DOORLATENDHEIDSONDERZOEK

PROJECT LUNO

DE MOLEN/KOKERMOLEN

TE HOUTEN

Water

Rapportage
Doorlatendheidsonderzoek project Luno

De Molen/Kokermolen te Houten

Opdrachtgever	WIMAHO C.V. Postbus 69491 1060 CM Amsterdam
Rapportnummer	9771.001
Versienummer	D1
Status	Eindrapportage
Datum	14 mei 2020
Vestiging	Brabant Heinz Moormannstraat 1b 5831 AS Boxmeer 088 - 5001600 boxmeer@econsultancy.nl
Opsteller	ing. R. van den Berg
Paraaf	
Kwaliteitscontrole	dr. ir. B.A. van de Pas
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 1

3. VELDWERK 2

   3.1 Uitvoering 2
   3.2 Bodemopbouw 2
   3.3 Grondwaterniveau 2

4. WATERDOORLATENDHEID 3

   4.1 Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven 3
   4.2 Resultaten 3

5. BEOORDELING 4

BIJLAGEN:

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

1. INLEIDING

Econsultancy heeft van WIMAHO C.V. opdracht gekregen voor het uitvoeren van een doorlatendheidsonderzoek ten behoeve van het project Luno gelegen aan De Molen/Kokermolen te Houten.

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

Doel van het onderzoek is het verkrijgen van inzicht in zowel de bodemopbouw als de (actuele) grondwaterstand, het bepalen of de bodem geschikt is voor de infiltratie van hemelwater ten behoeve van de voorgenomen aanleg van een infiltratieriool, alsmede het verkrijgen van k-waarden.

2. LOCATIEGEGEVENS

De onderzoekslocatie (± 4.740 m²) is gelegen aan De Molen 13-17 en Kopermolen 1-11 te Houten (zie bijlage 1). Het perceel, waar de planlocatie deel van uitmaakt, is kadastraal bekend gemeente gemeente, sectie A, nummers 7468, 7469, 9741 en 9744. Volgens het Actueel Hoogtebestand van Nederland (ahn.nl), bevindt het maaiveld zich op een hoogte van gemiddeld 2,5 m +NAP. De coördinaten van een centraal punt zijn X = 140.605, Y = 448.975. In figuur 1 is de begrenzing van de planlocatie weergegeven.

Op basis van de gegevens van grondwaterpeilputten uit het archief van TNO als ook het meetnet van WINNET is de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) voor de planlocatie ingeschat op circa 1,10 m +NAP. Hiermee zou de GHG op ± 1,4 m -mv kunnen worden verwacht.



Figuur 1. Ligging en begrenzing onderzsoekslocatie

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 monstername-punten 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 1 mei 2020. Met behulp van een edelmangrondboor (diameter 10 cm) zijn in totaal 4 boringen geplaatst. De boringen zijn tot maximaal 4,0 m -mv doorgezet teneinde een duidelijk beeld van de bodemopbouw te verkrijgen. Na het verrichten van de boringen zijn de in-situ doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. Na afloop van de werkzaamheden is het grondwaterniveau in de boorgaten gemeten.

3.2 Bodemopbouw

Vanaf 1,0 á 1,5 meter beneden maaiveld bestaat de bodem voornamelijk uit zwak siltig, matig fijn zand. Daarboven wordt tot op wisselende diepten sterk zandige, zwak humeuze klei aangetroffen. Ter plaatse van boring 2 en 3 wordt vanaf 3,5 meter beneden maaiveld zwak zandige klei aangetroffen.

3.3 Grondwaterniveau

In de boorgaten is een grondwaterstand* aangetroffen tussen de 1,75 m -mv en de 2,0 m -mv.

* *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 fluctuatie varieert per regio/gebied.

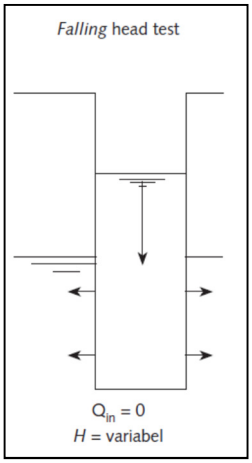
Een representatief beeld hiervan kan slechts worden gekregen door monitoring van de grondwaterstand gedurende langere tijd en/of door tijdreeksanalyse van gedurende langere tijd gemonitoorde peilbuizen uit de omgeving.

4. WATERDOORLATENDHEID

4.1 Methodiek in-situ doorlatendheidsproeven

Op basis van de profielbeschrijvingen en de actuele grondwaterstand 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 waterstandsdaling 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.

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

waarbij:

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

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

h_0 = ht op tijdstip t = 0

4.2 Resultaten

Tabel 1 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 2. Bijlage 4 bevat de grafische uitwerking en de berekening van de k-waarden.

Tabel 1. Overzicht k-waarde per meting

Boring	Aantal Metingen (*A)	Onderzochte bodemlaag (cm -mv)	Textuur	Opmerkingen	K-waarde (m/dag)	Beoordeling doorlatendheid
01	3	100-150	zand, matig fijn, zwak siltig	matig stevig	4,5	goed
02	3	110-170	zand, matig fijn, zwak siltig	matig stevig	4,9	goed
03	3	100-170	zand, matig fijn, zwak siltig	matig stevig	4,2	goed
04	3	100-150	klei, zwak zandig	vast	>10	zeer goed
(*A)	De meest representatieve meting is gebruikt voor het berekenen van de (verzadigde) doorlatendheid.					

Tabel 2. ***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 waterdoorlatendheid van de bodem. De waterdoorlatendheid van de bodem wordt omschreven als de k-waarde of te wel de doorlatendheidcoëfficiënt. De waterdoorlatendheid wordt mede bepaald door de bodemopbouw, aanwezigheid van stoorlagen (klei en leem), de korrelgrootte (zand fractie), de sortering/verdeling, de mate van bijmenging van humus (organisch materiaal), lutum en silt en het grindgehalte. 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. De k-waarde van de onderzochte lagen ter plaatse van boring 4 wijkt dusdanig van de overige meetresultaten af dat het meetresultaat, mede ook op basis van de textuur, als niet representatief voor deze bodemlaag kan worden beschouwd. Een directe verklaring voor deze afwijking is niet voorhanden. Klei zal onder normale omstandigheden water juist slecht doorlaten. Echter bij zeer droge omstandigheden kan als gevolg van scheuren in de doorlatendheid sterk toenemen. Indien verzadigd zal de doorlatendheid weer aanzienlijk reduceren. Het meetresultaat van boring 4 wordt derhalve verder buiten beschouwing gelaten en is niet meegenomen in de berekening van de rekenwaarde.

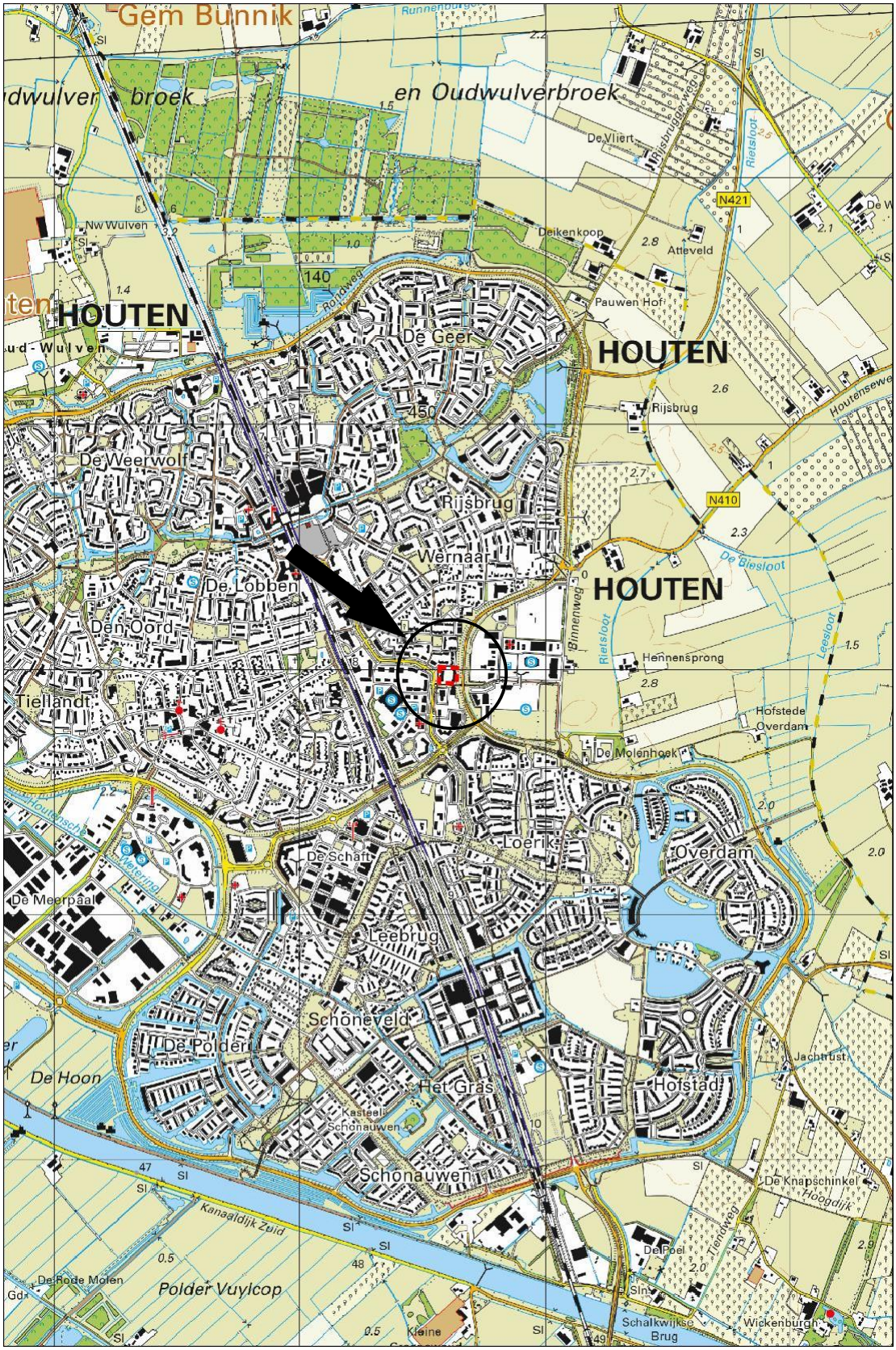
Op basis van de resultaten uit het waterdoorlatendheidsonderzoek wordt de bodem binnen de onderzoekslocatie, mede op basis van de textuur, overwegend geschikt geacht voor de infiltratie van hemelwater. Geadviseerd om voor het dimensioneren van de infiltratievoorzieningen een rekenwaarde te hanteren van 2,0 m/dag. Als rekenwaarde geldt het gemiddelde van alle metingen vermenigvuldigd met een veiligheidsfactor van 0,5.

Voor een optimale infiltratie en lediging van IT-riool dienen de aanwezige kleilagen te worden vergraven en aangevuld te worden met goed doorlatend zand tot op tenminste 0,5 m rondom de buizen. Indien de kleilagen lokaal dieper zijn gelegen dient deze in zijn geheel tot aan de zandige ondergrond verwijderd te worden.

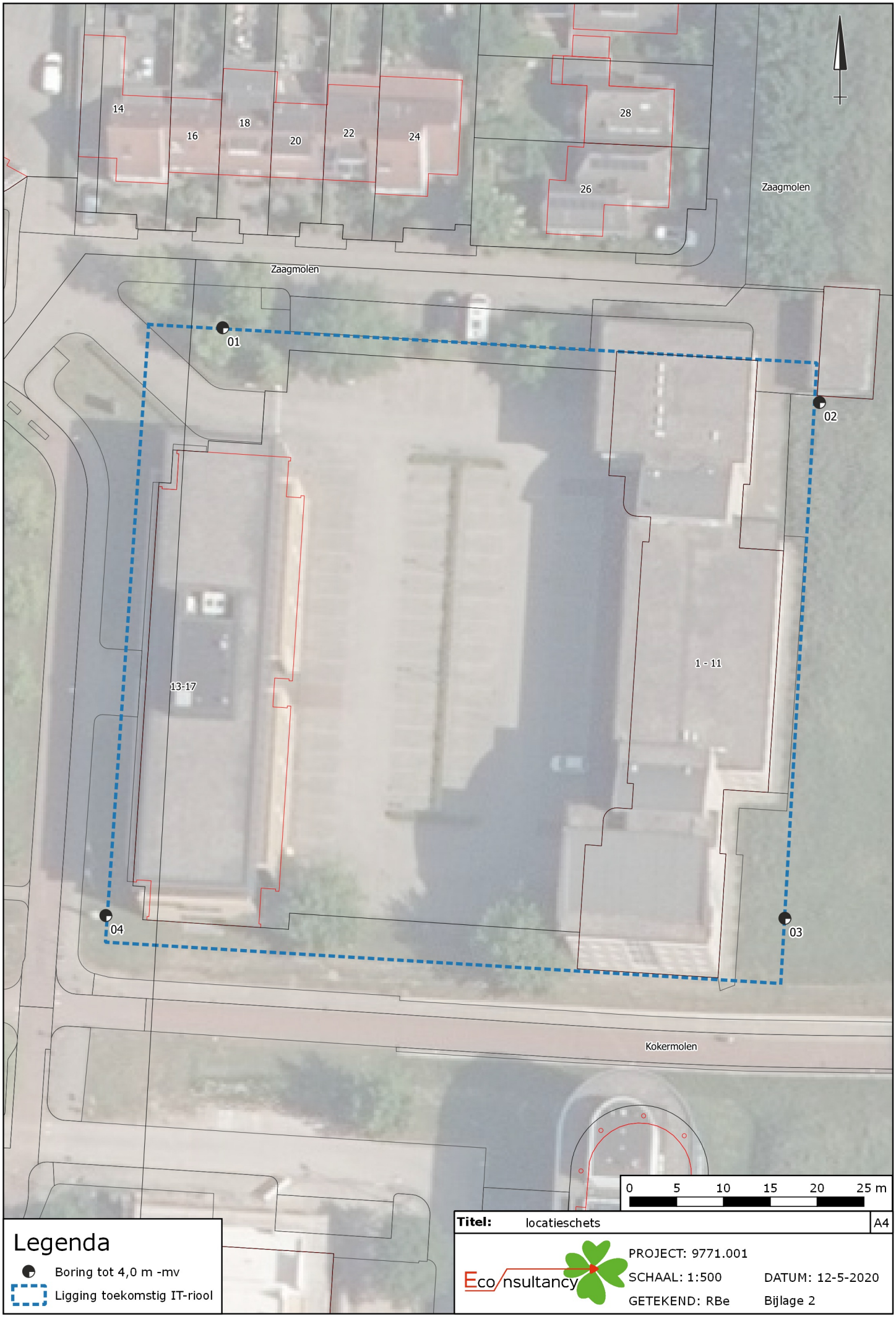
Bij het maken van de keuze voor het type (infiltratie)voorziening en de dimensionering is het daarnaast tevens van belang rekening te houden met de Gemiddelde Hoogste grondwaterstand (GHG), het afstromend verhard oppervlak en het beleid van het bevoegd gezag.

Econsultancy
Boxmeer, 14 mei 2020

Bijlage 1 Topografische ligging van de locatie



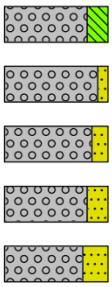
Schaal 1:25.000
Deze kaart is noordgericht


14
16
18
20
22
24
26
28
Zaagmolen
Zaagmolen
01
02
03
04
1 - 11
13-17
Kokermolen
0 5 10 15 20 25 m
Legenda
Boring tot 4,0 m -mv
Ligging toekomstig IT-riool
Titel: locatieschets
A4
Eco nsultancy
PROJECT: 9771.001
SCHAAL: 1:500
DATUM: 12-5-2020
GETEKEND: RBe
Bijlage 2

Bijlage 3 Boorprofielen

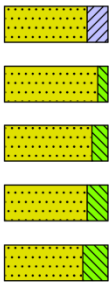
Legenda (conform NEN 5104)

grind



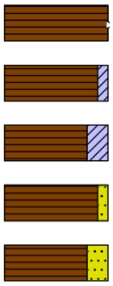
- Grind, siltig
- Grind, zwak zandig
- Grind, matig zandig
- Grind, sterk zandig
- Grind, uiterst zandig

zand



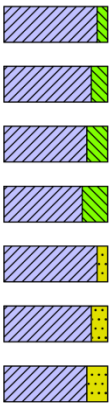
- Zand, kleïig
- Zand, zwak siltig
- Zand, matig siltig
- Zand, sterk siltig
- Zand, uiterst siltig

veen



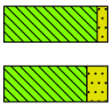
- Veen, mineraalarm
- Veen, zwak kleïig
- Veen, sterk kleïig
- Veen, zwak zandig
- Veen, sterk zandig

klei



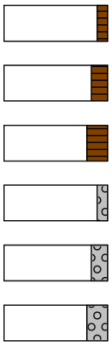
- Klei, zwak siltig
- Klei, matig siltig
- Klei, sterk siltig
- Klei, uiterst siltig
- Klei, zwak zandig
- Klei, matig zandig
- Klei, sterk zandig

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

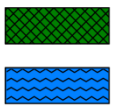
monsters



- geroerd monster
- ongeroerd monster
- volumering

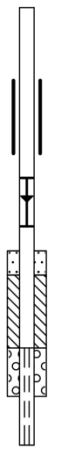
overig

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



- slib
- water

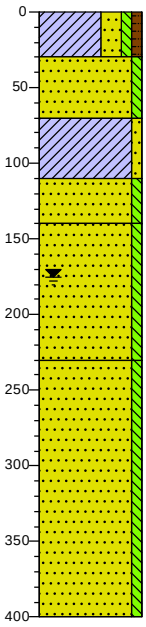
peilbuis



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

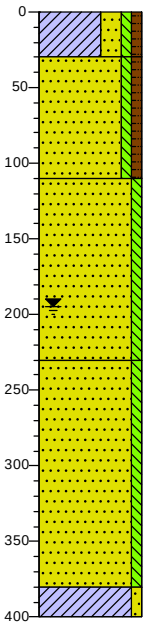
Profielen boringen

Boring: 01



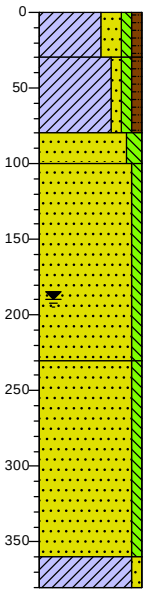
0 groenstrook
30 Klei, vast, sterk zandig, zwak siltig, zwak humeus, zwak baksteenhoudend, grijsbruin, Edelmanboor
70 Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, licht beigegrijs, Edelmanboor
110 Klei, vast, zwak zandig, geelbruin, Edelmanboor
140 Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, grijsbeige, Edelmanboor
230 Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, grijsbeige, Edelmanboor
400 Zand, matig fijn, slap, zwak siltig, grijsbeige, Zuigerboor

Boring: 02



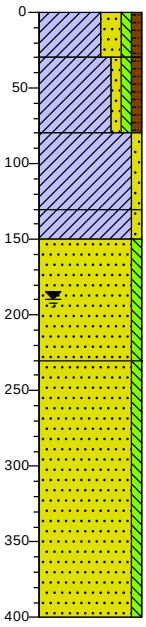
0 gras
30 Klei, vast, sterk zandig, zwak siltig, zwak humeus, zwak baksteenhoudend, grijsbruin, Edelmanboor
110 Zand, zeer fijn, matig stevig, zwak siltig, zwak humeus, brokken klei, grijsbeige, Edelmanboor
230 Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, Edelmanboor
380 Zand, matig fijn, slap, zwak siltig, grijsbeige, Zuigerboor
400 Klei, vast, zwak zandig, beigegrijs, Zuigerboor

Boring: 03



0 gras
30 Klei, vast, sterk zandig, zwak siltig, zwak humeus, zwak baksteenhoudend, grijsbruin, Edelmanboor
80 Klei, vast, zwak zandig, zwak siltig, zwak humeus, grijsbruin, Edelmanboor
100 Zand, zeer fijn, matig stevig, matig siltig, beigegrijs, Edelmanboor
230 Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, grijsbeige, Edelmanboor
360 Zand, matig fijn, slap, zwak siltig, grijsbeige, Zuigerboor
380 Klei, vast, zwak zandig, neutraalgrijs, Zuigerboor

Boring: 04

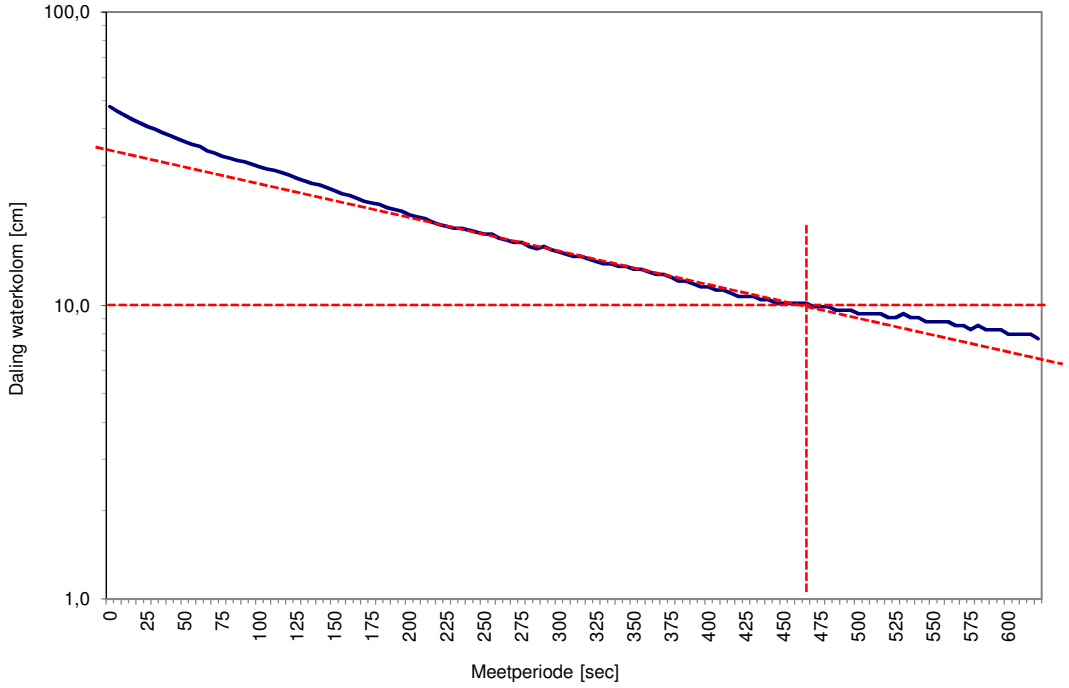


0 gras
30 Klei, vast, sterk zandig, zwak siltig, zwak humeus, zwak baksteenhoudend, grijsbruin, Edelmanboor
80 Klei, vast, zwak zandig, zwak siltig, zwak humeus, grijsbruin, Edelmanboor
130 Klei, vast, zwak zandig, geelbruin, Edelmanboor
150 Klei, vast, zwak zandig, licht beigegrijs, Edelmanboor
230 Zand, matig fijn, matig stevig, zwak siltig, grijsbeige, Edelmanboor
400 Zand, matig fijn, slap, zwak siltig, grijsbeige, Zuigerboor

Getekend volgens NEN 5104

Bijlage 4 Berekende k-waarden

B01 (100-150 cm -mv)

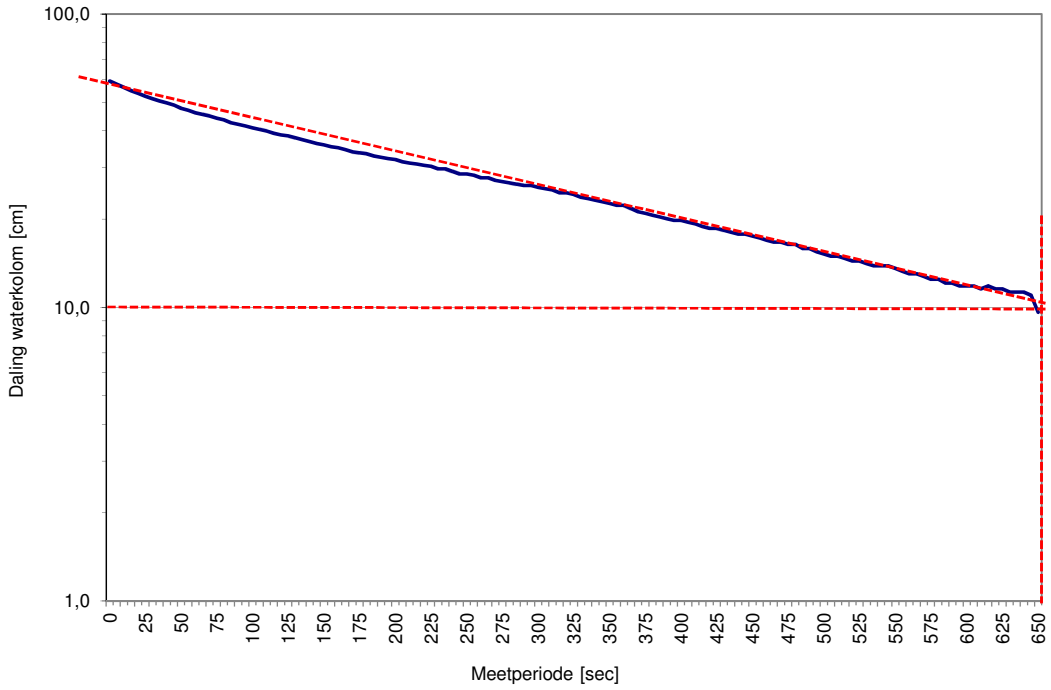


Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	475
LOG h0 [cm]	35
LOG ht [cm]	10
r [cm]	4,5
k m/dag	4,5

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

Eco nsultancy

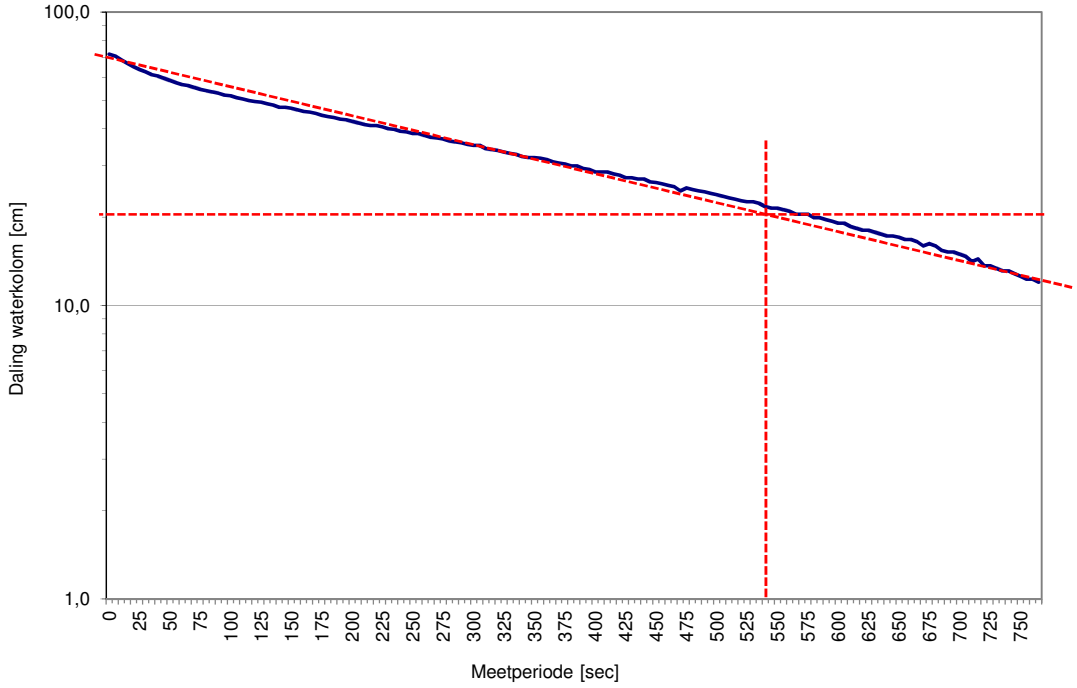
B02 (110-170 cm -mv)



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	650
LOG h0 [cm]	60
LOG ht [cm]	10
r [cm]	4,5
k m/dag	4,9

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

Eco nsultancy

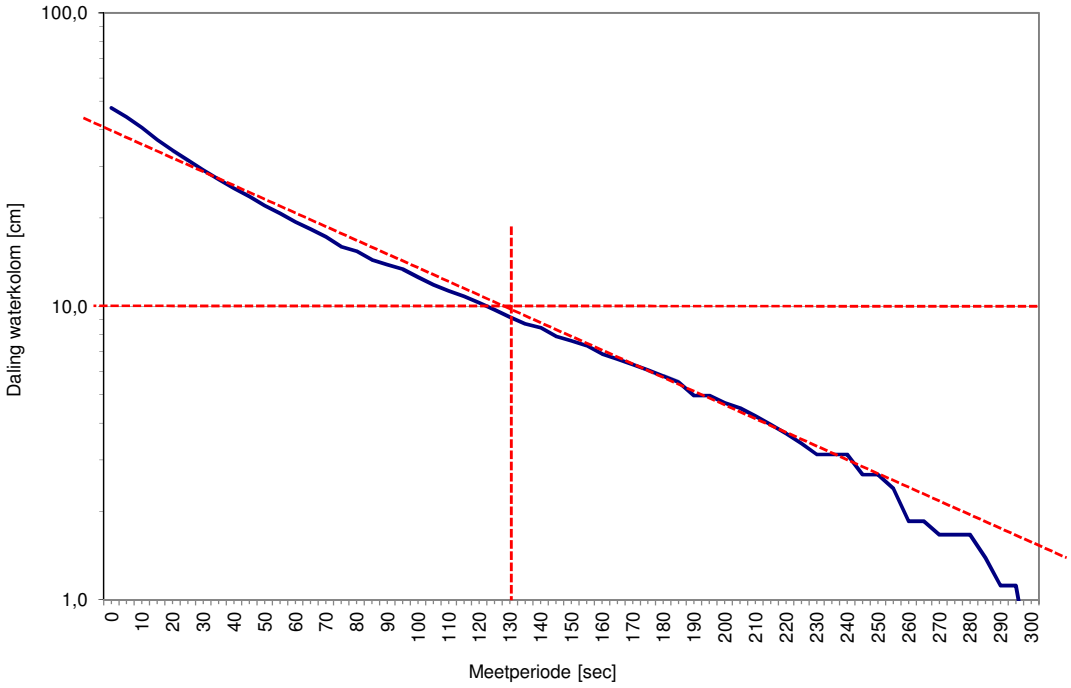


Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	550
LOG h0 [cm]	70
LOG ht [cm]	20
r [cm]	4,5
k m/dag	4,2

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

Eco nsultancy

B04 (100-150 cm -mv)



Omgekeerde boorgatenmethode	
Tijd [sec]	130
LOG h0 [cm]	40
LOG ht [cm]	10
r [cm]	4,5
k m/dag	18,5

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

Eco nsultancy

