berging in projectgebied

### Dimensies voorziening

Lengte voorziening	100.0	m
Talud voorziening (1:x)	1.0	
Maximale peilstijging (in normaal nat jaar)	0.2	m
Maximale peilstijging bij T=10 jaar scenario	0.4	m
Maximale peilstijging bij T=100 jaar scenario	0.6	m

### Afvoercoëfficiënten voorziening

Afvoercoëfficiënt bij T=10 jaar scenario	0.33	l/s/ha
Afvoercoëfficiënt bij T=100 jaar scenario	0.66	l/s/ha

## Resultaten

### Totale benodigde berging in projectgebied

Berging voor infiltratie	27	m <sup>3</sup>
Berging bij extreme neerslag T=10 jaar	384	m <sup>3</sup>
Berging bij extreme neerslag T=100 jaar	523	m <sup>3</sup>

### Ontwerp infiltratievoorziening

Ruimtebeslag	153	m <sup>3</sup>
Maximale berging in normaal nat jaar	27	m <sup>3</sup>
Maximale ledigingstijd in normaal nat jaar	5	uren
Berging bij extreme neerslag		
T=10 jaar	57	m <sup>3</sup>
T=100 jaar	88	m <sup>3</sup>

### Ontwerp bergingsvoorziening voor extreme neerslagsituaties

Ruimtebeslag	1000	m <sup>3</sup>
Berging bij T=10 jaar	384	m <sup>3</sup>
Berging bij T=100 jaar	523	m <sup>3</sup>
Afvoercapaciteit bij T=10 jaar	0.9	m <sup>3</sup> /uur

### Berging 'tussen de stoepranden'

Berging bij T=100 jaar	0	m <sup>3</sup>
------------------------	---	----------------

Hydrologisch neutraal  
ontwikkelen

Compenserende berging voor  
nieuw verhard gebied

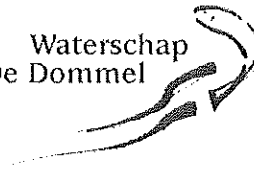
Waterschap Aa en Maas

Samenvatting

Waterschap Aa en Maas

Waterschap Aa en Maas





## Algemeen

Naam project: Retraitehuis te Uden (deelgebied 5)  
 Contactpersoon initiatiefnemer: Frank van Driel  
 Datum: 06-04-2011

## Kenmerken projectgebied

Bruto oppervlak projectgebied	20300	m <sup>2</sup>
Bestaand verhard oppervlak	0	m <sup>2</sup>
Nieuw totaal verhard oppervlak	3700	m <sup>2</sup>
Netto te compenseren oppervlak	3700	m <sup>2</sup>
Hiervan is type 1 (volledig verhard)	3700	m <sup>2</sup>
Hiervan is type 2 (semi-verhard)	0	m <sup>2</sup>
Infiltratiepercentage semi-verhard oppervlak	50	%
Maaiveldniveau nieuw verhard oppervlak	17.8	m + NAP
GHG	16.5	m + NAP
Infiltratiesnelheid bodem	6.1	m/dag

## Systeemseisen aan berging in projectgebied

### Dimensies voorziening

Lengte voorziening	50.0	m
Talud voorziening (1:x)	1.0	
Maximale peilstijging (in normaal nat jaar)	0.2	m
Maximale peilstijging bij T=10 jaar scenario	0.4	m
Maximale peilstijging bij T=100 jaar scenario	0.6	m

### Afvoercoëfficiënten voorziening

Afvoercoëfficiënt bij T=10 jaar scenario	0.33	l/s/ha
Afvoercoëfficiënt bij T=100 jaar scenario	0.66	l/s/ha

## Resultaten

### Totale benodigde berging in projectgebied

Berging voor infiltratie	3	m <sup>3</sup>
Berging bij extreme neerslag T=10 jaar	69	m <sup>3</sup>
Berging bij extreme neerslag T=100 jaar	118	m <sup>3</sup>

### Ontwerp infiltratievoorziening

Ruimtebeslag	27	m <sup>2</sup>
Maximale berging in normaal nat jaar	3	m <sup>3</sup>
Maximale ledigingsijd in normaal nat jaar	1	uren
Berging bij extreme neerslag		
T=10 jaar	9	m <sup>3</sup>
T=100 jaar	14	m <sup>3</sup>

### Ontwerp bergingsvoorziening voor extreme neerslagsituaties

Ruimtebeslag	193	m <sup>2</sup>
Berging bij T=10 jaar	69	m <sup>3</sup>
Berging bij T=100 jaar	118	m <sup>3</sup>
Afvoercapaciteit bij T=10 jaar	0.4	m <sup>3</sup> /uur

### Berging 'tussen de stoepranden'

Berging bij T=100 jaar	10	m <sup>3</sup>
------------------------	----	----------------

Hydrologische berekening  
 oppervlak

Hydrologische berekening  
 Waterschap De Dommel  
 Waterschap Aa en Maas  
 Waterschap de Oude Maas  
 Waterschap de Rijn  
 Waterschap de Roermond  
 Waterschap de Sittard  
 Waterschap de Veerendaal  
 Waterschap de Veldhoven  
 Waterschap de Vlijmen  
 Waterschap de Waal  
 Waterschap de Weert  
 Waterschap de Zuylen

Hydrologische berekening  
 Waterschap de Dommel  
 Waterschap Aa en Maas  
 Waterschap de Oude Maas  
 Waterschap de Rijn  
 Waterschap de Roermond  
 Waterschap de Sittard  
 Waterschap de Veerendaal  
 Waterschap de Veldhoven  
 Waterschap de Vlijmen  
 Waterschap de Waal  
 Waterschap de Weert  
 Waterschap de Zuylen

Hydrologische berekening

Hydrologische berekening  
 Waterschap de Dommel  
 Waterschap Aa en Maas  
 Waterschap de Oude Maas  
 Waterschap de Rijn  
 Waterschap de Roermond  
 Waterschap de Sittard  
 Waterschap de Veerendaal  
 Waterschap de Veldhoven  
 Waterschap de Vlijmen  
 Waterschap de Waal  
 Waterschap de Weert  
 Waterschap de Zuylen

Hydrologische berekening

Hydrologische berekening  
 Waterschap de Dommel  
 Waterschap Aa en Maas  
 Waterschap de Oude Maas  
 Waterschap de Rijn  
 Waterschap de Roermond  
 Waterschap de Sittard  
 Waterschap de Veerendaal  
 Waterschap de Veldhoven  
 Waterschap de Vlijmen  
 Waterschap de Waal  
 Waterschap de Weert  
 Waterschap de Zuylen

# Voetsinstrumentarium Hydrologisch Neutraal Ontwikkelen Compenserende berging voor nieuw verhard gebied

## Algemeen

Naam project: Retraitehuis te Uden (totale ontwikkeling; infiltratie in deelgebied 2)  
Contactpersoon initiatiefnemer: Frank van Driel  
Datum: 06-04-2011

Waterschap  
De Dommel



Waterschap  
Aa en Maas

## Kenmerken projectgebied

Bruto oppervlak projectgebied	55300	m <sup>2</sup>
Bestaand verhard oppervlak	0	m <sup>2</sup>
Nieuw totaal verhard oppervlak	18300	m <sup>2</sup>
Netto te compenseren oppervlak	18300	m <sup>2</sup>
Hiervan is type 1 (volledig verhard)	18300	m <sup>2</sup>
Hiervan is type 2 (semi-verhard)	0	m <sup>2</sup>
Infiltratiepercentage semi-verhard oppervlak	50	%
Maaiveldniveau nieuw verhard oppervlak	17.8	m + NAP
GHG	16.5	m + NAP
Infiltratiesnelheid bodem	6.8	m/dag

## Systeemelen aan berging in projectgebied

### Dimensies voorziening

Lengte voorziening	100.0	m
Talud voorziening (1:x)	1.0	
Maximale peilstijging (in normaal nat jaar)	0.2	m
Maximale peilstijging bij T=10 jaar scenario	0.4	m
Maximale peilstijging bij T=100 jaar scenario	0.6	m

### Afvoercoëfficiënten voorziening

Afvoercoëfficiënt bij T=10 jaar scenario	0.33	l/s/ha
Afvoercoëfficiënt bij T=100 jaar scenario	0.66	l/s/ha

## Resultaten

### Totale benodigde berging in projectgebied

Berging voor infiltratie	15	m <sup>3</sup>
Berging bij extreme neerslag T=10 jaar	322	m <sup>3</sup>
Berging bij extreme neerslag T=100 jaar	565	m <sup>3</sup>

### Ontwerp infiltratievoorziening

Ruimtebeslag	97	m <sup>3</sup>
Maximale berging in normaal nat jaar	15	m <sup>3</sup>
Maximale ledigingstijd in normaal nat jaar	1	uren
Berging bij extreme neerslag		
T=10 jaar	35	m <sup>3</sup>
T=100 jaar	54	m <sup>3</sup>

### Ontwerp bergingsvoorziening voor extreme neerslagsituaties

Ruimtebeslag	845	m <sup>3</sup>
Berging bij T=10 jaar	322	m <sup>3</sup>
Berging bij T=100 jaar	565	m <sup>3</sup>
Afvoercapaciteit bij T=10 jaar	2.2	m <sup>3</sup> /uur

### Berging 'tussen de stoepranden'

Berging bij T=100 jaar	75	m <sup>3</sup>
------------------------	----	----------------

Waterschap Aa en Maas  
Middelste Noord  
Postbus 1000  
5200 BA 't Hart  
T: 0491 515000  
F: 0491 515001  
E: info@aaenmaas.nl  
W: www.aaenmaas.nl

De waterschappen Aa en Maas en de Dommel willen met deze handleiding u helpen bij het ontwerp van de bergingsvoorziening van de verhardingsoppervlakten op het projectgebied. Het ontwerp van de bergingsvoorziening moet voldoen aan de eisen van de Wet op de Omgevingswet (Wet 2015-01-01) en de Wet op de Omgevingswet (Wet 2015-01-01).

De waterschappen Aa en Maas en de Dommel willen met deze handleiding u helpen bij het ontwerp van de bergingsvoorziening van de verhardingsoppervlakten op het projectgebied. Het ontwerp van de bergingsvoorziening moet voldoen aan de eisen van de Wet op de Omgevingswet (Wet 2015-01-01) en de Wet op de Omgevingswet (Wet 2015-01-01).

## Contact-informatie

Waterschap Aa en Maas  
Middelste Noord  
Postbus 1000  
5200 BA 't Hart  
T: 0491 515000  
F: 0491 515001  
E: info@aaenmaas.nl  
W: www.aaenmaas.nl

Waterschap Aa en Maas  
Middelste Noord  
Postbus 1000  
5200 BA 't Hart  
T: 0491 515000  
F: 0491 515001  
E: info@aaenmaas.nl  
W: www.aaenmaas.nl

## **Bijlage 5: Verslag watertoetsoverleg**

<i>Verslag</i>	: <i>Watertoetsoverleg Retraitehuis (Uden)</i> <i>(Uden, gemeente Uden)</i>
<i>Datum</i>	: <i>6 april 2011 (11:30 uur)</i>
<i>Aanwezig</i>	: <i>- M. van Roosmalen (gemeente Uden)</i> <i>- G. van Morel (gemeente Uden)</i> <i>- L. de Theije (waterschap Aa en Maas)</i> <i>- T. Steenbakkens (waterschap Aa en Maas)</i> <i>- F. van Driel (SVU Wonen)</i> <i>- P. Hardy (Consilio Advies)</i> <i>- B. Kuijpers (Geofox-Lexmond)</i>

In het gebied rondom het Retraitehuis in Uden zal woningbouw plaatsvinden. Het retraitshuis blijft in haar huidige vorm gehandhaafd, de woningbouw wordt gesitueerd het oostelijke en westelijke deel van het plangebied (deelgebied 2, 4 en 5). Hieronder volgen de belangrijkste uitkomsten van het watertoetsoverleg met betrekking tot de voorgenomen ontwikkeling.

- Het gehele plangebied is momenteel eigendom van de "Zusters", in de toekomstige situatie wordt deelgebied 2/4/5 eigendom van de gemeente Uden.
- De gemeente Uden werkt momenteel aan een VGR+ (Verbreed Gemeentelijk Rioleringsplan, waar het gemeentelijk Waterplan onderdeel van uitmaakt). In dit VGR+ wordt voor het afkoppelen van hemelwater de HNO-tool van het waterschap gevolgd, waarbij de wateropgave niet mag worden afgewenteld op omliggend gebied.
- Rechtstreekse (onvertraagde) afvoer van hemelwater naar de leggerwatergang van het waterschap is niet toegestaan, behalve in extreme situaties wanneer wateroverlast dreigt (nadat de voorziening tot het maaiveld is gevuld met water).
- Dhr. van Roosmalen geeft aan dat 4 doorlatendheidsmetingen als onvoldoende worden beschouwd. Op basis van de Leidraad Riolerings zullen dhr. van Roosmalen en dhr. Kuijpers afstemmen hoeveel aanvullende metingen verricht dienen te worden.
- Ook het Retraitehuis ontwikkelt uitbreidingsplannen, hiervoor wordt in het bestemmingsplan een wijzigingsbevoegdheid opgenomen. Indien in de toekomst van de wijzigingsbevoegdheid gebruik wordt gemaakt, dient opnieuw het watertoetsproces te worden doorlopen met een bijbehorende waterhuishoudkundige onderbouwing (dit zal expliciet worden vermeld in het waterhuishoudkundig plan voor de woningbouw). Het op te stellen waterhuishoudkundig plan richt zich dus enkel op de deelgebieden 2, 4 en 5; deze zullen afzonderlijk worden uitgewerkt voor wat betreft verharding en benodigde infiltratievoorziening.
- Infiltratievoorzieningen mogen niet worden aangelegd op (toekomstig) grondgebied van de gemeente, tenzij er geen andere reële mogelijkheid is en dit goed beargumenteerd wordt<sup>1</sup>.
- Een "zaksloot" mag alleen aansluiten op het bestaande watersysteem in de omgeving als vanuit de zaksloot een vertraagde afvoer (beneden de vastgestelde landelijke afvoer; 0,33 l/s/ha) wordt gerealiseerd. Een geïsoleerde infiltratievoorziening heeft echter de voorkeur.
- Gemeente en waterschap nemen niet het beheer van een infiltratievoorziening op zich.
- Het overdimensioneren van het (IT-)riool wordt als een goede oplossing gezien om waterberging te realiseren.
- Hemelwater dat op wegen of parkeerplaatsen valt, zal logischerwijs infiltreren in openbaar gebied (langs de betreffende wegen/parkeerplaatsen).
- De bodem van een infiltratievoorziening dient boven de GHG te worden aangelegd. Bij een bui T= 10 dient de infiltratievoorziening een waking te hebben van 0,1 m. Bij een bui T= 100 mag het water in de infiltratievoorziening stijgen tot het maaiveld (maar mag geen wateroverlast optreden)
- De waterparagraaf zal worden voorgelegd aan dhr. Roosmalen en mevr. De Theije.

<sup>1</sup>

- deelgebied 2 = voldoende mogelijkheden voor een infiltratievoorziening "binnen het perceel", dit onder voorbehoud van de beoogde appartementen;
- deelgebied 4 = beperkte mogelijkheden voor een infiltratievoorziening "binnen het perceel" (mede vanwege een halfverdiepte parkeergarage), daarmee dient een infiltratievoorziening wellicht deels op toekomstige gemeentegrond te worden gerealiseerd;
- deelgebied 5 = voldoende mogelijkheden voor een infiltratievoorziening "binnen het perceel";