



AANVULLEND
DOORLATENDHEIDSONDERZOEK

MAASLANDSTRAAT

TE HORN



Water



Rapportage

aanvullend doorlatendheidsonderzoek

Maaslandstraat te Horn

Opdrachtgever	Tonnaer Parklaan 21 6261 LR Vught
Rapportnummer	6681.005
Versienummer	D1
Status	Eindrapportage
Datum	28 november 2019
Vestiging	Limburg Rijksweg Noord 39 6071 KS Swalmen 088 - 5001600 swalmen@econsultancy.nl
Opsteller	T.J.M. Kuijpers, BSc
Paraaf	
Kwaliteitscontrole	ing. R. van den Berg
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.

Econsultancy werkt volgens een dynamisch kwaliteits- en milieusysteem, zoals beschreven in het kwaliteits- en milieuhandboek. Ons kwaliteits- en milieusysteem is gecertificeerd volgens de eisen in de NEN-EN-ISO 9001 en NEN-EN-ISO 14001.

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 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	2
3.	VELDWERK.....	2
3.1	Uitvoering.....	2
3.1	Lokale bodemopbouw	3
3.2	Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven.....	3
4.	RESULTATEN	4
5.	BEOORDELING.....	5

BIJLAGEN:

1. - Topografische ligging
2. - Locatieschets
3. - Boorprofielen
4. - Berekende k-waarden

1. INLEIDING

Econsultancy heeft van Tonnaer opdracht gekregen voor het uitvoeren van een aanvullend doorlatendheidsonderzoek aan de Maaslandstraat te Horn.

Het aanvullend doorlatendheidsonderzoek is uitgevoerd omdat de opdrachtgever twijfels had over de uitkomsten van het onderzoek uit 2018 en wil graag aanvullende metingen op het traject van 2 tot 3 m -mv.

Doel van het onderzoek is om te achterhalen of de vorige meetresultaten correct waren en/of de twijfels van de opdrachtgever correct zijn.

In 2018 is reeds door Econsultancy een doorlatendheidsonderzoek op de locatie uitgevoerd (rapportnummer 6681.002, d.d. 14 juni 2018). Op basis het doorlatendheidsonderzoek bleek de bodem tot 2,0 meter beneden maaiveld, mede op basis van de textuur, niet geschikt te zijn voor de infiltratie van hemelwater. De doorlatendheid van de bodem onder de matig tot sterk zandige kleilagen werd destijds geclassificeerd als vrij goed tot zeer goed doorlatend, waarbij k-waarden tussen de 0,5 en > 10 m/dag zijn aangetoond. De k-waarde van de onderzochte laag ter plaatse van I03 bleek hoger dan op basis van de textuur zou worden verwacht.

2. LOCATIEGEGEVENS

De onderzoekslocatie ($\pm 11.350 \text{ m}^2$) ligt aan de Maaslandstraat, in de kern van Horn (zie bijlage 1) en is kadastraal bekend gemeente Horn, sectie B, nummers 3271, 3272, 3274, 3276 en 4042. Volgens het Actueel Hoogtebestand Nederland (www.ahn.nl) bevindt het maaiveld zich op een hoogte van circa 24 m +NAP. De coördinaten van het midden van de onderzoekslocatie $X = 193.920$, $Y = 357.845$.



Figuur 1. Begrenzing onderzoekslocatie

De onderzoekslocatie betreft een woonhof bestaande uit 36 seniorenwoningen.

De initiatiefnemer is voornemens om het plangebied te herontwikkelen. Het betreft de herstructurering van de huidige seniorenwoningen naar 25 levensloopbestendige woningen en 15 grondgebonden eengezinswoningen. In het kader van duurzaam waterbeheer zal het afstromend hemelwater van het toekomstig verhard oppervlak, indien mogelijk en noodzakelijk, in de bodem worden geïnfiltreerd.

3. VELDWERK

3.1 Uitvoering

Voor het uitvoeren van een doorlatendheidsonderzoek gelden geen richtlijnen. De onderzoeksstrategie is in overleg met de opdrachtgever vastgesteld en betreft maatwerk. Ten aanzien van de uitvoering is aangesloten op het aanvullend bodemonderzoek PFAS (rapportnummer 6681.006, d.d. 22 november 2019) dat is uitgevoerd conform SIKB-protocol 2001 "Plaatsen van handboringen en peilbuizen, maken van boorbeschrijvingen, nemen van grondmonsters en waterpassen".

Het veldwerk omvatte het zintuiglijk beoordelen van aanwezige bodemlagen door middel van het handmatig opboren van bodemmateriaal. De aanwezige bodemlagen zijn hierbij nauwkeurig beschre-

ven en de posities van de betreffende monsternamenpunten zijn op kaart vastgelegd. Op de locatieschets in bijlage 2 is de situering van de boorpunten aangegeven. Van het opgeboorde materiaal is een boorbeschrijving conform de NEN 5104 gemaakt (zie bijlage 3). Om inzicht te krijgen in de (diepere) bodemopbouw zijn enkele boringen van het aanvullend bodemonderzoek PFAS doorgezet tot maximaal 3 m -mv. Op basis van de bodemopbouw zijn vervolgens de te onderzoeken trajecten bepaald waarna vervolgens de doorlatendheid in het veld is gemeten.

3.1 Lokale bodemopbouw

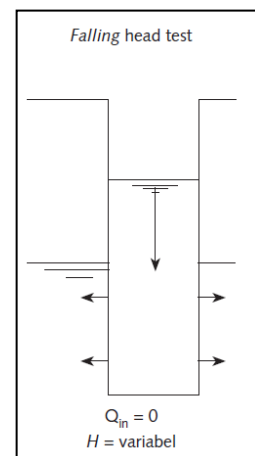
De bovengrond bestaat plaatselijk uit sterk siltig matig fijn zand. De bovengrond is bovendien plaatselijk zwak humeus. Verder bestaat de bodem voornamelijk tot maximaal 2 m -mv uit zwak tot sterk zandige leem. Onder deze leemlagen bevindt zich vanaf 1,3 m -mv een zwak zandige kleilaag. De (diepere) ondergrond bestaat vanaf 1,3 m -mv op wisselende diepten uit matig tot uiterst siltig, zeer fijn tot matig fijn zand. Er zijn geen gleyverschijnselen waargenomen.

3.2 Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven

Op basis van de profielbeschrijvingen zijn de te onderzoeken bodemlagen vastgesteld. Vervolgens is in de directe nabijheid van de referentiebooring, per meting, een nieuwe boring verricht tot in de te onderzoeken homogene bodemlaag. Bij de keuze van de te onderzoeken bodemlaag is rekening gehouden met de doelstelling van het onderzoek.

De doorlatendheid (k-waarde) van de bodem is bepaald met behulp van de Falling head-methode (omgekeerde Hooghoudt-methode). Bij de Falling head-methode wordt na eenmalig opbrengen van een waterkolom de zaksnelheid van het water gemeten.

Om instorting van het boorgat te voorkomen, is in het boorgat een filterbuis aangebracht die aan de onderzijde over een lengte van 1 m is geperforeerd. Na plaatsen van de filterbuis is water opgebracht. Voor het meten van de waterstandsaling is gebruik gemaakt van een digitale drukopnemer (Diver). De doorlatendheidsmeting is een aantal malen herhaald teneinde verzadigde doorlatendheid te verkrijgen en een gemiddelde te kunnen berekenen. Aan de hand van de zaksnelheid is vervolgens met behulp van de formule van Hooghoudt de gemiddelde doorlatendheid (k-waarde) berekend.



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

waarbij:

t = tijd sinds het begin van de meting [dag]

h_t = hoogte van de waterkolom in het boorgat op tijdstip t [m]

h_0 = h_t op tijdstip $t = 0$

4. RESULTATEN

Tabel I geeft een overzicht van het uitgevoerde veldwerk en de bodemlaag waarin een in-situ doorlatendheidsmeting is uitgevoerd. Tevens zijn in de tabel de resultaten van de berekende k-waarden weergegeven en is de doorlatendheid van de bodem per boring en traject beoordeeld conform de classificatie uit tabel II. Bijlage IV bevat de grafische uitwerking en de berekening van de k-waarden.

Tabel I. Overzicht k-waarde per meting

referentieboring aanvullend bodemonder- zoek PFAS	Aantal Metin- gen (*A)	Onderzochte bodemiaag (cm -mv)	Textuur	Opmerkingen	K-waarde (m/dag)	Beoordeling doorlatendheid
01	3	170-250	matig fijn, matig siltig zand	-	>10	zeer goed
02	2	280-350	zeer fijn, uiterst siltig zand	traject 280-300 zwak zandig klei	0,5	vrij goed
05	3	150-250	matig fijn, matig siltig zand	traject 130-190 zwak zandig klei	2,7	goed
05	3	200-300	matig fijn, matig siltig zand	-	>10	zeer goed
(*A) De meest representatieve meting is gebruikt voor het berekenen van de (verzadigde) doorlatendheid.						

De doorlatendheid van de aanwezige sterk zandige leemlagen en zwak zandige kleilagen is niet gemeten omdat de doorlatendheid van dergelijke lagen bij voorbaat slecht tot zeer slecht is.

Tabel II. Classificatie doorlatendheid

K-waarde (m/dag)	Classificatie (*A)
< 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)	

5. BEOORDELING

De haalbaarheid van hemelwaterinfiltratie is onder andere afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem, de aanwezigheid van stoorlagen (klei en leem). Econsultancy acht bodemlagen met een minimale doorlatendheid van 1,0 m/dag geschikt voor infiltratie van hemelwater.

De bodem bestaat tot maximaal 3,0 m -mv voornamelijk uit sterk zandig leem en/of zwak zandige klei. Omdat dergelijke gronden op voorhand als slecht doorlatend kunnen worden beschouwd is het doorlatendheidsonderzoek gericht op de zandlagen onder deze klei en/of leemlagen.

De doorlatendheid van de bodem onder de zwak zandige kleilagen en zwak zandige leemlagen wordt over het algemeen geëvalueerd als vrij goed tot zeer goed doorlatend, waarbij k-waarden tussen de 0,5 en > 10 m/dag zijn aangetoond.

Tijdens het eerder uitgevoerd doorlatendheidsonderzoek (rapportnummer 6681.006, d.d. 14 juni 2018) is plaatselijk een hogere k-waarde aangetroffen dan op basis van de textuur zou worden verwacht. Destijds is geconcludeerd dat het meetresultaat derhalve niet als representatief voor deze bodemlagen kon worden beschouwd.

Uit het onderhavig aanvullend doorlatendheidsonderzoek blijkt dat de resultaten van het eerder uitgevoerde doorlatendheidsonderzoek overeenkomen met het voorgaande onderzoek waarbij plaatselijk opnieuw hogere waarden zijn aangetoond dan op basis van de textuur verwacht zou worden. Dit vanwege de sterk heterogene bodemopbouw alsmede de invloed van inspoeling van klei- en/of leemdeeltjes van de toplaag naar de ondergrond. Door de uitspoeling van klei- en/of leemdeeltjes wordt de doorlatendheid van de bodem sterk gereduceerd ten opzichte van de diepere bodemlagen waar geen uitspoeling van de bovengelegen klei en/of leemlagen plaats vindt. Om de lediging te bevorderen kunnen in de wadi infiltratiekolken worden aangelegd die in verbinding staan met de zandlagen die op minimaal 3,0 m -mv zijn gelegen. Geadviseerd wordt de infiltratiekolken dieper aan te leggen. In het kader van beheer en onderhoud en werking van het systeem, wordt om instroom van bijvoorbeeld blad e.d. geadviseerd om de kolken circa 20 cm boven het bodempeil van de wadi aan te leggen.

Econsultancy
Swalmen, 28 november 2019

Bijlage 1 Topografische ligging van de locatie

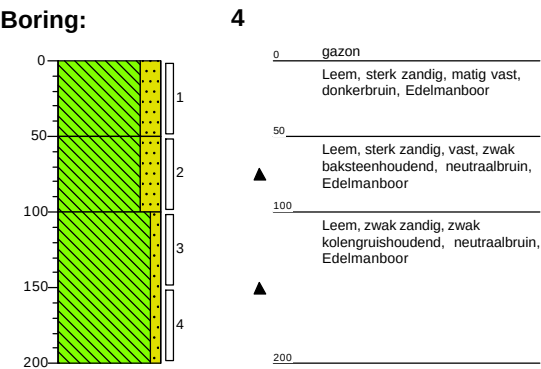
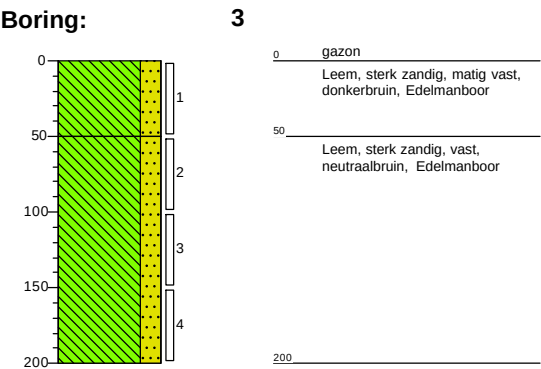
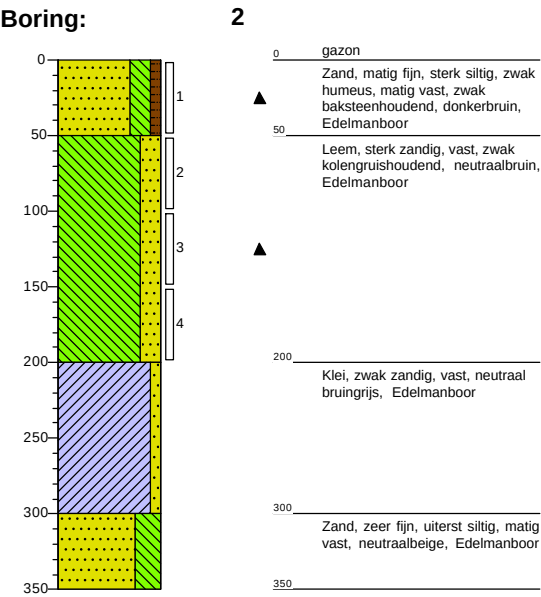
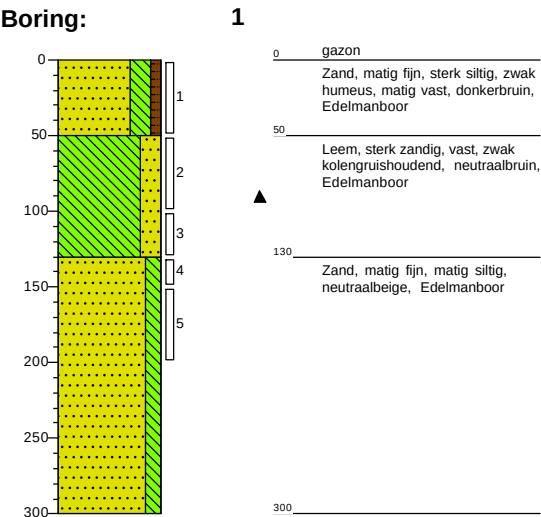


Schaal 1:25.000
Deze kaart is noordgericht

**Bijlage 2 Locatiegegevens aanvullend bodemonderzoek
PFAS (rapportnummer 6681.006)**

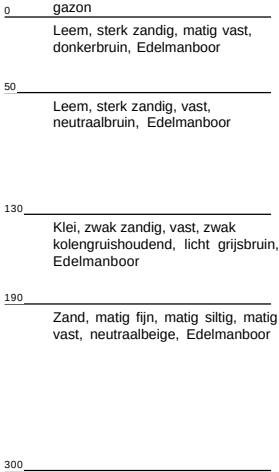
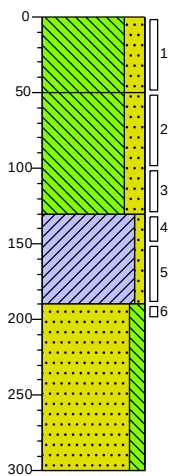


**Bijlage 3 Boorprofielen aanvullend bodemonderzoek
PFAS (rapportnummer 6681.006)**



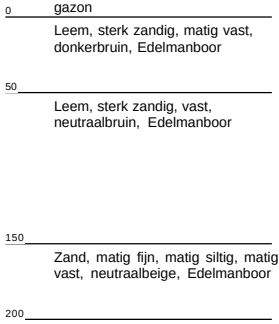
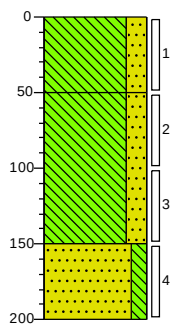
Boring:

5



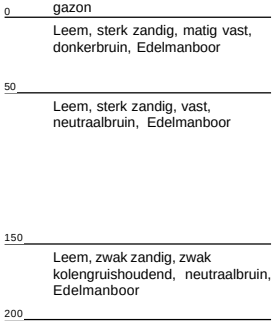
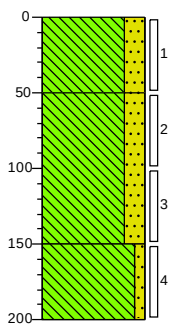
Boring:

6



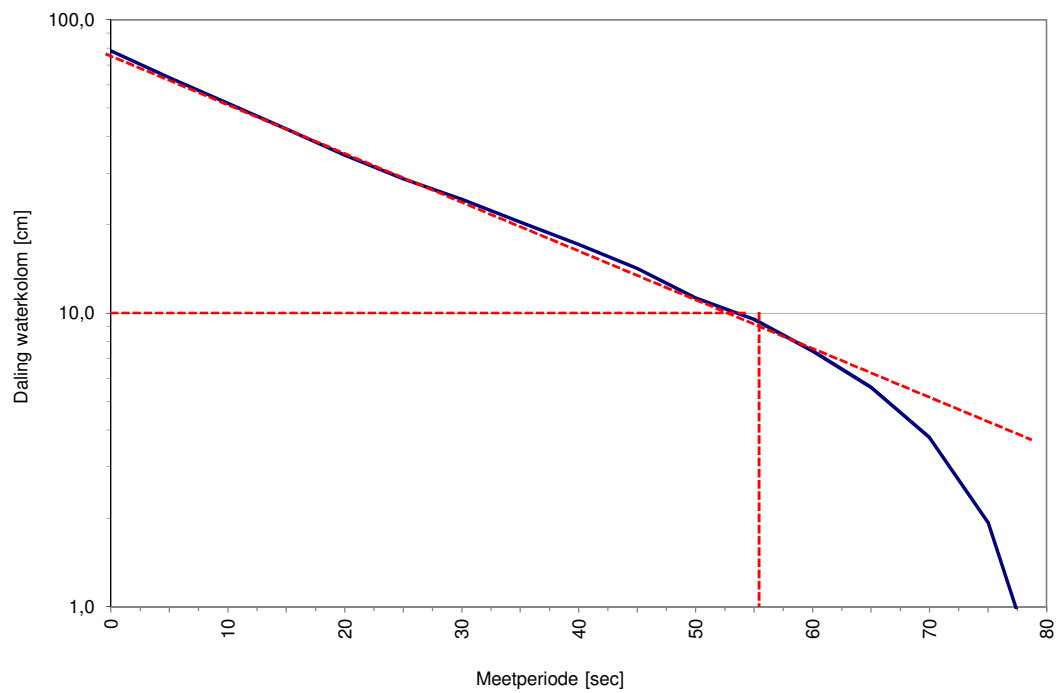
Boring:

7



Bijlage 4 Berekende k-waarden

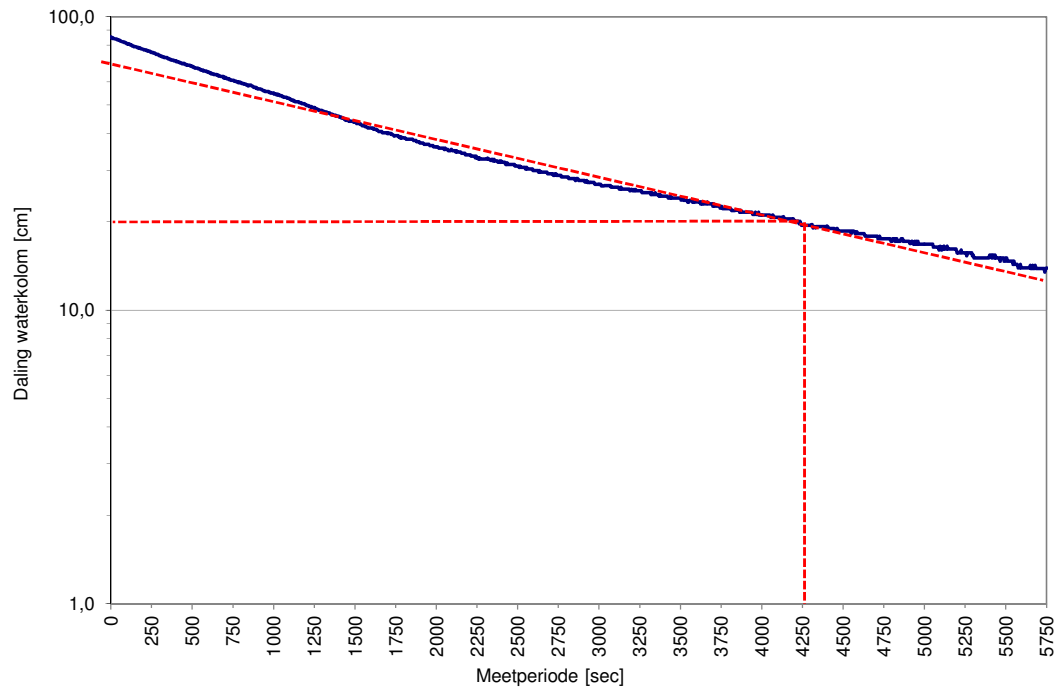
01 meting 3 [1,7-2,5 m -mv]



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	55
LOG h0 [cm]	80
LOG ht [cm]	10
r [cm]	4,5
k m/dag	>10

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

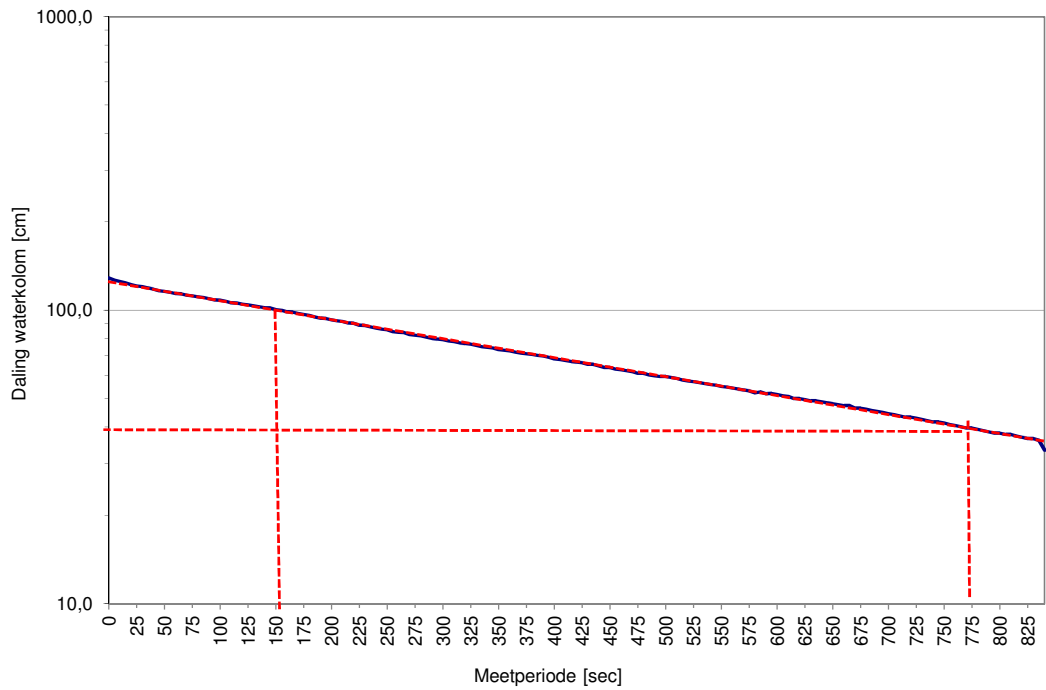
02 meting 2 [2,8-3,5 m -mv]



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	4250
LOG h0 [cm]	70
LOG ht [cm]	20
r [cm]	4,5
k m/dag	0,5

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

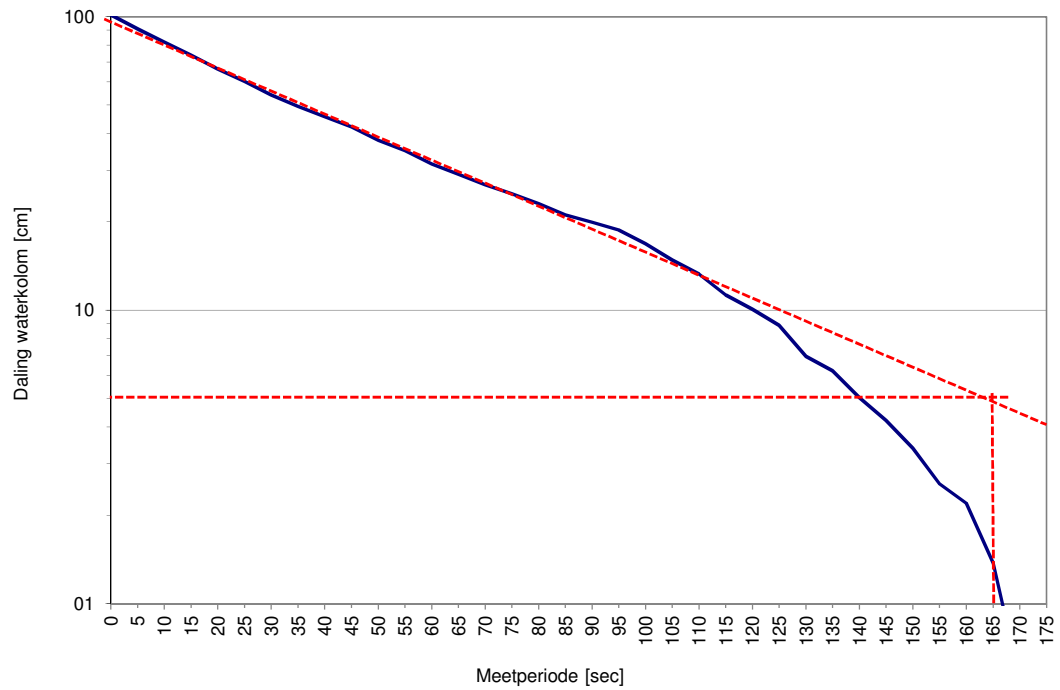
05 meting 3 [1,5-2,5 m -mv]



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	625
LOG h0 [cm]	100
LOG ht [cm]	40
r [cm]	4,5
k m/dag	2,7

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

05 meting 3 [2,0-3,0 m -mv]



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	165
LOG h0 [cm]	100
LOG ht [cm]	5
r [cm]	4,5
k m/dag	>10

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

