



GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK

Stokmansveldweg 1 in Rijssen



TITELBLAD

Opdrachtgever: BJZ.NU B.V.
Dr. van Deenweg 13
8025 BP Zwolle

Rapportnummer: 211075/R01

Status rapport: Definitief

Datum: 3 oktober 2019

Projectomschrijving: Geohydrologisch onderzoek
Stokmansveldweg 1 in Rijssen

Rapport opgesteld door: Ortageo Noordoost B.V.
Einsteinstraat 12a
7601 PR Almelo
Tel: +31 546 53 20 74
E-mail: info@ortageo.nl



INHOUDSOPGAVE

1 Inleiding1

2 Basisinformatie2

 2.1 Bronnen.....2

 2.2 Algemene gegevens.....2

 2.3 Bodemopbouw en geohydrologie3

 2.4 Grondwater.....4

3 Veldonderzoek6

4 Interpretatie resultaten7

5 Conclusies.....8

Bijlagen:

- 1) Situatietekening met locaties grondboringen en doorlatendheidsmetingen
- 2) Boorprofielbeschrijving
- 3) Toelichting methodiek in situ doorlatendheidsmetingen
- 4) Foto's onderzoekslocatie

	Naam	Paraaf	Datum
Auteur rapport	ing. W. Teunis		3-10-2019
Kwaliteitscontrole	ing. W.J. Haan		3-10-2019



1 INLEIDING

In opdracht van BJZ.NU B.V. is door Ortageo Noordoost B.V. een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd op de locatie Stokmansveldweg 1 in Rijssen (gemeente Rijssen-Holten).

Aanleiding voor het geohydrologisch onderzoek is de geplande nieuwbouw van woningen op de locatie. Volgens het huidige beleid dient hemelwater dat valt op toekomstig verhard (dak)oppervlak, bij voorkeur in de bodem geïnfiltreerd te worden.

Het doel van het geohydrologisch onderzoek is om door het bepalen van de bodemopbouw en doorlatendheid van de (onverzadigde) bodem vast te stellen of de bodem geschikt is voor het infiltreren van hemelwater.

In dit rapport wordt het geohydrologisch onderzoek gepresenteerd. De basisinformatie is beschreven in hoofdstuk 2. Daarna volgt in hoofdstuk 3 een beschrijving van de uitgevoerde werkzaamheden en in hoofdstuk 4 de resultaten van het onderzoek. Het rapport wordt besloten met een samenvatting en conclusie.

2 BASISINFORMATIE

2.1 Bronnen

Het geohydrologisch onderzoek is gebaseerd op de volgende bronnen:

Websites

- [1] Google maps.
- [2] DINO-loket (website met geowetenschappelijke gegevens van Nederland).
- [3] Actuele Hoogtekaart Nederland (www.ahn.nl).

Documenten

- [4] Leidraad Riolering, module C2510 "Doorlatendheidsonderzoek voor infiltratie en drainage", februari 2011, Stichting Rioned.
- [5] Tekening "herontwikkeling sportcomplex te Rijssen", kenmerk 17-028 C1-101 d.d. 27 februari 2017, Devri infra
- [6] Overig
- [7] Offerteaanvraag per mail van BJZ.NU en aanvullende informatie (o.a. informatie en tekeningen over herinrichting) en overleg met per mail Devri infra en BJZ.NU.
- [8] Arc Gis (Esri Nederland)

2.2 Algemene gegevens

De projectlocatie betreft het 'RV-terrein' gelegen aan de Stokmansveldweg 1 te Rijssen. Op dit perceel is de sportaccommodatie van voetbalvereniging 'Rijssen - Vooruit' gelegen. In tabel 1 zijn nadere gegevens van het projectgebied aangegeven.

Tabel 1: Gegevens projectgebied

Onderdeel	bron
Ligging projectlocatie : Stokmansveldweg 1 in Rijssen.	[1]
Totale oppervlakte : Circa 14.000 m².	[1]
Hoogte maaiveld : Variërend tussen circa +9,10 tot +9,50 mNAP.	[1]
Verwachte grondwaterstand : Variërend tussen circa 1,0 en 2,0 m –mv.	[2]

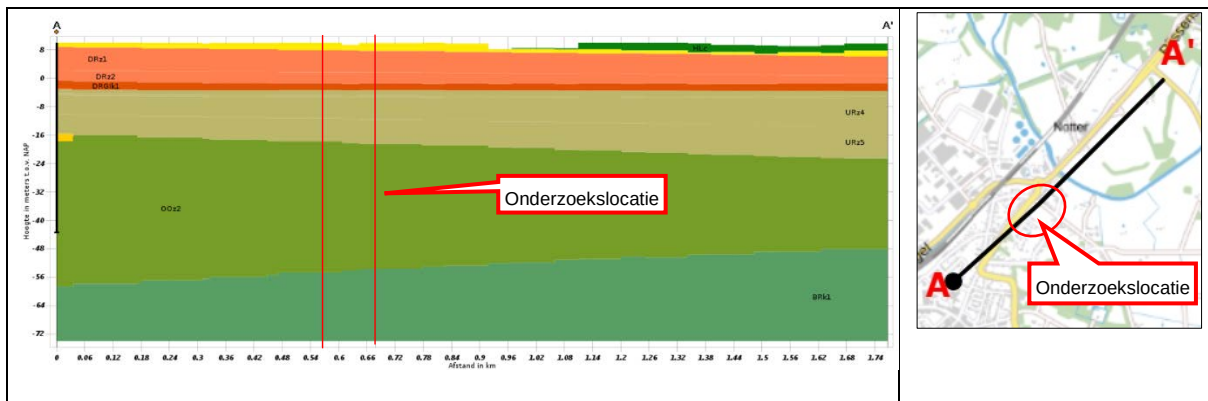
In figuur 1 is een luchtfoto van de onderzoekslocatie weergegeven. Het plan voorziet in het realiseren van 21 woningen, in de vorm van elf vrijstaande en tien twee-onder-een kapwoningen. De woningen zijn levensloopbestendig en daardoor geschikt voor meerdere doelgroepen. Zo kunnen de woningen bijvoorbeeld eenvoudig geschikt worden gemaakt voor bewoning door senioren huishoudens.



Figuur 1: Situatietekening Rijssen vooruit terrein (bron [1])

2.3 Bodemopbouw en geohydrologie

De regionale geohydrologische bodemopbouw in de omgeving van de onderzoekslocatie is weergegeven in figuur 2 (bron [1c]). De geografische ligging van de doorsnede is rechts weergegeven.



Figuur 2: regionale geohydrologische bodemopbouw (bron [1c])

In figuur 3 zijn de lithologie en geohydrologische eenheden weergegeven.

	<i>Globale diepte</i>	<i>Lithologie</i>	<i>Geologische formatie</i>	<i>Geohydrologische eenheid</i>	<i>C-waarde</i>	<i>Horizontale doorlatendheid</i>
0	0 – 1,5	Midden en fijn zand	Boxtel	1ste watervoerend pakket	Geen waarde	$1 < k < 5$
5	1,5 – 8	grof en midden zand	Drente	1ste watervoerend pakket	Geen waarde	$10 < k < 25$
10	8 – 11	grof en midden zand	Drente	1ste watervoerend pakket	Geen waarde	$25 < k < 50$
15	11 – 13	(zandige) klei	Drente	1ste scheidende laag	$100 < C < 500$	Geen waarde
20	13 – 28	Midden en grof zand	Urk	2de watervoerend pakket	Geen waarde	$50 < k < 100$
25						
30	28 - 30	Midden en fijn zand	Oosterhout	2de watervoerend pakket	Geen waarde	$5 < k < 10$

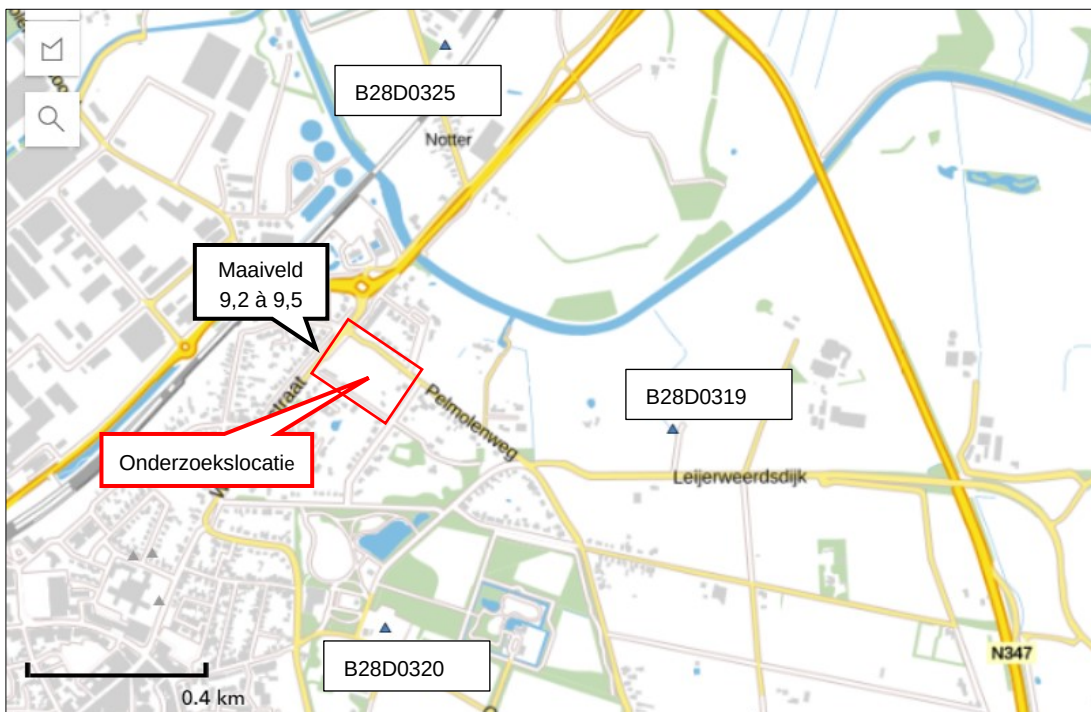
Figuur 3: regionale geohydrologische bodemopbouw gebaseerd op REGIS II.1 (bron [1c])

2.4 Grondwater

Op basis van het dinoloket blijkt dat in de omgeving van de onderzoekslocatie monitoringspeilbuizen van TNO aanwezig zijn, waarin de grondwaterstanden gedurende langere tijd zijn gemeten. In onderstaande tabel zijn nadere gegevens van de meest representatieve peilbuizen weergegeven.

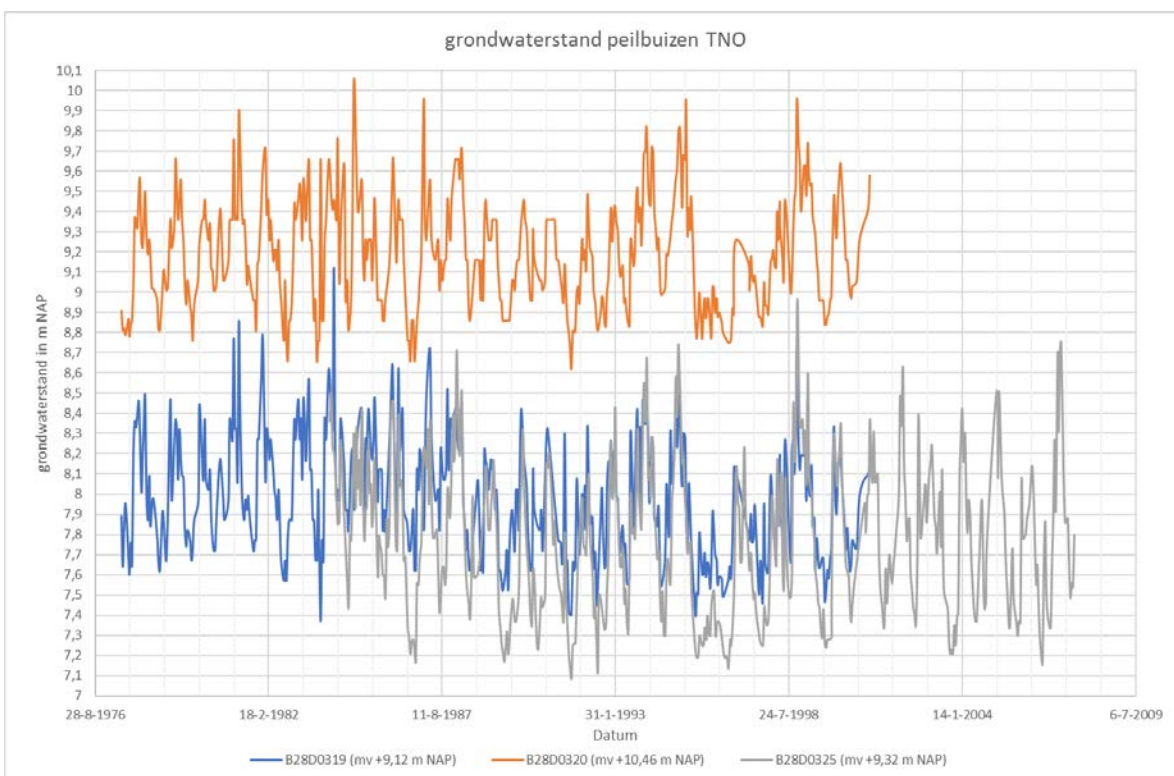
Tabel 2: Gegevens monitoringspeilbuizen TNO

Peilbuis	Hoogte maaiveld (m NAP)	Filterstelling (m NAP)	Positie t.o.v. Onderzoekslocatie	Meetperiode	Aantal metingen
B28D0319	+ 9,12	+5,62 tot +5,12	600 m O	28-06-197 tot 15-02-2011	461
B28D0320	+10,46	+6,16 tot +5,66	460 m Z	28-06-197 tot 15-02-2011	464
B28D0325	+9,32	+7,31 tot +6,23	625 m N	27-01-1984 tot 30-07-2004	493



Figuur 4: Locaties monitoringspeilbuizen (bron [1c en 1f])

In figuur 5 is de grafiek van de gemeten grondwaterstand van de peilbuizen van het dinoloket grafisch weergegeven.



Figuur 5: Grondwaterstand nabij gelegen peilbuizen (bron [2])

Op basis van de gemeten grondwaterstanden is een aanname gedaan voor de representatieve hoge grondwaterstand (RHG) en de representatieve lage waterstand (RLG) op de projectlocatie. De afgeleide RHG en RLG zijn in tabel 3 weergegeven.

Tabel 3: Afgeleide RHG en RLG uit gegevens monitoringspeilbuizen TNO (bron [4])

Peilbuis	Hoogte maaiveld (mNAP)	Filterstelling (mNAP)	Positie t.o.v. projectlocatie	RHG		RLG		Fluctuatie (m)
				(mNAP)	(m –mv)	(mNAP)	(m –mv)	
B28D0319	+ 9,12	+5,62 tot +5,12	600 m O	8,60	0,52	7,50	1,62	1,10
B28D0320	+10,46	+6,16 tot +5,66	460 m Z	9,75	0,71	8,70	1,76	1,05
B28D0325	+9,32	+7,31 tot +6,23	625 m N	8,50	0,82	7,25	2,07	1,25

Op basis van de gemeten grondwaterstanden blijkt dat de grondwaterstand tussen de noordelijk en oostelijk gelegen peilbuizen en de zuidelijk gelegen peilbuis behoorlijk verschilt (circa 1,25 à 1,45 m ten opzichte van NAP).

Op basis van de gemeten grondwaterstand in de nabij gelegen peilbuizen van de onderzoekslocatie is een aanname gedaan voor de representatieve hoge grondwaterstand (RHG) en de representatieve lage waterstand (RLG) voor de onderzoekslocatie, deze zijn in tabel 4 weergegeven.

Tabel 4: Aanname representatieve grondwaterstanden voor de onderzoekslocatie

Grondwaterstand	Waarde (m NAP)
RHG (mNAP)	+8,60
RLG (mNAP)	+7,30

In het algemeen ligt de natuurlijke grondwaterstand in het voorjaar (februari/maart) op het hoogste niveau (RHG) en in de nazomer (september/oktober) op het laagste niveau (RLG).

3 VELDONDERZOEK

De veldwerkzaamheden zijn uitgevoerd op 5 en 7 augustus 2019.

Handboringen

Inzicht in de bodemopbouw en in de mate van heterogeniteit hiervan is verkregen door het uitvoeren van boringen. Bij elke boring is aan de hand van de opgeboorde grond een gedetailleerde boorbeschrijving conform NEN 5104 gemaakt, waarbij naast de samenstelling en korrelgrootte (textuur) van de opgeboorde grond, is gelet op hydromorfe kenmerken (de zogenaamde gleyverschijnselen: roest en reductie). Deze kenmerken hangen samen met de historische waterhuishouding. Op basis van de hydromorfe kenmerken kan een uitspraak worden gedaan over de in het verleden opgetreden grondwaterstandsfluctuatie, de gemiddeld laagste (GLG) en hoogste grondwaterstand (GHG), op de locatie.

Doorlatendheidsmetingen

Op basis van de bodemopbouw zijn er verspreid over de locatie zeven posities gekozen voor het uitvoeren van een infiltratieproef. Afhankelijk van de grondwaterstand en bodemopbouw kan dit boven en/of onder de grondwaterspiegel zijn. Inzicht in de waterdoorlatendheid (K-waarde) van de onverzadigde zone is verkregen via infiltratieproeven met behulp van de *omgekeerde boorgatproef (Hooghoudt-proef)*. Inzicht in de waterdoorlatendheid van de verzadigde zone (onder grondwaterniveau) is verkregen via infiltratieproeven middels de *falling head methode*. In bijlage 3 zijn de verschillende methoden nader toegelicht.

De locaties van de boringen en van de proeven zijn weergegeven op de situatietekening in bijlage 1. In bijlage 2 zijn de boorprofielen opgenomen en in bijlage 5 is een fotoreportage opgenomen. In tabel 6 is een samenvattend overzicht van het uitgevoerde veldonderzoek weergegeven.

Tabel 5: Overzicht veldonderzoek

Onderdeel	Aantal	Diepte (m –mv)
Boring zonder peilbuis	6	1,0 m- grondwaterstand
	3	4,0 m -mv
Boring met peilbuis	2	3,7 à 4,0 m-mv
Infiltratieproef	5	Onverzadigde zone
	2	Verzadigde zone



4 INTERPRETATIE RESULTATEN

Lokale bodemopbouw

De bovengrond bestaat grotendeels uit zeer tot matig fijne, matig siltige, zwak humeuze zandlaag. De ondergrond bestaat grotendeels uit matig fijn tot matig grof, zwak siltig zand. Plaatselijk is in de ondergrond een matig fijne, matig siltige zandlaag aanwezig.

Resultaten doorlatendheidsmetingen

De uit de infiltratieproeven afgeleide K-waarden zijn weergegeven in de volgende tabel.

Tabel 6: Overzicht afgeleide K-waarden

Onderzoekspunt	Diepte infiltratieproef (m –mv)	Bodemsamenstelling	K-waarde (m/dag)
Omgekeerde Hooghoudt			
A02	1,5	Zand, matig fijn, zwak siltig	1 à 2
A06	1,5	Zand, zeer fijn, zwak siltig	2 à 3
A07	1,5	Zand, zeer fijn, zwak siltig	1 à 2
A09	1,3	Zand, zeer fijn, zwak siltig	2 à 3
A11	1,3	Zand, matig fijn, zwak siltig	2 à 3
Falling head			
A12	3,0 – 4,0	Zand, matig grof, zwak siltig	3 à 4
A12	2,7 – 3,7	Zand, matig fijn, zwak siltig	2 à 3

Uit de afgeleide K-waarden blijkt geen grote heterogeniteit in doorlatendheid van de bodem. De doorlatendheid is echter sterk afhankelijk van de bodemsamenstelling (aantal, grootte en vorm van de poriën en de onderlinge verbindingen tussen de poriën). Aangezien een bodem altijd een bepaalde mate van heterogeniteit vertoont en slechts op een aantal punten een K-waarde is bepaald, hoeven de afgeleide K-waarden niet representatief te zijn voor de gehele onderzoekslocatie.

Interpretatie resultaten

De bovengrond van de locatie bestaat over het algemeen tot 0,6 à 0,9 m -mv matig tot zwak humeus (plaatselijk matig siltig) zand. Voor deze laag is geen doorlatendheid bepaald, omdat wordt verwacht dat deze laag ter plaatse van aan te leggen infiltratievoorzieningen wordt verwijderd.

Voor de zandlaag onder het humeuze zand is op basis van meerdere proeven de doorlatendheid afgeleid. Op basis van afgeleide doorlatendheid is voor de (onverzadigde) zone tussen circa 0,8 - 1,5 m –mv sprake is van een doorlatendheid van 1 à 3 m/dag, hetgeen een bevestiging is van de verwachting op basis van de waargenomen bodemopbouw. Dit betekent dat de bodem redelijk doorlatend is.

Voor de verzadigde zone zijn twee proeven uitgevoerd in het matig grof tot matige fijne zandlaag is een doorlatendheid van 2 à 4 m/dag afgeleid. Plaatselijk is op een diepte van circa 1,3 à 1,6 tot circa 2,1 m -mv een zeer fijne en matige siltige zandlaag aangetroffen, deze belemmert infiltratie c.q. afvoer van water naar het dieper gelegen grondwater.



5 CONCLUSIES

Op basis van het uitgevoerde geohydrologisch onderzoek wordt het volgende geconcludeerd:

- voor de onverzadigde zone tussen circa 0,8 - 1,5 m –mv is een doorlatendheid van 1 à 3 m/dag afgeleid;
- voor de verzadigde zone (matig grove tot matige fijne zandlaag) is een doorlatendheid van 2 à 4 m/dag afgeleid;
- plaatselijk is op een diepte van circa 1,3 à 1,6 tot 2,1 m -mv een zeer fijne en matig siltige zandlaag aangetroffen, deze belemmert infiltratie c.q. afvoer van water naar het dieper gelegen grondwater;
- de grondwaterstand (aangenomen RHG is circa +8,6 m NAP, 0,6 à 0,9 m-mv) biedt beperkte bergingsmogelijkheden. Indien de maaiveldhoogte voor ontwikkeling wordt aangepast kan dit wellicht voordelig uitpakken.



BIJLAGE 1

Situatietekening met onderzoekspunten



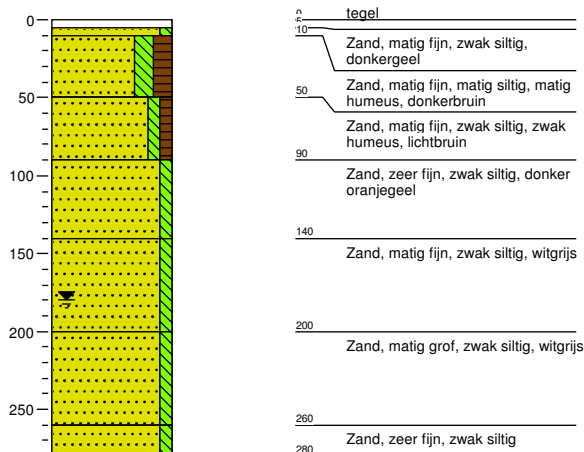


BIJLAGE 2

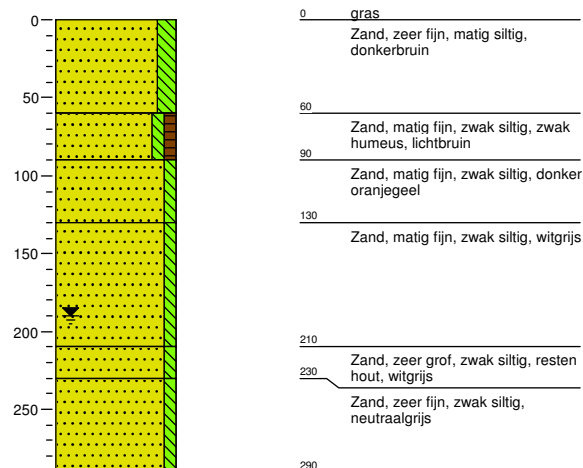
Bodemprofielbeschrijvingen

Meetpunt: A01

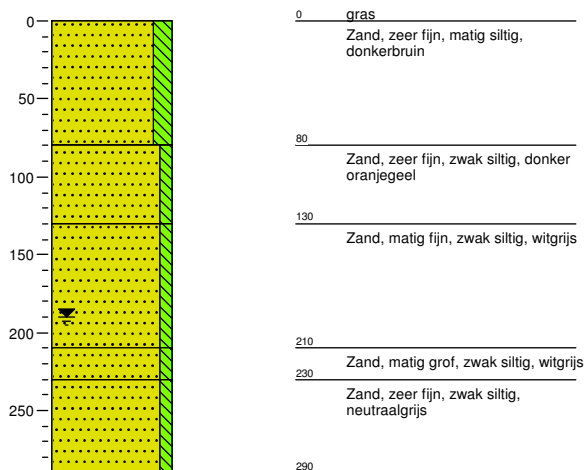
Datum meting: 05-08-2019
Veldwerker: Pim Bruggink
Peilen in cm t.o.v. referentievak

**Meetpunt: A02**

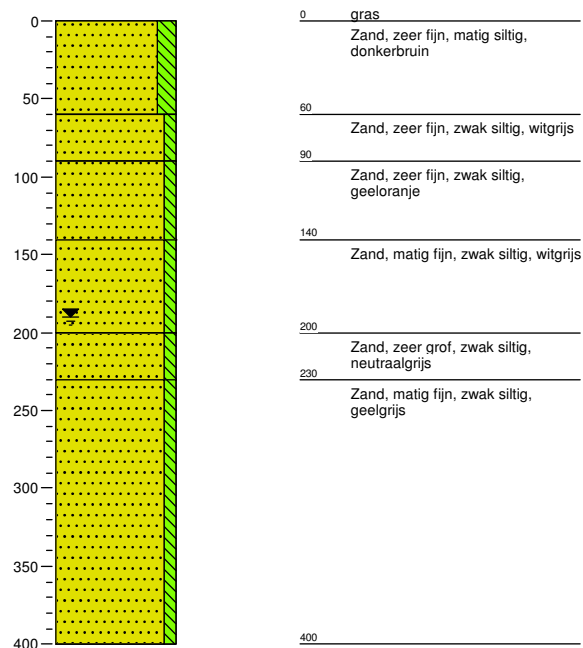
Datum meting: 05-08-2019
Veldwerker: Pim Bruggink
Peilen in cm t.o.v. referentievak

**Meetpunt: A03**

Datum meting: 05-08-2019
Veldwerker: Pim Bruggink
Peilen in cm t.o.v. referentievak

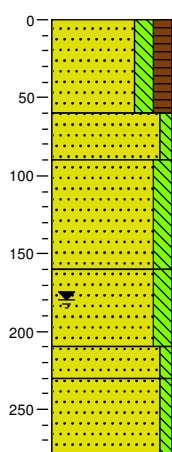
**Meetpunt: A04**

Datum meting: 05-08-2019
Veldwerker: Pim Bruggink
Peilen in cm t.o.v. referentievak



Meetpunt: A05

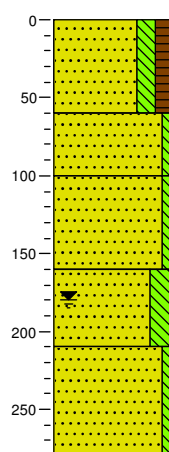
Datum meting: 05-08-2019
 Veldwerker: Pim Bruggink
 Peilen in cm t.o.v. referentievlaak



0	gras
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
60	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, witgeel
90	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, geeloranje
160	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, lichtgrijs
210	
	Zand, zeer grof, zwak siltig
230	
	Zand, matig fijn, zwak siltig, geelgrijs
280	

Meetpunt: A06

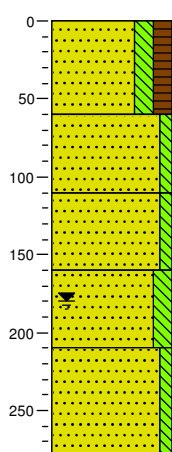
Datum meting: 05-08-2019
 Veldwerker: Pim Bruggink
 Peilen in cm t.o.v. referentievlaak



0	gras
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
60	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, geeloranje
100	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, grijswit
160	
	Zand, zeer fijn, sterk siltig, lichtgrijs
210	
	Zand, matig fijn, zwak siltig
280	

Meetpunt: A07

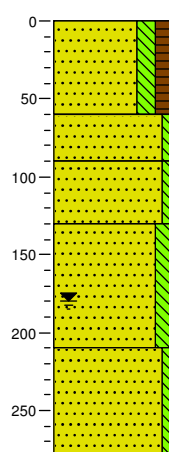
Datum meting: 05-08-2019
 Veldwerker: Pim Bruggink
 Peilen in cm t.o.v. referentievlaak



0	gras
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
60	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, geeloranje
110	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, grijswit
160	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, lichtgrijs
210	
	Zand, matig fijn, zwak siltig
280	

Meetpunt: A08

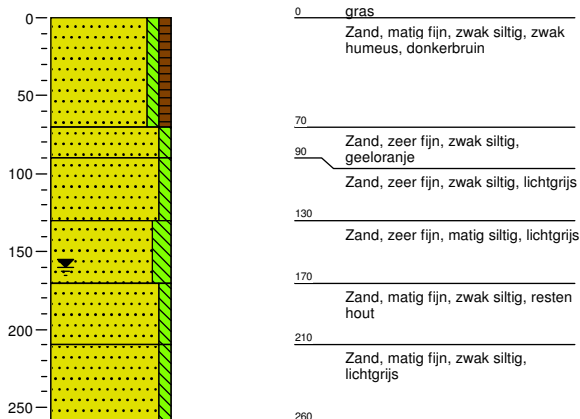
Datum meting: 05-08-2019
 Veldwerker: Pim Bruggink
 Peilen in cm t.o.v. referentievlaak



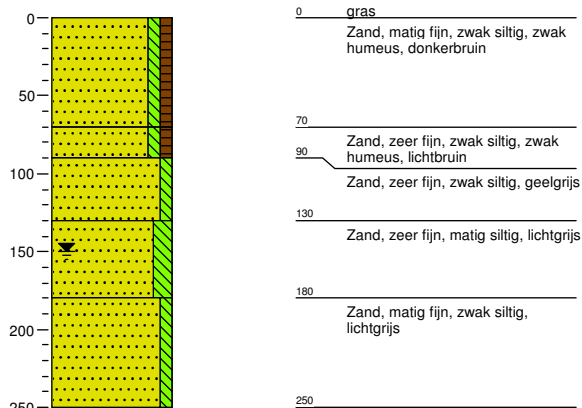
0	gras
	Zand, matig fijn, matig siltig, matig humeus, donkerbruin
60	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, witgrijs
90	
	Zand, zeer fijn, zwak siltig, donker geeloranje
130	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, lichtgrijs
210	
	Zand, matig fijn, zwak siltig
280	

Meetpunt: A09

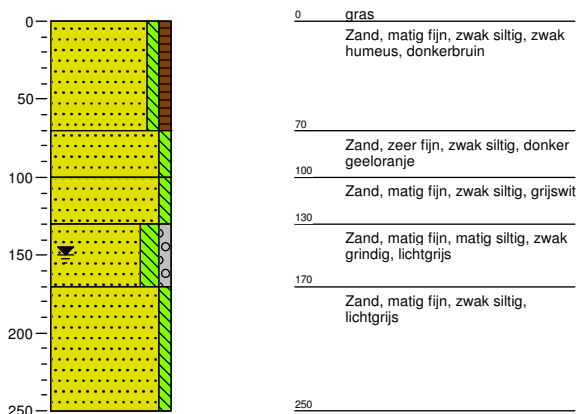
Datum meting: 07-08-2019
Veldwerker: Pim Bruggink
Peilen in cm t.o.v. referentievlak

**Meetpunt: A10**

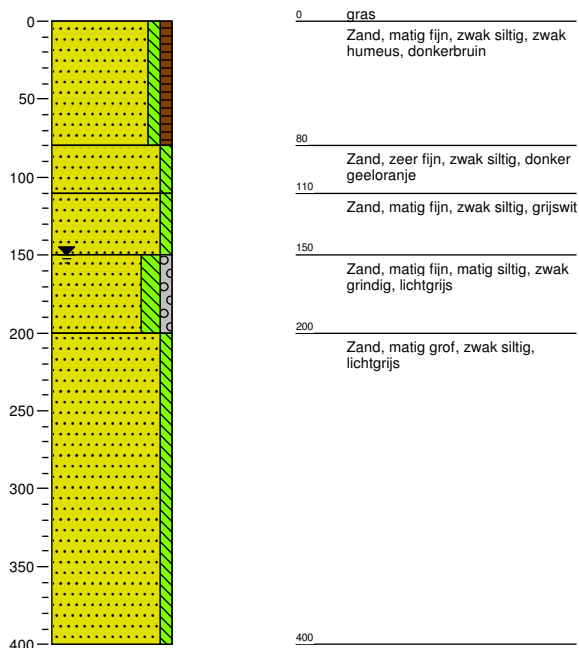
Datum meting: 07-08-2019
Veldwerker: Pim Bruggink
Peilen in cm t.o.v. referentievlak

**Meetpunt: A11**

Datum meting: 07-08-2019
Veldwerker: Pim Bruggink
Peilen in cm t.o.v. referentievlak

**Meetpunt: A12**

Datum meting: 07-08-2019
Veldwerker: Pim Bruggink
Peilen in cm t.o.v. referentievlak

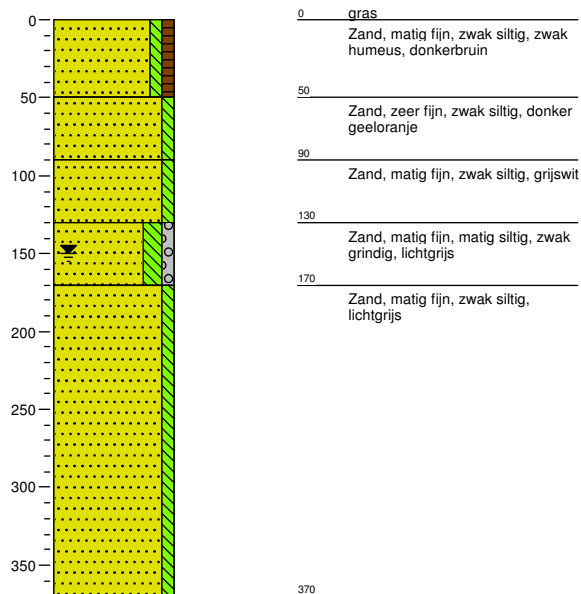


Meetpunt: A13

Datum meting: 07-08-2019

Veldwerker: Pim Bruggink

Peilen in cm t.o.v. referentievlak



Legenda (conform NEN 5104)

grind

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

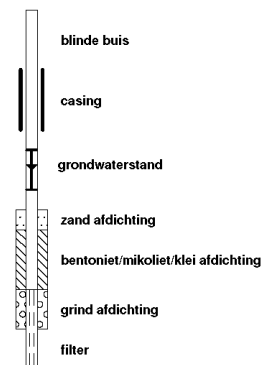
zand

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

veen

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

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
	volumering

overig

	bijzonder bestanddeel
	Gemiddeld hoogste grondwaterstand
	grondwaterstand
	Gemiddeld laagste grondwaterstand

	slib
	water



BIJLAGE 3

Toelichting methodiek in situ doorlatendheidsmetingen

Toelichting methodiek in situ doorlatendheidsmetingen

Dubbele ring infiltrometer (DRIM)

De verzadigde verticale doorlatendheid van de onverzadigde zone, ook bekend als de infiltratiesnelheid, is bepaald met behulp van de dubbele ring infiltrometer.

De DRIM bestaat uit twee cilinders, de buitenste cilinder is twee maal zo groot als de binnenste. Ter plaatse van de te onderzoeken locatie wordt een horizontaal vlak gegraven. De DRIM, bestaande uit twee cilinders, wordt 5 á 10 centimeters in de grond gedrukt, zodanig dat deze waterpas staat. De ringen worden met een bentonietmengsel waterdicht afgesmeerd om lekkage onder de ringen door te voorkomen.

In beide ringen wordt water gegoten zodat het waterniveau in beide ringen even hoog is. De buitenste ring is bedoeld als buffer, zodat het water uit de binnenste ring zo veel mogelijk verticaal infiltreert. Middels een datalogger wordt vervolgens de daling van het water in de binnenste ring gemeten in de tijd.

Op basis van de wet van Darcy wordt de doorlatendheid bepaald:

$$v = K_{\text{verz}} \frac{\varphi + z + h}{z}$$

v = infiltratiesnelheid [cm/sec]
 K_{verz} = verzadigde doorlatendheid
 φ = zuigspanning aan de onderkant van de transmissiezone [cm]
 z = diepte van de transmissiezone onder de infiltrometer [cm]
 h = hoogte van het water in de infiltrometer [cm]

Uitgangspunt is dat de hydraulische gradiënt gedurende de duur van de proef nagenoeg gelijk is aan 1. De verzadigde doorlatendheid is daardoor gelijk aan de infiltratiesnelheid van het water.

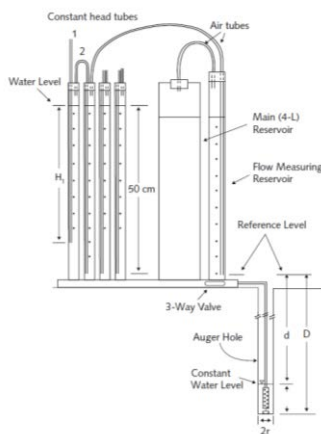
Compact constant head permeameter (CCHP)

De doorlatendheid van de onverzadigde zone (boven de grondwaterspiegel) is bepaald met behulp van de Compact Constant Head Permeameter (CCHP). Dit is een instrument voor in-situ meting van de verzadigde waterdoorlatendheid (K_{sat}) van de onverzadigde zone van de bodem. Het principe van deze proef berust op het in stand houden van een constante waterkolom (constant head) in een boorgat en het registreren van het daarvoor benodigde debiet. In figuur 1 is de meetopstelling schematisch weergegeven. Als de afstand van de bodem van het boorgat tot de eerste ondoorlatende laag groter is dan 2x de waterverhoging (H), is de 'Glover-formule' aan te bevelen voor de berekening van de doorlatendheid. De 'Glover-formule' ziet er als volgt uit:

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

Is de afstand van de bodem van het boorgat naar de eerste ondoorlatende laag kleiner dan 2 x de waterverhoging (H), dan is K_{sat} te berekenen door:

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



Figuur 11: schematische weergave meetopstelling

Omgekeerde boorgatmethode in de onverzadigde zone

Inzicht in de waterdoorlatendheid van de onverzadigde zone is verkregen met de omgekeerde boorgatmethode. Hierbij wordt handmatig een boring gezet tot in de bodemlaag waarvan de doorlatendheid moet worden bepaald. Daarna wordt in het boorgat een peilbuis geplaatst met het geperforeerde deel in de betreffende bodemlaag. Vervolgens wordt water in de peilbuis gegoten, waarna de daling van het waterniveau in de tijd wordt gemeten met behulp van een datalogger. Op basis van het verloop van de waterstands daling in de tijd wordt een indicatie van de doorlatendheid van de grond rondom het filter van de peilbuis afgeleid.

Om de betrouwbaarheid van de metingen te vergroten is elke doorlatendheidsmeting in duplo uitgevoerd, met voldoende tijd tussen de twee metingen, zodat de metingen elkaar niet beïnvloeden. De omgekeerde boorgatmethode gaat uit van een min of meer constante infiltratiesnelheid. In dat geval is de infiltratiesnelheid gelijk als de doorlatendheid en kan hieruit de volgende formule samengesteld worden [module C2510, doorlatendheidsonderzoek voor infiltratie en drainage, Stichting Rioned]:

$$K_{sat} = 1,15 * r * \frac{\left(\log \left(h_0 + \frac{1}{2} r \right) - \log \left(h_t + \frac{1}{2} r \right) \right)}{t - t_0}$$

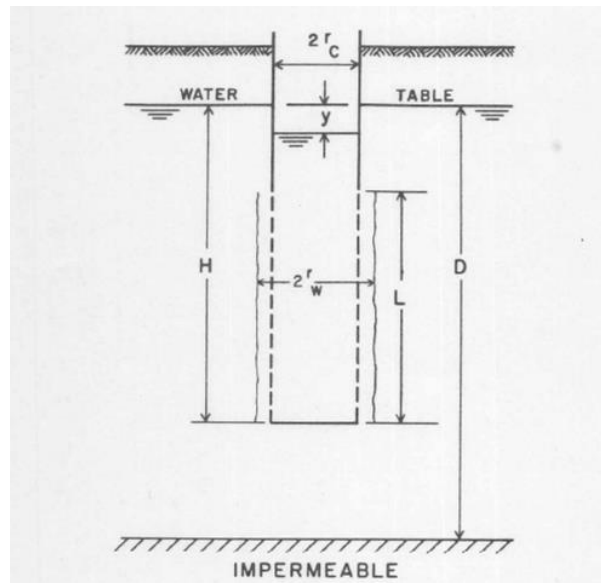
De waarden h_t zijn eenvoudig te berekenen door de gemeten waterdiepte ten opzichte van het referentieniveau af te trekken van de diepte van het boorgat ten opzichte van het referentieniveau.

Falling Head in de verzadigde zone

Inzicht in de waterdoorlatendheid van de verzadigde zone kan worden verkregen met een falling head proef (omgekeerde Hooghoudt-proef). Hierbij wordt handmatig een boring gezet tot in de bodemlaag waarvan de doorlatendheid moet worden bepaald. Daarna wordt in het boorgat een peilbuis geplaatst met het geperforeerde deel in de betreffende bodemlaag. Deze dient met zwelklei afgedicht te worden. Vervolgens wordt water in de peilbuis gegoten, waarna de daling van het waterniveau in de tijd wordt gemeten met behulp van een datalogger. Op basis van het verloop van de waterstands daling in de tijd kan een indicatie van de doorlatendheid van de grond rondom het filter van de peilbuis worden afgeleid. De doorlatendheid wordt berekend met behulp van de Bouwer en Rice-formule, zoals in onderstaand weergegeven.

$$K = \frac{r_c^2 \ln(R_e/r_w)}{2L_e} \frac{1}{t} \ln\left(\frac{h_0}{h}\right)$$

Figuur 12: Formule van Bouwer en Rice



Figuur 13: schematische weergave boorgat



BIJLAGE 4

Foto's onderzoekslocatie



20190807_150852.jpg



20190807_150905.jpg



20190807_150913.jpg



A01_260_280_20190805_093618.jpg



A02_20190805_095851.jpg



A03_20190805_113315.jpg



A04_20190805_132927.jpg



A05_20190805_134823.jpg



A06_20190805_121022.jpg



A07_20190805_141256.jpg



A08_20190805_145029.jpg



A09_20190807_142714.jpg



A10_20190807_144318.jpg



A11_20190807_145547.jpg

