

GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK
BEDRIJVENTERREIN MOESDIJK
TE WEERT
GEMEENTE WEERT



- ✿ Bodem
- ✿ Waterbodem
- ✿ Water
- ✿ Archeologie
- ✿ Ecologie
- ✿ Milieu

Water

Geohydrologisch onderzoek Bedrijventerrein Moesdijk te Weert in de gemeente Weert

Opdrachtgever	Tonnaer Adviseurs in Omgevingsrecht Vonderweg 14 5616 RM Eindhoven
Project	WEE.TON.GEO
Rapportnummer	11020137
Status	Eindrapportage
Datum	25 maart 2011
Vestiging	Swalmen
Opsteller	Ing. M.R.P. Vidal
Paraaf	
Kwaliteitscontrole	Dhr. E. Zwerver
Paraaf	

Kwaliteitszorg

Voor het uitvoeren van doorlatendheidsonderzoek zijn geen wettelijke richtlijnen vastgesteld. Econsultancy voldoet voor haar overige dienstverlening ten aanzien van bodem aan alle wettelijke kwaliteitseisen. Tot aan het moment dat voor doorlatendheidsonderzoek kan worden gewerkt volgens vastgestelde protocollen en richtlijnen wordt daar waar mogelijk aangesloten aan algemene kwaliteitseisen zoals deze voor bodemonderzoek gelden.

Betrouwbaarheid

Dit onderzoek is op zorgvuldige wijze uitgevoerd conform de algemeen geldende normen en met behulp van gespecialiseerde apparatuur. Het onderzoek betreft een momentopname in de tijd en is steekproefsgewijs uitgevoerd, waardoor een beeld van de geohydrologische situatie wordt verkregen. Econsultancy accepteert derhalve op voorhand geen aansprakelijkheid ten aanzien van mogelijke beslissingen die de opdrachtgever naar aanleiding van het door Econsultancy uitgevoerde onderzoek neemt.

INHOUDSOPGAVE

1.	INLEIDING	1
2.	LOCATIEGEGEVENS	1
2.1	Huidig en toekomstig gebruik	1
2.2	Regionale bodemopbouw	1
2.3	Regionale geohydrologie	1
3.	VELDWERK.....	2
3.1	Algemeen.....	2
3.2	Lokale bodemopbouw en grondwaterniveau.....	2
3.3	Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven.....	3
3.4	Uitvoering in-situ doorlatendheidsmetingen	4
4.	RESULTATEN EN BEOORDELING.....	5
4.1	Onderzoeksresultaten doorlatendheidsmetingen.....	5
4.2	Beoordeling infiltratiemogelijkheden.....	6
5.	SAMENVATTING EN CONCLUSIE	7

BIJLAGEN:

1. - Topografische ligging van de locatie
2. - Locatieschets
3. - Boorprofielen
4. - Methodiek constant-head permeameter
5. - Berekende k-waarden

1. INLEIDING

Econsultancy heeft van Tonnaer Adviseurs in Omgevingsrecht opdracht gekregen voor het uitvoeren van een geohydrologisch onderzoek op het bedrijventerrein Moesdijk gelegen aan de Moesdijk te Weert in de gemeente Weert.

Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het duurzaam waterbeheer ten aanzien van de voorgenomen (her)ontwikkeling van de onderzoekslocatie.

Doel van het onderzoek is het bepalen van enkele geohydrologische parameters, waaronder de waterdoorlatendheid (k-waarde van de bodem), teneinde de mogelijkheden voor hemelwaterinfiltratie te kunnen bepalen. Het onderzoek heeft een oriënterend karakter, waarbij verschillende bodemlagen zijn onderzocht.

Voor het uitvoeren van geohydrologisch onderzoek zijn geen wettelijke richtlijnen vastgesteld. Derhalve is ten behoeve van de veldwerkzaamheden aangesloten op het VKB-protocol 2001 "Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen" en zijn boorbeschrijvingen conform de NEN 5104 gemaakt.

2. LOCATIEGEGEVENS

2.1 Huidig en toekomstig gebruik

De onderzoekslocatie ($\pm 10.550 \text{ m}^2$) ligt aan de Bedrijventerrein Moesdijk, circa 2,6 km ten zuidoosten van de kern van Weert in de gemeente Weert. De onderzoekslocatie is kadastraal bekend gemeente Weert, sectie AB, nummers 893, 894, 895 en 937 (zie bijlage 1).

Volgens de topografische kaart van Nederland, kaartblad 57 H, 2004 (schaal 1:25.000), bevindt het maaiveld zich op een hoogte van circa 31 m +NAP en varieert met circa 1,5 m. De coördinaten van het midden van de onderzoekslocatie zijn $X = 179.700$, $Y = 362.080$.

De onderzoekslocatie is in gebruik als weiland en heeft voor zover bekend altijd een agrarische bestemming gehad.

In de toekomstige situatie zullen bedrijfspanden met bijbehorende parkeergelegenheid gerealiseerd worden. De aard van de eventuele infiltratievoorziening is vooralsnog niet bekend. In bijlage 2 is de huidige situatie op een locatieschets weergegeven.

2.2 Regionale bodemopbouw

De originele bodem bestaat volgens de bodemkaart van Nederland, kaartblad 57 Oost, 1963 (schaal 1:50.000), uit een laarpodzolgrond, welke volgens de Stichting voor Bodemkartering voornamelijk is opgebouwd uit lemig fijn zand. De afzettingen, waarin deze bodem is ontstaan, behoren geologisch gezien tot de Nuenen Groep. Geomorfologisch gezien bevindt de onderzoekslocatie zich op een dekzandrug.

2.3 Regionale geohydrologie

Tectonisch gezien ligt de onderzoekslocatie in de Roerdalslenk. Deze slenk wordt aan de zuidwestzijde begrensd door de Feldbiss en aan de noordoostzijde door de Peelrandbreuk. Beide breuken zijn noordwest-zuidoost gericht.

Het eerste watervoerend pakket heeft een dikte van ± 100 m en wordt gevormd door de zandige en grindige afzettingen van de fluviatiele Formaties van Sterksel en Kedichem. Op deze formaties liggen fijnzandige, matig goed doorlatende eolische afzettingen, behorende tot de Nuenen Groep, met een dikte van ± 3 m. Het eerste watervoerend pakket wordt aan de onderzijde afgesloten door de Kiezeloliet Formatie. Het bovenste deel van deze complexe eenheid bestaat uit klei met bruinkoolinschakelingen.

De gemiddelde stand van het freatisch grondwater bedraagt ± 29 m +NAP, waardoor het grondwater zich naar verwachting bevindt op ± 2 m -mv. Het water van het eerste watervoerend pakket stroomt volgens de isohypsenkaart van de Dienst Grondwaterverkenning van TNO, kaartblad 57 Oost, 58 West en Oost, 1974 (schaal 1:50.000), in zuidoostelijk richting. Er liggen geen pompstations in de directe buurt van de onderzoekslocatie die van invloed zouden kunnen zijn op de grondwaterstroming ter plaatse van de onderzoekslocatie.

Tabel I geeft een overzicht van enkele geohydrologische gegevens voor het gebied waarin de onderzoekslocatie zich bevindt.

Tabel I. Overzicht geohydrologische gegevens

Grondwatertrap	GHG	GLG	Kwel/Infiltratiegebied
grondwatertrap VI	0,4 - 0,8	>1,2 m -mv	infiltratie
GHG: gemiddeld hoogste grondwaterstand GLG: gemiddeld laagste grondwaterstand			

Bron: de bodemkaart van Nederland, kaartblad 57 Oost, 1963 (schaal 1:50.000).

De onderzoekslocatie ligt niet in een grondwaterbeschermings- en/of grondwaterwingebied.

3. VELDWERK

3.1 Algemeen

Het veldwerk is uitgevoerd op 28 februari 2011, 2 en 9 maart 2011. Met behulp van een edelmanboor (diameter 7 cm) zijn in totaal 8 boringen geplaatst. De boringen zijn tot maximaal 3,0 m -mv doorgezet teneinde een duidelijk beeld van de bodemopbouw te verkrijgen. Na het verrichten van de boringen zijn bij 4 boringen de in-situ doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. Na afloop van de werkzaamheden is het grondwaterniveau in de boorgaten peilbuizen gemeten.

Op de locatieschets in bijlage 2 is de situering van de meetpunten aangegeven. Van het opgeboorde materiaal is een boorbeschrijving conform de NEN 5104 gemaakt (zie bijlage 3).

3.2 Lokale bodemopbouw en grondwaterniveau

De bodem bestaat voornamelijk uit zwak tot matig siltig, zeer fijn zand. De bovengrond is bovendien zwak humeus. De ondergrond is plaatselijk zwak tot matig gley- en leemhoudend. In de ondergrond komt plaatselijk tevens een sterk zandige leemlaag voor en is bovendien zwak tot matig leemhoudend.

Tabel II geeft een overzicht van de grondwaterstanden die op 2 maart 2011 zijn waargenomen. Tevens is de gemiddeld hoogste grondwaterstand geschat op basis van het voorkomen van gleyverschijnselen.

Tabel II. Overzicht grondwaterstanden

Boring	Boordiepte (m -mv)	Grondwaterstand (m -mv)	Gemiddelde hoogste Grondwaterstand (GHG)
1	2,5	0,5	0,5 (*A)
2	2,7	0,9	1,0 (*A)
3	2,5	0,6	0,5 (*A)
4	3,0	0,05	0,5 (*A)
5	2,0	0,45	1,0 (*A)
6	2,0	0,2	0,5 (*A)
7	2,5	0,9	0,5 (*A)
8	2,5	1,5	1,3 (*A)

(*A) Op basis van waargenomen gleyverschijnselen.

3.3 Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven

De doorlatendheid (k-waarde) van de onverzadigde zone is bepaald met behulp van de constant-head permeameter. Hierbij is, mits de doorlatendheid van de bodem zich binnen het meetbereik bevindt (<10,0 m/dag), middels een overdruksysteem een constant waterniveau gerealiseerd in het boorgat. Na verzadiging van de desbetreffende bodemlaag is het debiet gemeten, welke benodigd is om het waterniveau constant te houden.

Voor het bepalen van de doorlatendheid onder grondwatervniveau (freatisch vlak) is de rising-head methode (Hooghoudt) toegepast. Hierbij is een gat tot circa 0,5 m onder het grondwatervniveau geboord. Vervolgens is het water uit het boorgat onttrokken, waarna de snelheid waarmee het water in het boorgat stijgt, gemeten. Beide methoden zijn nader toegelicht in bijlage 4.

In tabel III is een classificatie van de doorlatendheid opgenomen.

Tabel III. Classificatie doorlatendheid

K-waarde (m/dag)	Classificatie (*A)
< 0,01	zeer slecht doorlatend
0,01-0,1	slecht doorlatend
0,1-0,5	matig doorlatend
0,5-1,0	vrij goed doorlatend
1,0-10	goed doorlatend
> 10	zeer goed doorlatend

(*A) Classificatie k-waarde (m/d) (bron: Cultuurtechnisch Vademecum, 2000)

3.4 Uitvoering in-situ doorlatendheidsmetingen

De doorlatendheidsmeting is in een homogene bodemlaag uitgevoerd. Voorafgaand aan elke doorlatendheidsmeting is een referentieboring geplaatst om inzicht te verkrijgen in de bodemopbouw ter plaatse. Op basis van de profielbeschrijving is de te onderzoeken bodemlaag vastgesteld. Vervolgens is in de directe nabijheid van de referentieboring, per meting, een nieuwe boring verricht tot in de te onderzoeken homogene bodemlaag. Van de onderzochte bodemlagen zijn tevens monsters genomen.

Bij de keuze van de te onderzoeken bodemlaag is rekening gehouden met de doelstelling van het onderzoek.

In tabel IV zijn de uitgevoerde werkzaamheden weergegeven.

Tabel IV. Overzicht uitgevoerde werkzaamheden

Boringen	Diepte boring	Doorlatendheidsmetingen
1	2,5	-
2	2,7	-
3	2,5	-
4	3,0	verzadigde zone (*B)
5	2,0	verzadigde zone (*B)
6	2,0	-
7	2,5	verzadigde zone (*B)
8	2,5	onverzadigde zone (*A)
(*A) De k-waarde is bepaald met behulp van de constant-head permeameter.		
(*B) De k-waarde is bepaald met behulp van de Hooghoudt methode (rising-head).		

4. RESULTATEN EN BEOORDELING

4.1 Onderzoeksresultaten doorlatendheidsmetingen

Tabel V geeft een overzicht van de bodemlaag waarin een in-situ doorlatendheidsmeting is uitgevoerd en de resultaten van de berekende k-waarden. Tevens is de doorlatendheid van de bodem per boring en traject beoordeeld conform de classificatie uit tabel III. In de boorprofielen is de k-waarde weergegeven (zie bijlage 3). Bijlage 5 bevat de berekening van de k-waarden.

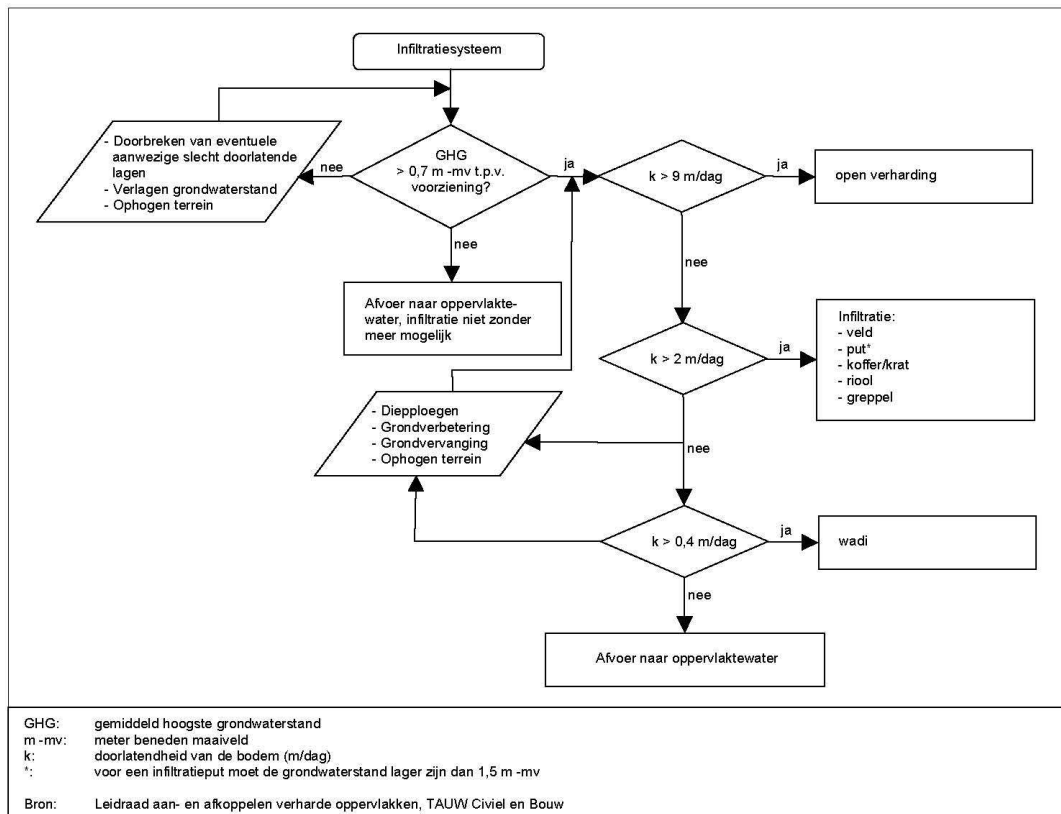
Tabel V. Overzicht k-waarde per onderzochte bodemlaag

Boring	Onderzochte bodemlaag (m -mv) (*A)	Zone	Bodemsamenstelling	Opmerkingen	K-waarde (m/dag)	Beoordeling
4	0,5-1,0	onverzadigd	matig siltig, zeer fijn zand	-	0,15	slecht doorlatend
5	1,5-2,0	verzadigd	matig siltig, zeer fijn zand	brokken leem	0,07	slecht doorlatend
7	2,0-2,5	verzadigd	matig siltig, zeer fijn zand	zwak gleyhoudend	<0,01	zeer slecht doorlatend(*B)
8	0,73-1,07	onverzadigd	zwak tot matig siltig, zeer fijn zand	-	<0,01	zeer slecht doorlatend(*C)
(*A) Het betreft een homogene bodemlaag op basis van de textuur. Plaatselijk kunnen kleurnuances voorkomen. (*B) Met zowel de constand-head permeameter als met de Hooghoudt methode is geen k-waarde bepaald kunnen worden. (*C) Na verzadiging van de te onderzoeken bodemlaag vond geen infiltratie plaats.						

Aanvullende analyses, zoals de bepaling van het lutum- en organische stofgehalte en de korrelgrootteverdeling, kunnen nodig zijn indien het meetresultaat afwijkt van de, op basis van de textuur en consistentie van de bodem, verwachte doorlatendheid. De meetresultaten gaven echter geen aanleiding aanvullende analyses uit te voeren ter onderbouwing van het meetresultaat.

4.2 Beoordeling infiltratiemogelijkheden

Volgens het advies Waterbeheer voor de 21^e eeuw wordt de voorkeursvolgorde "vasthouden, bergen, afvoeren" aangehouden. In figuur 1 is schematisch de afweging tussen het wel of niet infiltreren in de bodem en de keuze van een bepaalde infiltratietechniek (op basis van de actuele grondwaterstand en de doorlatendheid van de bodem) weergegeven. Het betreft hier een algemene kwantitatieve beslismethodiek. Iedere situatie dient afzonderlijk te worden beoordeeld op basis van locatiespecifieke kenmerken.



Figuur 1. Beslismethodiek infiltratietechniek

De haalbaarheid van hemelwaterinfiltratie is afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem. Econ-sultancy acht bodemlagen met een minimale doorlatendheid van 1,0 m/dag geschikt voor infiltratie van hemelwater. Hiermee wordt rekening gehouden met factoren die de doorlatendheid negatief kunnen beïnvloeden. Bodemlagen met lagere doorlatendheden worden als niet of minder geschikt geacht voor hemelwaterinfiltratie.

Op basis van de onderzoeksresultaten en de actuele grondwaterstand kan worden gesteld de onder-zochte bodemlagen niet geschikt zijn voor de infiltratie van hemelwater. Wellicht behoort de realisatie van een bergingsvoorziening tot de mogelijkheden (met een geleidelijke afvoer naar oppervlaktewa-ter). Bij het maken van de eventuele keuze voor een bergingsvoorziening (dimensionering) is het te-vens van belang rekening te houden de hoeveelheid te bergen hemelwater, afkomstig van het toe-komstig verhard oppervlak.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Econsultancy heeft in opdracht van Tonnaer Adviseurs in Omgevingsrecht een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd op het bedrijventerrein Moesdijk gelegen aan de Moesdijk te Weert in de gemeente Weert.

Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het duurzaam waterbeheer ten aanzien van de voorgenomen (her)ontwikkeling van de onderzoekslocatie.

Doel van het onderzoek is het bepalen van enkele geohydrologische parameters, waaronder de waterdoorlatendheid (k-waarde van de bodem), teneinde de mogelijkheden voor hemelwaterinfiltratie te kunnen bepalen. Het onderzoek heeft een oriënterend karakter, waarbij verschillende bodemlagen zijn onderzocht.

Bodemopbouw en grondwater

De bodem bestaat voornamelijk uit zwak tot matig siltig, zeer fijn zand. De bovengrond is bovendien zwak humeus. De ondergrond is plaatselijk zwak tot matig gley- en leemhoudend. In de ondergrond komt plaatselijk tevens een sterk zandige leemlaag voor en is bovendien zwak tot matig leemhoudend. Het grondwatervniveau varieert van tussen de 0,05 tot 1,5 m -mv.

Doorlatendheid

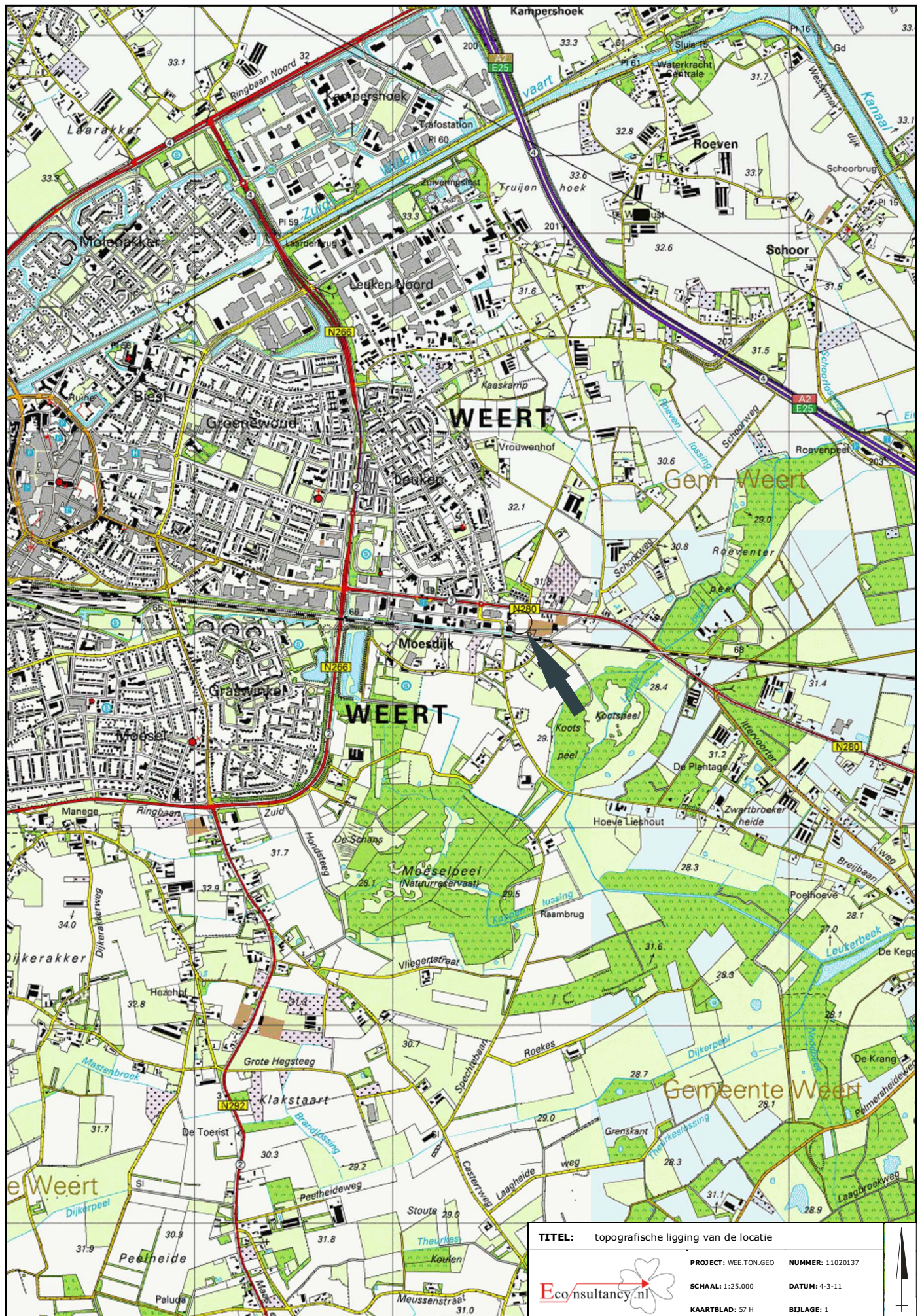
Ter plaatse van de onderzoekslocatie zijn 4 in-situ doorlatendheidsmetingen in een aantal onverzadigde bodemlagen uitgevoerd. Het onderzoek heeft een oriënterend karakter, waarbij verschillende bodemlagen zijn onderzocht. De doorlatendheid van de bodem wordt over het algemeen geclassificeerd als zeer slecht tot slecht doorlatend, waarbij k-waarden van $< 0,01$ en $0,15$ m/dag zijn aangetoond.

Advies infiltratiemogelijkheden

De haalbaarheid van hemelwaterinfiltratie is afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem. Econsultancy acht bodemlagen met een minimale doorlatendheid van $1,0$ m/dag geschikt voor infiltratie van hemelwater. Hiermee wordt rekening gehouden met factoren die de doorlatendheid negatief kunnen beïnvloeden. Bodemlagen met lagere doorlatendheden worden als niet of minder geschikt geacht voor hemelwaterinfiltratie.

Op basis van de onderzoeksresultaten en de actuele grondwaterstand kan worden gesteld dat de onderzochte bodemlagen niet geschikt zijn voor de infiltratie van hemelwater. Wellicht behoort de realisatie van een bergingsvoorziening tot de mogelijkheden (met een geleidelijke afvoer naar oppervlaktewater).

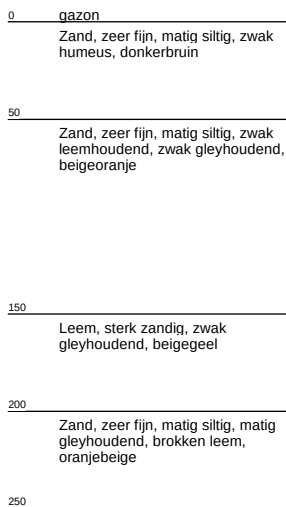
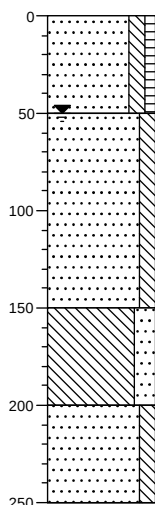
Bij het maken van de keuze voor het type bergingsvoorziening(en) is het tevens van belang rekening te houden met het actuele grondwatervniveau en het gemiddeld hoogste grondwatervniveau. Uiteraard is de hoeveelheid te bergen hemelwater, afkomstig van het toekomstig verhard oppervlak, eveneens bepalend voor de dimensionering. Econsultancy adviseert om de keuze voor de omgang met het hemelwater af te stemmen met de gemeente Weert en het Waterschap Peel en Maasvallei.



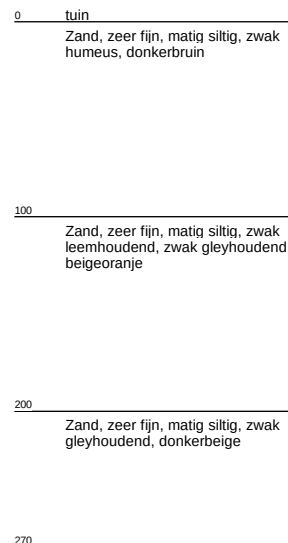
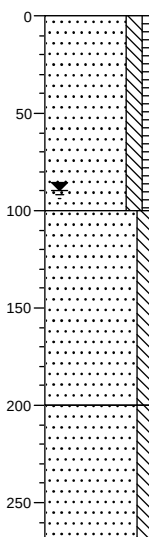


Bijlage 3 Boorprofielen

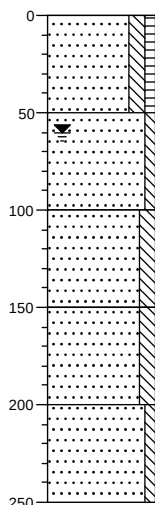
Boring: 1



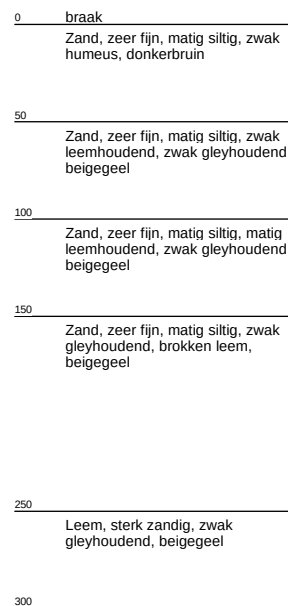
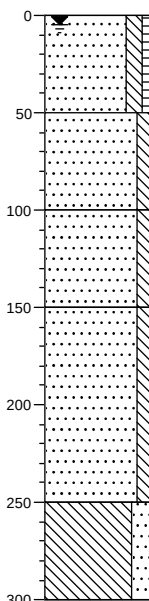
Boring: 2



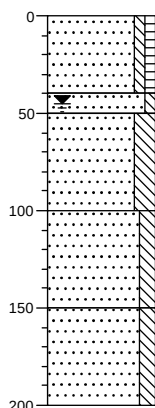
Boring: 3



Boring: 4



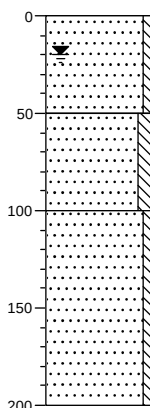
Boring: 5



$k = 0,07$

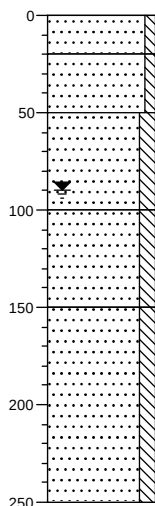
0	braak
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, zwak humeus, donkerbruin
40	
50	Zand, zeer fijn, zwak siltig, beigebruin
	Zand, zeer fijn, sterk siltig, zwak leemhoudend, beige grijs
100	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak leemhoudend, zwak gleyhoudend, beigegeel
150	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak gleyhoudend, beigegeel
200	

Boring: 6



0	braak
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, lichtbruin
50	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, brokken leem, zwak gleyhoudend, neutraalbeige
100	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, zwak gleyhoudend, beigegeel
200	

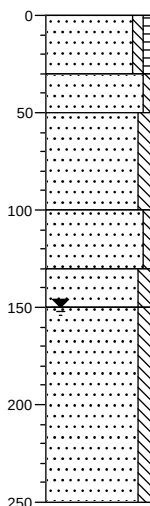
Boring: 7



$k = < 0,01$

0	braak
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, beigebruin
20	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, lichtbeige
50	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak leemhoudend, zwak gleyhoudend, beigeoranje
100	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, matig gleyhoudend, zwak leemhoudend, oranjebeige
150	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak gleyhoudend, beigeoranje
250	

Boring: 8



$k = < 0,01$

0	braak
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, zwak humeus, donkerbruin
30	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, lichtbeige
50	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, neutraalbeige
100	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, neutraalbeige
130	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, matig gleyhoudend, oranjebeige
150	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak gleyhoudend, beigeoranje
250	

Legenda (conform NEN 5104)

grind

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

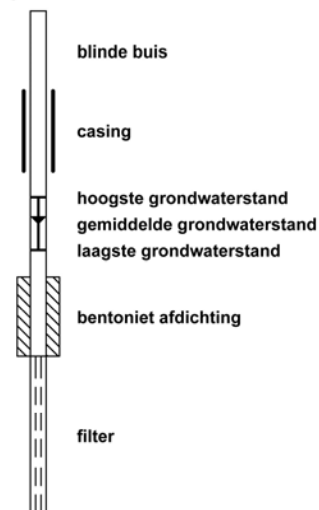
zand

	Zand, kleiïg
	Zand, zwak siltig
	Zand, matig siltig
	Zand, sterk siltig
	Zand, uiterst siltig

veen

	Veen, mineraalarm
	Veen, zwak kleiïg
	Veen, sterk kleiïg
	Veen, zwak zandig
	Veen, sterk zandig

peilbuis



klei

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

leem

	Leem, zwak zandig
	Leem, sterk zandig

overige toevoegingen

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

geur

	geen geur
	zwakke geur
	matige geur
	sterke geur
	uiterste geur

olie

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

p.i.d.-waarde

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

monsters

	geroerd monster
	ongeroerd monster

overig

	bijzonder bestanddeel
	Gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand (tijdens veldwerk)
	Gemiddeld laagste grondwaterstand

	slib
	water

Bijlage 4 Methodiekomschrijving

Methodiek constant-head permeameter

De k-waarde wordt bepaald met behulp van de constant-head permeameter. Hierbij wordt met behulp van een overdruksysteem een constant waterniveau gerealiseerd in het boorgat. Na verzadiging van de betreffende bodemlaag wordt het debiet gemeten, welke benodigd is om het waterniveau constant te houden. Het betreft hier uitsluitend in-situ proeven in de onverzadigde zone.

Hierna kan er met behulp van de "Glover Solution" de k-waarde van de desbetreffende bodemlaag berekend worden. Indien er geen slecht, of niet doorlaatbare bodemlagen, aanwezig zijn binnen een afstand van 2 x de waterkolom (H) in het boorgat, dan kan met behulp van de "Glover Solution", welke hieronder in formulevorm is weergegeven, de k-waarde berekend worden:

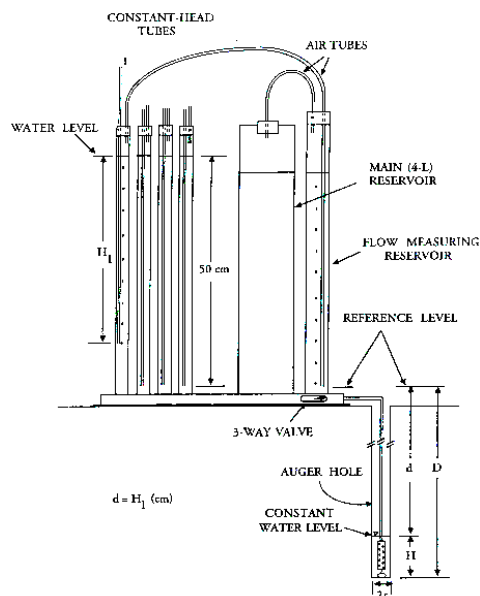
$$K_{sat} = \frac{\left(\operatorname{hypsin}^{-1} \frac{H}{r} \right) - \left(\sqrt{\left(\frac{r}{H} \right)^2 + 1} \right) + \left(\frac{r}{H} \right)}{2\pi * H^2} * Q$$

De parameters H en r zijn in figuur 1 schematisch weergegeven.

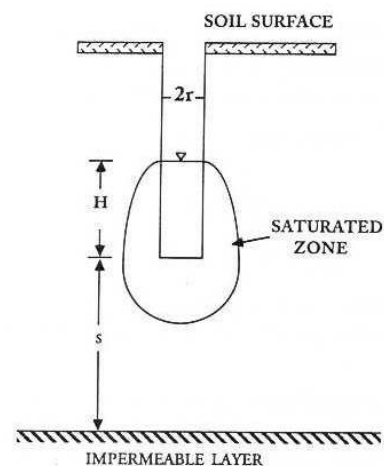
Indien er wél slecht, of niet doorlaatbare bodemlagen, aanwezig zijn binnen een afstand van 2 x de waterkolom (H) in het boorgat, dan kan met behulp van de "Glover Solution" welke hieronder in formulevorm is weergegeven de k-waarde berekend worden:

$$K_{sat} = \frac{3 * \ln \frac{H}{r}}{\pi * H * ((3 * H) + (2 * s))} * Q$$

De parameters H en r zijn in figuur 1 weergegeven en de parameter s is in figuur 2 schematisch weergegeven.



Figuur 1.



Figuur 2.

Methodiek rising head

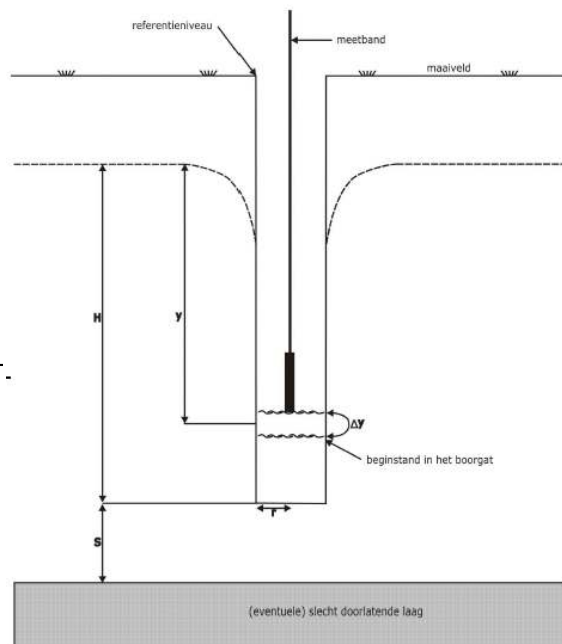
Voor het bepalen van de doorlatendheid onder grondwatervniveau (freatisch vlak) is de rising-head methode (Hooghoudt) toegepast. Hierbij is een gat tot circa 0,5 m onder het grondwatervniveau geboord. Vervolgens is het water uit het boorgat onttrokken, waarna de snelheid waarmee het water in het boorgat stijgt wordt gemeten. Met behulp van de meetresultaten is middels de onderstaande formule een k-waarde berekend.

$$K_{\text{sat}} = \frac{4.000 \, r^2}{(H + 20r) (2 - y/H) y} \times \frac{\Delta y}{\Delta t}$$

De meting dient te voldoen aan de volgende voorwaarden:

- r: tussen 3 en 7 cm
- y/H: tussen 0,2 en 1 cm
- Δy : $< \frac{1}{4} y$

S = diepte van een eventuele ondoorlatende laag in cm beneden het boorgat ($s > 0,5 H$).



Figuur IV.

**Hooghoudtmethode
(verzadigde zone)**

Bijlage 5 Meetresultaten

Projectnummer: 11020137
Projectnaam: WEE.TON.GEO

Boring: 5
Traject: 1,5-2,0



Diepte boring (D)	160	cm
Grondwaterniveau (GWS)	50	cm
Diepte boring -GWS (H)	110	cm
Beginstand na onttrekking (t0)	159	cm (beginstand)
Eindstand na onttrekking (t1)	147	cm
Gem. verlaging GWS in boorgat (y)	103,0	cm tov oorspronkelijk GWS/casing
Radiusboorgat (straal)	3,15	cm
kwadraat straal	9,9225	

Berekening:	Sessie 1	Sessie 2
T0	0	0
y0	159	160
T1	300	300
y1	147	152,5
Δt: 300	300	
Δy: 12,0	7,5	

$$K_{sat} = \frac{4.000 r^2 (A)}{(H + 20r) (2 - y/H)} \times \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad (C)$$

A 39690 39690
B 18952,9 18952,9
(A/B) = C 2,09 2,09

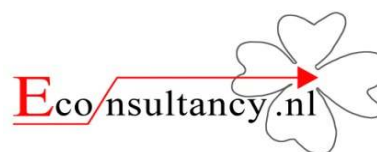
Ksat S1= 0,08 m/dag
Ksat S2= 0,05 m/dag
(gemiddelde) K = 0,07 m/dag

tijd [sec]	stijging GWS	Δy
0	159,5	
10	158,5	1,0
20	157,5	1,0
30	156,5	1,0
40	156,0	0,5
50	155,5	0,5
60	155,0	0,5
70	154,5	0,5
80	154,0	0,5
90	153,5	0,5
100	153,0	0,5
110	153,0	0,0
120	152,5	0,5
130	152,0	0,5
140	151,5	0,5
150	151,0	0,5
160	150,5	0,5
170	150,5	0,0
180	150,0	0,5
190	150,0	0,0
200	149,5	0,5
210	149,5	0,0
220	149,0	0,5
230	149,0	0,0
240	148,5	0,5
250	148,5	0,0
260	148,0	0,5
270	148,0	0,0
280	147,5	0,5
290	147,5	0,0
300	147,0	0,5
		Δy 0,4

tijd [sec]	stijging GWS	Δy
0	160,0	
10	160,0	0,0
20	159,5	0,5
30	159,0	0,5
40	158,5	0,5
50	158,5	0,0
60	158,0	0,5
70	158,0	0,0
80	157,5	0,5
90	157,5	0,0
100	157,0	0,5
110	157,0	0,0
120	156,5	0,5
130	156,5	0,0
140	156,0	0,5
150	156,0	0,0
160	156,0	0,0
170	156,0	0,0
180	155,5	0,5
190	155,5	0,0
200	155,0	0,5
210	155,0	0,0
220	155,0	0,0
230	154,5	0,5
240	154,5	0,0
250	154,0	0,5
260	153,5	0,5
270	153,5	0,0
280	153,5	0,0
290	153,0	0,5
300	152,5	0,5
		Δy 0,3

Projectnummer: 11020137
Projectnaam: WEE.TON.GEO

Boring: 4
Traject: 1,0-1,5



Diepte boring (D)	230	cm
Grondwaterniveau (GWS)	100	cm
Diepte boring -GWS (H)	130	cm
Beginstand na onttrekking (t0)	132	cm (beginstand)
Eindstand na onttrekking (t1)	124	cm
Gem. verlaging GWS in boorgat (y)	28,0	cm tov oorspronkelijk GWS/casing
Radiusboorgat (straal)	3,15	cm
kwadraat straal	9,9225	

Berekening:	Sessie 1	Sessie 2
T0	0	0
y0	132	131
T1	180	230
y1	124	124
Δt: 180	230	
Δy: 8,0	7,0	

$$K_{sat} = \frac{4.000 r^2 (A)}{(H + 20r) (2 - y/H)} \times \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad (C)$$

A 39690 39690
B 9644,1 9644,1
(A/B) = C 4,12 4,12

Ksat S1= 0,18 m/dag
Ksat S2= 0,13 m/dag
(gemiddelde) K = 0,15 m/dag

tijd [sec]	stijging GWS	Δy
0	132,0	
10	131,0	1,0
20	130,0	1,0
30	129,0	1,0
40	129,0	0,0
50	128,5	0,5
60	128,0	0,5
70	127,5	0,5
80	127,0	0,5
90	127,0	0,0
100	126,5	0,5
110	126,0	0,5
120	126,0	0,0
130	125,5	0,5
140	125,0	0,5
150	124,5	0,5
160	124,5	0,0
170	124,5	0,0
180	124,0	0,5
190	124,0	0,0
200	123,5	0,5
210	123,5	0,0
220	123,5	0,0
230	123,0	0,5
240	123,0	0,0
250	122,5	0,5
260	122,5	0,0
270	122,2	0,3
280	122,0	0,2
290	121,7	0,2
300	121,5	0,2
		Δy 0,3

tijd [sec]	stijging GWS	Δy
0	131,0	
10	130,0	1,0
20	129,5	0,5
30	129,0	0,5
40	128,5	0,5
50	128,0	0,5
60	128,5	-0,5
70	128,0	0,5
80	128,0	0,0
90	128,0	0,0
100	127,5	0,5
110	127,5	0,0
120	127,5	0,0
130	127,0	0,5
140	127,0	0,0
150	126,5	0,5
160	126,5	0,0
170	126,0	0,5
180	126,0	0,0
190	125,5	0,5
200	125,5	0,0
210	125,0	0,5
220	125,0	0,0
230	124,0	1,0
240	124,0	0,0
250	123,5	0,5
260	123,5	0,0
270	123,5	0,0
280	123,0	0,5
290	123,0	0,0
300	122,5	0,5
		Δy 0,3

Bijlage 5 Berekende k-waarden

Tabel I. Resultaten Boring 8

Boring 8	laag 1		Boring 8	laag 1	
laagbegin [cm -mv]	73		laagbegin [cm -mv]	73	
laageinde [cm -mv]	107		laageinde [cm -mv]	107	
Q [cm3/cm]	105		Q [cm3/cm]	105	
H [cm]	27		H [cm]	35	
r [cm]	3,5		r [cm]	3,5	
D [cm -mv]	105		D [cm -mv]	80	
	metingen			metingen	
	hoogte	t (s)		hoogte	t (s)
meting 0 t = 0 [cm]	41,0	0 -	meting 0 t = 0 [cm]	38,0	0 -
meting 1 t = 1 [cm]	40,6	30	meting 1 t = 1 [cm]	37,7	30
meting 2 t = 2 [cm]	40,2	60	meting 2 t = 2 [cm]	37,5	60
meting 3 t = 3 [cm]	40,0	90	meting 3 t = 3 [cm]	37,4	90
meting 4 t = 4 [cm]	40,0	120	meting 4 t = 4 [cm]	37,3	120
meting 5 t = 5 [cm]	40,0	150	meting 5 t = 5 [cm]	37,3	150
meting 6 t = 6 [cm]	40,0	180	meting 6 t = 6 [cm]	37,3	180
meting 7 t = 7 [cm]	40,0	210	meting 7 t = 7 [cm]	37,3	210
			meting 8 t = 8 [cm]	37,2	240
			meting 9 t = 9 [cm]	37,2	270
			meting 10 t = 10 [cm]	37,2	300
gemiddelde k-waarde (m/dag)	0,0		gemiddelde k-waarde (m/dag)	0,0	