



GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK

UDENHOUTSEWEG

TE UDENHOUT



Water



Rapportage geohydrologisch onderzoek

Udenhoutseweg te Udenhout

Opdrachtgever	Triborgh Gebiedsontwikkeling Kempenaarplaats 14 5017 DX Tilburg
Rapportnummer	13467.001
Versienummer	D1
Status	Eindrapportage
Datum	7 oktober 2020
Vestiging	Boxmeer
Opsteller	Dhr. R.G.M. Nuwenhoud, BSc
Paraaf	
Kwaliteitscontrole	Dhr. 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
2.1	Ligging onderzoekslocatie	2
2.2	Bodem	3
2.3	Grondwater	3
3.	VELDWERK	5
3.1	Uitvoering	5
3.2	Lokale bodemopbouw	5
3.3	Grondwaterniveau	5
3.4	Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven	5
4.	RESULTATEN	7
5.	BEOORDELING	8

BIJLAGEN:

1. - Topografische ligging
2. - Situering boorpunten
3. - Boorprofielen
4. - Berekening k-waarden

1. INLEIDING

Econsultancy heeft van Triborgh Gebiedsontwikkeling opdracht gekregen voor het uitvoeren van een geohydrologisch onderzoek aan de Udenhoutseweg te Udenhout.

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

Doel van het onderzoek is het bepalen van de waterdoorlatendheid (k-waarde) ten behoeve van de voorgenomen aanleg van enkele wadi's. Het onderzoek richt zich met name op de bodemlaag ter hoogte van de onderzijde van de geplande infiltratievoorzieningen. Het onderzoek heeft hiermee een meer een trajectspecifiek karakter.

2. LOCATIEGEGEVENS

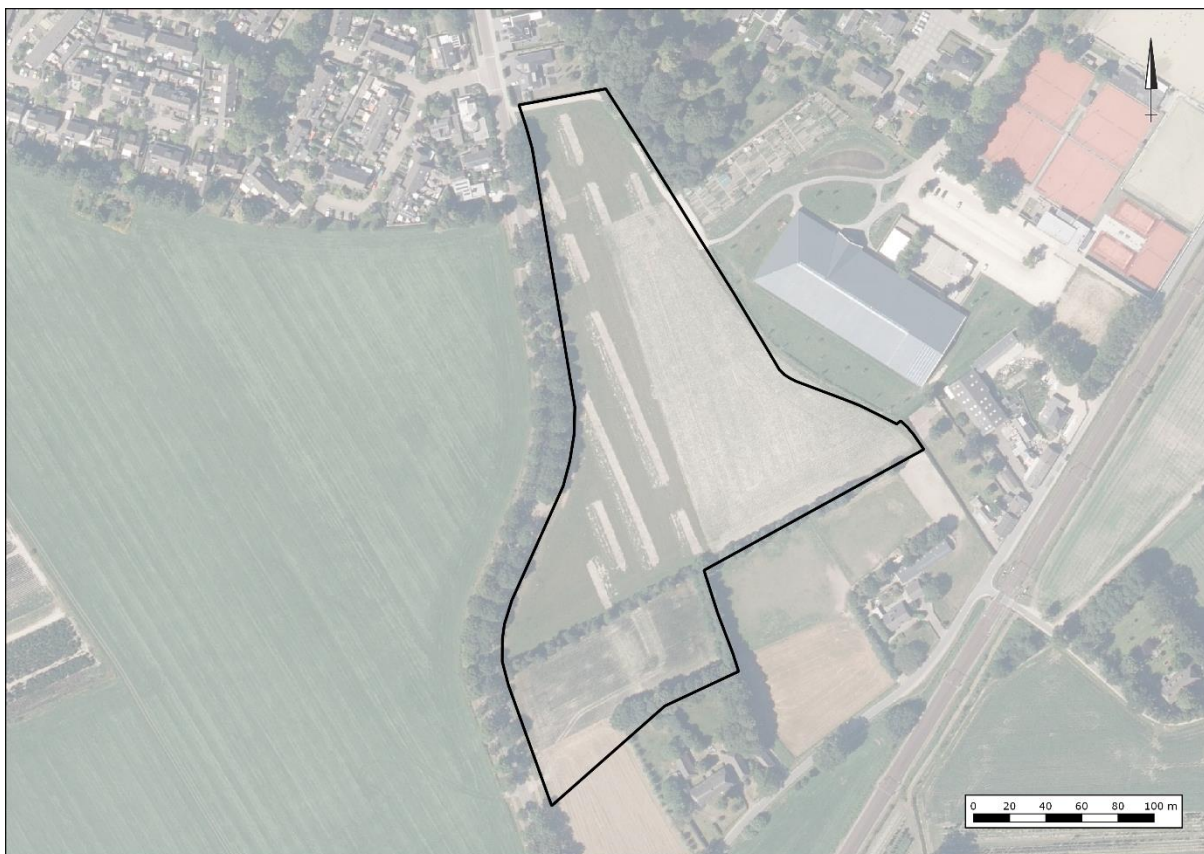
2.1 Ligging onderzoekslocatie

De onderzoekslocatie (± 40 ha) ligt aan de Udenhoutseweg, circa 1 kilometer ten zuiden van de kern van Udenhout (zie bijlage 1). De onderzoekslocatie is kadastraal bekend gemeente Berkel, sectie B, nummers 2996 en 5661.

Volgens het Actueel Hoogtebestand van Nederland (www.ahn.nl), bevindt het maaiveld zich op een hoogte van circa 11,00 m +NAP. De coördinaten van het midden van de onderzoekslocatie zijn X = 138.055, Y = 401.453.

De planlocatie is in gebruik als weiland en is voor zover bekend altijd onbebouwd geweest.

In figuur 1 is de begrenzing van de onderzoekslocatie weergegeven.



Figuur 1. Ligging en begrenzing planlocatie

De initiatiefnemer is voornemens om het plangebied te herontwikkelen. In het kader van duurzaam waterbeheer zal het afstromend hemelwater van het toekomstig verhard oppervlak, indien mogelijk in de bodem worden geïnfiltreerd. De initiatiefnemer is voornemens om twee wadi's aan te leggen. De onderzijde van de infiltratievoorzieningen komen op circa 1 m -mv te liggen.

2.2 Bodem

De originele bodem bestaat, volgens de bodemkaart van Nederland, uit Hoge zwarte enkeerdgronden (zEZ23), die volgens de Stichting voor Bodemkartering voornamelijk is opgebouwd uit lemig fijn zand. De afzettingen, waarin deze bodem is ontstaan, behoren geologisch gezien tot de Formatie van Boxtel.

Uit locatiespecifiek onderzoek uitgevoerd door Moerdijk Bodemsanering B.V.¹ blijkt de bodem voornamelijk te bestaan uit zwak humeus, matig siltig zand. De ondergrond bestaat uit matig siltig, fijn zand. Vanaf $\pm 1,50$ m -mv bevindt zich in de ondergrond tot circa 3,5 m -mv een zwak tot sterk zandige leemlaag. De ondergrond is plaatselijk zwak gleyhoudend.

2.3 Grondwater

In tabel 1 is een overzicht weergegeven van de gegevens van het verkennend bodemonderzoek uitgevoerd door Moerdijk Bodemsanering B.V.. Op 26 juni 2018 stond het grondwater op locatie tussen de 2,57 m -mv en de 2,95 m -mv.

Tabel 1 Overzicht gegevens peilbuizen en veldmetingen grondwater op 26-06-2018

Peilbuis-nummer	Situering peilbuis	Filterstelling (m -mv)	Grondwaterstand* (m -mv)
Pb 1	noordelijk op de onderzoekslocatie	3,0 – 4,0	2,65
Pb 8	Noordoostelijk op de onderzoekslocatie	3,0 – 4,0	2,88
Pb 16	Zuidoostelijk op de onderzoekslocatie	3,0 – 4,0	2,81
Pb 20	Westelijk op de onderzoekslocatie	3,0 – 4,0	2,95
Pb 27	Zuidwestelijk op de onderzoekslocatie	3,0 – 4,0	2,57

Veranderingen in de grondwaterstand (stijghoogte) worden voornamelijk veroorzaakt door neerslag en verdamping, maar ook door ingrepen in de waterhuishouding. De stijghoogte kan daardoor van dag tot dag verschillen. Het grondwater staat in de winter van nature hoog en in de zomer laag. In de winter is de temperatuur laag, waardoor de verdamping gering is en alle neerslag het grondwater kan aanvullen. In de zomer gebeurt het omgekeerde: de temperatuur is hoog en dus verdampt er veel neerslag en is de stijghoogte laag. Voor beleid, vergunningen en ontwateringsdieptes is het belangrijk om te weten wat de actuele karakteristieken zijn, zoals de GHG en GLG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand en Gemiddelde Laagste Grondwaterstand).

** Opmerking:*

Gemeten grondwaterstanden zijn momentopnamen en dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd, omdat:

- Waterniveaus gemeten direct na plaatsing van een sondering, boring of peilbuis, significant kunnen afwijken van de heersende grondwaterstand of stijghoogte. Het kan namelijk enige tijd duren voordat een representatieve waterspiegel is ingesteld (enkele seconden in grof zand tot soms enkele uren in slecht doorlatende klei).
- De grondwaterstand onder invloed van seizoensafhankelijke factoren in de tijd zal fluctueren. Deze fluctuaties variëren per regio/gebied.

Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitorde peilbuizen uit de omgeving.

1 verkennend bodemonderzoek Plangebied Berkhout te Udenhout, d.d. 11 juli 2018, rapportnummer 2272.03.181.r1

TNO-NITG voert het databeheer van in de omgeving aanwezige grondwaterpeilputten waarin de grondwaterstandstand in het eerste watervoerende pakket wordt gemonitord. Middels de interactieve grondwater tools 'Isohyps'en 'Grondwaterdynamiek' van de Geologische Dienst Nederland worden de historische grondwatermeetreeksen uit het archief van TNO gesimuleerd met behulp van dagelijkse metingen van neerslag en verdamping uit gegevens van het KNMI.

In de omgeving van de onderzoekslocatie zijn meerdere grondwaterpeilputten gelegen. De grondwaterpeilput(ten) zijn gelegen op een diepte van maximaal 4 m -mv. In tabel 2 zijn de gegevens van de grondwaterpeilputten weergegeven. In figuur 2 is de situering van de grondwaterpeilputten weergegeven.

Op basis van de isohypsenkaart van de Dienst Grondwaterverkenning van TNO, stroomt het grondwater van het eerste watervoerend pakket in noordwestelijke richting.

Tabel 2. Overzicht grondwaterpeilputten TNO

grondwaterpeilput	windrichting t.o.v. locatie	afstand t.o.v. locatie	meetperiode	GHG m +NAP
B44H0908	Zuid	250 m	16-01-2018 / 11-03-2020	9,90
B44H0910	Noordwest	800 m	05-03-2018 / 11-03-2020	9,55
B44H0909	Noordoost	1.200 m	16-01-2018 / 30-08-2019	8,75



Figuur 2. Situering grondwaterpeilputten TNO

Op basis van de beschikbare gegevens wordt ingeschat dat de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) op $\pm 9,90$ m +NAP is gelegen. Hiermee zou de GHG zich op $\pm 1,10$ m -mv bevinden.

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 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 beschreven en de posities van de betreffende monsternamenpunten zijn op kaart vastgelegd. 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).

Het veldwerk is uitgevoerd op 25 september 2020. Met behulp van een edelmangrondboor (diameter 10 cm) zijn in totaal 6 boringen geplaatst. De boringen zijn tot maximaal 1,5 m -mv doorgezet teneinde een duidelijk beeld van de bodemopbouw te verkrijgen. Na het verrichten van de boringen zijn de in-situ doorlatendheidsmetingen uitgevoerd.

3.2 Lokale bodemopbouw

De bovengrond bestaat voornamelijk uit zwak humeus, matig siltig, zeer fijn zand. De ondergrond bestaat uit matig tot sterk siltig, zeer fijn zand. Vanaf 1,30 m -mv is in de ondergrond plaatselijk een leemlaag aangetroffen. In de ondergrond komen plaatselijk brokken leem voor. De ondergrond is plaatselijk zwak gley- en oerhoudend.

3.3 Grondwaterniveau

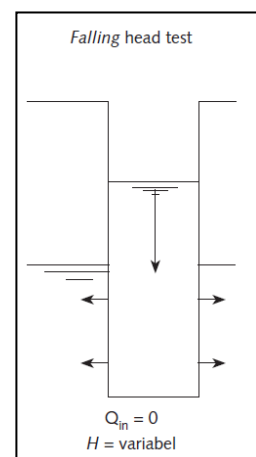
Ten tijde van de uitvoering van het veldwerk is tot aan de onderzochte diepte geen grondwater aangetroffen.

3.4 Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven

Op basis van de profielbeschrijvingen zijn de te onderzoeken bodemlagen vastgesteld. Vervolgens is in de directe nabijheid van de referentieboring, 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.

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

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 = ht op tijdstip $t = 0$

4. RESULTATEN

Tabel 3 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 4. Bijlage 4 bevat de grafische uitwerking en de berekening van de k-waarden.

Tabel 3. Overzicht k-waarde per meting

Boring	Aantal Metingen (*A)	Onderzochte bodemlaag (cm -mv)	Textuur	Opmerkingen	K-waarde (m/dag)	Beoordeling doorlatendheid
01	3	1 – 1,5	Zand, zeer fijn, matig siltig / Leem, sterk zandig		1,8	Goed
02	3	1 – 1,5	Zand, zeer fijn, matig siltig		2,0	Goed
03	3	1 – 1,5	Zand, zeer fijn, sterk siltig, brokken leem / Leem, sterk zandig	Zwak oerhoudend	2,1	Goed
04	3	1 – 1,5	Zand, zeer fijn, matig siltig		3,7	Goed
05	3	1 – 1,5	Zand, zeer fijn, sterk siltig, brokken leem	Zwak gleyhoudend	2,4	Goed
06	3	1 – 1,5	Zand, zeer fijn, sterk siltig, brokken leem	Zwak gleyhoudend	5,9	Goed
(*A) De meest representatieve meting is gebruikt voor het berekenen van de (verzadigde) doorlatendheid.						

Tabel 4. 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

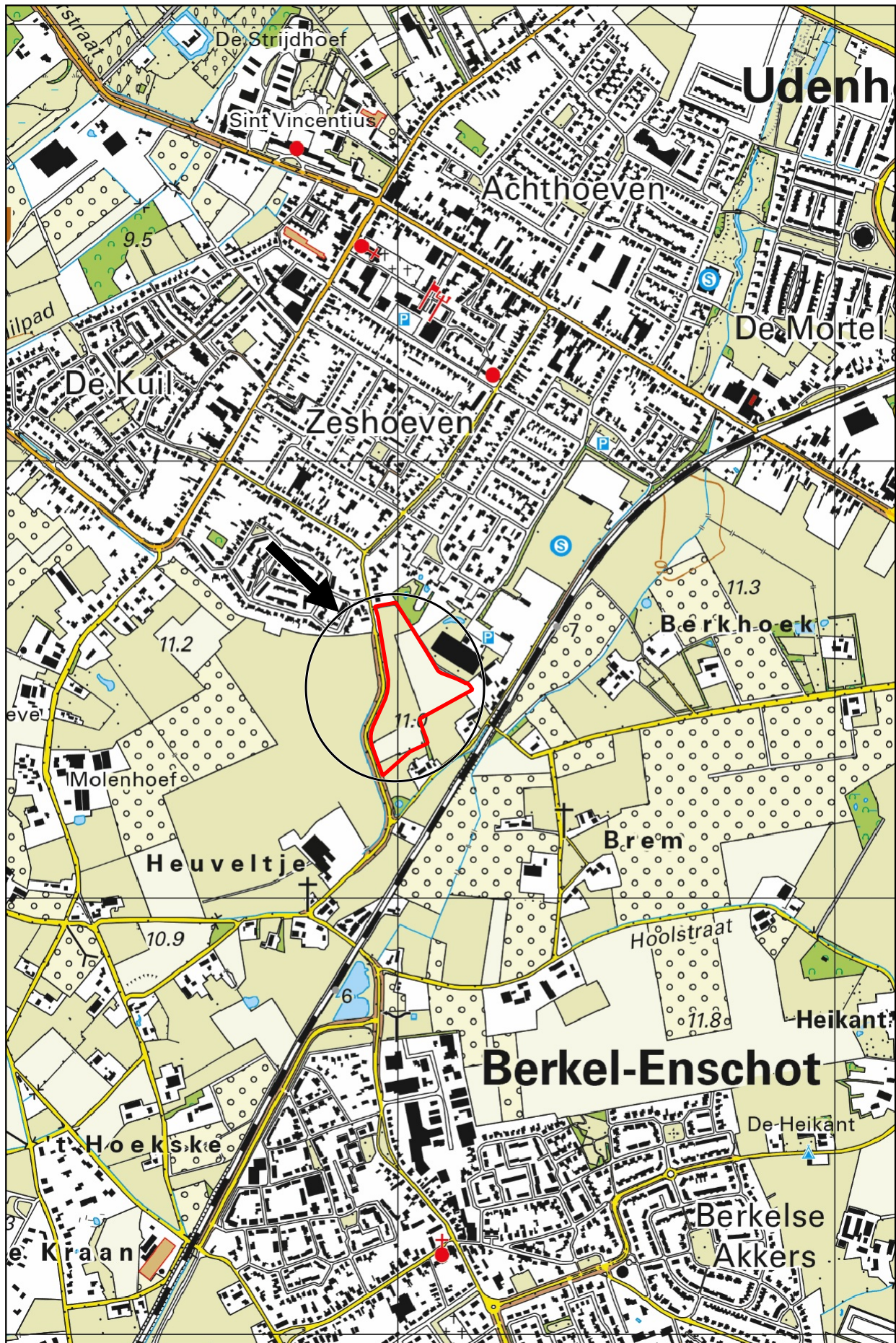
De haalbaarheid van hemelwaterinfiltratie is onder andere afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem, de aanwezigheid van stoorlagen (klei en leem). Econsultancy acht bodemlagen met een minimale doorlatendheid van 1,0 m/dag geschikt voor infiltratie van hemelwater.

De doorlatendheid van de bodem wordt over het algemeen geclassificeerd als goed doorlatend, waarbij k-waarden van tussen de 1,9 en 5,9 m/dag zijn aangetoond. Echter wordt verwacht dat de gemeten k-waarden bij boring 3, 5 en 6 als hoog moeten worden beschouwd voor wat betreft de zintuigelijke waarnemingen. De verwachting is dat in een sterke verzadigde situatie de doorlatendheid vanwege de bijmenging van silt en brokken leem in het bodemprofiel sterk kan afnemen.

Op basis van de resultaten uit het waterdoorlatendheidsonderzoek wordt de bodem binnen de onderzoekslocatie, mede op basis van de textuur, geschikt geacht voor de infiltratie van hemelwater. Geadviseerd om voor het dimensioneren van de infiltratievoorzieningen een rekenwaarde te hanteren van 1,5 m/dag. Als rekenwaarde geldt het gemiddelde van alle metingen vermenigvuldigd met een veiligheidsfactor van 0,5.

Econsultancy
Boxmeer, 7 oktober 2020

Bijlage 1 Topografische ligging



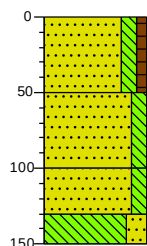
Schaal 1:25.000
Deze kaart is noordgericht

Bijlage 2 Situering boorpunten



Bijlage 3 Boorprofielen

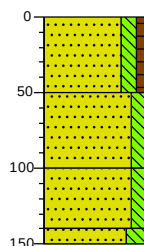
Boring:



01

0	akker
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak humeus, neutraalbruin, Edelmanboor
50	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, licht geelbeige, Edelmanboor
100	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, licht bruinbeige, Edelmanboor
130	
150	Leem, sterk zandig, zwak oerhoudend, zwak gleyhoudend, licht bruinbeige, Edelmanboor

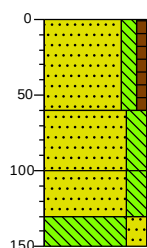
Boring:



02

0	akker
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak humeus, neutraalbruin, Edelmanboor
50	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, licht geelbeige, Edelmanboor
100	
	Zand, zeer fijn, matig siltig, licht grijsbeige, Edelmanboor
140	
150	Zand, zeer fijn, sterk siltig, zwak gleyhoudend, licht bruinbeige, Edelmanboor

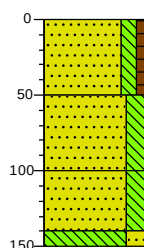
Boring:



03

0	akker
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak humeus, neutraalbruin, Edelmanboor
60	
	Zand, zeer fijn, sterk siltig, laagjes leem, zwak oerhoudend, licht geelbeige, Edelmanboor
100	
	Zand, zeer fijn, sterk siltig, brokken leem, zwak oerhoudend, licht bruinbeige, Edelmanboor
130	
150	Leem, sterk zandig, zwak gleyhoudend, matig oerhoudend, licht bruinbeige, Edelmanboor

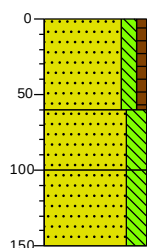
Boring:



04

0	akker
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak humeus, neutraalbruin, Edelmanboor
50	
	Zand, zeer fijn, sterk siltig, zwak gleyhoudend, licht geelbeige, Edelmanboor
100	
	Zand, zeer fijn, sterk siltig, zwak gleyhoudend, licht bruinbeige, Edelmanboor
140	
150	Leem, sterk zandig, zwak gleyhoudend, matig oerhoudend, licht bruinbeige, Edelmanboor

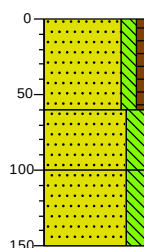
Boring:



05

0	akker
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak humeus, neutraalbruin, Edelmanboor
60	
	Zand, zeer fijn, sterk siltig, zwak gleyhoudend, zwak oerhoudend, licht geelbeige, Edelmanboor
100	
	Zand, zeer fijn, sterk siltig, zwak gleyhoudend, brokken leem, licht oranjebeige, Edelmanboor
150	

Boring:



06

0	akker
	Zand, zeer fijn, matig siltig, zwak humeus, neutraalbruin, Edelmanboor
60	
	Zand, zeer fijn, sterk siltig, zwak gleyhoudend, licht geelbeige, Edelmanboor
100	
	Zand, zeer fijn, sterk siltig, zwak gleyhoudend, brokken leem, licht oranjebeige, Edelmanboor
150	

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

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 (tijdens veldwerk)
	Gemiddeld laagste grondwaterstand

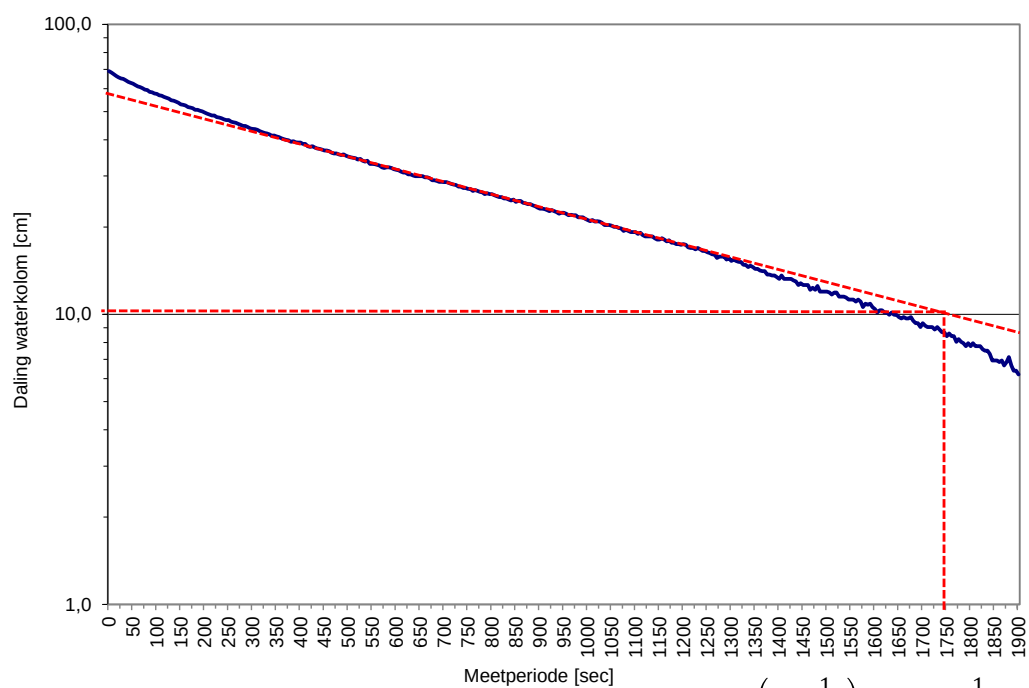
	slib
	water

peilbuis

	blinde buis
	casing
	hoogste grondwaterstand
	gemiddelde grondwaterstand
	laagste grondwaterstand
	zand afdichting
	bentoniet/mikoliet/klei afdichting
	grind afdichting
	filter

Bijlage 4 Berekening K-waarde

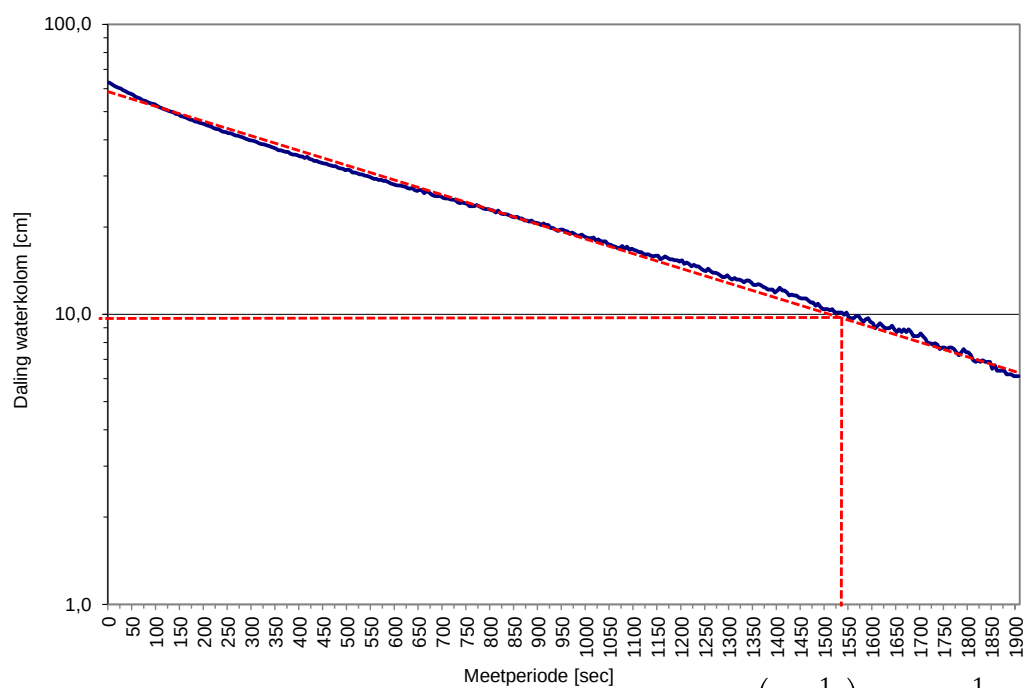
01 meting 3 [1 - 1,5 m -mv]



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	1750
LOG h0 [cm]	60
LOG ht [cm]	10
r [cm]	4,5
k m/dag	1,8

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

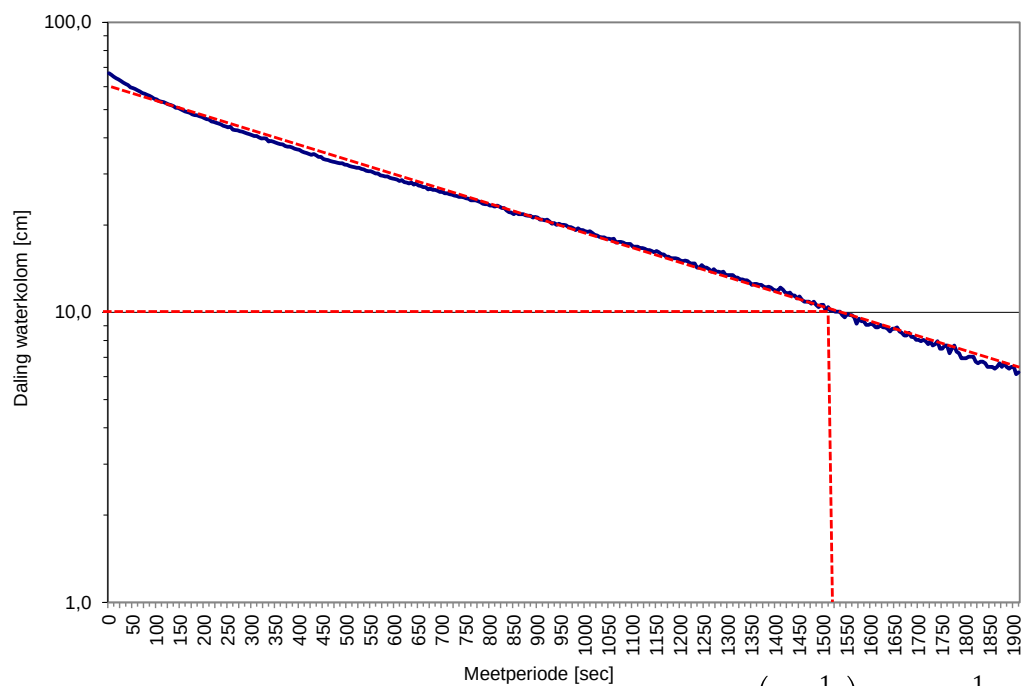
02 meting 3 [1 - 1,5 m -mv]



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	1540
LOG h0 [cm]	60
LOG ht [cm]	10
r [cm]	4,5
k m/dag	2,0

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

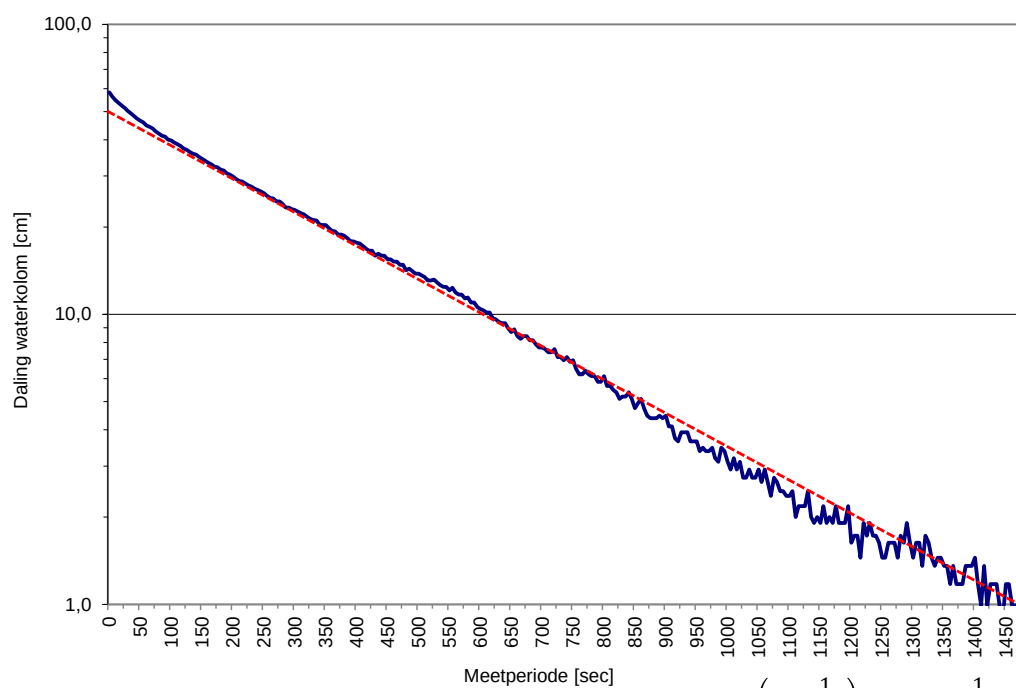
03 meting 3 [1 - 1,5 m -mv]



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	1525
LOG h0 [cm]	60
LOG ht [cm]	10
r [cm]	4,5
k m/dag	2,1

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

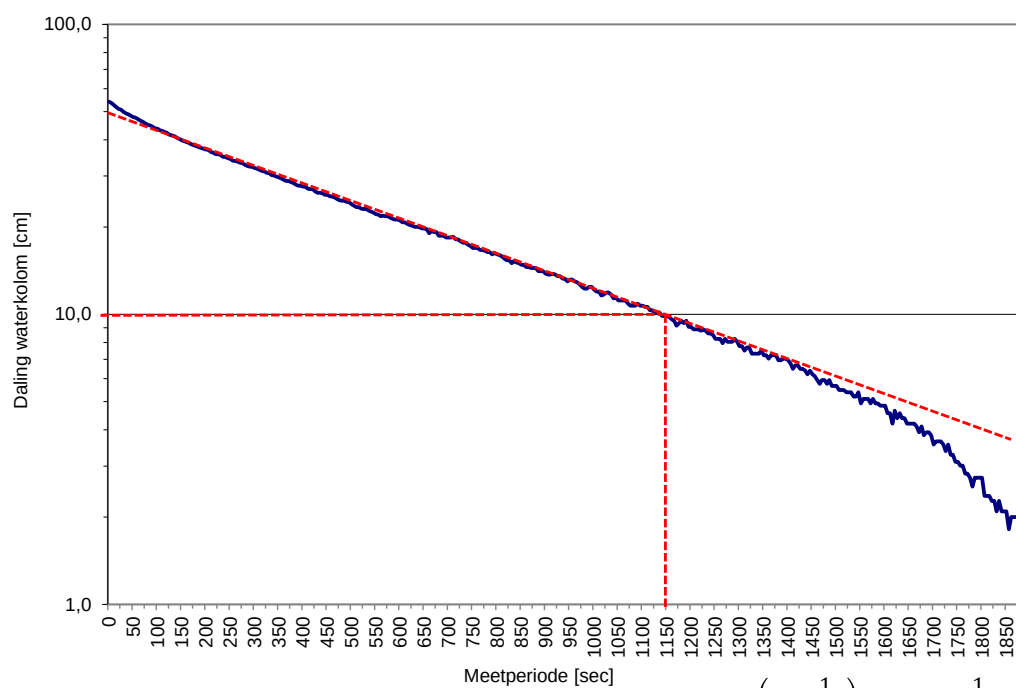
04 meting 3 [1 - 1,5 m -mv]



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	1450
LOG h0 [cm]	50
LOG ht [cm]	1
r [cm]	4,5
k m/dag	3,7

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

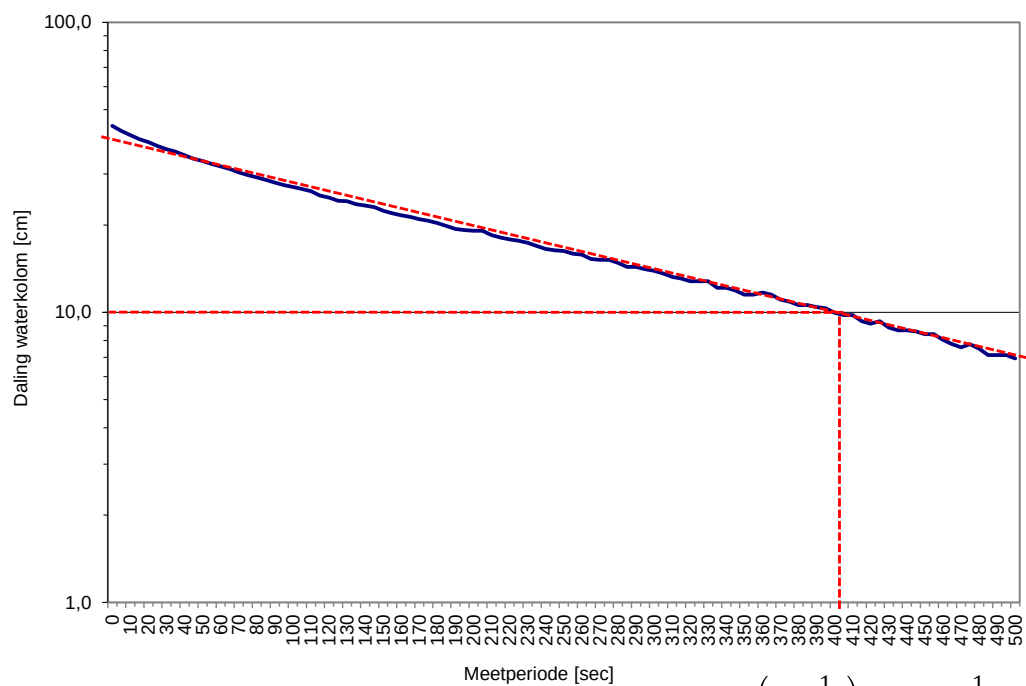
05 meting 3 [1 - 1,5 m -mv]



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	1150
LOG h0 [cm]	50
LOG ht [cm]	10
r [cm]	4,5
k m/dag	2,4

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

06 meting 3 [1 - 1,5 m -mv]



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	405
LOG h0 [cm]	40
LOG ht [cm]	10
r [cm]	4,5
k m/dag	5,9

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

