

Infiltratieonderzoek

t.b.v. aanvullend infiltratieadvies Willemstraat, Heerlen
GC231496.R01.V2.0

3 juni 2024



Infiltratieonderzoek

t.b.v. aanvullend infiltratieadvies Willemstraat, Heerlen
Documentnummer GC231496.R01.V2.0
3 juni 2024

Opdrachtgever



Auteurs



+31 88 130 06 00
info@geonius.nl
Postbus 1097
6160 BB Geleen

Geonius.nl

Functie	Naam	Handtekening
Adviseur geohydrologie		
Collegiale toets		

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Infiltratieonderzoek	5
2.1	Algemeen.....	5
2.2	Inmeting	5
2.3	Boringen	5
2.4	Doorlatendheidsmetingen	5
3	Bodemgesteldheid	6
3.1	Terrein en projectomgeving.....	6
3.2	Bodemopbouw	6
3.3	Grondwaterstand	6
3.4	Doorlatendheid	7
4	Infiltratie hemelwater	8
4.1	Toetsing	8
4.2	Conclusie	9
5	Dimensionering infiltratievoorziening	10
5.1	Uitgangspunten.....	10
5.1.1	Algemeen.....	10
5.1.2	Wadi.....	10
5.1.3	Infiltratiekratten	11
5.2	Ontwerpadvies.....	11
5.3	Overige ontwerpaspecten	12
5.3.1	Algemeen.....	12
5.3.2	Wadi.....	12
5.3.3	Infiltratiekratten	12
5.4	Voorzuivering en onderhoud	13

Bijlagen

Bijlage 1 Situatietekening

Bijlage 2 Boringen

Bijlage 3 Doorlatendheidsmetingen

Bijlage 4 Dimensionering infiltratievoorziening

1 Inleiding

In opdracht van HVG Real Estate B.V. heeft Geonius een infiltratieonderzoek uitgevoerd en een infiltratieadvies opgesteld. Dit infiltratieadvies bevat de dimensionering van een infiltratievoorziening. Deze infiltratievoorziening is benodigd ten behoeve van de hemelwaterafkoppeling van nieuwbouwwoningen ter plaatse van de Willemstraat / Oude Kerkstraat te Heerlen.

Reeds heeft BKK Bodemadvies B.V. een bodemonderzoek uitgevoerd en de doorlatendheid van de bodem bepaald. Voor de dimensionering van de infiltratievoorzieningen is uitgegaan van de onderzoeken (Tabel 1.1) verstrekt door de opdrachtgever en de verstrekte situatietekening.

Tabel 1.1: Ontvangen documenten

Ref.	Kenmerk	Onderwerp	Datum	Opsteller
[1]	220675.BKK	Verkennd bodem- en infiltratie onderzoek Willemstraat / Oude Kerkstraat te Heerlen	24-02-2023	BKK advies
[2]	230156.BKK	Nader bodem onderzoek Willemstraat / Oude Kerkstraat te Heerlen	14-06-2023	BKK advies
[3]	230420.BKK	Briefrapportage Aanvullend infiltratie onderzoek voor de locatie Bouwplan Franck te Heerlen	30-09-2023	BKK advies

Op basis van bovenstaande onderzoeken heeft Geonius reeds een infiltratieadvies opgesteld (kenmerken GB231496.R01 tot R04) waarin verschillende dimensies van de infiltratievoorziening beschouwd zijn. Om de doorlatendheid van de ondergrond nauwkeuriger vast te stellen heeft Geonius aanvullend op bovengenoemde onderzoeken een onderzoek uitgevoerd naar de doorlatendheid van de diepere bodem uitgevoerd. In voorliggend infiltratieadvies zijn de resultaten van voorliggend onderzoek als leidend beschouwd.

Naar aanleiding van een wijziging van het afwateringsplan is een tweede versie van het infiltratieadvies opgesteld. Het eerdere infiltratieadvies (GC231496.R01.V1.0) komt hiermee te vervallen. In voorliggend rapport is het vernieuwd infiltratieadvies en de dimensionering van de infiltratievoorziening opgenomen. Voor de uitgangspunten voor het ontwerp van de infiltratievoorziening wordt verwezen naar paragraaf 5.1.



Figuur 1.1: Luchtfoto met ligging projectlocatie (rood omkaderd) [bron: PDOK]

2 Infiltratieonderzoek

2.1 Algemeen

Ten behoeve van het grondonderzoek zijn in april 2024 drie machinale boringen en drie doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. Hieronder is het uitgevoerde onderzoek verder beschreven.

2.2 Inmeting

De situering met de coördinaten van de onderzoekspunten zijn op situatietekening GC231496.T01 weergegeven, welke in Bijlage 1 is opgenomen. De onderzoekspunten zijn met behulp van 06-GPS ingemeten t.o.v. het Rijksdriehoekstelsel en NAP met een nauwkeurigheid van ca. 0,1 m. Alle gegevens van de inmeting zijn een momentopname en daarmee alleen te gebruiken in het kader van voorliggend onderzoek.

2.3 Boringen

Om de bodemopbouw te verkennen en doorlatendheidsmetingen uit te kunnen voeren, zijn op de locatie drie machinale boringen (genummerd GC231496 MB01 t/m MB03) tot ca. 10,0 m -maaiveld uitgevoerd. Tijdens de boorwerkzaamheden is het opgeboorde materiaal geïdentificeerd en beschreven conform NEN-EN-ISO 14688-1:2019+NEN 8990:2020: boorklasse B3. De boorstaten zijn gepresenteerd ten opzichte van maaiveld en NAP en zijn opgenomen in Bijlage 2.

2.4 Doorlatendheidsmetingen

In de boorgaten zijn doorlatendheidsmetingen uitgevoerd. Deze zijn genummerd GC231496 DM01 t/m DM03 en zijn opgenomen in Bijlage 3.

De doorlatendheidsmetingen zijn volgens de omgekeerde open-boorgatmethode (Porchet) uitgevoerd. Om de meting te kunnen uitvoeren, wordt allereerst een gat geboord tot de onderkant van de te beproeven laag. Vervolgens wordt in het boorgat water toegevoegd en wordt de daling van de grondwaterstand per tijdseenheid gemeten. Hieruit kan de doorlatendheid worden berekend.

2.5 Archiefgegevens

Aanvullend op het grondonderzoek zijn met een bureauonderzoek gegevens verzameld van de projectlocatie. Hiervoor zijn de volgende bronnen geraadpleegd:

- Projectarchief Geonius
- DINOLoket van TNO;
- Grondwatertools van TNO;
- Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN);

3 Bodemgesteldheid

3.1 Terrein en projectomgeving

Het terrein was ten tijde van de uitvoering van het grondonderzoek bebouwd, de boorpunten waren vrij toegankelijk en begroeid met gras.

Tijdens de uitvoering van het infiltratieonderzoek lag het maaiveld ter plaatse van de onderzoekspunten op een niveau van NAP +109,9 tot +109,7 m. Op basis van de ingemeten onderzoekspunten heeft het terrein een hoogteverschil van ca. 0,2 m.

3.2 Bodemopbouw

De bodemopbouw is op basis van het uitgevoerde grondonderzoek en de geraadpleegde openbare bronnen geïnterpreteerd en beschreven in Tabel 3.1. Het aangehouden maaiveld is gelijk aan bovenkant laag 1.

Tabel 3.1: Bodemopbouw

Laag 1:21 Antropogeen			
Laag	van	tot	Formatie GRONDSOORT, conditie, bijmenging (en bijzonderheden)
	in m t.o.v. NAP		
1	+109,9 à +109,7	+109,3	<i>Antropogeen</i> SILT, sterk zandig of ZAND, middelgrof, sterk grindig, (met baksteen, kolengruis)
2	+109,3	+99,7	<i>Formatie van Boxtel (Laagpakket van Schimmert)</i> SILT, sterk zandig, weinig roest

Onder de antropogene toplaag wordt tot een diepte van ca. 10 m -maaiveld een homogeen sterk zandig siltpakket aangetroffen behorend tot de Formatie van Boxtel (Laagpakket van Schimmert). Dit wijkt af van het eerder uitgevoerde grondonderzoek waar tot een diepte van ca. 7 m -maaiveld een zwak zandig leem pakket met daaronder tot ca. 10 m -maaiveld een sterk zandige kleilaag is aangetroffen. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de boorstaten uit het eerder uitgevoerde bodemonderzoek beschreven zijn volgens NEN 5104.

3.3 Grondwaterstand

Het grondwaterniveau is tijdens de uitvoering van het grondonderzoek in de boorgaten niet aangetroffen tot de maximaal verkende diepte van ca. 10,0 m -maaiveld. Dit komt overeen met ca. NAP +99,7 m. Het grondwaterniveau is, conform de gegevens verstrekt door de opdrachtgever, tijdens de uitvoering van het grondonderzoek in de peilbuizen vastgesteld op een diepte van 7,7 m à 9,3 m -maaiveld. Dit komt overeen met ca. NAP +101,5 m. Het betreft hierbij slechts een tweetal metingen, waardoor deze waarnemingen slechts een indicatie betreffen.

Bij de boringen zijn roestverschijnselen aangetroffen vanaf een niveau van ca. NAP +109,3 m. Dit kan duiden op de aanwezigheid van hangwater tot dit niveau.

De grondwaterstand verschilt van seizoen tot seizoen en wordt beïnvloed door zomer-/winterpeil, variërende neerslag, lagenopbouw en lokale omstandigheden (aanvoer van grondwater uit hoger gelegen gebieden, grondwateronttrekkingen, kwel en/of inzijging). Het is niet uit te sluiten dat in nattere of drogere jaargetijden een hogere of lagere grondwaterstand kan worden aangetroffen. Exacte vaststelling van de grondwaterpotentialen en fluctuatie hiervan, kan alleen middels frequente en/of langdurige peilbuismetingen worden verkregen.

Op basis van peilbuisgegevens en een isohypsenkaart van TNO Grondwatertools, en het IBRAHYM model van het Nederlands Hydrologisch Instrumentarium wordt de gemiddeld hoogste grondwaterstand (GHG) op de locatie door ons ingeschat op ca. NAP +97,5 m, ca. 12,3 m -maaiveld.

3.4 Doorlatendheid

Om de doorlatendheid van de bodem ten behoeve van infiltratie te berekenen, zijn drie proeven in de onverzadigde zone uitgevoerd volgens de omgekeerde open-boorgatmethode (Porchet) uitgevoerd voor de horizontale doorlatendheid.

Bij de doorlatendheidsproeven worden drie metingen uitgevoerd. De eerste meting geeft in de onverzadigde zone meestal een hogere doorlatendheid omdat de aanwezige grond dan nog niet verzadigd is. Bij de volgende twee metingen raakt de grond langzaam verzadigd. De derde meting is meestal maatgevend voor de doorlatendheid. De reikwijdte van gemeten doorlatendheden als ook de doorlatendheden conform de gegevens verstrekt door de opdracht zijn opgenomen in Tabel 3.2. De resultaten van de metingen zijn opgenomen in Bijlage 3.

Tabel 3.2: Gemeten doorlatendheden door Geonius en, doorlatendheden uit eerdere bodemonderzoeken

Meting	Traject [m -maaiveld]	Traject [m t.o.v. NAP]	GRONDSOORT, conditie, bijmenging (en bijzonderheden)	Doorlatendheid [m/d]
DM01	1,5 - 10,0	+108,4 tot +99,9	SILT, sterk zandig, weinig roest	0,1 - 0,3
DM02	2,2 - 10,0	+107,5 tot +99,7	SILT, sterk zandig, weinig roest	0,1 - 0,5
DM03	0,5 - 10,0	+109,2 tot +99,7	SILT, sterk zandig, weinig roest	0,5 - 0,7
<i>220675.BKK doorlatendheden ondiepe bodem</i>				
INF01-B02	1,9 - 2,0	+108,1 tot +108,0	LEEM, zwak zandig	0,1
INF02-B06	1,9 - 2,0	+108,1 tot +108,0	LEEM, zwak zandig	0,1
INF03-B12	1,9 - 2,0	+108,1 tot +108,0	LEEM, zwak zandig	<0,1
<i>230420.BKK doorlatendheden diepe bodem</i>				
INF01	8,0 - 10,0	+102,0 tot +100,0	KLEI, sterk zandig	1,9 - 2,2
INF02	7,0 - 9,0	+103,0 tot +101,0	KLEI, sterk zandig	2,8 - 7,7
INF03	7,0 - 9,0	+103,0 tot +101,0	KLEI, sterk zandig	6,5 - 6,6

In tegenstelling tot de verwachting valt de eerste meting lager uit dan de opvolgende metingen. Dit kan verklaard worden door de silthoudende ondergrond en mogelijke versmering van de boorgatwand. Tijdens het boren is het boorgat mogelijk versmeerd met silt, waarna het boorgat tijdens de eerste meting (deels) instort en schoonspoelt. De opvolgende metingen vinden plaats in het ruimere gat waarbij een (meer representatieve) hogere doorlatendheid gemeten wordt.

De gemeten doorlatendheden op diepte verschillen significant ten opzichte van het eerder uitgevoerde bodemonderzoek door BKK. De door Geonius gehanteerde onderzoeksmethode wordt gebruikt om de doorlatendheid van de bodem in stationaire toestand zo nauwkeurig mogelijk te bepalen. Aangezien deze metingen wordt uitgevoerd wanneer de bodem verzadigd is, kan deze significant lager uitvallen dan wanneer de meting wordt uitgevoerd in een droge bodem. Om te garanderen dat ook in natte periodes de voorziening in staat is het afgekoppelde hemelwater te infiltreren, worden de (lagere) stationaire doorlatendheden gezien de aangetroffen grondslag als maatgevend beschouwd.

4 Infiltratie hemelwater

Over het algemeen wordt gesteld dat infiltratie van hemelwater interessant is indien:

- de doorlatendheid groter is dan ca. 0,2 m/d*;
- de grondwaterstand dieper dan 0,5 à 0,7 m minus maaiveld aanwezig is;
- het in te leiden hemelwater niet is verontreinigd.

* Infiltratie van hemelwater behoort bij lagere doorlatendheden ook tot de mogelijkheden mits hiervoor voldoende ruimte gereserveerd wordt om de geringe doorlatendheid te compenseren. Bij lagere doorlatendheden zal een voorziening voornamelijk als buffer functioneren.

4.1 Toetsing

In Tabel 4.1 zijn de maatgevende doorlatendheden weergegeven ter plaats van de metingen. De doorlatendheid van de bodem is geclassificeerd en tevens is weergegeven of de doorlatendheid aan de eerste eis voldoet.

Tabel 4.1: toetsing waterdoorlatendheid conform Cultuurtechnisch Vademecum (2008)

Meting	Traject [m - maaiveld]	Traject [m t.o.v. NAP]	Maatgevende doorlatendheid [m/d]	Classificatie doorlatendheid bodem	Gunstige mogelijkheden voor infiltratie
DM01	1,5 - 10,0	+108,4 tot +99,9	0,3	Matig	Ja
DM02	2,2 - 10,0	+107,5 tot +99,7	0,5	Vrij goed	Ja
DM03	0,5 - 10,0	+109,2 tot +99,7	0,5	Vrij goed	Ja
<i>220675.BKK doorlatendheden ondiepe bodem</i>					
INF01-B02	1,9 – 2,0	+108,1 tot +108,0	0,1	Matig	Nee
INF02-B06	1,9 – 2,0	+108,1 tot +108,0	0,1	Matig	Nee
INF03-B12	1,9 – 2,0	+108,1 tot +108,0	<0,1	Slecht	Nee
<i>230420.BKK doorlatendheden diepe bodem</i>					
INF01	8,0 – 10,0	+102,0 tot +100,0	1,9	Goed	Ja
INF02	7,0 – 9,0	+103,0 tot +101,0	6,5	Goed	Ja
INF03	7,0 – 9,0	+103,0 tot +101,0	6,8	Goed	Ja

Aan de tweede eis wordt voldaan aangezien het grondwater niet wordt verwacht boven een diepte van ca. 12,3 m -maaiveld ofwel NAP +97,5 m.

Aan de derde eis kan worden voldaan door alleen het schone regenwater te infiltreren. Voor infiltratie van het water zal een zand- en slibvangsysteem moeten worden aangebracht.

De mogelijkheden voor infiltratie zijn als volgt:

1. Infiltratie in de bovengrond (tot ca. 1,0 m -maaiveld) door middel van oppervlakkige infiltratie via doorlatende verharde oppervlakten. Dit behoort gezien de matige doorlatendheid van de toplaag niet tot de mogelijkheden, en is geen economisch aantrekkelijke oplossing en zeer gevoelig voor dichtslibben (met name in de aangetroffen geroerde, silthoudende ondergrond). Daarnaast heeft doorlatende verharding geen of een beperkte waterbergende functie. Doorlatende verhardingen kunnen wel toegepast worden om het af te koppelen oppervlak (en dus de toestroom van hemelwater) te beperken, bijvoorbeeld door de verhardingen met grind of grasbetontegels uit te

voeren. Tevens zal rekening gehouden moeten worden met de geroerde top laag, deze zal moeten worden verwijderd en vervangen door goed doorlatend materiaal.

2. Infiltratie in de bovengrond (tot ca. 1,0 m -maaiveld) middels een open bovengronds systeem zoals een infiltratieveld, wadi of greppel. Dit behoort gezien de matige doorlatendheid van de top laag niet tot de mogelijkheden, en zal ten koste gaan van de beschikbare ruimte. Afhankelijk van de beschikbare ruimte is dit wel een economisch aantrekkelijk, robuust en goed onderhoudbaar systeem welke als buffer kan fungeren.
3. Infiltratie in de ondiepe ondergrond (tot ca. 3,5 m -maaiveld) middels een ondergronds systeem. Hierbij valt te denken aan infiltratie via infiltratiekratten, infiltratiekoffers, putten en/of infiltratierool. Dit behoort gezien de matige doorlatendheid van de top laag beperkt tot de mogelijkheden. Het gekozen infiltratiesysteem dient wel op voldoende afstand van de bestaande bouw en nieuwbouw geprojecteerd te worden.
4. Infiltratie naar de diepere ondergrond (dieper dan ca. 3,5 m -maaiveld). Dit kan middels grindpalen naar een dieper niveau. Dit behoort tot de mogelijkheden, maar is gezien de silthoudende ondergrond en de afwezigheid van grondwater op 10 m -mv een slecht te onderhouden systeem. Er zal rekening gehouden moeten worden met het regelmatig reinigen van de grindpalen om het functioneren van de infiltratievoorziening te garanderen.

4.2 Conclusie

Uit de gemeten doorlatendheden, de gegevens verstrekt door de opdrachtgever, en verwachte grondwaterstand blijkt dat infiltratie van hemelwater maar beperkt tot de mogelijkheden behoort. De doorlatendheid van de ondiepe ondergrond is slecht tot matig, en van de diepe ondergrond (<10 m -mv) matig tot goed. De doorlatendheid van de diepe bodem op het traject van ca. 2,0 m tot ca. 10,0 m -maaiveld bedraagt over dit traject gemiddeld ca. 0,5 m/dag. De doorlatendheid van de bodem van ca. 5,0 m tot ca. 10,0 m -maaiveld bedraagt tijdens de eerste meting <0,1 m/dag. Gezien de verzadigde metingen niet tot dit niveau reiken kan aangenomen worden dat de doorlatendheid van de bovenliggende laag van 2,0 m tot ca. 5,0 m -maaiveld ten minste 0,5 m/dag is.

Conform het afwateringsplan van de opdrachtgever en de vrij goede doorlatendheid van de diepere ondergrond adviseren wij voor infiltratie van het afgekoppelde hemelwater een gecombineerde infiltratievoorziening in de ondiepe ondergrond bestaande uit een wadi en infiltratiekratten. Hierbij dient rekening gehouden te worden met het regelmatig onderhouden en schoonspoelen van de infiltratievoorziening om dichtslibben van het bodemfilter te voorkomen.

In het volgende hoofdstuk wordt berekend welke afmetingen de infiltratievoorziening minimaal dient te hebben om aan de eisen van de gemeente Heerlen te voldoen.

5 Dimensionering infiltratievoorziening

5.1 Uitgangspunten

Ten aanzien van de het totaal afwaterende oppervlak, de vrij goede doorlatendheid van de diepere ondergrond en de wensen van de opdrachtgever wordt navolgend een ondiep infiltratiesysteem uitgewerkt. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een wadi en infiltratiekratten voor het bergen en infiltreren van het merendeel van het afgekoppelde hemelwater. Tevens is een gecombineerde krattenvoorziening gedimensioneerd voor de drie toegen uitgangen daar deze i.v.m. de hoogteligging in het plangebied niet op de eerste voorziening aangesloten kunnen worden.

Bij het dimensioneren van de voorziening zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

5.1.1 Algemeen

- conform het afwateringsplan versie I d.d. 02-05-2024 verstrekt door de opdrachtgever bedraagt het totale afwaterend oppervlak voor de uitbreiding ca. 6.263 m²: 2.380 m² dakoppervlak, 760 m² verharding terrassen achtertuin, 2.700 m² gesloten verharding welke op de gecombineerde voorziening worden aangesloten, en 423 m² aanvullende verharding welke separaat wordt afgekoppeld;
- conform de gegevens verstrekt door de opdrachtgever en de beleidsregels van de hemelwaterverordening gemeente Heerlen 2023, dient de voorziening gedimensioneerd te worden op een bui T=200 jaar (80 mm in 2 uur);
- de hoeveelheid toestromend water is berekend op basis van het afwaterend oppervlak, het oppervlak van de wadi, en de gehanteerde bui. De uitkomst van deze berekeningen bedraagt ca. 506,1 m³ voor de hoofd voorziening, en ca. 33,8 m³ voor de separaat afgekoppelde voorzieningen;
- conform de eisen van de hemelwaterverordening gemeente Heerlen 2023 wordt een ledigingstijd van maximaal 48 uur gehanteerd;
- bij de dimensionering van de voorziening wordt uitgegaan van infiltratie tijdens de bui;
- voor de doorlatendheid is op basis van de maatgevende doorlatendheidsmetingen een k-waarde gehanteerd van 0,1 m/dag voor de ondiepe bodem (<2,0 m -maaiveld) op basis van het onderzoek aangeleverd door de opdrachtgever, en een doorlatendheid van 0,5 m/dag voor de diepe bodem (2,0 m tot 10,0 m -maaiveld) op basis van het infiltratieonderzoek;
- conform ISSO-publicatie 70.1 is de afvloeiingscoëfficiënt aangehouden op 1; wat wil zeggen dat alle neerslag op het beschouwde oppervlak, in het infiltratiesysteem terecht komt;

5.1.2 Wadi

- Conform het afwateringsplan versie I d.d. 02-05-2024 verstrekt door de opdrachtgever is voor de berekeningen voor de wadi uitgegaan van een ruimtebeslag van ca. 30 m x 15 m (ca. 450 m²), een talud van 1:3, een diepte van 0,7 m, en een waakhogte van 0,2 m. De maximale waterdiepte komt hiermee op 0,5 m;
- voor het dimensioneren van een voorziening middels een wadi is als doorlatend oppervlak conform de Leidraad Riolering 40% van de hoogte van de wanden meegenomen en 100% van het bodemoppervlak.

5.1.3 Infiltratiekratten

- Voor het dimensioneren van een voorziening middels infiltratiekratten is als doorlatend oppervlak conform de Leidraad Riolerig 60% van de hoogte van de wanden meegenomen en 0% van het bodemoppervlak (als gevolg van dichtslibben);
- Voor de berekening is uitgegaan van een porositeit van 95% voor de kratten.

Indien wordt afgeweken van voornoemde uitgangspunten dan dient ons bureau te worden gecontacteerd daar dan het advies mogelijk moet worden aangepast.

5.2 Ontwerpadvies

In Tabel 5.1 is berekend welke dimensionering de gecombineerde voorziening minimaal moet hebben om aan de eisen te voldoen en of de voorziening daarmee aan de ledigingstijd voldoet. Hierbij is uitgegaan van een gecombineerde voorziening waarbij de waterberging wordt verzorgd door een combinatie van een wadi en infiltratiekratten. De infiltratie van het hemelwater naar de diepere lagen vindt voornamelijk plaats doormiddel van de wanden van de infiltratiekratten.

Tabel 5.1: Afmetingen infiltratievoorzieningen: wadi en infiltratiekratten bij bui T=200 (80 mm in 2 uur)

Dimensionering wadi:

Bodem (lxb) [m]	Diepte [m]	Waakhoogte [m]	Talud	Ruimtebeslag (lxb) [m]	Infiltrerend oppervlak [m ²]	Berging [m ³]	Infiltratie [m ³ /uur]
25,8 x 12,0	0,7	0,2	1:3	30 x 16,2	438,6	184,3	1,5

Dimensionering krattensysteem:

Afmetingen (lxbxh) [m]	Porositeit [%]	Minimale gronddekking [m]	Wandoppervlak [m ²]	Berging [m ³]	Infiltratie [m ³ /uur]
200,0 x 0,8 x 1,98	95	0,6	795,2	301,0	9,9

Totaal:

Bergingseis [m ³]	Berging [m ³]	Infiltratie [m ³ /uur]	Capaciteit* [m ³]	Leegloopvoorziening [l/s/ha]	Leeglooptijd [uur]	Controle
506,1	485,2	11,4	508,1	0	44,2	Voldoet

*De capaciteit van de voorziening is gelijk aan het totale bergingsvolume inclusief het geïnfiltreerde water tijdens de bui.

De benodigde capaciteit conform de beleidsregels van de hemelwaterverordening gemeente Heerlen 2023 bedraagt 506,1 m³ wanneer het oppervlak van de gedimensioneerde wadi wordt meegenomen. Wanneer een wadi gerealiseerd wordt met een bergend volume van ca 185 m³ is een strook van ca. 200 m aan infiltratiekratten noodzakelijk om zowel aan de bergingseis als de ledigingstijd van de voorziening te voldoen.

In Tabel 5.2 is berekend welke dimensionering benodigd is om aan de eisen voor de separaat afgekoppelde 423 m² verhard oppervlak te voldoen. Hierbij is één enkele strook kratten gedimensioneerd welke naar verhouding van het af te koppelen oppervlak over de drie delen verdeeld dient te worden.

Tabel 5.2: Dimensionering infiltratiekratten separaat afgekoppeld oppervlak

Afmetingen (lxbxh) [m]	Porositeit [%]	Minimale gronddekking [m]	Wandoppervlak [m ²]	Capaciteit* [m ³]	Infiltratie [m ³ /uur]	Leeglooptijd [uur]
36,0 x 0,8 x 1,2	95	0,6	88,3	35,0	1,1	30,7

*De capaciteit van de voorziening is gelijk aan het totale bergingsvolume inclusief het geïnfiltreerde water tijdens de bui.

Afhankelijk van de beschikbare ruimte kunnen afwijkende afmetingen worden toegepast. Bij de berekeningen is uitgegaan van een stationaire situatie. De berekeningen zijn opgenomen in Bijlage 4.

5.3 Overige ontwerpaspecten

5.3.1 Algemeen

Het infiltratiesysteem dient van een noodoverstort te worden voorzien. Bij zeer intensieve buien zal het systeem het toestromend hemelwater mogelijk niet kunnen verwerken. Doormiddel van een noodoverstort kan het hemelwater gecontroleerd naar elders afstromen, zoals het gemeentelijk (HWA) riool. Indien gekozen wordt voor een ondergrondse overstort op het gemeentelijke riool dan dient de overstort van een terugslagklep te worden voorzien. Daarbij dient rekening gehouden te worden met de hoogte van de overstort, deze moet onder vrij verval kunnen afstromen richting het riool.

5.3.2 Wadi

Tijdens de aanleg van de wadi dient te worden opgelet dat de bodem niet wordt dichtgereden of verslemt door bouwverkeer. In deze fase vormt ook het dichtslibben van de bodem door bouwafval, zand en slib een risico welke de infiltratiecapaciteit negatief beïnvloedt.

Wij adviseren de wadi van een bodemfilter te voorzien met humeus materiaal. Hierop kan vegetatie groeien, waarvan de beworteling zorgt voor een doorlopend poriënstelsel, hetgeen de infiltratie bevordert.

Het maaien van de grasgedeeltes van de wadi dient in goede weersomstandigheden plaats te vinden. Er dient voorkomen te worden dat eventuele beplanting de wadi overwoekerd. Afgevallen blad dient regelmatig uit de voorziening verwijderd te worden.

5.3.3 Infiltratiekratten

Bij de dimensionering van de infiltratievoorziening is de beschikbare ruimte in beschouwing genomen. De afmetingen in de praktijk kunnen op verschillende manieren tot stand komen, het is ter competentie van de aannemer er op toe te zien dat de minimale voorgeschreven bergingscapaciteit wordt gehandhaafd.

Wij adviseren de infiltratie-elementen op voldoende afstand (minimaal ca. 2 meter) van belendende bebouwing aan te brengen, of zo nodig een waterdicht folie tussen de infiltratievoorziening en de belendingen aan te brengen. Dit om het risico op vernatting van de ondergrond als gevolg van de infiltratievoorzieningen te voorkomen; met stabiliteitsverlies als gevolg.

Alvorens de ondergrondse voorziening wordt aangebracht zal er een filterdoek moeten worden aangebracht. In dit doek moet het infiltratie-element worden aangelegd. Zodoende wordt een goede scheiding verkregen tussen de bestaande grondslag en het element. Gebruik bij voorkeur geotextielen met een hoge O_{90} -waarde ($> 300 \mu\text{m}$) en een waterdoorlatendheid hoger dan 35 l/s/m^2 .

Op de bufferelementen zal een minimale gronddekking van 0,6 tot 0,8 meter aanwezig moeten zijn, indien er belastingen en verkeer op het maaiveld zijn voorzien (e.e.a. conform opgave leverancier). Tevens wordt deze diepte geadviseerd als te hanteren vorstvrije diepte.

De aansluiting van het afwaterende dakoppervlak kan direct door middel van riolering (HWA) worden gerealiseerd. Indien in het afvoersysteem van het dak koper en/of zink is gebruikt is mogelijk wel toepassing van een bodemfilter noodzakelijk. Hemelwater dat op het dak valt, wordt via een (kunststof) dakgoot naar een verticale standleiding getransporteerd. Daarin dient een bladafscheider te worden voorzien welke bladeren en grof vuil uitwerpt en die tevens dienst doet als overstort bij extreme regenval. Voor een groot deel worden verstoppingen in leidingen en voorzieningen hiermee voorkomen.

In verband met ontluchting bij het vullen van het element dient het systeem van ontluchtingsbuizen naar het maaiveld te worden voorzien. Indien gewenst kan het volledig ontwerp van de hemelwaterafvoer en de terreininrichting door ons bureau nader worden uitgewerkt.

5.4 Voorzuivering en onderhoud

Door bezinking van slibdeeltjes kan vervuiling van het systeem optreden, waardoor de goede werking wordt beïnvloed. Het is daarom gewenst om bij de inlaat van het systeem een slibvang in te bouwen, zodat vuil, bladeren, etc. kunnen worden afgevangen. Daarnaast kan het noodzakelijk zijn om het aanvoersysteem op te schonen. Wij adviseren hiervoor voorzieningen aan te brengen. Wij wijzen er nadrukkelijk op het infiltratiesysteem regelmatig van onderhoud te voorzien.

Het maaien van de grasgedeeltes van de wadi dient in goede weersomstandigheden plaats te vinden. Er dient voorkomen te worden dat eventuele beplanting de wadi overwoekert. Afgevallen blad dient regelmatig uit de voorziening verwijderd te worden.

Zonder regelmatige reiniging / doorspuiten hebben veel infiltratiesystemen na ca. 3 jaar nog maar 50% van de oorspronkelijke infiltratiecapaciteit beschikbaar, en functioneert het systeem na 5 tot 10 jaar enkel nog als buffer. Het dichtslibben van infiltratiesystemen is ook het gevolg van fijnstof, welke niet met een reguliere zandvang of bezinkput kan worden afgevangen en welke slechts deels uit een dichtgeslibd systeem te verwijderen is.

Het te infiltreren hemelwater dient gezuiverd te worden door middel van een bodemfilter of zuiverend substraat. Voor infiltratie van het water zal een zand- en slibvangsysteem moeten worden aangebracht.

We adviseren een bodemfilter aan te leggen in de toplaag van de wadi. Een bodemfilter bestaat uit een organische stof- en lutumhoudende toplaag waarin verontreinigingen zich binden. De samenstelling moet een compromis zijn tussen het bindend vermogen van verontreinigingen en de waterdoorlaatbaarheid van de toplaag. Aanbevolen wordt om een bodemfilter aan te leggen met een lutumgehalte van 3 - 5 % en een organische stofgehalte van 2 - 4 %. Indien organische stof wordt toegevoegd, dient dit te gebeuren in de vorm van stabiele humus, omdat 'verse' organische stof (amorphe humusdelen) gemakkelijk uitspoelt en dus ook de hieraan gebonden verontreinigingen.

Er dient rekening gehouden te worden met het dichtslibben van het bodemfilter. Het goed functioneren ervan zal dan ook sterk onderhoudsafankelijk zijn. Er wordt dan ook geadviseerd de doorlatendheid van het bodemfilter periodiek te meten en indien nodig het bodemfilter te vervangen.

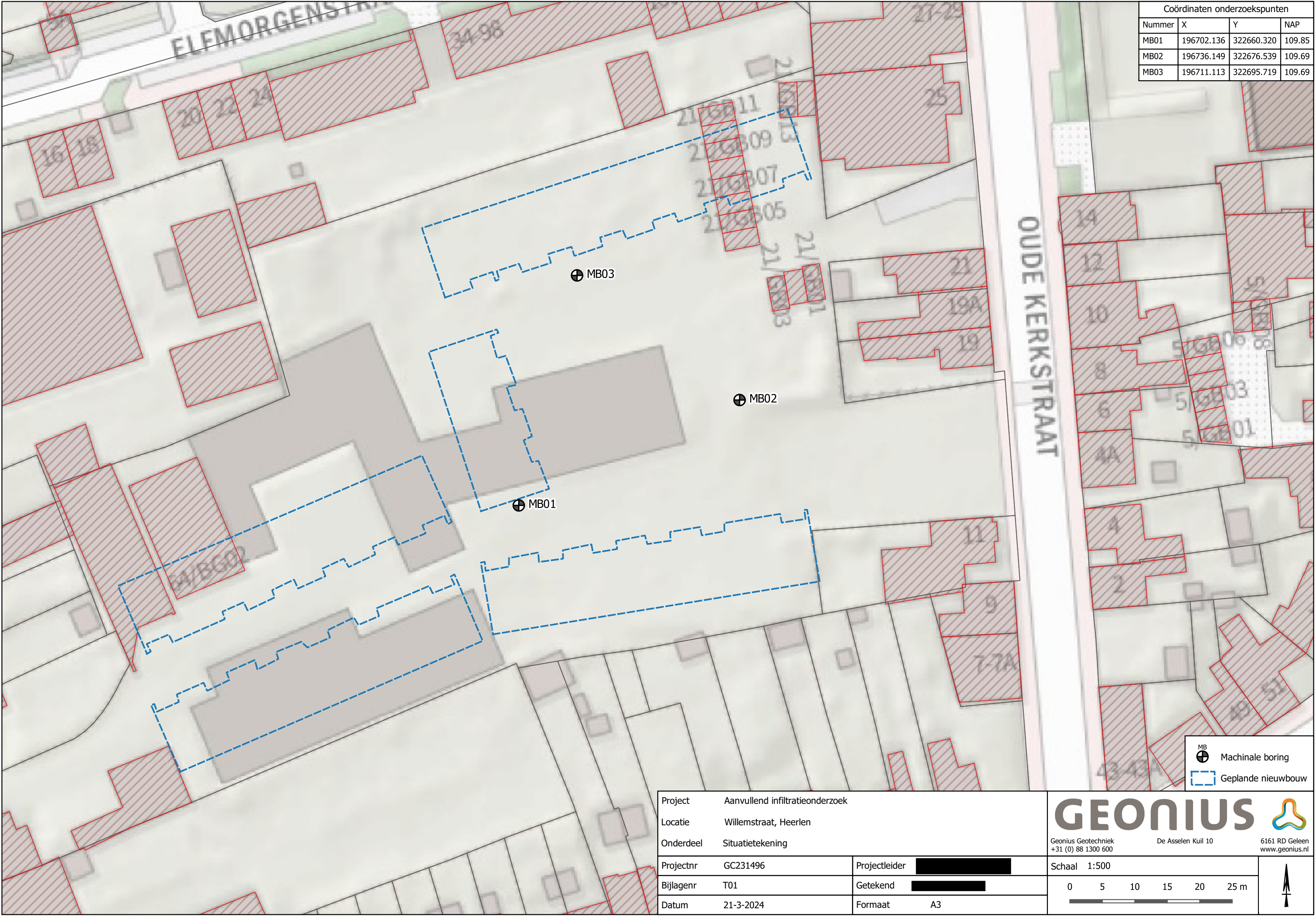
Er zijn voorzuiveringssystemen beschikbaar waarmee tot ca. 80% van de vaste bestanddelen uit het te infiltreren water kunnen worden afgevangen. Zo kan toepassing van een goede voorzuivering en regelmatig onderhoud de levensduur van een infiltratiesysteem significant verlengen. Ook kan een vertraagde afvoer naar het riool of oppervlaktewater middels een regelbare debietbegrenzer worden toegepast, zodat de beschikbaarheid van de voorziening ook na een verminderde infiltratiecapaciteit kan worden gewaarborgd.

Geonius heeft monitoringssystemen beschikbaar waarmee het waterpeil en de leeglooptijd van het systeem kan worden gemonitord. Deze kunnen worden toegepast ten behoeve van de controle van de werking van het systeem, op basis waarvan het onderhoudsregime kan worden bepaald. Indien gewenst kunnen we hierin nader adviseren, tevens kan het volledig ontwerp van de hemelwaterafvoer en de terreininrichting door ons bureau nader worden uitgewerkt.

Bijlagen

Bijlage

Bijlage 1 Situatietekening



Coördinaten onderzoekspunten			
Nummer	X	Y	NAP
MB01	196702.136	322660.320	109.85
MB02	196736.149	322676.539	109.69
MB03	196711.113	322695.719	109.69

-  MB Machinale boring
-  Geplande nieuwbouw

Project	Aanvullend infiltratieonderzoek	
Locatie	Willemstraat, Heerlen	
Onderdeel	Situatietekening	
Projectnr	GC231496	Projectleider 
Bijlagenr	T01	Getekend 
Datum	21-3-2024	Formaat A3

GEONIUS

Geonius Geotechniek
+31 (0) 88 1300 600

De Asselen Kuil 10
6161 RD Geleen
www.geonius.nl



6161 RD Geleen
www.geonius.nl

Schaal 1:500

0510152025 m





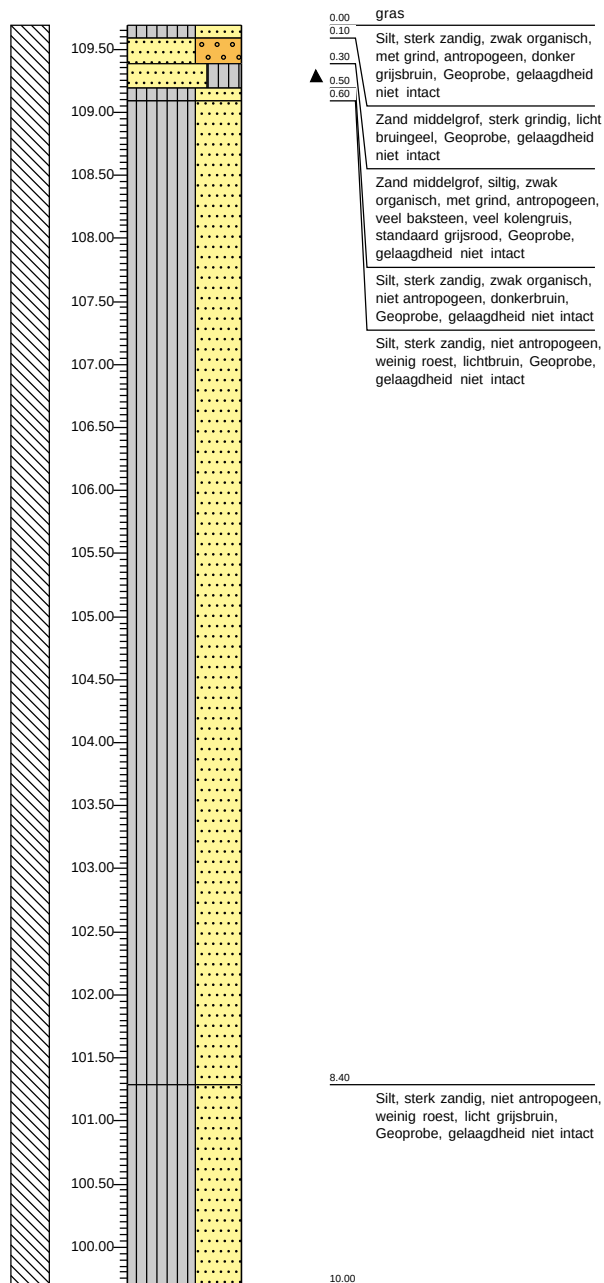
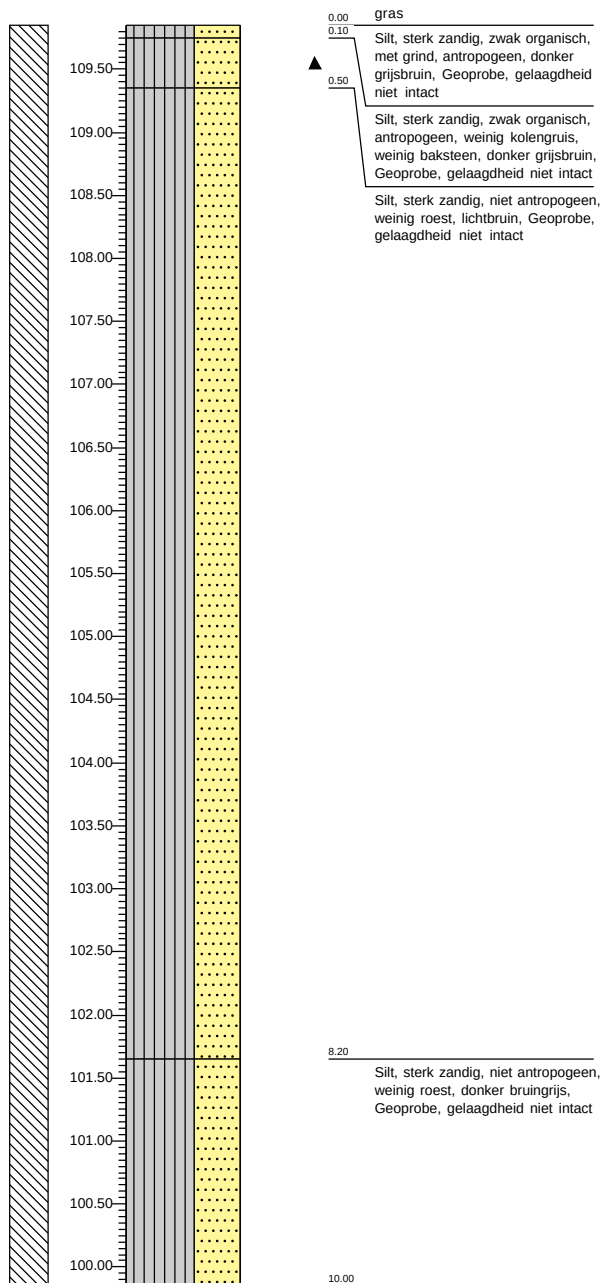
Bijlage 2 Boringen

Boring: MB01
Maaiveldhoogte: 109.85 m.t.o.v. N.A.P.
Datum: 20-3-2024

X-coördinaat: 196702,14
Y-coördinaat: 322660,32

Boring: MB02
Maaiveldhoogte: 109.69 m.t.o.v. N.A.P.
Datum: 20-3-2024

X-coördinaat: 196736,15
Y-coördinaat: 322676,54



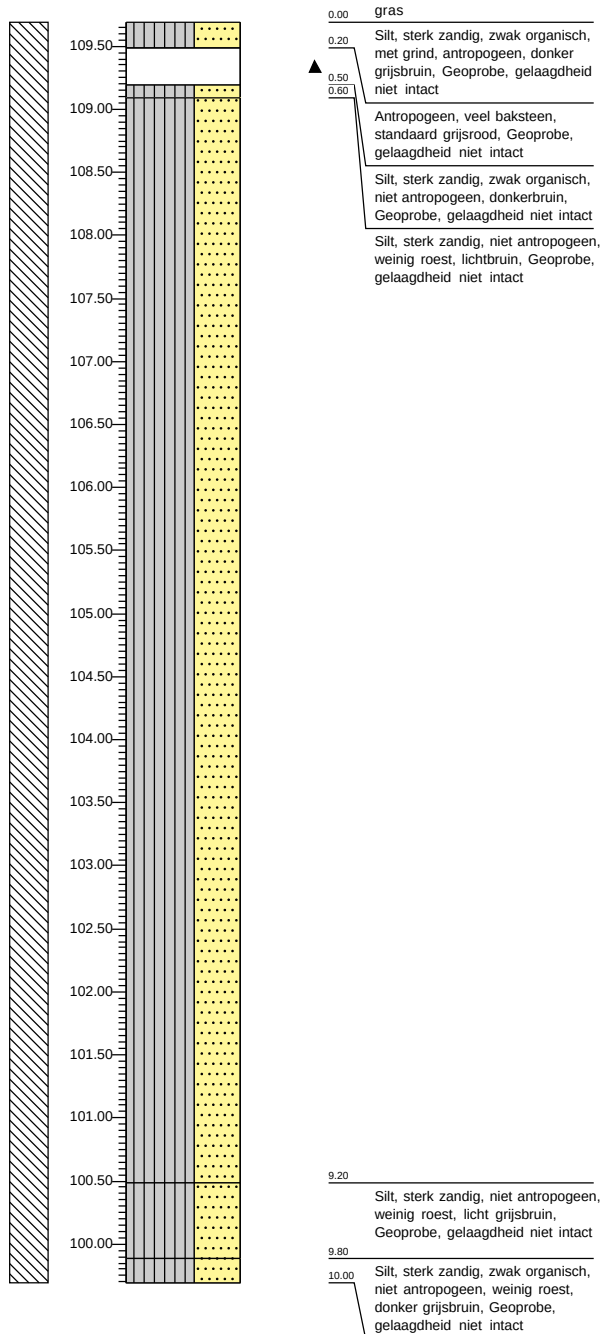
Boring: MB03

Maaiveldhoogte: 109.69 m.t.o.v. N.A.P.

X-coördinaat: 196711,11

Datum: 20-3-2024

Y-coördinaat: 322695,72



Bijlage 3 Doorlatendheidsmetingen

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen:

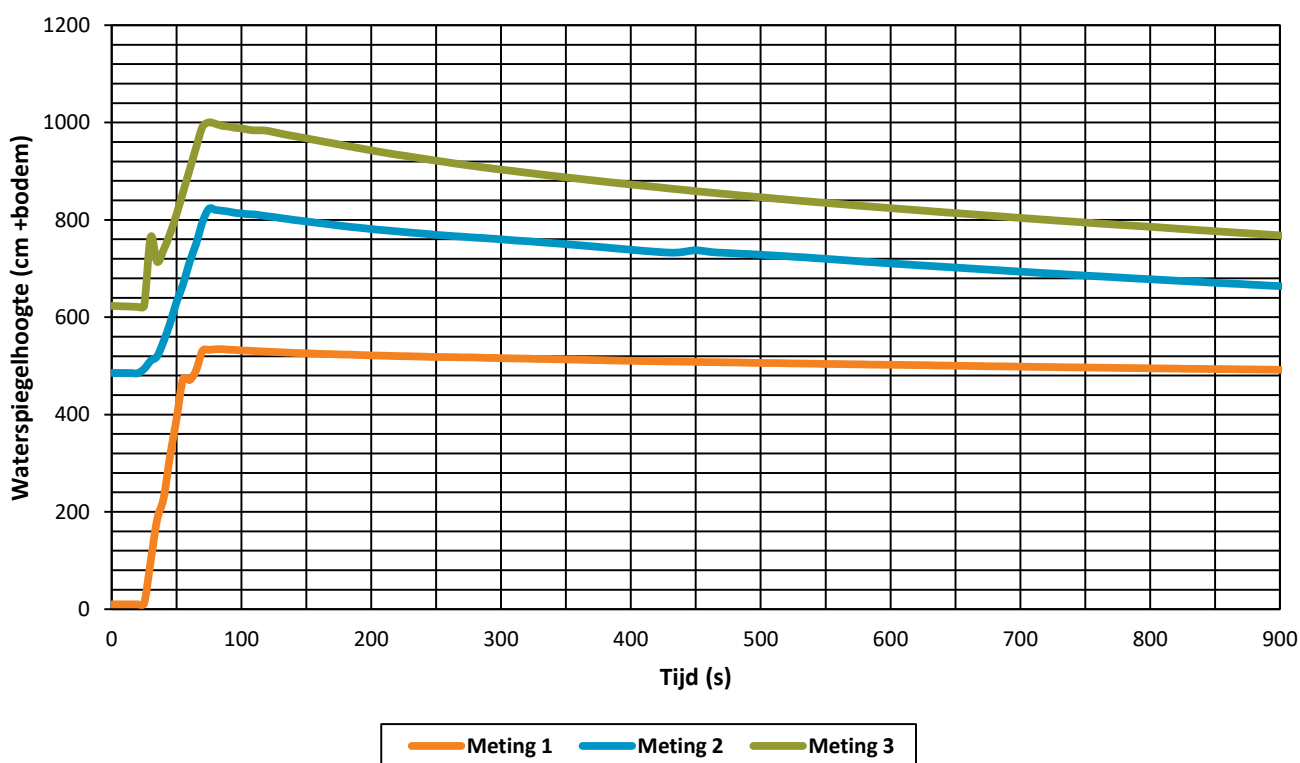
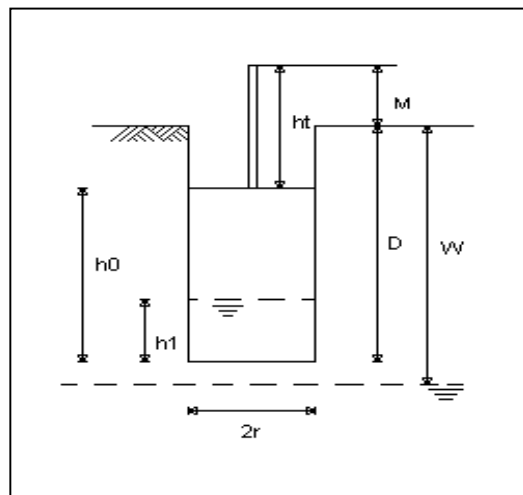
$$k_f = 1,15 \cdot r \cdot (\log(h_0 + r/2) - \log(h_1 + r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

Hierbij is :

- h₀ = waterhoogte in boorgat op tijdstip t = t₀
h₁ = waterhoogte in boorgat op tijdstip t = t₁
r = radius boorgat
dt = verlopen tijd van t = t₀ tot t = t₁

Onderzoekswaarden:

Diepte boorgat	D:	1000	cm
Standaardhoogte	M:	100	cm
Radius boorgat	R:	2,75	cm
Niveau grondwater	W:	-	cm



Meet sessie 1		
t ₀	=	500 sec
h ₀	=	506,1 cm
t ₁	=	800 sec
h ₁	=	495,0 cm
k _f	=	1,0E-06 m/s
rc	=	-3,7E-04 m/s
k	=	0,1 m/d

Meet sessie 2		
t ₀	=	500 sec
h ₀	=	728,4 cm
t ₁	=	800 sec
h ₁	=	678,0 cm
k _f	=	3,3E-06 m/s
rc	=	-1,7E-03 m/s
k	=	0,3 m/d

Meet sessie 3		
t ₀	=	500 sec
h ₀	=	846,5 cm
t ₁	=	800 sec
h ₁	=	785,8 cm
k _f	=	3,4E-06 m/s
rc	=	-2,0E-03 m/s
k	=	0,3 m/d

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen:

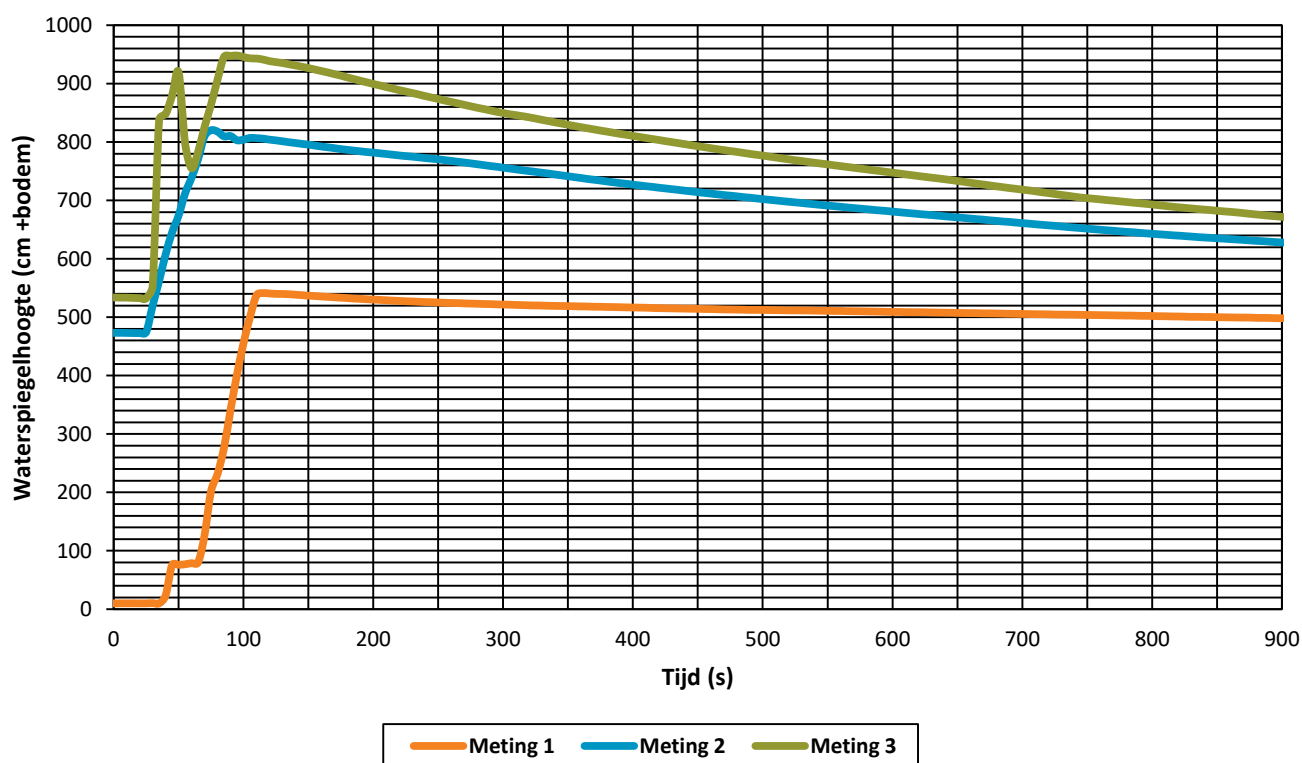
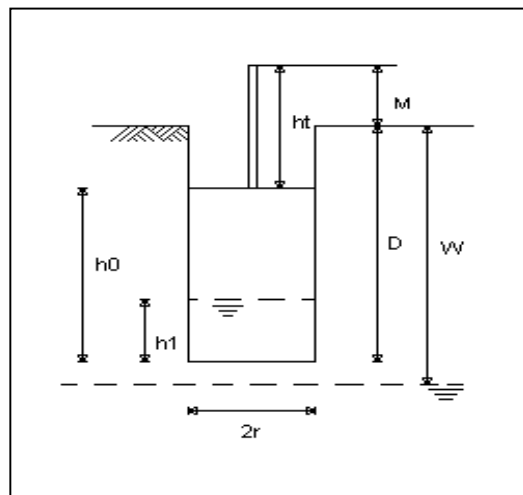
$$k_f = 1,15 \cdot r \cdot (\log(h_0 + r/2) - \log(h_1 + r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

Hierbij is :

- h_0 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_0$
 h_1 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_1$
 r = radius boorgat
 dt = verlopen tijd van $t = t_0$ tot $t = t_1$

Onderzoekswaarden:

Diepte boorgat	D: 1000	cm
Standaardhoogte	M: 100	cm
Radius boorgat	R: 2,75	cm
Niveau grondwater	W: -	cm



Meet sessie 1		
t_0	=	500 sec
h_0	=	512,5 cm
t_1	=	800 sec
h_1	=	502,1 cm
k_f	=	9,3E-07 m/s
rc	=	-3,4E-04 m/s
k	=	0,1 m/d

Meet sessie 2		
t_0	=	500 sec
h_0	=	702,2 cm
t_1	=	800 sec
h_1	=	642,8 cm
k_f	=	4,0E-06 m/s
rc	=	-2,0E-03 m/s
k	=	0,3 m/d

Meet sessie 3		
t_0	=	500 sec
h_0	=	776,8 cm
t_1	=	800 sec
h_1	=	693,1 cm
k_f	=	5,2E-06 m/s
rc	=	-2,8E-03 m/s
k	=	0,5 m/d

Formule om de doorlatendheid volgens Porchet te bepalen:

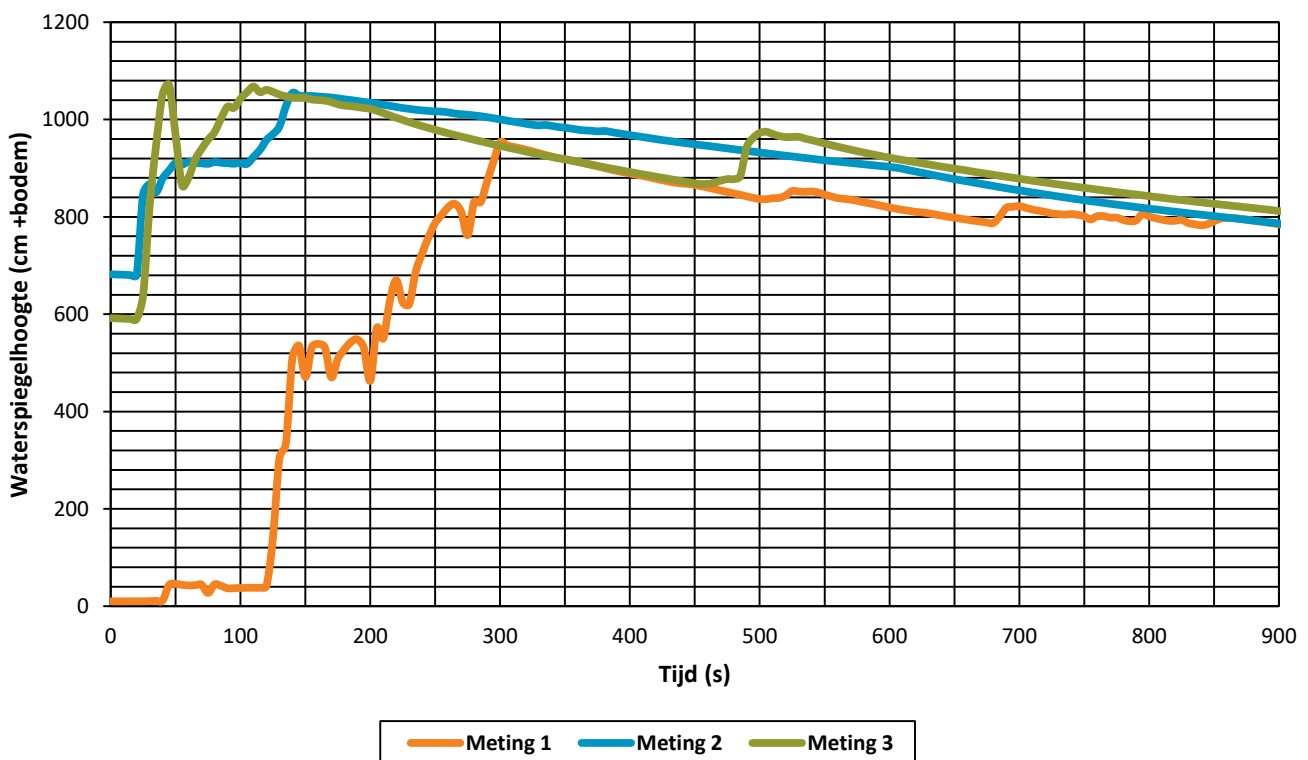
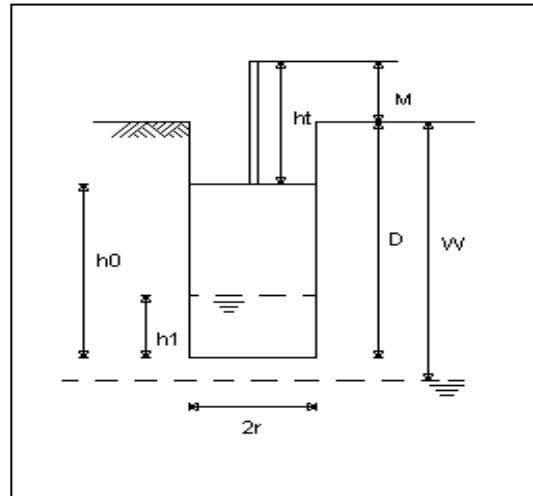
$$k_f = 1,15 \cdot r \cdot (\log(h_0 + r/2) - \log(h_1 + r/2)) / dt \text{ [cm/s]}$$

Hierbij is :

- h_0 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_0$
 h_1 = waterhoogte in boorgat op tijdstip $t = t_1$
 r = radius boorgat
 dt = verlopen tijd van $t = t_0$ tot $t = t_1$

Onderzoekswaarden:

Diepte boorgat	D: 1000	cm
Standaardhoogte	M: 100	cm
Radius boorgat	R: 2,75	cm
Niveau grondwater	W: -	cm



Meet sessie 1		
t_0	=	550 sec
h_0	=	845,9 cm
t_1	=	650 sec
h_1	=	798,5 cm
k_f	=	7,9E-06 m/s
rc	=	-4,7E-03 m/s
k	=	0,7 m/d

Meet sessie 2		
t_0	=	500 sec
h_0	=	932,4 cm
t_1	=	800 sec
h_1	=	816,8 cm
k_f	=	6,0E-06 m/s
rc	=	-3,9E-03 m/s
k	=	0,5 m/d

Meet sessie 3		
t_0	=	550 sec
h_0	=	951,0 cm
t_1	=	850 sec
h_1	=	827,0 cm
k_f	=	6,4E-06 m/s
rc	=	-4,1E-03 m/s
k	=	0,6 m/d

Bijlage 4 Dimensionering infiltratievoorziening

Overzicht gecombineerde infiltratievoorzieningen

Uitgangspunten:

Gehanteerde norm: Heerlen (80mm T=200)

Waterkolom	:	80	[mm]
Duur bui	:	120	[min]
Maximale ledigingstijd	:	48	[uur]

Af te koppelen oppervlak:

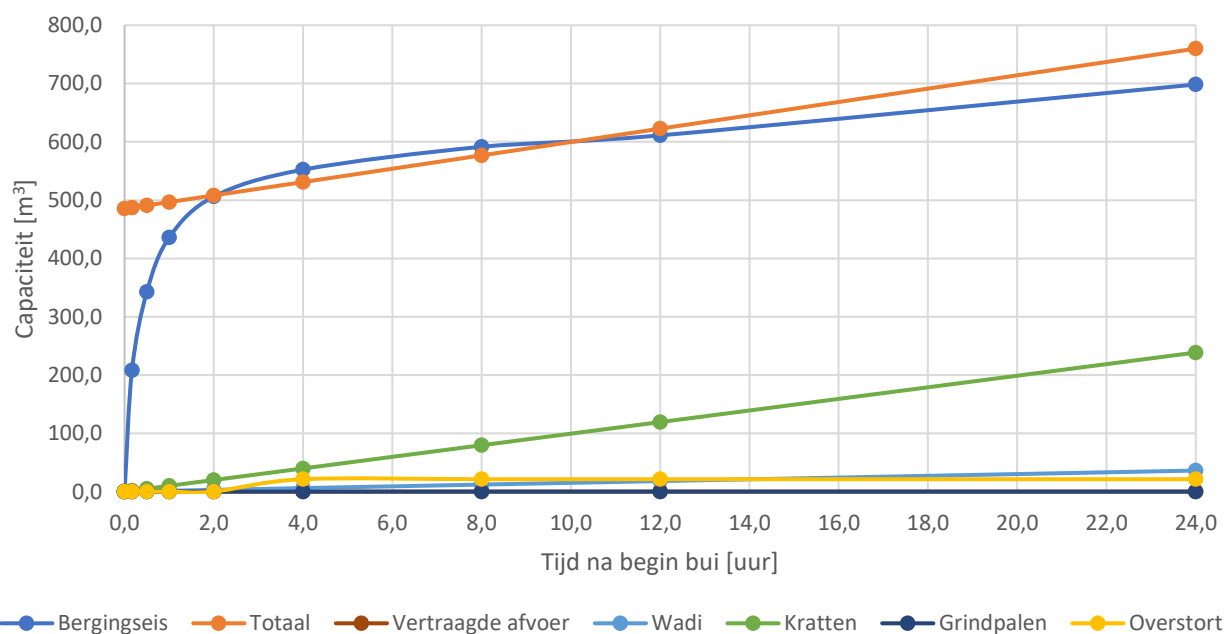
Verhard oppervlak	:	5840	[m ²]
Aanvullend oppervlak	:	486,00	[m ²]
Totaal oppervlak:	:	6326	[m ²]

Bergingseis: 506,08 [m³]

Dimensionering van de voorzieningen

	Bergingscapaciteit:		Infiltratiecapaciteit:		Totale capaciteit:	
Waterdichte berging	:	0,0 [m ³]	-	[m ³ /uur]	0,0 [m ³]	
Vetraagde afvoer	:	- [m ³]	0,0	[m ³ /uur]	0,0 [m ³]	
Wadi	:	184,3 [m ³]	1,5	[m ³ /uur]	187,3 [m ³]	
Infiltratiekratten	:	301,0 [m ³]	9,9	[m ³ /uur]	320,8 [m ³]	
Grindpalen	:	0,0 [m ³]	0,0	[m ³ /uur]	0,0 [m ³]	
Totaal	:	485,2 [m ³]	11,4	[m ³ /uur]	508,1 [m ³]	
Ledigingstijd:	:	44,2 [uur]				

Infiltratie en afvoer



Voorziening voldoet aan gestelde eisen, maar overstroomt bij bui langer dan t = 2 uur.

Infiltratie met wadi, greppel of infiltratieveld uitgaande van stationaire toestand

Uitgangspunten:

Neerslag:			Bodem:			Overige voorzieningen:		
Waterkolom	h:	80 [mm]	Doorlatendheid	k:	0,1 [m/d]	Berging:	301,0	[m ³]
Duur bui	t:	120 [min]	Veiligheidsfactor	:	1 [-]	Vertraagde afvoer:	0,0	[l/s/ha]
Oppervlak	A:	6326 [m ²]	Wandfactor	:	0,4 [-]	Infiltratie:	9,9	[m ³ /uur]
Reductiefactor	r:	1 [-]	Bodemfactor	:	1 [-]	Capaciteit:	320,8	[m ³]
Bergingseis	V:	506,1 [m ³]	Verhang	l:	1,0 [-]			

Dimensionering van de voorziening

Afmetingen:						Ruimtebeslag inclusief talud:				
Lengte bodem	l:	25,8	[m]	Waakhoogte:	0,2	[m]	Lengte	l:	30,0	[m]
Breedte bodem	b:	12,0	[m]	Talud:	1 op 3	[m]	Breedte	b:	16,2	[m]
Hoogte	h:	0,7	[m]	Porositeit:	100	[%]	Infiltrerend oppervlak:	438,6	[m ²]	

Infiltratie en afvoer

Infiltratievoorziening:

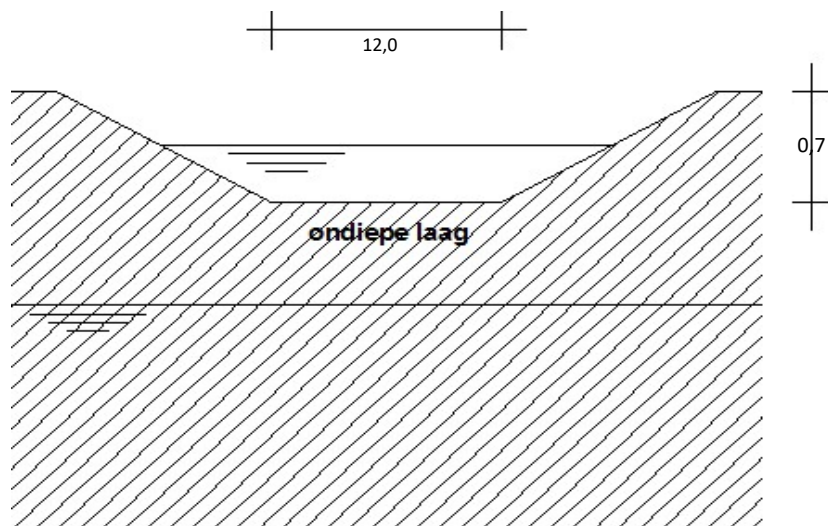
Berging voorziening:	184,3	[m ³]
Debiet voorziening:	1,5	[m ³ /uur]
Capaciteit voorziening:	187,3	[m ³]

Overige voorzieningen:

Vertaagde afvoer tijdens bui:	0,0	[m ³]
Capaciteit:	320,8	[m ³]

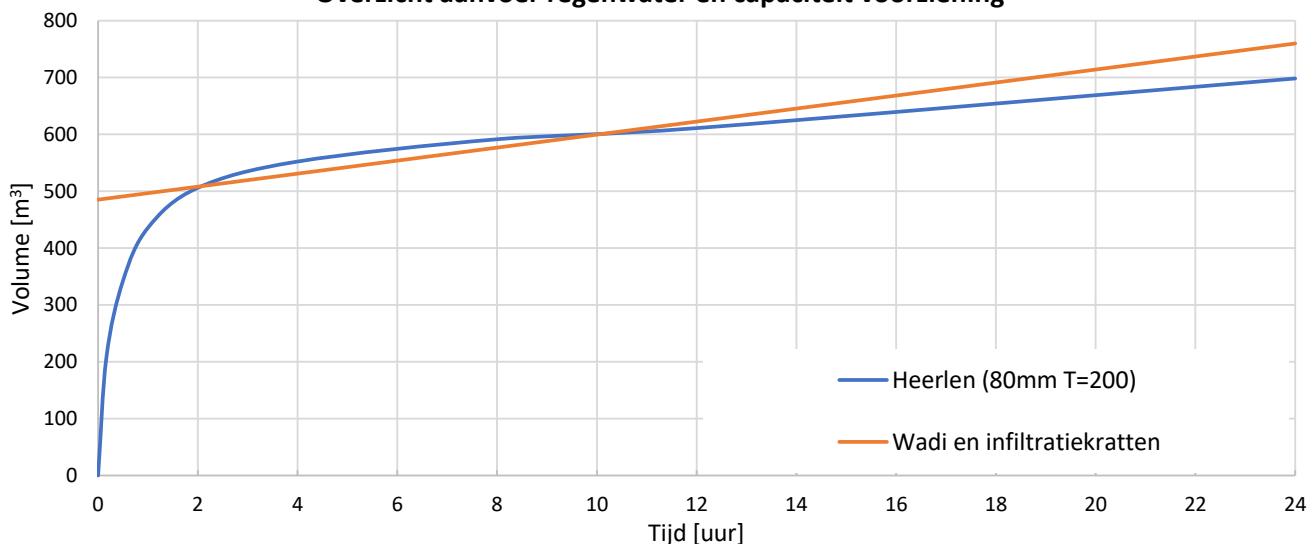
Controle:

Beschikbare capaciteit:	508,1	[m ³]
Benodigde capaciteit:	506,1	[m ³]
Leeglooptijd:	42,2	[uur]
Max. overschot regenwater:	21,2	[m ³]



Voorziening voldoet aan gestelde eisen, maar overstroomt bij bui langer dan t = 2 uur.

Overzicht aanvoer regenwater en capaciteit voorziening



Infiltratie met infiltratiekratten of grindkoffers uitgaande van stationaire toestand

Uitgangspunten:

Neerslag:			Bodem:			Overige voorzieningen:		
Waterkolom	h:	80 [mm]	Doorlatendheid	k:	0,5 [m/d]	Berging:	184,3	[m ³]
Duur bui	t:	120 [min]	Veiligheidsfactor	:	1 [-]	Vertraagde afvoer:	0,0	[l/s/ha]
Oppervlak	A:	6326 [m ²]	Wandfactor	:	0,4 [-]	Infiltratie:	1,5	[m ³ /uur]
Reductiefactor	r:	1 [-]	Bodemfactor	:	1 [-]	Capaciteit:	187,3	[m ³]
Bergingseis	V:	506,1 [m ³]	Verhang	l:	1,0 [-]			

Dimensionering van de voorziening

Kratten:			Ruimtebeslag:		
Aantal:					
Lengte:	200	[x 1,0 m]	Porositeit:	95	[%]
Breedte:	1	[x 0,8 m]			
Hoogte:	3	[x 0,7 m]	Infiltrerend oppervlak:	795,2	[m ²]
			Lengte	l:	200,0 [m]
			Breedte	b:	0,8 [m]
			Hoogte	h:	2,0 [m]

Infiltratie en afvoer

Infiltratievoorziening:

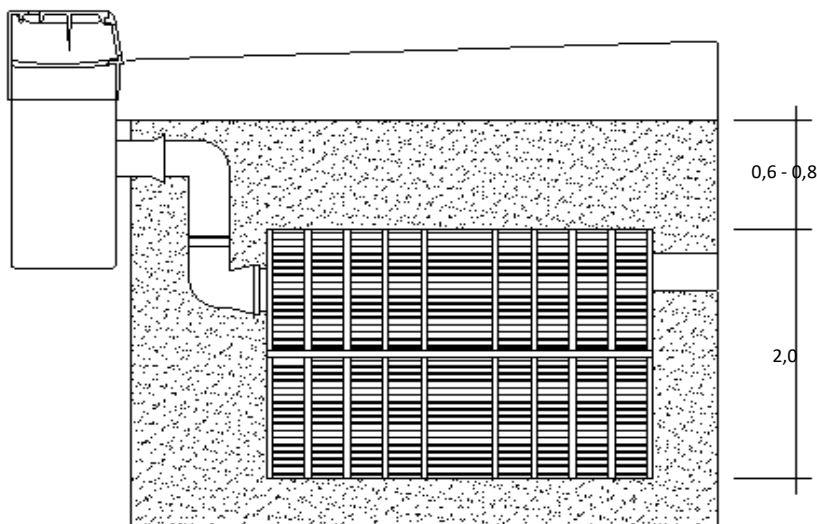
Berging voorziening:	301,0	[m ³]
Debiet voorziening:	9,9	[m ³ /uur]
Capaciteit voorziening:	320,8	[m ³]

Overige voorzieningen:

Vertaagde afvoer tijdens bui:	0,0	[m ³]
Capaciteit:	187,3	[m ³]

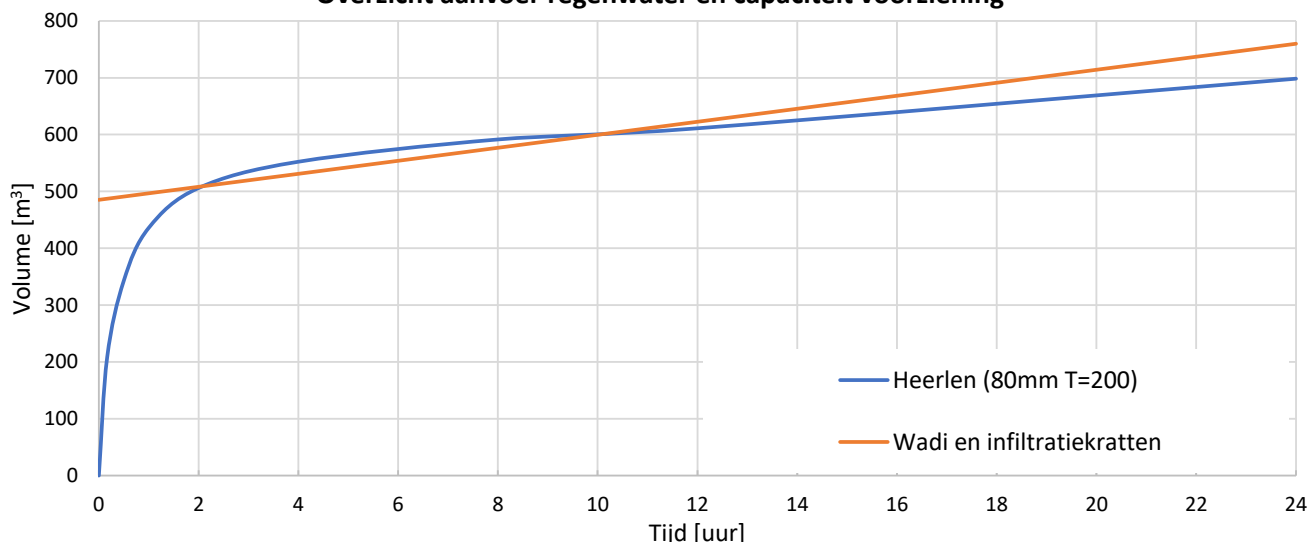
Controle:

Beschikbare capaciteit:	508,1	[m ³]
Benodigde capaciteit:	506,1	[m ³]
Leeglooptijd:	42,2	[uur]
Max. overschot regenwater:	21,2	[m ³]



Voorziening voldoet aan gestelde eisen, maar overstroomt bij bui langer dan t = 2 uur.

Overzicht aanvoer regenwater en capaciteit voorziening



Uitgangspunten:

Neerslag:				Bodem:				Overige voorzieningen:			
Waterkolom	h:	80	[mm]	Doorlatendheid	k:	0,5	[m/d]	Berging:	0,0	[m ³]	
Duur bui	t:	120	[min]	Veiligheidsfactor	:	1	[-]	Vertraagde afvoer:	0,0	[l/s/ha]	
Oppervlak	A:	423	[m ²]	Wandfactor	:	0,4	[-]	Infiltratie:	0,0	[m ³ /uur]	
Reductiefactor	r:	1	[-]	Bodemfactor	:	1	[-]	Capaciteit:	0,0	[m ³]	
Bergingseis	V:	33,8	[m ³]	Verhang	l:	1,0	[-]				

Kratte:			Aantal:			Ruimtebeslag:		
Lengte:	30	[x 1,2 m]	Porositeit:	95	[%]	Lengte l:	36,0	[m]
Breedte:	1	[x 0,8 m]				Breedte b:	0,8	[m]
Hoogte:	3	[x 0,4 m]	Infiltrerend oppervlak:	88,3	[m ²]	Hoogte h:	1,2	[m]

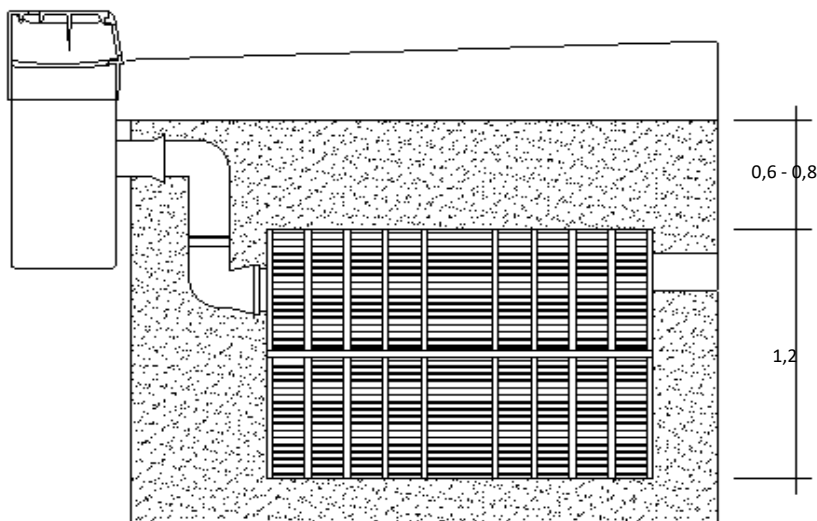
Infiltratievoorziening:

Berging voorziening:	32,8	[m ³]
Debiet voorziening:	1,1	[m ³ /uur]
Capaciteit voorziening:	35,0	[m ³]

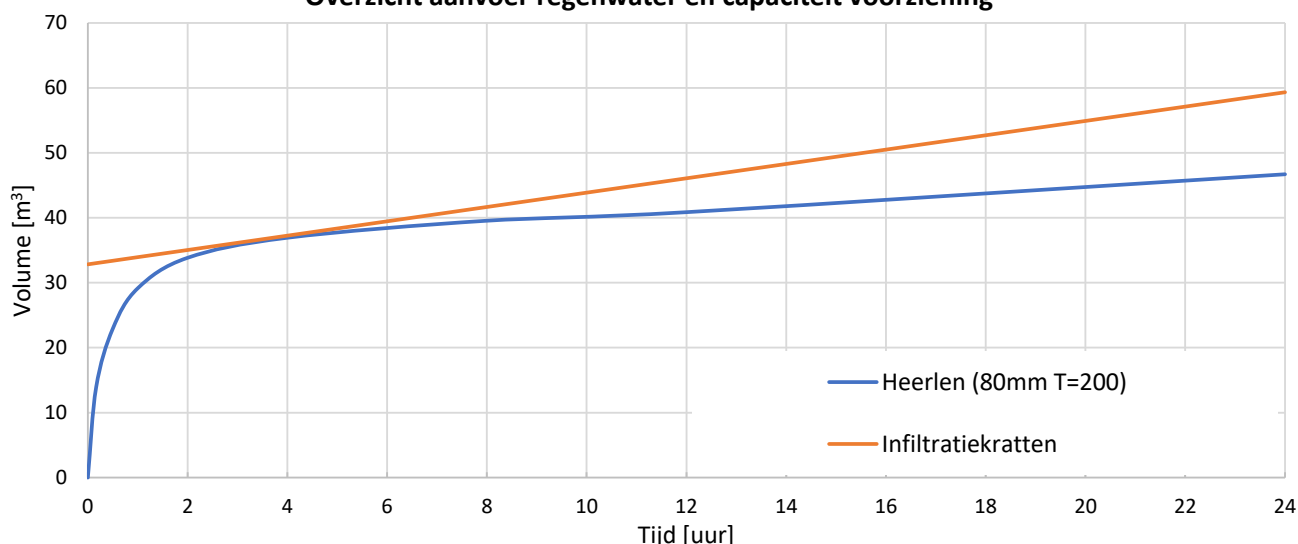
Vertaagde afvoer tijdens bui:	0,0	[m ³]
Capaciteit:	0,0	[m ³]

Controle:

Beschikbare capaciteit:	35,0	[m ³]
Benodigde capaciteit:	33,8	[m ³]
Leeglooptijd:	30,7	[uur]
Max. overschot regenwater:	0,0	[m ³]



Overzicht aanvoer regenwater en capaciteit voorziening



Geonius.nl

Geonius is een middelgroot interdisciplinair ingenieursbureau met brede expertise binnen de GWW- en bouwsector. Door onze unieke combinatie van vakkennis op het gebied van wegen, geotechniek, milieu, geodesie, water, ruimtelijke ontwikkeling, landschap, archeologie en ecologie zijn wij goed in staat mee te denken met de klant en projecten zelfstandig uit te voeren. Grenzen tussen de verschillende divisies vervagen, waardoor steeds meer projecten integraal door ons worden uitgevoerd.

Geonius hecht veel waarde aan een informele, positieve bedrijfscultuur, het welzijn van medewerkers en maatschappelijke betrokkenheid.



Wegen



Geotechniek



Milieu



Geodesie



Water



Ruimtelijke ontwikkeling



Landschap



Archeologie



Ecologie