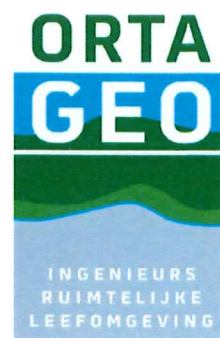




GEOHYDROLOGISCH ONDERZOEK EN INFILTRATIEADVIES
Olsterweg 27 in Diepenveen



TITELBLAD

Opdrachtgever: Eelerwoude
Postbus 53
7470 AB Goor

Rapportnummer: 212619/R01

Status rapport: Definitief

Datum: 19 juni 2020

Projectomschrijving: Geohydrologisch onderzoek en infiltratieadvies
Olsterweg 27 in Diepenveen

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

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	1
2	Basisinformatie	2
2.1	Brongegevens	2
2.2	Gegevens locatie.....	2
2.3	Projectgegevens.....	3
2.4	Bodemopbouw en geohydrologie	4
2.5	Grondwater.....	5
3	Veldonderzoek	8
3.1	Uitgevoerde werkzaamheden	8
3.2	Resultaten	8
3.3	Interpretatie resultaten	9
4	Dimensionering waterberging/ infiltratievoorziening	10
4.1	Uitgangspunten	10
4.2	Benodigde berging projectlocatie	11
4.3	Oppervlakkige afstroming naar oppervlaktewater	11
4.3.1	Ondergrondse berging	12
5	Samenvatting en conclusie	13

Bijlagen:

- 1) Situatietekening met onderzoekspunten
- 2) Bodemprofielbeschrijvingen
- 3) Toelichting methodiek in-situ doorlatendheidsmetingen
- 4) Dimensionering infiltratievoorzieningen
- 5) Foto's projectlocatie

1 INLEIDING

In opdracht van Eelerwoude is door Ortago Noordoost B.V. een geohydrologisch onderzoek uitgevoerd en een infiltratieadvies opgesteld voor de locatie gelegen aan de Olsterweg 27 in Diepenveen (gemeente Deventer).

De aanleiding voor het geohydrologisch onderzoek en het infiltratieadvies is de geplande nieuwbouw op de locatie. Volgens het huidige beleid moet hemelwater dat op toekomstig verhard (dak)oppervlak valt bij voorkeur in de bodem worden geïnfiltreerd.

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

Het doel van het infiltratieadvies is om te bepalen op welke wijze/locatie het hemelwater conform de eisen van de gemeente en het waterschap kan worden verwerkt.

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

2 BASISINFORMATIE

2.1 Brongegevens

Dit rapport is gebaseerd op onderstaande bronnen:

Websites

- [1] PDOK; luchtfoto's en straatoverzichten (geraadpleegd via ARC Gis (Esri Nederland) en Q-gis (PDOK));
- [2] www.ahn.nl: actueel hoogtebestand Nederland (geraadpleegd via ARC Gis (Esri Nederland));
- [3] www.dinoloket.nl/: geowetenschappelijke gegevens over de diepe en ondiepe ondergrond van Nederland;

Documenten

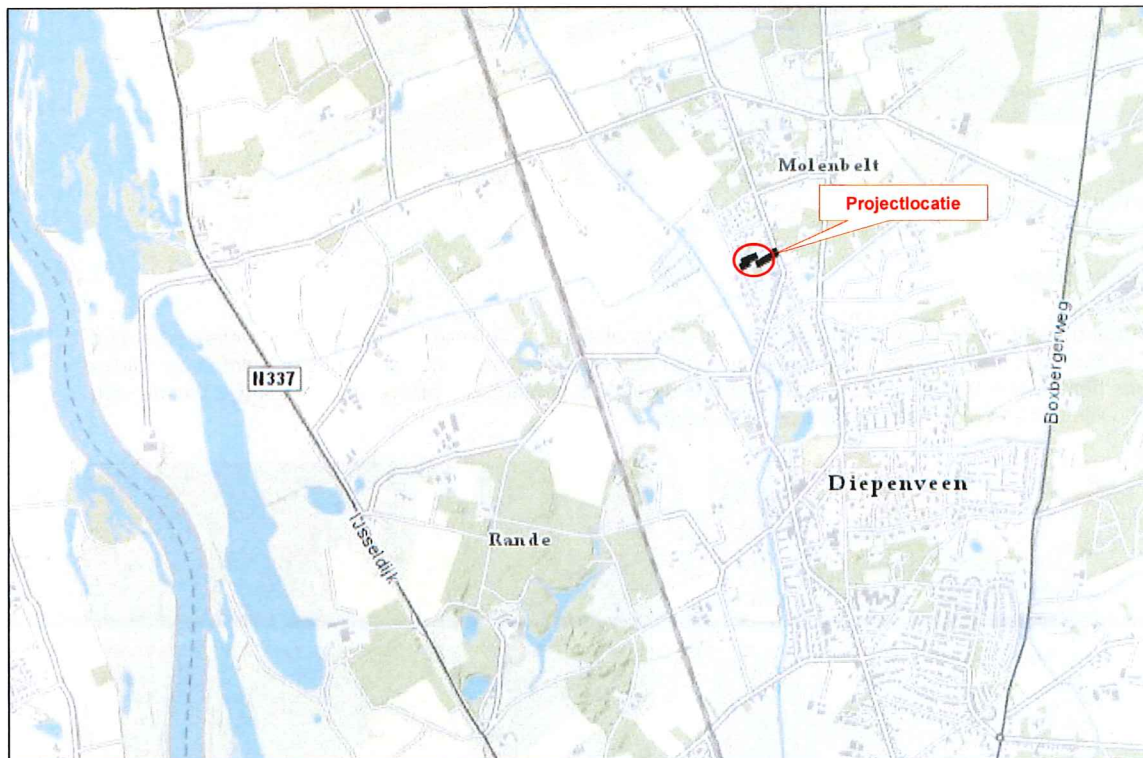
- [4] Nota van Uitgangspunten "Particulier ruimtelijk initiatief Olsterweg 27 Diepenveen"; februari 2020, gemeente Deventer;

Overig

- [5] De door Eelerwoude gemailde offerteaanvraag met gegevens en aanvullende informatie (onder andere uitgangspunten, eisen en voorkeur) gemaield op 1 april 2020.

2.2 Gegevens locatie

De projectlocatie ligt ten noordwesten van het van Diepenveen. In onderstaande figuur is de regionale ligging van de projectlocatie globaal aangegeven. De algemene gegevens over de locatie zijn weergegeven in tabel 1 op de volgende pagina.



Figuur 1: Ligging projectlocatie (bron [1])

Tabel 1: Algemene locatiegegevens

Adres	Olsterweg 47 in Diepenveen
Kadastrale aanduiding	Gemeente Diepenveen, sectie A, nummers 6401, 6402, 6403
Oppervlakte	Circa 3.103 m ²
Algemene omschrijving	Deels bebouwd en gebruikt als bedrijfslocatie
Terreinverharding	Onverhard en elementenverharding
Maaiveld	+ 4,8 à 5,0 m NAP

De situering van de onderzoekslocatie is op onderstaande afbeeldingen aangegeven. Op de locatie staat bedrijfsbebouwing (aannemersbedrijf) en een bedrijfswoning. Het betreffende perceel is langgerekt van vorm en bevindt zich achter de huidige bedrijfswoning aan de Olsterweg. De gemeente is voornemens hier vier koopwoningen te realiseren. In onderstaande figuur is de beoogde nieuwe situatie weergegeven.



Figuur 2: Plan in vogelvlucht (bron [4])

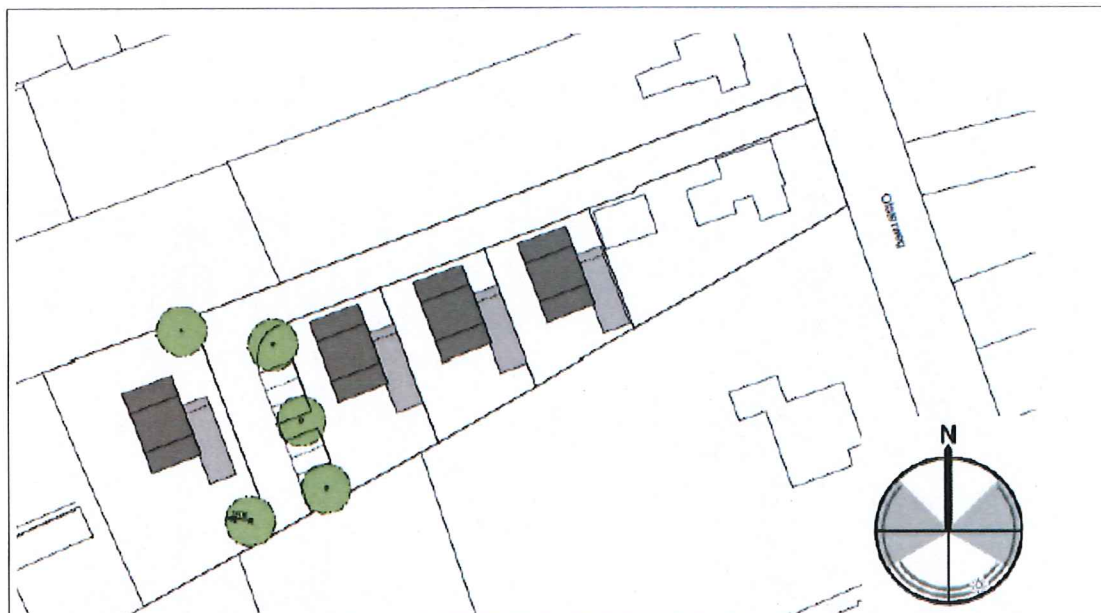
2.3 Projectgegevens

In onderstaande figuur is de oude situatie weergegeven. De locatie is bijna volledig verhard met elementenverharding. Hoe het hemelwater hedendaags wordt verwerkt is niet met zekerheid bekend. Verwacht wordt dat in de huidige situatie het hemelwater vrijwel volledig wordt afgevoerd naar het gemengde rioolsysteem ter plaatse van de weg. In bijlage 5 zijn foto's van de huidige situatie toegevoegd.



Figuur 3: Verhard (dak)oppervlak; links: huidige situatie, rechts toekomstige situatie (bron[4])

In de nieuwe situatie wordt ter plaatse van de nog (deels) te slopen oude bebouwing nieuwe woningen gerealiseerd. In onderstaande figuur is een concept situatietekening van de nieuwe situatie weergegeven. Een deel van het hemelwater dat op het verhard oppervlak valt zal in de toekomstige situatie via de verharding afstromen naar onverharde terreindelen. Door de gemeente is aangegeven dat het hemelwater volledig moet worden afgekoppeld.

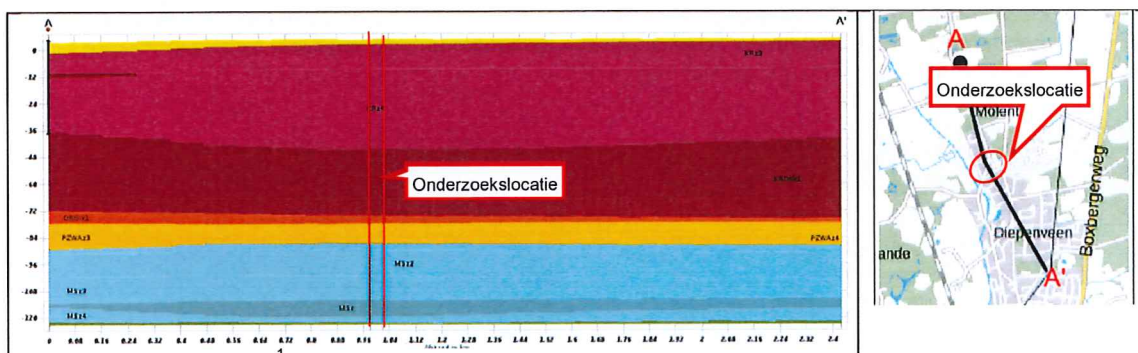


Figuur 4: Situatietekening toekomstige situatie (bron [4])

Op basis van de tekeningen van de oude en nieuwe tekening blijkt dat zowel het dakoppervlak als de oppervlakte van verhardingen in de toekomstige situatie afneemt.

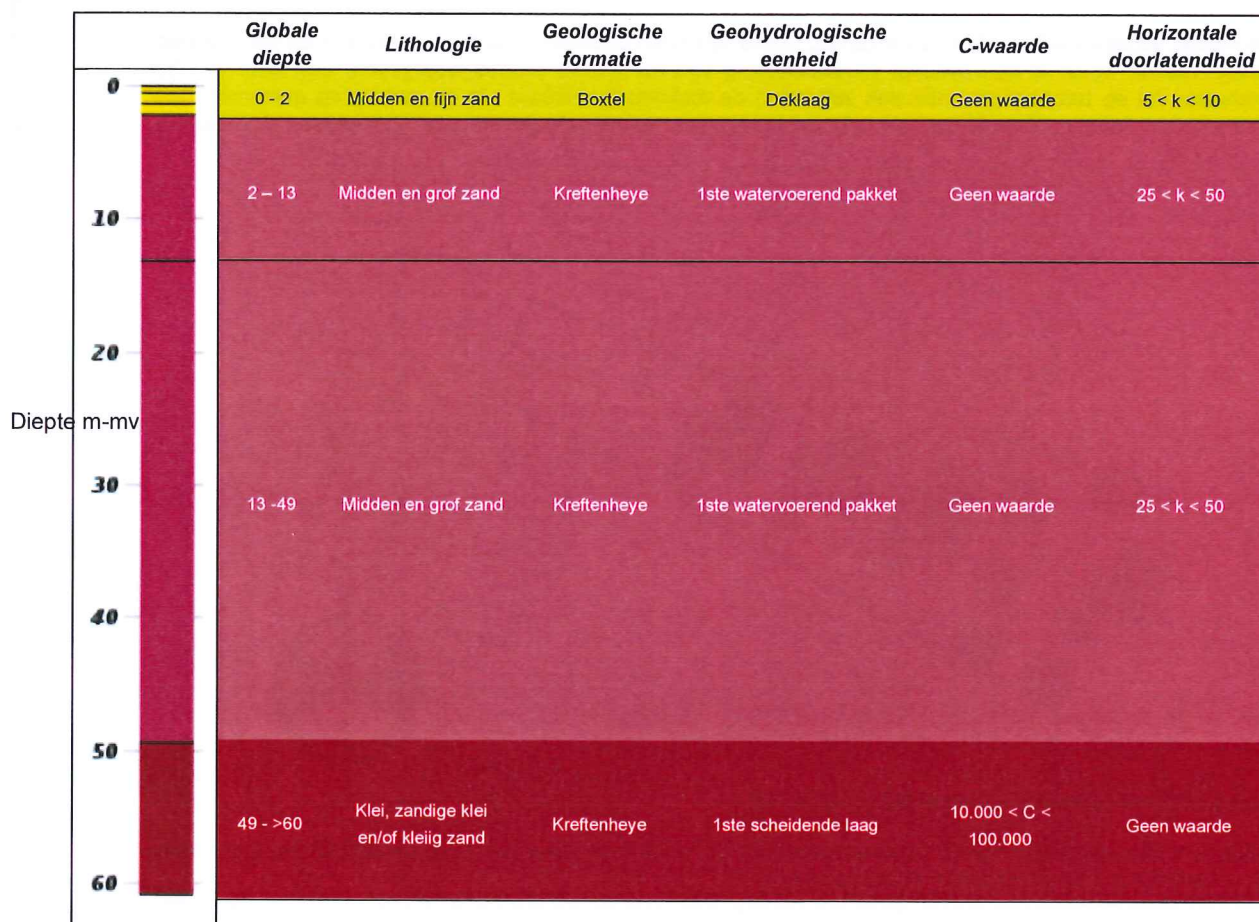
2.4 Bodemopbouw en geohydrologie

De regionale geohydrologische bodemopbouw in de omgeving van de onderzoekslocatie is weergegeven in figuur 5 (bron [3]). De geografische ligging van de doorsnede is rechts weergegeven.



Figuur 5: regionale geohydrologische bodemopbouw (bron [3])

In de figuur op de volgende pagina zijn de lithologie en geohydrologische eenheden weergegeven.



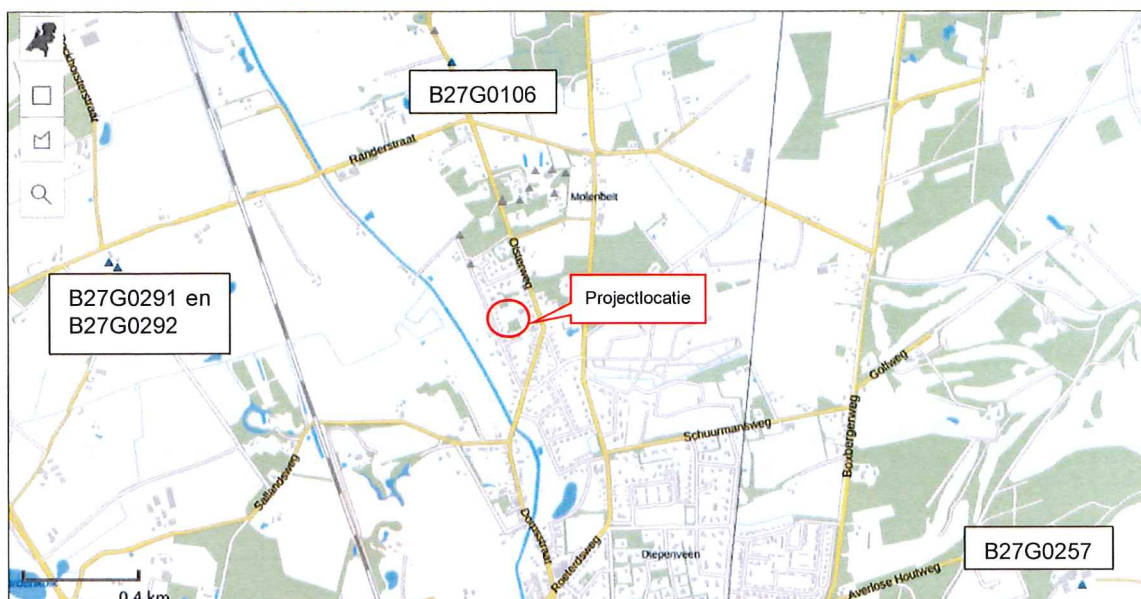
Figuur 6: Regionale geohydrologische bodemopbouw gebaseerd op REGIS II.1 (bron [3])

2.5 Grondwater

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

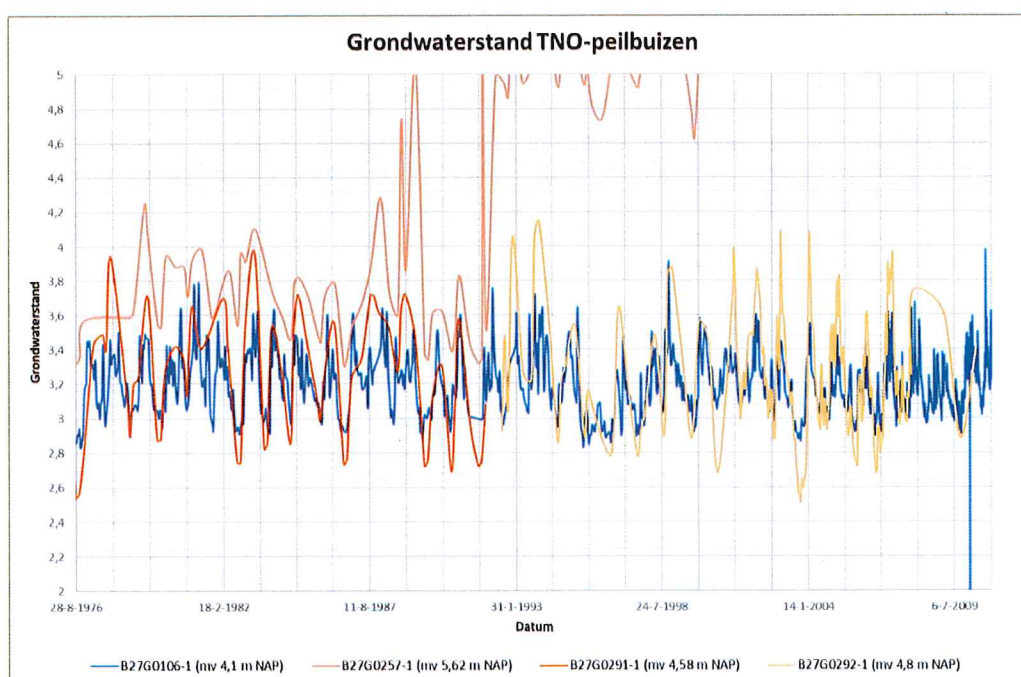
Tabel 2: Gegevens monitoringspeilbuis TNO (bron [3])

Peilbuis	Kleinste afstand tot en richting t.o.v. projectlocatie	Hoogte maaiveld (m NAP)	Filterstelling (m -mv)	Meetperiode
B27G0106	875 m ten noorden	+4,10	5,90 - 6,90	17-10-1972 tot 17-01-2011
B27G0291	1.450 m ten noordwesten	+4,58	2,60 - 3,10	15-10-1952 tot 13-12-1991
B27G0292	1.450 m ten noordwesten	+4,80	1,82 - 2,82	18-07-1992 tot 23-04-2010
B27G0257	1.600 m ten zuidoosten	+5,62	4,55 - 5,55	15-06-1970 tot 22-12-1999



Figuur 7: Locaties monitoringspeilbuizen Dinoloket (bron [3])

In onderstaande figuur is de grafiek van de gemeten grondwaterstand van de peilbuizen grafisch weergegeven.



Figuur 8: Grondwaterstand nabij gelegen peilbuizen (bron [3])

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

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

Peilbuis	Hoogte maaiveld (mNAP)	Filterstelling (m -mv)	Positie t.o.v. projectlocatie	RHG		RLG		Fluctuatie (m)
				(mNAP)	(m -mv)	(mNAP)	(m -mv)	
B27G0106	+4,10	5,90 – 6,90	875 m N	+ 3,8	0,3	+2,9	1,2	0,9
B27G0291	+4,58	2,60 - 3,10	1.450 m NW	+3,8	0,78	+2,8	1,78	1,0
B27G0292	+4,80	1,82 – 2,82	1.450 m NW	+4,0	0,8	+2,8	2,0	1,2
B27G0257	+5,62	4,55 – 5,55	1.600 m ZO	+4,3	1,32	+3,4	2,22	0,9

Gezien de relatief grote afstand en/of de afwijkende maaiveldhoogte ten opzichte van de projectlocatie is om een aanname te doen voor de meest representatieve grondwaterstand op de locatie gekeken naar de grondwaterstanden gemeten tijdens de bemonstering van het grondwater. De resultaten daarvan zijn weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4: Bijzonderheden en resultaten veldmetingen

Peilbuis	Datum	Filterstelling (m -mv)	Maaiveld (m NAP)	Grondwaterstand (m -mv)	Grondwaterstand (m NAP)
02	26-05-2020	3,0 – 4,0	+4,9	1,70	+3,2
05	26-05-2020	2,0 – 3,0	+4,8	1,64	+3,16

In onderstaande tabel zijn de voor de projectlocatie afgeleide RHG en RLG weergegeven.

Tabel 5: Aanname representatieve grondwaterstanden voor de onderzoekslocatie

Grondwaterstand	m -mv	m NAP
Gemiddelde maaiveldhoogte	-	+ 4,9
RHG (mNAP)	0,8	+ 4,1
RLG (mNAP)	1,8	+ 3,1

In het algemeen ligt de natuurlijke grondwaterstand in het voorjaar (februari/maart) op het hoogste niveau (RHG) en in de nazomer (september/oktober) op het laagste niveau (RLG). Uit bovenstaande tabel blijkt dat tussen de afgeleide RHG en RLG circa 1,0 m verschil zit.

3 VELDONDERZOEK

3.1 Uitgevoerde werkzaamheden

In onderstaande tabel zijn de uitvoeringsdata en de verantwoordelijke veldwerkers van het veldonderzoek weergegeven. De locaties van de boringen en van de proeven zijn weergegeven op de situatietekening in bijlage 1. In bijlage 2 zijn de boorprofielen opgenomen.

Tabel 6: Uitvoeringsgegevens

Datum	Werkzaamheden	Organisatie	Verantwoordelijk medewerker
26-05-2020	Uitvoeren handboringen, plaatsen peilbuizen, maken boorbeschrijvingen, nemen grondmonsters en inmeten	Ortageo Metingen en Controle B.V.	R.F.A. Rieschke

Handboringen

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

Doorlatendheidsmetingen

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

In onderstaande tabel is een samenvattend overzicht van het uitgevoerde veldonderzoek weergegeven.

Tabel 7: Overzicht veldonderzoek

Onderdeel	Aantal	Diepte (m -mv)
Boring	5	1,0 m- grondwaterstand
	1	4,0 m -mv
Peilbuis	2	3,0 à 4,0 m -mv
Doorlatendheidsproef	2	Onverzadigde zone
	2	Verzadigde zone

3.2 Resultaten

Lokale bodemopbouw

De bodemopbouw bestaat tot 0,6 à 2,2 grotendeels uit matig fijn, zwak tot matig siltig zand met plaatselijk een zwak humeuze bijmenging. De ondergrond bestaat behoudens boring 01 uit matig fijn, zwak siltig zand. Ter plaatse van boring 01 zijn matig siltige zandlagen met een humeuze bijmengingen aangetroffen. De bodemopbouw duidt op een redelijke tot goede doorlatendheid.

Resultaten doorlatendheidsmetingen

In onderstaande tabel zijn de uit de doorlatendheidsproeven afgeleide K-waarden weergegeven.

Tabel 8: Overzicht afgeleide K-waarden

Onderzoekspunt	Diepte proef (m -mv)	Bodemsamenstelling	K-waarde (m/dag)
Omgekeerde Hooghoudt (onverzadigd)			
04	1,2	Zand, matig fijn, zwak siltig	7 à 8
06	1,4	Zand, matig fijn, zwak siltig	8 à 9
Falling head (verzadigd)			
02	3,0 – 4,0	Zand, matig fijn, zwak siltig	6 à 7
05	2,0 – 3,0	Zand, matig fijn, zwak siltig	2 à 3

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

3.3 Interpretatie resultaten

De bovengrond van de locatie bestaat over het algemeen tot 0,6 à 1,2 m -mv matig tot zwak humeus (plaatselijk matig siltig) zand. Ter plaatse van boring 01 is de laag tot een diepte van 2,2 m-mv aangetroffen. Voor deze laag is geen doorlatendheid bepaald, omdat wordt verwacht dat deze laag ter plaatse van aan te leggen infiltratievoorzieningen wordt verwijderd.

Voor de zandlaag onder het humeuze zand is op basis van meerdere proeven de doorlatendheid afgeleid. Op basis van afgeleide doorlatendheid is voor de (onverzadigde) zone tussen circa 0,6 - 1,4 m -mv sprake is van een doorlatendheid van 7 à 9 m/dag. Dit betekent dat de bodem goed doorlatend is.

Voor de verzadigde zone zijn twee proeven uitgevoerd in de matige fijne zandlaag, hiervoor is een doorlatendheid van 2 à 7 m/dag afgeleid. Plaatselijk (boring 01) is een matige siltige zandlaag aangetroffen. Dit belemmert de infiltratie/ afvoer van water naar het dieper gelegen grondwater en kan plaatselijk zorgen voor natte terreinomstandigheden of wateroverlast.

Gezien de bodemopbouw en de aangetoonde doorlatendheid zijn op de locatie mogelijkheden voor infiltratie. Op basis van de grondwaterstand (RHG +4,1 mNAP en RLG van +3,1 mNAP) bestaan er wel mogelijkheden voor het (tijdelijk) bergen van grondwater. Door het bergend vermogen is vooral in een RLG-situatie ondiepe infiltratie binnen 1,0 à 1,5 m -mv van hemelwater mogelijk.

4 DIMENSIONERING WATERBERGING/ INFILTRATIEVOORZIENING

Het type en de dimensionering van een waterberging en/of infiltratievoorziening is van bepaalde parameters afhankelijk. Vooraf moet inzicht zijn verkregen in de bergingseis (maatgevend bui), totaal af te koppelen (dak)oppervlak, snelheid van afstromen (afstromingscoëfficiënt), de bodemopbouw en de grondwaterstand. Daarnaast moet bij het ontwerpen van een infiltratievoorziening rekening worden gehouden met de beschikbare ruimte, de boven- en ondergrondse infrastructuur, de vereiste minimale gronddekking boven de infiltratievoorziening en moet de materiaalkeuze (beton of kunststof) worden afgestemd. In bijlage 4 wordt een toelichting gegeven op ontwerpberoeeningen van infiltratievoorzieningen.

4.1 Uitgangspunten

Op basis van de nota van uitgangspunten (bron [4]) zijn voor de projectlocatie ten aanzien van de afvoer van hemelwater de volgende uitgangspunten geformuleerd.

Gemeente Deventer

Voorkeursbeleid hemelwater en klimaatbestendigheid

Het voorkeursbeleid van de gemeente houdt in dat bij de afvoer van overtollig hemelwater infiltratie in de bodem het uitgangspunt is. Oppervlakkige afvoer naar de infiltratievoorziening en infiltratie via wadi's geniet daarbij de voorkeur. Als oppervlakkige infiltratie niet mogelijk is, is ondergrondse infiltratie door middel van bijvoorbeeld een infiltratieriool (IT-riool) of infiltratiekratten een optie. Als infiltratie niet mogelijk is, kan hemelwater via een bodempassage worden geloosd op het oppervlaktewater.

Vertrekpunt voor klimaatbestendigheid is de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie. Het gaat om het ontwikkelen van de klimaatbestendige stad, die is gebaseerd op het kader dat Nederland in 2050 zo goed mogelijk klimaatbestendig en water robuust is ingericht voor wateroverlast, droogte, hitte en overstromingen. Bij (her)ontwikkelen dient (normaal gesproken) een klimaatbui van eens per 100 jaar opgevangen te worden binnen de ontwikkeling zonder dat dit tot wateroverlast leidt. Bij voorkeur door een passende ruimtelijke inrichting die ook droogte- en hittebestendig is.

Om te bevorderen dat de normale regenval wordt opgevangen hanteert de gemeente een bergingseis van 20 mm over het gehele terrein.

Hydraulisch

Het te ontwerpen waterhuishoudkundige ontwerp moet hydraulisch getoetst worden aan een bui van eens per 2 jaar. Aangeoond moet worden dat bij bui 8 uit de leidraadmodule C2100 (kennisbank RIONED) geen water op straat wordt berekend. Dit is een bui van 19,8 mm in 1 uur.

Waterschap

Bij het ontwerp van het oppervlaktewatersysteem in de dagelijkse beheersituatie is het van belang rekening te houden met de hydraulische afvoercapaciteit van het rioelstelsel. De dagelijkse rioleringsbui moet zonder problemen kunnen uitstromen. Daarom wordt de peilstijging van het oppervlaktewater in de normale beheersituatie onder andere bepaald door de hoogte van drempels in de riolering. Hoe hoog het waterpeil kan stijgen is afhankelijk van de beschikbare ruimte voor water en de toegestane afvoer. De te hanteren afvoernorm voor een situatie die 1 of 2 dagen per jaar optreedt, is gemiddeld 0,8 l/s/ha.

Resumerend

- uitgangspunt overtollig hemelwater infiltreren in bodem. Bij voorkeur oppervlakkige afvoer naar de infiltratievoorziening en infiltratie via wadi's
- herinrichting locatie 20 millimeter berging voor de oppervlakte van gehele locatie;
- maximaal toegestane debiet op riolering of gemeentelijke watervoorziening 0,8 l/s per bruto hectare (riolering moet hydraulisch getoetst worden aan een bui 19,8 mm in 1 uur).

4.2 Benodigde berging projectlocatie

In onderstaande tabel zijn de uitgangspunten voor de projectlocatie weergegeven.

Tabel 9: Benodigde berging voor projectlocatie (bron [4])

Parameter	Waarde
Benodigde berging herinrichting	
Totale oppervlakte projectlocatie	3.103 m ²
Bergingseis voor toekomstig verhard (dak)oppervlak	20 mm
Te bergen volume hemelwater	62,06 m ³
Afvoerdebiet op riolering of gemeentelijke watervoorziening	
Maximaal toegestane afvoerdebiet	0,8 l/ha/sec
Totale oppervlakte projectlocatie	3.103 m ²
Maximaal afvoerdebiet projectlocatie	0,9 m ³ /uur



Figuur 9: Situatietekening toekomstige situatie (bron [4])

4.3 Oppervlakkige afstroming naar oppervlaktewater

In de directe omgeving van de locatie is geen oppervlaktewater aanwezig. Ondanks de beperkte ruimte kan gezien de goede infiltratiemogelijkheden rondom de beoogde bebouwing (bijvoorbeeld op het meest westelijke kavel) in een eventueel aan te leggen groenvoorziening ook een oppervlakkige voorziening in vorm van een wadi of zaksloot worden aangelegd. Voor noodafvoer kan deze via een infiltratieveld/grindkoffer met afvoer en slokop op het rioolsysteem worden aangesloten. Hierdoor zou relatief eenvoudig en robuust een deel van de benodigde berging kunnen worden gerealiseerd.

Alleen een oppervlakkige voorziening is gezien de beschikbare ruimte waarschijnlijk geen optie en een combinatie met een infiltratiekrattenveld of -riool (uitgewerkt in de volgende paragraaf) is daarom voor de hand liggend.

4.3.1 Ondergrondse berging

Opgemerkt wordt dat een ondergrondse infiltratievoorziening door de relatief hoge RHG (0,8 m -mv) en de benodigde dekking voor de voorziening, alleen in de zomer en het najaar gebruikt kan worden om piekbuien te bergen. In de winter en het voorjaar kan de voorziening beperkt worden gebruikt en mogelijk gedeeltelijk vol water staan.

Er zijn drie opties uitgewerkt om de benodigde berging op de locatie ondergronds te realiseren.

Optie I

Infiltratiekratten ter plaatse van de parkeerplaats (20 m x 3 m), en infiltratie op eigen terrein per kavel (4 keer 4 m x 2 m). De berging in de afvoerleidingen wordt als verwaarloosbaar gesteld.

Optie II

Een HWA-riool Ø 315 mm van 100 m onder straat gecombineerd met infiltratiekratten ter plaatse van de parkeerplaats (22 m x 3 m).

Optie III

Een HWA-riool Ø 315 mm van 100 m onder straat gecombineerd met infiltratiekratten ter plaatse van de parkeerplaats (22 m x 3 m).

Benodigde capaciteit

In onderstaande tabel is per optie aangegeven wat de benodigde uitgangspunten zijn om te voldoen aan de bergingseis. Opgemerkt wordt dat met minder ondergrondse berging kan worden volstaan als een afvoer naar een oppervlakkige voorziening (zaksloot/wadi) eventueel mogelijk is.

Tabel 10: Uitgangspunten ontwerpberekeningen infiltratievoorziening

Parameter	Optie I	Optie II	Optie III	
Te bergen volume hemelwater (m ³)	± 62,06 m ³	± 62,06 m ³	± 62,06 m ³	
Infiltratieriool (verzamelleiding)				
Diameter riool (m)	-	0,315	0,315	
Minimale lengte infiltratieriool (m)	-	100	100	
Breedte grindkoffer (B) ¹⁾	-	0,6	0,6	
Hoogte grindkoffer (H) ¹⁾	-	0,6	0,6	
Porositeit grind	-	0,35	0,35	
Beschikbare (statische) berging riool	-	16,2 m ³	16,2 m ³³	
Infiltratiekrat				
Nog te bergen volume hemelwater (m ³)	± 62,06 m ³	± 45,86m ³	± 45,86m ³	
Aantal infiltratiekratvelden (onder terrassen)	1 4	1	4	
Ontwerpafmetingen van de infiltratiekratten (optie)	: hoogte (m)	0,8 0,8	0,8	0,8
	: lengte (m)	20 4	22	± 4
	: breedte (m)	3 2	3	± 4
Totale oppervlakte infiltratiekratten	± 92	66	± 64	
Hoogte infiltratiekrat	0,8	0,8	0,8	
Beschikbare (statische) berging infiltratiekratten	± 69,92 m ³	± 50,16 m ³	± 48,64m ³	
Totale beschikbare (statische) berging	± 69,92 m ³	± 66,36 m ³	± 64,84 m ³	

Voor zowel het riool als de kratten is met de capaciteitsberekeningen een statische berging berekend. Statisch wil zeggen dat geen rekening wordt gehouden met het feit dat tijdens het vullen van de berging al water in de bodem infiltreert. Aangezien dat in werkelijkheid wel gebeurt (zie bijlage 4) kan worden volstaan met een kleinere (dynamische) berging.

5 SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Veldonderzoek

Op basis van het onderzoek is een doorlatendheid afgeleid van 3 tot 9 m/dag. Dit betekent dat de bodem goed doorlatend is. In combinatie met de relatief diepe grondwaterstand gedurende de zomer en nazomer geeft deze waarde aanleiding te veronderstellen dat er sprake is van goede infiltratiemogelijkheden.

Afvoersysteem

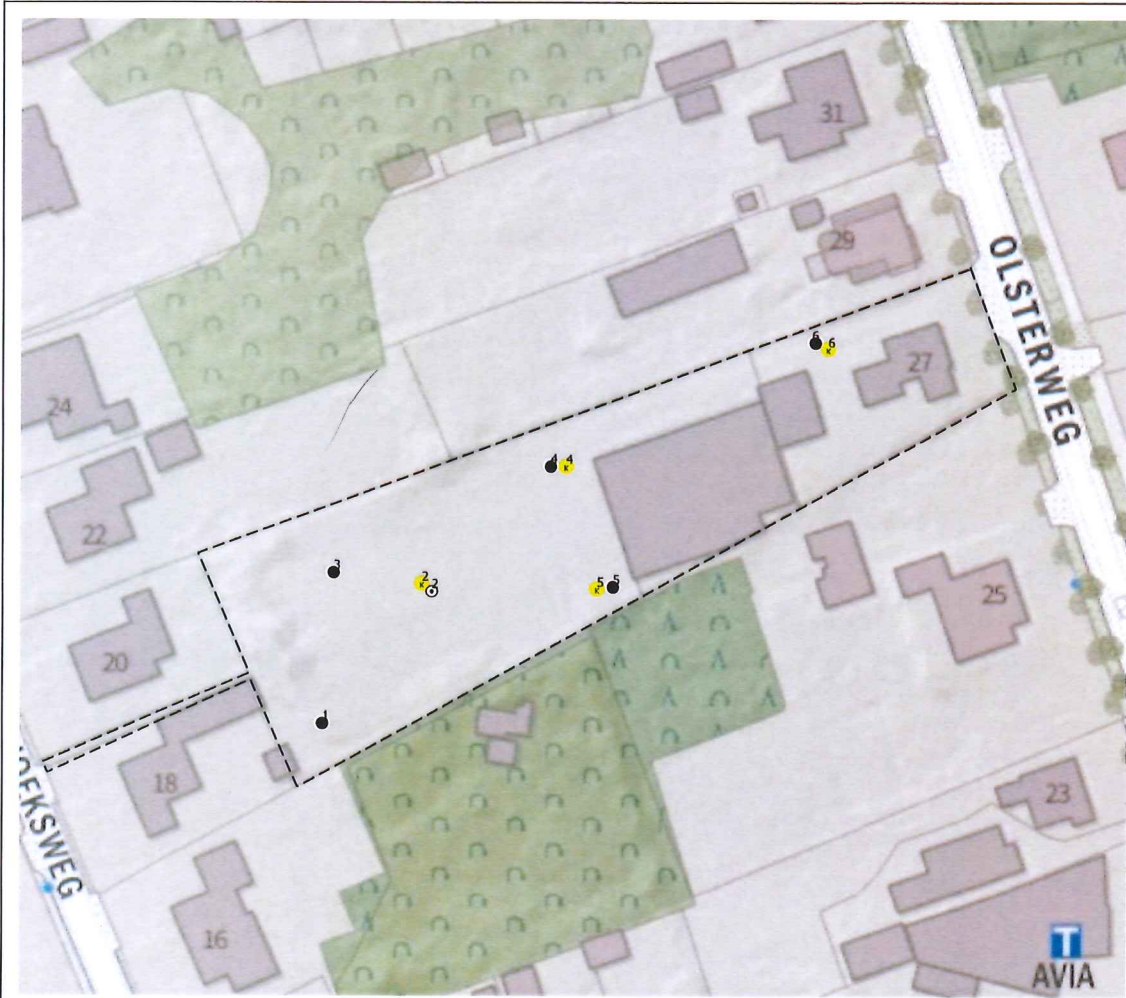
Op basis van de beschikbare ruimte wordt geadviseerd om de beoogde infiltratievoorziening te realiseren onder de parkeerplaats en/of de ruimte ten noordwesten van de locatie. De verwerking van het hemelwater op het verharde (dak)oppervlak kan plaatsvinden door middel van oppervlakkige afstroming, berging in infiltratie-/ bergingskratten en/of transport via een hemelwaterriool rondom het gebouw. Infiltratie kan plaatsvinden via de lokaal aanwezige zandlagen.

Gezien de goede infiltratiemogelijkheden kan rondom het gebouw in de groenvoorziening ook een oppervlakkige voorziening in vorm van een wadi of zaksloot kunnen worden aangelegd. Hierdoor zou relatief eenvoudig en robuust reeds een deel van de benodigde berging kunnen worden gerealiseerd. Geadviseerd wordt om in de te realiseren oppervlakkige voorziening een overstort aan te brengen die wordt aangesloten op het nabij gelegen rioolstelsel.

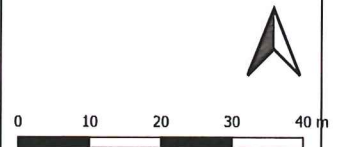
BIJLAGE 1

Situatietekening met onderzoekspunten





- Onderzoekspunten
- ✖ Doorlatendheidsproef
 - Boring tot 1 m -gws
 - ⊙ Boring tot 4,0 m-mv
 - - Projectlocatie



Project:
 Geohydrologisch onderzoek Olsterweg 27
 in Diepenveen

Projectnummer: 212619	Formaat: A3	Schaal: 1:500
--------------------------	----------------	------------------



Getekend door: Wouter Teunis Datum: 17-06-2020

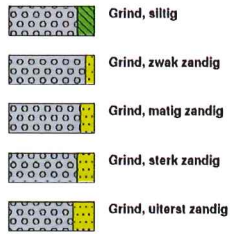
BIJLAGE 2

Bodemprofielbeschrijvingen

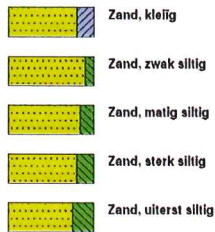


Legenda (conform NEN 5104)

grind



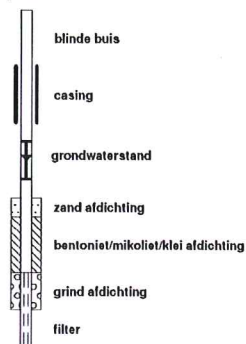
zand



veen



peilbuis



klei



leem



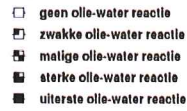
overige toevoegingen



geur



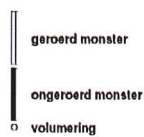
olie



p.l.d.-waarde



monsters

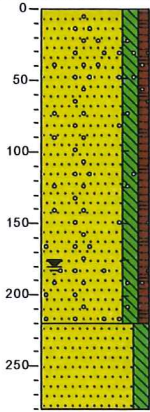


overlig



Meetpunt: 01

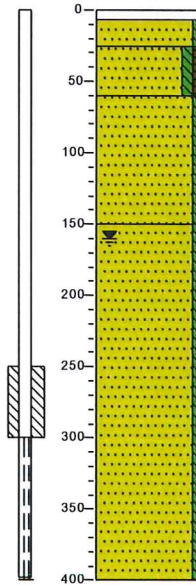
Datum meting: 26-5-2020
Veldwerker: Rob Rieschke
Peilen in cm t.o.v. referentievlak



0 braak
Zand, matig fijn, matig siltig, zwak humeus, sporen baksteen, sporen grind, donkerbruin
▲
220 Zand, matig fijn, matig siltig, neutraalgrijs
280

Meetpunt: 02

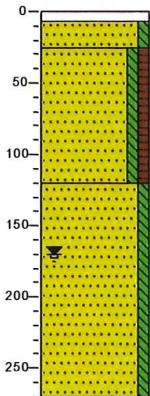
Datum meting: 26-5-2020
Veldwerker: Rob Rieschke
Peilen in cm t.o.v. referentievlak



0 braak
Zand, matig fijn, zwak siltig, geelbruin
▲ 25 Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, sporen puin, donkerbruin
60 Zand, matig fijn, zwak siltig, licht bruingeel
150 Zand, matig fijn, zwak siltig, beigegeel
400

Meetpunt: 03

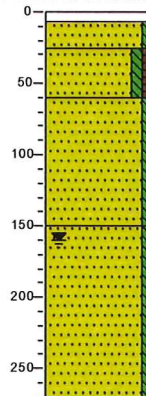
Datum meting: 26-5-2020
Veldwerker: Rob Rieschke
Peilen in cm t.o.v. referentievlak



0 braak
Zand, matig fijn, zwak siltig, geelbruin
25 Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, sporen puin, donkerbruin
▲
120 Zand, matig fijn, zwak siltig, beigegeel
270

Meetpunt: 04

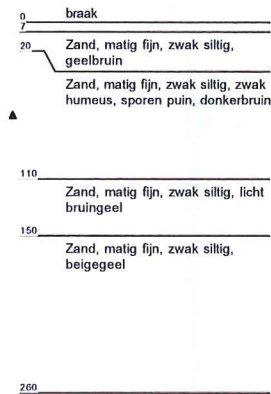
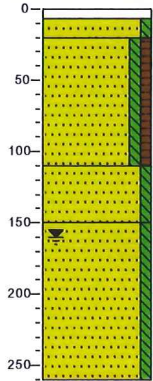
Datum meting: 26-5-2020
Veldwerker: Rob Rieschke
Peilen in cm t.o.v. referentievlak



0 braak
Zand, matig fijn, zwak siltig, geelbruin
▲ 25 Zand, matig fijn, zwak siltig, zwak humeus, sporen puin, donkerbruin
60 Zand, matig fijn, zwak siltig, licht bruingeel
150 Zand, matig fijn, zwak siltig, beigegeel
270

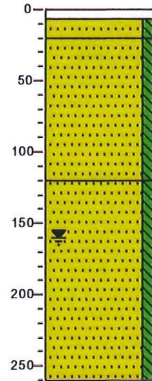
Meetpunt: 05

Datum meting: 26-5-2020
Veldwerker: Rob Rieschke
Peilen in cm t.o.v. referentievlak



Meetpunt: 06

Datum meting: 26-5-2020
Veldwerker: Rob Rieschke
Peilen in cm t.o.v. referentievlak



BIJLAGE 3

Toelichting methodiek in-situ doorlatendheidsmetingen



Toelichting methodiek in situ doorlatendheidsmetingen

Dubbele ring infiltrometer (DRIM)

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

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

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

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

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

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

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

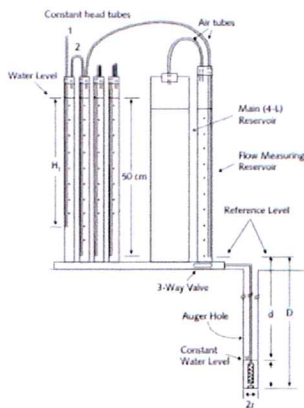
Compact constant head permeameter (CCHP)

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

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

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

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



Figuur 11: schematische weergave meetopstelling

Omgekeerde boorgatmethode in de onverzadigde zone

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

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

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

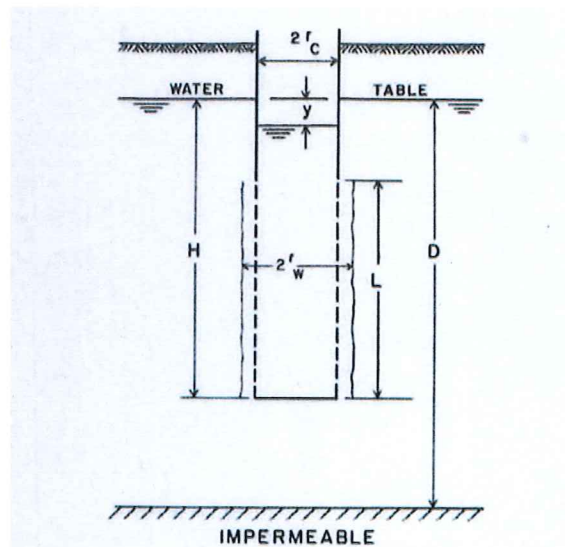
De waarden h_t zijn eenvoudig te berekenen door de gemeten waterdiepte ten opzichte van het referentieniveau af te trekken van de diepte van het boorgat ten opzichte van het referentieniveau.

Falling Head in de verzadigde zone

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

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

Figuur 12: Formule van Bouwer en Rice



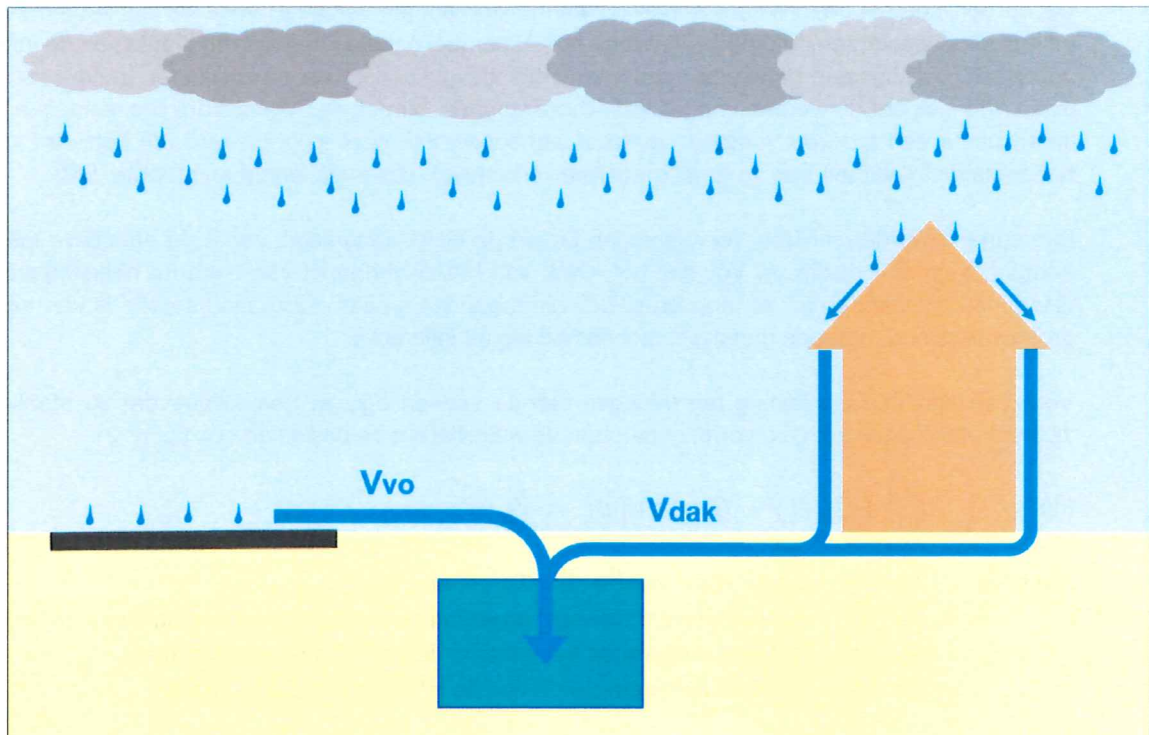
Figuur 13: schematische weergave boorgat

Dimensionering infiltratievoorzieningen

Dimensionering infiltratievoorzieningen

1 Algemeen

Een infiltratievoorziening bestaat uit een berging en een infiltratiegedeelte. Wanneer neerslag op afgekoppeld verhard oppervlak en/of afgekoppeld dakoppervlak valt, stroomt een deel hiervan naar de infiltratievoorziening (zie figuur 1). Bij bovengrondse infiltratievoorzieningen (zoals een infiltratiesloot en wadi) komt daarnaast ook nog hemelwater direct vanuit de lucht in de infiltratievoorziening terecht.



Figuur 1: Aanvoer hemelwater naar een infiltratievoorziening tijdens neerslag; vanaf afgekoppeld dakoppervlak (Vdak) en afgekoppeld verhard oppervlak (Vvo).

Zodra er neerslag op afgekoppeld verhard (dak)oppervlak gaat vallen, wordt er hemelwater in de infiltratievoorziening aangevoerd, waardoor het waterpeil in de berging van de infiltratievoorziening stijgt. Doordat het waterpeil stijgt gaat er water door de wanden van de infiltratievoorziening in de bodem infiltreren. Bij het uitvoeren van ontwerpberekeningen voor een infiltratievoorziening moeten horizontale (bodem)oppervlakken van de infiltratievoorziening niet worden meegerekend bij het effectieve infiltratieoppervlak, aangezien horizontale (bodem)oppervlakken na verloop van tijd dichtslibben. De wanden van infiltratievoorzieningen blijven doorgaans wel hun infiltrerende vermogen behouden.

Wanneer er per tijdseenheid meer hemelwater in de infiltratievoorziening terecht komt dan er via infiltratie uit verdwijnt, zal het waterpeil in de berging stijgen. Bij een stijgend waterpeil neemt het effectieve infiltratieoppervlak toe, zodat er per tijdseenheid meer water in de bodem infiltreert. Het waterpeil blijft stijgen totdat er per tijdseenheid evenveel water in de infiltratievoorziening terecht komt als dat er via infiltratie uit verdwijnt. Is de intensiteit van de bui zo hoog en/of is de doorlatendheid van de bodem zo klein, dat de aanvoer hoger blijft dan de infiltratie, dan zal het waterpeil in de berging stijgen tot aan een aangebrachte overstortvoorziening. Zodra de intensiteit van de bui afneemt en/of de neerslag stopt, zal het waterpeil in de berging gaan dalen.

Het totale verwerkende vermogen van een infiltratievoorziening moet gelijk zijn aan de som van de berging en de infiltratiecapaciteit; hoe kleiner de berging, des te groter de benodigde infiltratiecapaciteit

moet zijn en omgekeerd. De minimale afmetingen (lengte, breedte en diepte) van een infiltratievoorziening, voor de verwerking van hemelwater dat op afgekoppeld verhard (dak)oppervlak valt, zijn afhankelijk van:

- de totale oppervlakte van het afgekoppelde (dak)oppervlak;
- de afstromingscoëfficiënt(en) van het afgekoppelde (dak)oppervlak;
- de dikte en waterdoorlatendheid van de verschillende bodemlagen die door de infiltratievoorziening worden doorsneden;
- de maatgevende bui die verwerkt moet kunnen worden.

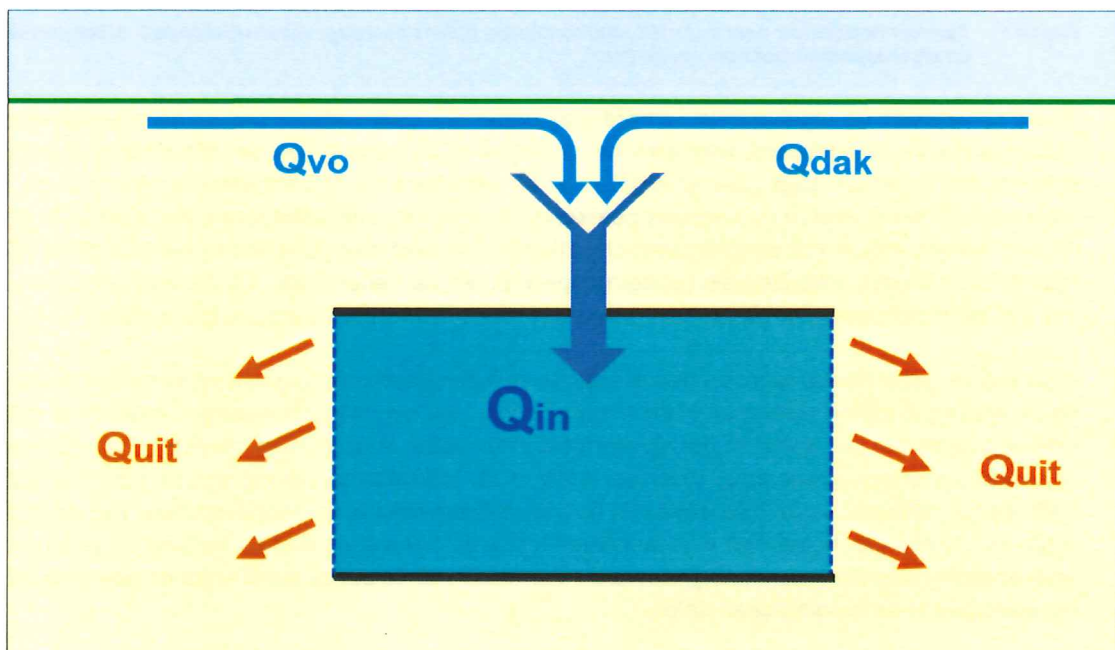
De op een perceel beschikbare ruimte (zowel horizontaal als verticaal) voor het aanleggen van een infiltratievoorziening en de grondwaterstand op het perceel bepalen de vorm en diepte van de infiltratievoorziening. Aangezien het water vanuit een infiltratievoorziening via de zijwanden in de bodem infiltreert, moet bij het ontwerpen van infiltratievoorzieningen, binnen de beschikbare (horizontale en verticale) ruimte een zo groot mogelijk verticaal wandoppervlak worden gecreëerd (dit betekent voor de horizontale afmetingen een zo groot mogelijke verhouding tussen de lengte en breedte, L/B).

Bij voorkeur worden infiltratievoorzieningen boven de GHG aangelegd, zodat de effectieve infiltratiehoogte zo groot mogelijk is. Volgens het KNMI valt het zwaartepunt van extreme neerslaggebeurtenissen in de maanden juli en augustus. Dat zijn maanden waarin doorgaans sprake is van een lage grondwaterstand, hetgeen gunstig is met betrekking tot infiltreren.

Voor een infiltratievoorziening ten behoeve van de verwerking van hemelwater dat op afgekoppeld verhard (dak)oppervlak valt, vormt onderstaande waterbalans de basis (zie ook figuur 2):

$$(1) \quad \int_0^{T_N} \{ Q_{in}(t) - Q_{uit}(t) \} dt = V_B$$

Hierin is: T_N = de tijdsduur van de neerslagperiode (dag);
 Q_{in} = het debiet waarmee het hemelwater de infiltratievoorziening instroomt (m³/dag);
 Q_{uit} = het debiet waarmee het water in de bodem infiltreert (m³/dag);
 V_B = effectief bergingsvolume van de infiltratievoorziening (m³).



Figuur 2: Waterbalans infiltratievoorziening: $V_{in} = V_{uit} + V_{berging}$

Het totale watervolume dat in de infiltratievoorziening terecht komt wordt gegeven door vergelijking 2.

$$(2) \quad V_{in} = V_{vo} + V_{dak} \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is: V_{vo} = watervolume afkomstig van afgekoppeld verhard oppervlak (m^3);
 V_{dak} = watervolume afkomstig van afgekoppeld dakoppervlak (m^3).

Het watervolume dat in een tijdsperiode dt vanaf afgekoppeld verhard oppervlak in de infiltratievoorziening terecht komt, wordt gegeven door vergelijking 3.

$$(3) \quad V_{vo} = C_{av} * O_{vo} * N * dt \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is: C_{av} = de afstromingscoëfficiënt van het afgekoppelde verharde oppervlak (-/-);
 O_{vo} = de oppervlakte van het afgekoppelde verharde oppervlak (m^2);
 N = de gemiddelde neerslagintensiteit gedurende het tijdsinterval dt (m/dag);
 dt = de beschouwde tijdsperiode van de neerslag (dag).

Het watervolume dat in een tijdsperiode dt vanaf afgekoppeld dakoppervlak in de infiltratievoorziening terecht komt, wordt gegeven door vergelijking 4.

$$(4) \quad V_{dak} = C_{ad} * O_{dak} * N * dt \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is: C_{ad} = de afstromingscoëfficiënt van het afgekoppelde dakoppervlak (-/-);
 O_{dak} = de horizontale oppervlakte van het afgekoppelde dakoppervlak (m^2);
 N = de gemiddelde neerslagintensiteit gedurende het tijdsinterval dt (m/dag);
 dt = de beschouwde tijdsperiode van de neerslag (dag).

In een tijdstep dt (waarin de neerslagintensiteit constant wordt verondersteld) stroomt een volume hemelwater de infiltratievoorziening in, dat gegeven wordt door:

$$(5) \quad V_{in} = N(t) * dt * \{ C_{av} * O_{vo} + C_{ad} * O_{dak} \} \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is: $N(t)$ = de gemiddelde neerslagintensiteit gedurende het tijdsinterval dt (m/dag).

Als gevolg van de instroom van V_{in} stijgt het waterpeil in de berging met een waarde h_w . Bij verticale wanden van de infiltratievoorziening volgt h_w uit vergelijking 6.

$$(6) \quad h_w = \frac{v_{in}}{O_h} \quad (\text{m})$$

Hierin is: O_h = het horizontale oppervlak van de berging (m^2);

O_h is afhankelijk van de vorm van de berging en wordt gegeven door

Hierin is: O_h = het horizontale oppervlak van de berging (m^2);

De horizontale oppervlakte van de berging van een infiltratievoorziening wordt gegeven door:

$$(7) \quad \begin{array}{ll} \text{a) } O_h = L * B & (\text{m}^2) \quad \text{voor rechthoekige infiltratievoorzieningen;} \\ \text{b) } O_h = \pi r^2 & (\text{m}^2) \quad \text{voor cilindervormige infiltratievoorzieningen.} \end{array}$$

Hierin is: L = de lengte van de binnenzijde van de berging (m);
 B = de breedte van de binnenzijde van de berging (m);
 r = de binnenstraal van de berging (m).

Zodra er hemelwater in de infiltratievoorziening terecht is gekomen en het waterpeil in de berging is gestegen tot h_w , gaat er water door de zijwanden infiltreren. In een tijdstap dt infiltreert er een water-volume V_{uit} vanuit de infiltratiesloot de bodem in, dat gegeven wordt door vergelijking 8.

$$(8) \quad V_{uit} = K * O_w * dt \quad (m^3)$$

Hierin is: K = de doorlatendheid van de bodem waarin het water infiltreert (m/dag).
 O_w = het totale wandoppervlak van de berging waardoorheen het water in de bodem infiltreert (m^2).

Het totale wandoppervlak van de berging, waardoorheen het water in de bodem infiltreert is:

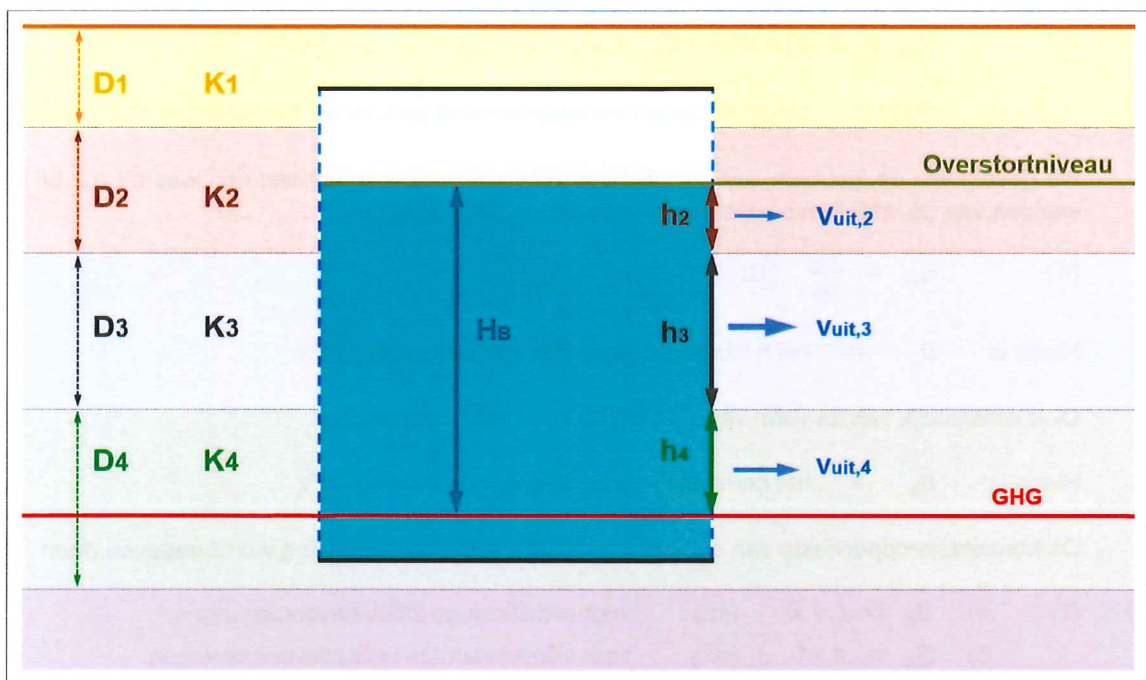
$$(9) \quad O_w = h_w * O_m \quad (m^2)$$

Hierin is: h_w = de dikte van de waterlaag (m);
 O_m = de buitenomtrek van de berging (m).

De buitenomtrek O_m van de berging is afhankelijk van de vorm van de berging:

- (10) a) $O_m = 2(L + B) * h_w \quad (m^2)$ voor rechthoekige infiltratievoorzieningen;
 b) $O_m = 2\pi r * h_w \quad (m^2)$ voor cilindervormige infiltratievoorzieningen.

Vergelijking 8 geldt voor een homogene bodem (één waarde voor de doorlatendheid). Voor een gelaagde bodem moet worden bepaald wat de infiltratie in elke bodemlaag is. In figuur 3 is een dwarsdoorsnede van een berging in een gelaagde bodem weergegeven. De berging doorsnijdt 4 lagen die elk een verschillende dikte (D_1 t/m D_4) en verschillende doorlatendheid (K_1 t/m K_4) hebben. Voor de situatie in figuur 3 vindt infiltratie plaats in de lagen 2, 3 en 4 over de verticale hoogtes h_2 , h_3 en h_4 .



Figuur 3: Dwarsdoorsnede berging in gelaagde bodem

Het watervolume dat in een tijdstap dt vanuit de berging in laag i infiltreert, wordt gegeven door:

$$(11) \quad V_{uit,i} = K_i * O_{w,i} * dt \quad (\text{m}^3)$$

Hierin is: K_i = de doorlatendheid van laag i (m/dag).
 $O_{w,i}$ = het totale wandoppervlak van laag i waardoorheen het water in de bodem infiltreert (m^2).

Het wandoppervlak van laag i waardoorheen water in de bodem infiltreert, wordt gegeven door vergelijking 12 (analoog aan vergelijking 9 voor een homogene bodem):

$$(12) \quad O_{w,i} = h_i * O_m \quad (\text{m}^2)$$

Hierin is: h_i = de waterdikte in laag i (m);
 O_m = de buitenomtrek van de berging (m) die constant is bij verticale zijwanden (zie vergelijking 10).

Met de vergelijkingen 11 en 12 volgt voor het watervolume dat uit elke laag infiltreert:

$$(13) \quad V_{uit,i} = K_i * h_i * O_m * dt \quad (\text{m}^3/\text{dag})$$

2 Ontwerpberekeningen infiltratievoorziening

Het verloop van de waterhoogte in de berging van een infiltratievoorziening in de tijd als gevolg van een neerslaggebeurtenis, kan worden berekend door een stapsgewijze benadering van de in- en uitstroom van water in/uit de berging, waarbij in één tijdstap p de volgende stappen worden onderscheiden:

- instroom van hemelwater in de berging ($V_{in,p}$);
- stijging waterpeil in de berging over een verticale afstand $dh_{in,p}$;
- uitstroom van water als gevolg van infiltratie in de bodemlagen die onder water staan ($\sum V_{uit,i,p}$);
- daling waterpeil in de berging over een verticale afstand $dh_{uit,p}$ tot nieuwe hoogte h_p .

Aan het einde van stap p is de waterhoogte dus h_p . Vervolgens herhalen de stappen a t/m d zich in de volgende tijdstap ($p+1$):

- instroom van hemelwater in de berging ($V_{in,p+1}$);
- stijging waterpeil in de berging over een verticale afstand $dh_{in,p+1}$;
- uitstroom van water als gevolg van infiltratie in de bodemlagen die onder water staan ($\sum V_{uit,i,p+1}$);
- daling waterpeil in de berging over een verticale afstand $dh_{uit,p+1}$ tot nieuwe hoogte h_{p+1} .

Dit proces gaat door zolang er neerslag valt en zolang er in een tijdstap meer hemelwater de infiltratievoorziening in- dan uitstroomt, stijgt het waterpeil in de berging. Wanneer de uitstroom op een bepaald moment groter wordt dan de instroom (doordat de neerslagintensiteit afneemt, het infiltratieoppervlak een bepaalde grootte heeft bereikt en/of het waterpeil tot aan een laag met een zeer hoge doorlatendheid is gestegen), blijft het waterpeil in de berging constant of gaat het dalen. Zodra de neerslag stopt gaat de daling het snelst totdat al het water via de zijwanden is geïnfiltreerd.

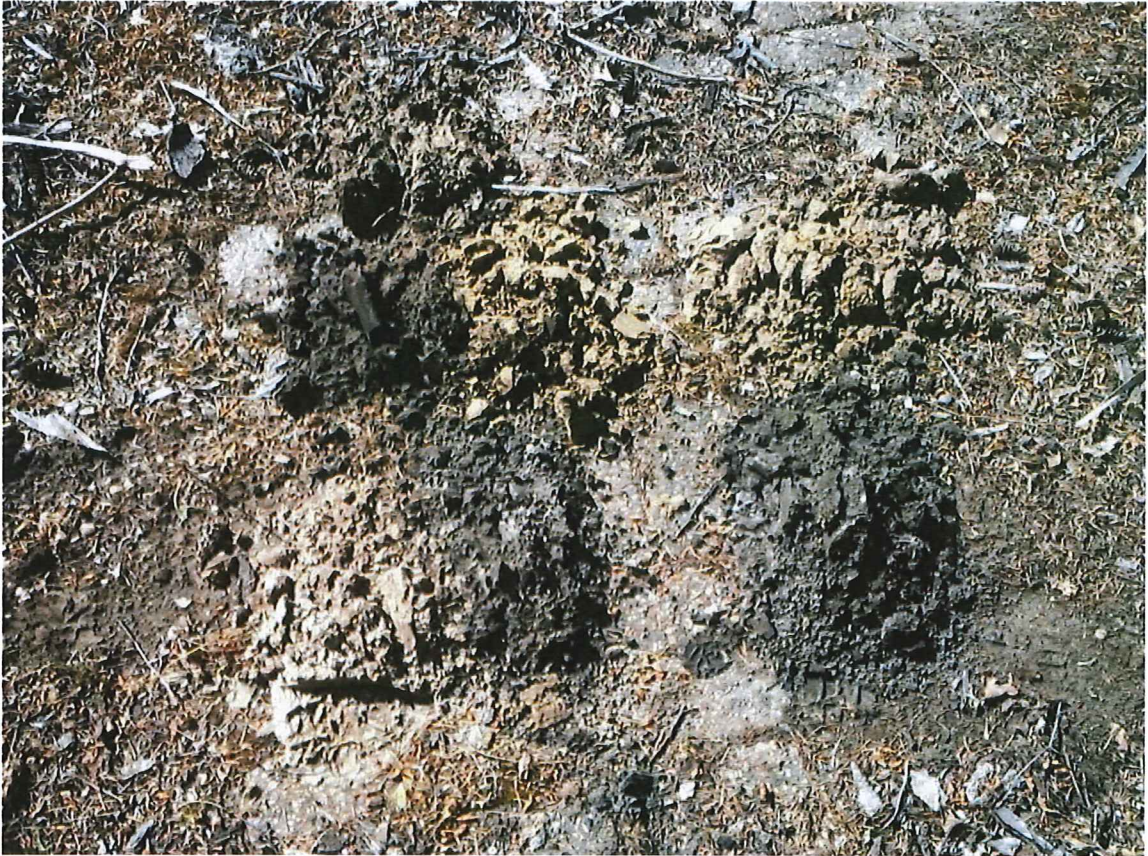
Uit de vergelijkingen 1, 5, 8 en 9 volgt voor het minimaal benodigde bergingsvolume V_B , zonder dat er een overstort plaatsvindt:

$$(14) \quad V_B = (C_{av}O_{vo} + C_{ad}O_{dak}) \int_0^{T_N} N(t) dt - K O_m \int_0^{T_N} h_w(t) dt$$

BIJLAGE 5

Foto's projectlocatie





03_20200526_103246.jpg



04_20200526_103206.jpg



05_20200526_103507.jpg



06_20200526_103659.jpg



20200526_140354.jpg



20200526_140407.jpg



20200526_140420.jpg

