

WADI of WAD

Praktijkgericht onderzoek naar het hydraulisch functioneren van wadisystemen in Haren en Groningen



Ewoud de Jong Posthumus
Groningen, 25 juni 2014

Verantwoording

Titel	:	WADI OF WAD
Subtitel	:	Praktijkgericht onderzoek naar het hydraulisch functioneren van wadisystemen in Haren en Groningen
Rapport	:	Afstudeerrapport
Datum	:	25 juni 2014
Auteur	:	Ewoud de Jong Posthumus
Opleiding	:	Civiele techniek, Hanzehogeschool Groningen
Opdrachtgevers	:	Bureau Noorderruimte Gemeente Haren
Begeleiding	:	Olof Akkerman Floris Boogaard Jonathan Tipping
Contact	:	ewoud_dejp@hotmail.com

Inhoudsopgave

Verklarende woordenlijst	4
Voorwoord	5
Samenvatting	6
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Onderzoeksvragen en doelstelling	8
1.3 Deelvragen en onderzoeksmethoden	8
1.4 Leeswijzer	10
2 Introductie wadisystemen	11
2.1 Herkomst van wadi's	11
2.2 Wadi's in Nederland	11
2.3 Technisch ontwerp	12
2.3.1 Bodemopbouw wadi	13
2.3.2 Infiltratiekoffer	14
2.3.3 Drainage	14
2.3.4 Slokoppen	14
3 Wadi's in Haren en Groningen	15
3.1 Inleiding	15
3.2 Ligging en geografie	15
3.3 Beschrijving wadisystemen	18
3.3.1 Wadi Vondellaan	18
3.3.2 Wadi Mellensteeg	20
3.3.3 Wadi Grotebeerstraat	21
4 Grond- en monitoringsonderzoek Haren	23
4.2 Meetmethoden	23
4.2.1 Grondonderzoek	23
4.2.2 Waterdoorlatendheidsmetingen	24
4.2.3 Monitoring (grond)waterstanden	25
4.2.4 Hoogtemetingen	25
4.3 Resultaten	26
4.3.1 Grondonderzoek	26
4.3.2 Waterdoorlatendheidsmetingen	29
4.3.3 Monitoring (grond)waterstanden	30
4.3.4 Hoogtemetingen	32
4.3.5 Afvoerend debiet	33
4.4 Conclusies grond- en monitoringsonderzoek	35
5 Infiltrometertest	36
5.1 Inleiding	36

5.2	<i>Meetmethode</i>	36
5.3	<i>Resultaten</i>	36
5.4	<i>Conclusie</i>	37
6	Aanbevelingen voor optimalisatie van de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen	38
7	Nawoord	40
	Literatuurlijst	41

Bijlage 1:	Uitvoeringsplan grond- en monitoringsonderzoek
Bijlage 2:	Resultaten doorlatendheidsmetingen
Bijlage 3:	Kaart hoogtemetingen
Bijlage 4:	Hydraulisch profiel
Bijlage 5:	Afkoppeltekening
Bijlage 6:	Meetplan infiltrometer
Bijlage 7:	Boorprofielen grondonderzoek

Verklarende woordenlijst

Grondporiën:	Het geheel aan met lucht of water gevulde ruimten tussen de vaste gronddeeltjes.
Humus:	Donkerbruine organische stof gevormd door de afbraak van dood plantaardig en dierlijk materiaal. Het zorgt o.a. voor voeding in de bodem en binding van water.
RWA:	Regenwaterafvoer. Ondergronds stelsel van buizen voor de afvoer van regenwater.
Drainage:	Het versneld afvoeren van overtollig grondwater via ondergrondse geperforeerde buizen.
IT-riool:	Infiltratieriool. Ondergrondse buien met een poreuze wand (beton), of voorzien van gaten (kunststof of beton) waardoor water kan wegzijgen in buis.
Ontwateringsdiepte:	De afstand van het maaiveld tot het grondwaterpeil.
GHG/GLG:	De grondwaterstand heeft gedurende het jaar een golfvormig verloop met meestal in de winter de hoogste en in de zomer de laagste standen. De jaarlijkse variatie van de grondwaterstand op een locatie kan worden gekarakteriseerd door de gemiddeld hoogste (GHG) en laagste grondwaterstand (GLG).
Kwel:	Het uittreden van grondwater aan het maaiveld.
b.o.b:	Hoogte gemeten vanaf de binnen onderkant buis.
Slokop	Kolk die in een wadi op enkele tientallen centimeters boven de bodem is aangelegd. Bij waterstandstijging tot boven de slokop, wordt het water rechtstreeks naar de drainage onder wadibodem afgevoerd.
Ongeroerd grondmonster	Grondmonster dat in structuur en/of spanningstoestand in zo geringe mate door of na de monsternamen is gewijzigd dat deze eigenschappen nog als representatief kunnen worden beschouwd voor de grond in situ. (ref 25.)

Voorwoord

Dit rapport geeft u inzicht in een halfjarige onderzoek naar wadisystemen in Haren en Groningen dat is uitgevoerd door Ewoud de Jong Posthumus, studentonderzoeker bij Bureau Noorderruimte. Het onderzoek is gericht op het technisch en hydraulisch functioneren van een drietal wadi's gelegen in het Hendrik de Vriesplantsoen (Haren), aan de Mellensteeg (Haren) en aan de Grote Beerstraat (Groningen). Door middel van praktijkonderzoek is gekeken hoe de systemen functioneren en of deze hoofdzakelijk een infiltrerende functie of een drainerende functie hebben.

Het onderzoek is daarnaast gericht op de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen die niet functioneert zoals gepland. De oorzaken zijn onderzocht en er zijn aanbevelingen opgesteld voor het optimaliseren van het systeem.

Mijn dank gaat uit naar Bureau Noorderruimte en de gemeente Haren die het onderzoek mogelijk hebben gemaakt. Daarnaast wil ik in het bijzonder Olof Akkerman (Docent/onderzoeker Hanzehogeschool), Floris Boogaard (lector Ruimtelijke transformaties), Jonathan Tipping (Docent/onderzoeker Hanzehogeschool), Jelle van der Molen (Gemeente Haren) en Richard Walters (Gemeente Groningen) bedanken voor de input die zij hebben geleverd en de ondersteuning die zij hebben geboden bij het onderzoek

Samenvatting

WADI staat voor Water Afvoer door Drainage en Infiltratie. Het is een greppel begroeid met gras die afstromend regenwater van daken en woonstraten opvangt en infiltreert in de bodem naar het grondwater. Het wadisysteem heeft daarmee twee primaire functies; het bergen en het infiltreren van water. Wadi's in Haren en Groningen zijn aangelegd in gebieden met slecht doorlatende ondergrond en hoge grondwaterstanden. De aanleg van drainage met aansluiting op het oppervlaktewater is bij deze wadi's noodzakelijk. Daardoor heeft de wadi primair een afvoerende functie gekregen. De naam WAD Water Afvoer door Drainage is wellicht een betere naam aangezien er geringe infiltratie naar het grondwater plaatsvindt.

De wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen in Haren is aangelegd op leem en potklei. De wadi is opgebouwd uit een laag grof zand en een toplaag van humusgrond. Deze laatste laag is dichtgeslibd. De wadi heeft in de winter en in het voorjaar permanent onder water gestaan. Dit komt door een hoge grondwaterstand en drainage die niet functioneert. Het gevolg is dat de wadi niet droog valt. Dit gaat grasgroei tegen en de wadi kan niet betreden worden door onderhoudsmaterieel.

De wadi aan de Mellensteeg functioneert hydraulisch goed. De leeglooptijd is in de orde van 1 dag. De wadi is aangelegd op een zandlaag met daaronder keileem. De wadi is opgebouwd uit drainzand met een toplaag van humusrijke grond. De drainage functioneert goed door het infiltrerende hemelwater af te voeren naar een nabijgelegen sloot.

Er zijn kansen om de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen te optimaliseren. De afvoer van regenwater kan worden vergroot door 1) Verwijdering van de sliblaag 2) Indien drainage aanwezig is deze doorspuiten of indien niet aanwezig drainage aan te leggen. 3) Het niveauverschil tussen de waterstand in de wadi en de waterstand in de lozingsvijver vergroten door de bodem en inlaten van de wadi op te hogen. 4) Dichtslibbing voorkomen door een zandvangput aan de sluiten op de inlaten.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In stedelijke gebieden is een goede inrichting van de waterhuishouding een grote opgave. Door het grote percentage verhard oppervlak en het steeds vaker optreden van heftige buien, als gevolg van de klimaatsverandering, krijgen steden in korte tijd veel water te verwerken. Van oudsher zijn we gewend dit hemelwater zo snel mogelijk via een rioolstelsel af te voeren. Deze aanpak veroorzaakt veel problemen, zoals piekafvoeren in het rioolstelsel, vuiluitworp van de riolering, afname van het zuiveringsrendement van rioolwaterzuiveringsinstallaties, watertekort in de zomer en grondwateroverlast in de winter. Om bovenstaande problematiek aan te pakken wordt sinds het begin van deze eeuw een nieuwe werkwijze gehanteerd. Het credo is tegenwoordig om hemelwater zoveel mogelijk vast te houden, daarna te bergen en het vervolgens af te voeren. Het wadi-systeem past goed bij deze filosofie. Dit is namelijk een manier om hemelwater niet via het rioolstelsel af te voeren, maar te bufferen en infiltreren in de bodem. De wadi zoals we die in Nederland kennen is een greppel begroeid met gras. Deze greppel staat normaal gesproken droog maar tijdens een bui wordt hemelwater van daken en woonstraten naar deze greppel geleid, die zich vervolgens vult met hemelwater waarna het infiltreert in de bodem.

De wadi wordt op steeds meer plaatsen in Nederland toegepast. Het wadisysteem is geschikt voor gebieden met doorlatende grondsoorten en lage grondwaterstanden. Over het algemeen is het wadisysteem meer geschikt voor het oosten van Nederland, de hogere zandgronden en langs de rivierbeddingen (ref 1: Groenblauwe Netwerken, 2014). Maar de wadi blijft niet beperkt tot deze gebieden. Tegenwoordig worden wadi's ook aangelegd in het noorden van Nederland waar de grondsoorten over het algemeen minder goed water doorlaten. De vraag of wadi's in minder goed doorlatende gronden functioneren en in welke mate deze een infiltrerend karakter hebben is de aanleiding geweest voor een praktijkgericht onderzoek naar wadi's in Haren en Groningen. In het onderzoek zijn drie recentelijk aangelegde wadi's onder de loep genomen. Door visuele waarnemingen en veldmetingen is informatie verkregen over het functioneren van de wadi's. Het onderzoek heeft nieuwe inzichten opgeleverd over functioneren van wadi's in matig tot slecht doorlatende ondergronden. Op basis van deze inzichten zijn aanbevelingen opgesteld waarmee de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen in Haren geoptimaliseerd kan worden.

1.2 Onderzoeksvragen en doelstelling

Het onderzoek is gericht op het technisch en hydraulisch functioneren van wadi-systemen in minder goed doorlatende gronden. De centrale vraag van het onderzoek luidt: “Wat is het hydraulisch gedrag van wadi’s in Haren en Groningen waar hoge grondwaterstanden en slecht doorlatende grondsoorten voorkomen”.

Met hydraulisch gedrag wordt de wijze waarop het water zich in de wadi gedraagt bedoeld. Dit gedrag van water heeft alles te maken met de grondopbouw en het technisch ontwerp van een wadi. Heeft de grond een goede doorlatendheid, wat wil zeggen dat het water zich gemakkelijk kan verplaatsen in de tussenruimte tussen de gronddeeltjes (grondporiën), dan zal water goed infiltreren in de bodem waardoor de wadi snel droog staat. Heeft de grond echter een slechte doorlatendheid dan zal het water moeilijk infiltreren in de bodem en blijft de wadi vol staan. Dit laatste kan nadelige gevolgen hebben. Zo kan een wadi, die lange tijd vol staat met water, bijvoorbeeld leiden tot natte kruipruimtes bij omwonenden en tot muggenoverlast. Een goed technisch ontwerp en de juiste grondopbouw zijn daarom essentieel.

In Groningen en Haren zijn in 2013 wadisystemen aangelegd. In Groningen ligt de wadi in de woonwijk Paddepoel Zuidsoost en in Haren liggen de wadi’s op een schoolterrein aan de Mellensteeg en in een woonwijk in het Hendrik de Vriesplantsoen. Bij deze laatste zijn problemen geconstateerd in het technisch en hydraulisch functioneren. Water blijft, in een droge periode, lange tijd staan in de wadi waardoor zich een sliblaag heeft gevormd op de bodem. Dit heeft een negatieve invloed op het infiltratievermogen van de wadi. Daarnaast lekt water via een inlaat uit de wadi in het hemelwaterriool en is onduidelijk waar het water vervolgens naar toe stroomt.

In het onderzoek wordt gekeken welke oorzaken aan bovengenoemde problemen ten grondslag liggen en hoe deze opgelost kunnen worden. Het doel van het onderzoek is het formuleren van een advies naar de gemeente Haren voor het optimaliseren van de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen.

1.3 Deelvragen en onderzoeksmethoden

Het onderzoek is uitgevoerd aan de hand van deelvragen. De deelvragen zijn beantwoord in aparte hoofdstukken.

Hoofdstuk 2

De introductie van de wadi in Nederland en de definitie van een wadi wordt vastgesteld. Vervolgens wordt uitgelegd hoe een wadi-systeem functioneert. De informatie is verkregen door middel van een literatuurstudie.

De volgende deelvragen worden beantwoord:

1. Wanneer is de wadi voor het eerst geïntroduceerd in Nederland?
2. Wat is het werkingsprincipe van het wadi-systeem?
3. Welke ontwerpen van wadi-systemen zijn er?

Hoofdstuk 3

De lezer wordt geïnformeerd over het ontwerpproces en de werking van de wadisystemen in Haren en Groningen. De informatie is verkregen door interviews met medewerkers van de gemeente Haren en Groningen die betrokken zijn geweest bij het ontwerp van de wadi.

De volgende deelvragen worden beantwoord:

4. In welk gebied liggen de wadi's in Haren en Groningen en welke grondsoorten komen daar voor?
5. Welke actoren zijn betrokken bij het ontwerp, uitvoering en beheer van deze wadi's?
6. Welke overwegingen speelden een rol bij de aanleg van deze wadi's?
7. Is er vooronderzoek gedaan en zo ja door welke partij is dit gedaan?
8. Welk wadiontwerp is toegepast?
9. Zijn er resultaten van een bodem en hydrologisch onderzoek beschikbaar? Zo ja, wat zijn de resultaten?
10. Zijn er ontwerptekeningen beschikbaar?
11. Hoe vindt monitoring van de wadi's plaats?

Hoofdstuk 4

Er wordt ingezoomd op het hydraulisch en technisch functioneren van voornoemde wadi's. Er is een grond- en monitoringsonderzoek uitgevoerd waarmee de infiltratiecapaciteit en de lokale bodemopbouw zijn bepaald. Tot slot zijn in de laatste fase aanbevelingen opgesteld om het wadigedrag te kunnen voorspellen en om juiste ontwerpafwegingen te maken. Resultaten zijn verkregen door grondboringen en diverse metingen te verrichten. In hoofdstuk vier zijn de onderzoeksmethoden verder gespecificeerd.

De volgende deelvragen worden beantwoord.

1. Uit welke grondsoorten is de bodem van de wadi opgebouwd?
2. Wat is de leeglooptijd van de wadi?

Hoofdstuk 5

De doorlatendheid van de wadi's in Haren wordt in dit hoofdstuk vergeleken met die van de wadi in Groningen.

De volgende deelvragen worden beantwoord.

1. Wat is de doorlatendheid van wadibodem?

Hoofdstuk 6

In dit hoofdstuk worden aanbevelingen gedaan voor het optimaliseren van de bergings- en de afvoercapaciteit van de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen.

De volgende deelvragen worden beantwoord.

2. Hoe kan de wadi in het Hendrik de Vries Plantsoen worden geoptimaliseerd zodat water niet (te) lang blijft staan in de wadi en het water niet weglekt naar het regenwaterriool.

1.4 Leeswijzer

- | | |
|-------------|---|
| Hoofdstuk 2 | beschrijft de ontstaansgeschiedenis van de wadi in Nederland en het werkingsprincipe van het wadisysteem. |
| Hoofdstuk 3 | beschrijft het ontwerp en de werking van de wadisystemen in het Hendrik de Vriesplantsoen en aan de Mellensteeg in Haren. |
| Hoofdstuk 4 | behandelt de opzet en de resultaten van het grond- en monitoringsonderzoek van de wadi's in Haren en beschrijft de conclusies |
| Hoofdstuk 5 | Beschrijft de resultaten van de infiltrometertertest bij wadi's in Haren en in Groningen |
| Hoofdstuk 6 | beschrijft aanbevelingen voor optimalisatie van het wadisysteem in het Hendrik de Vriesplantsoen |

2 **Introductie wadisystemen**

2.1 **Herkomst van wadi's**

De naam wadi is al eeuwen oud en stamt uit het Arabisch. Het woord wordt gebruikt om een droogstaand rivierdal mee aan te duiden. Deze rivierdalen komen voor in woestijngebieden in Noord-Afrika, het Midden-Oosten en in delen van Spanje. Tijdens natte periodes veranderen de dalen in korte tijd in een kolkende rivier die het water afvoert naar lager gelegen gebieden.



Figuur 1: Wadi in Nahal Paran, Negev, Israel (bron: ref. 2)

De wadi komt echter ook op andere plekken voor dan in woestijngebieden en delen in Spanje. Ook in Zweden, Duitsland, Zwitserland, Japan en in Nederland zijn er wadi's, alleen hebben de wadi's in deze landen een andere functie. Waar de wadi in de woestijngebieden een afvoerende functie heeft, heeft de wadi in landen zoals Nederland en Duitsland als doel om hemelwater vast te houden en te infiltreren naar de bodem en het grondwater.

2.2 **Wadi's in Nederland**

In Nederland is de wadi voor het eerst op grote schaal toegepast in een nieuwbouwwijk 'Ruwenbos' in Enschede. Het Mulden Rigolen System uit Duitsland stond model voor deze Nederlandse wadi (ref. 3). Duitsland had toen al veel ervaring opgedaan met deze wijze van hemelwaterinfiltratie en daar werd in Nederland dankbaar gebruik van gemaakt. In de wijk zijn wadi's aangelegd in groenstroken tussen de bebouwing. Op het eerste oog lijkt de wadi een brede greppel die is begroeid met gras. Bij droog weer staat deze greppel droog en kan je er doorheen wandelen. Bij een regenbui stroomt water van de daken van huizen en wegen via open goten in de wadi. De wadi vult zich met hemelwater dat langzaam wegzakt in de bodem. Enkele dagen na een grote regenbui is het water geïnfiltreerd in de bodem en staat de wadi weer droog.

Als we het technisch ontwerp van deze wadi bekijken is het meer dan alleen een greppel die begroeid is met gras. De wadi is opgebouwd uit verschillende lagen. De bovenlaag bestaat uit teelaarde waar beplanting goed in kan groeien. Daaronder is een laag verbeterde grond, met een goede waterdoorlatendheid, aangebracht. Onder de grondverbetering zijn een ondergrondse berging en een drainagebuis aangelegd, die respectievelijk de bergingscapaciteit vergroten en de infiltratiecapaciteit bevorderen. Tevens zijn zogenaamde slokken toegepast, die bij hevige regenval hemelwater rechtstreeks naar de ondergrondse berging afvoert. Een slokop is een kolk die op enkele tientallen centimeters boven de bodem van de wadi is aangelegd. Bij waterstandstijging tot boven de slokop, wordt het water rechtstreeks naar de drainage onder wadibodem afgevoerd. In het volgende hoofdstuk wordt het technisch ontwerp van de wadi verder toegelicht.

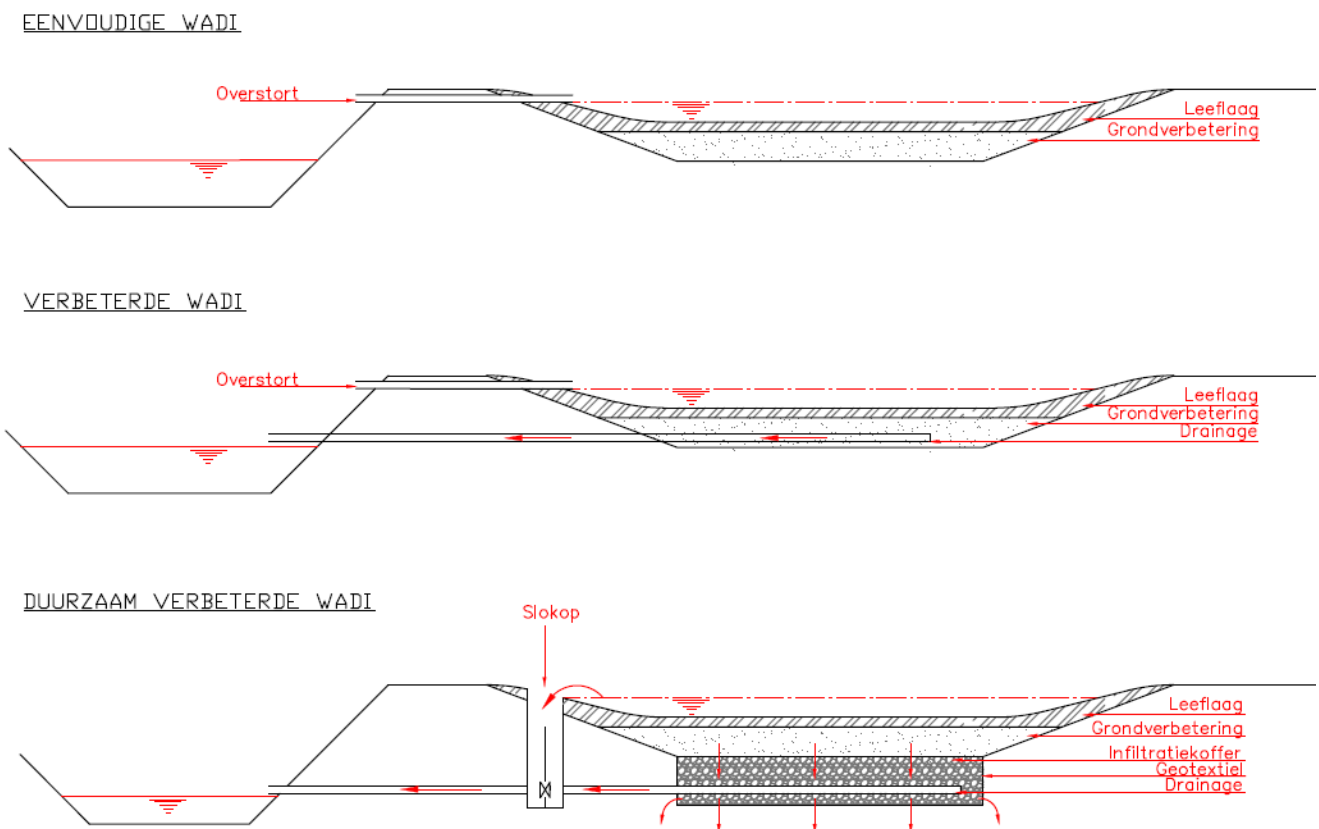
2.3 Technisch ontwerp

De wadi zoals die in Enschede is aangelegd is nog maar een enkel voorbeeld van een wadi-ontwerp - wadi's zijn aangelegd in verschillende soorten en maten in Nederland.

Uiteenlopend van een eenvoudige wadi tot complexere wadi's met voorzieningen als slokken en ondergrondse berging.

Vergelijking van verschillende wadi-systemen op basis van internetonderzoek heeft geleid tot de volgende categorisering:

- 1) Eenvoudige wadi
- 2) Verbeterde wadi
- 3) Duurzaam verbeterde wadi



Figuur 2: Dwarsdoorsneden van diverse wadisystemen

De eenvoudige wadi wordt ontworpen met minimale voorzieningen. Deze wadi functioneert goed in gebieden met een goed doorlatende bodem. De wadi bestaat uit een verlaging in het maaiveld waaronder verbeterde grond en een leeflaag zijn aangebracht. De verbeterde grond heeft een groot poriënvolume, wat betekent dat er veel tussenruimte zit tussen de gronddeeltjes, waardoor water goed kan infiltreren in de bodem. De leeflaag bestaat uit vruchtbare grond waar beplanting goed in kan groeien. Daarnaast is een overstortvoorziening aangebracht die voorkomt dat de wadi, bij excessieve neerslag, overstroomt. De eenvoudige wadi heeft twee primaire functies: het bufferen en het infiltreren van hemelwater.

De verbeterde wadi is een eenvoudige wadi met een drainage voorziening. Deze wordt toegepast in gebieden met matig doorlatende bodem. Er zal minder infiltratie plaatsvinden waardoor deze wadi een bufferende en drainerende werking heeft, in plaats van een infiltrerende werking. De drainage bevordert de infiltratie van hemelwater en voert het hemelwater af naar het oppervlaktewater. Er is bij dit systeem sprake van water afvoer door drainage (WAD).

Bij de duurzaam verbeterde wadi zijn voorzieningen getroffen die de infiltratie en berging bevorderen. Onder de grondverbetering is een ondergrondse berging aangelegd; een sleuf met een aggregaat die is ingepakt in een zanddicht doek. Een aggregaat kan bestaan uit bijvoorbeeld grind, lavasteen of gebakken kleikorrels. Het zanddichte doek voorkomt dat grond in de sleuf met aggregaat binnenspoelt, maar laat het water wel door. Door het aggregaat is in de lengterichting een drainbuis aangelegd. De drainbuis zorgt ervoor dat delen waar de ondergrond minder goed doorlatend is, toch in verbinding staan met beter doorlatende grond. De drain doet tevens dienst als ontwateringsmiddel indien deze is aangesloten op het oppervlaktewater. In de winter komt het namelijk voor dat de grondwaterstand stijgt tot boven het drainniveau. Een afsluiter in de slokop kan in deze situatie worden geopend zodat de drainage het overtollige grondwater afvoert naar het oppervlaktewater. De zogenaamde "sloppen" zijn putten die op een bepaalde hoogte in de wadi zijn aangelegd. De put staat in verbinding met de ondergrondse berging. Als het water in de wadi de putrand bereikt dan stroomt het water rechtstreeks via de put naar de berging die zich vervolgens vult met water.

2.3.1 Bodemopbouw wadi

De bodem van de wadi is doorgaans opgebouwd uit verschillende poreuze lagen.

Gezamenlijk zorgen deze lagen ervoor dat de bodem:

- lucht- en waterdoorlatendheid is;
- stabiel en draagkrachtig is zodat deze toelaatbaar is voor onderhoudsmaterieel;
- voedzaam is zodat vegetatie erop kan groeien;
- verontreinigingen zoveel mogelijk afvangt.

(ref. 3. blz. 106.)

De bovenste laag, ook wel toplaag genoemd, is bepalend voor de doorlatendheid van de wadi. De toplaag bestaat uit humusrijke grond met voldoende poriënvolume, zodat gras goed kan groeien maar de laag ook goed doorlatend is. Onder de toplaag wordt doorgaans een laag grofkorrelig zand aangebracht variërend met een dikte van tientallen centimeters tot enkele meters. Dit zand heeft een groot poriënvolume en kan daardoor veel water bergen. In

plaats van grof zand worden soms ook andere poreuze media toegepast zoals lavaslakken of grind. Vanuit deze laag stroomt water naar oorspronkelijk aanwezige bodemlagen of eventueel in een infiltratiekoffer.

2.3.2 Infiltratiekoffer

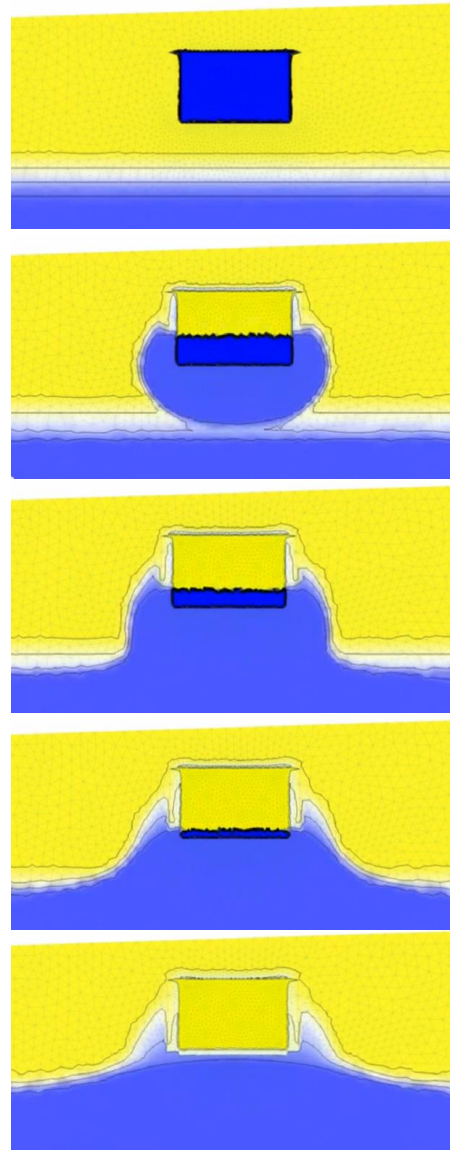
Een infiltratiekoffer is een ondergrondse infiltratievoorziening die wordt aangelegd om de bergingscapaciteit te vergroten. De infiltratiekoffer bestaat uit een sleuf met een aggregaat die is ingepakt in een zanddicht doek. Een aggregaat kan bestaan uit bijvoorbeeld grind, lavasteen of gebakken kleikorrels. Dit zijn grove materialen met holle ruimten waar het water in wordt geborgen. Het zanddichte doek voorkomt dat grond in de sleuf met aggregaat binnenspoelt, maar laat het water wel door. Een infiltratiekoffer vult zich snel met hemelwater waarna de koffer langzaam leegloopt en het hemelwater infiltreert in de oorspronkelijke bodemlagen. Afbeelding 1 toont de lediging van een infiltratiekoffer in verloop van tijd.

2.3.3 Drainage

Horizontale drainage wordt aangelegd om de infiltratie van hemelwater te bevorderen. De drainbuis zorgt ervoor dat grond met een minder goede doorlatendheid in verbinding staat met goed doorlatende grond. De drain kan tevens dienst doen als ontwateringsmiddel mits deze is aangesloten op het oppervlaktewater. In plaats van infiltratie naar het grondwater wordt het water afgevoerd naar het oppervlaktewater. De wadi heeft dan niet meer een infiltrerend karakter maar is dan een vertragende afvoervoorziening geworden.

2.3.4 Slokken

Een slokop is straatkolk die een kortsluiting vormt tussen het water bovengronds en de berging ondergronds, zoals weergegeven in figuur 2. Via de slokop kan het water versneld via de drainage naar de onderliggende berging stromen, waarna het kan infiltreren in de bodem.



Figuur 3: Illustratie van de leegloop van een infiltratiekoffer (bron: ref.4)

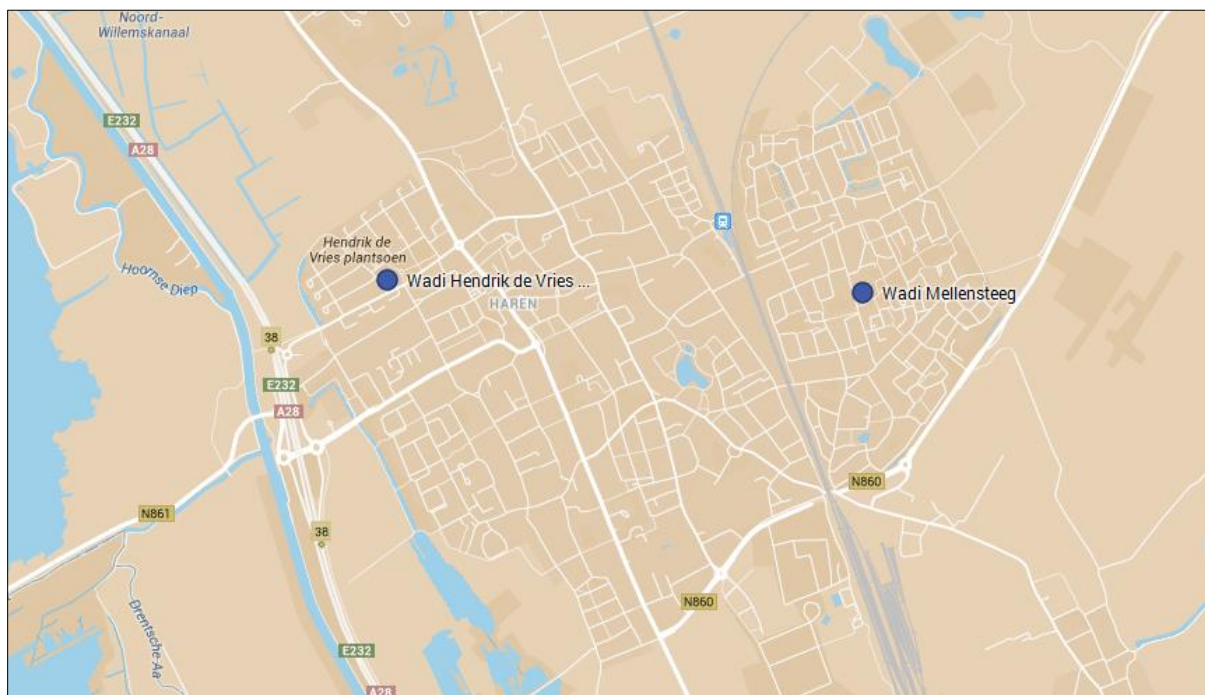
3 Wadi's in Haren en Groningen

3.1 Inleiding

In 2013 zijn in Haren en Groningen een drietal wadi's aangelegd. De wadi's zijn gelegen in gebieden waar slecht doorlatende klei- en keileem gronden kunnen voorkomen. De vraag is of infiltratie van hemelwater hier mogelijk is? Voor een antwoord op deze vraag is vooronderzoek gedaan naar de grondopbouw en het technisch ontwerp van de wadi's. De informatie is verkregen door middel van deskresearch en interviews met deskundigen die betrokken zijn geweest bij de aanleg van de wadi's.

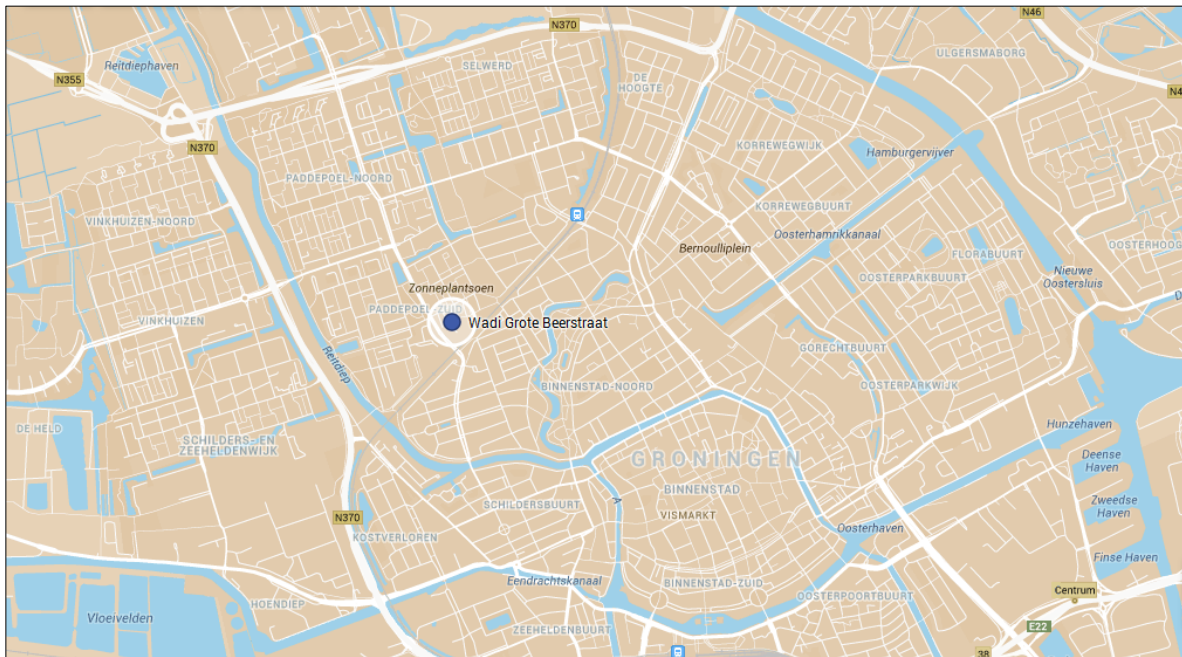
3.2 Ligging en geografie

De wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen ligt in een woonwijk in het noordwesten van Haren en de wadi aan de Mellensteeg ligt op een schoolterrein van Brede School De Octopus in het oosten van Haren.



Figuur 4: Situering wadi's in Haren (bron: ref. 8)

De wadi in Groningen is gelegen in een nieuwbouwwijk in het stadsdeel Paddepoel Zuidoost. De wadi grenst aan de Grote Beerstraat. Figuur 5 toont de ligging van de wadi.

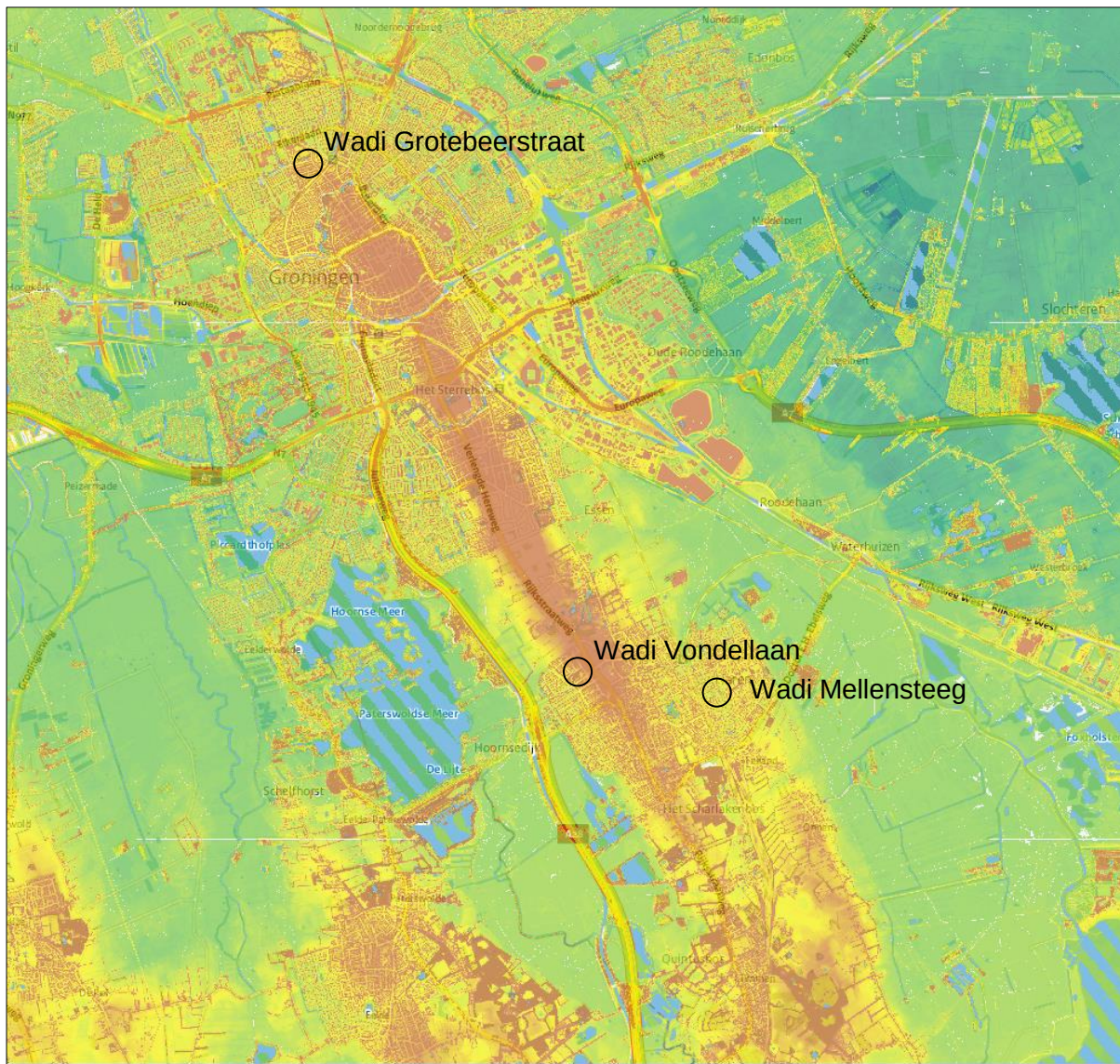


Figuur 5: situatietekening wadi Grote Beerstraat, Groningen (bron: ref. 8)

De wadi's hebben gemeen dat ze op de Hondsrug zijn gelegen. Dit is een langerrechte rug die gevormd is in de voorlaatste ijstijd (het Saalien) en voornamelijk bestaat uit de grondsoorten klei en keileem. Klei is ontstaan door de verwerking van gesteenten tot zeer kleine gronddeeltjes van 0,0002mm, lutum genaamd. Het is opgebouwd uit kleiplaatjes die zeer dicht op elkaar liggen. Klei varieert van lichte klei tot zware klei, afhankelijk van het lutumgehalte. Bij een lutumgehalte hoger dan 25% is sprake van klei. (bron: ref. 8) Door de compacte structuur en de kleine gronddeeltjes is klei matig tot slecht waterdoorlatend. Dit houdt in dat hemelwater moeilijk kan infiltreren in deze grond.

Keileem is een mengsel van klei, zand, grind en grote stenen dat door gletsjerijs is getransporteerd en als grondmorene is afgezet (ref.5). Net als klei heeft keileem de eigenschap slecht waterdoorlatend te zijn.

Figuur 5, op de volgende pagina, geeft de locatie van de wadi's aan op de Algemene Hoogte Kaart van Nederland. De kleuren op de kaart geven een indicatie van de hoogteligging van het maaiveld. Hoe roder, hoe hoger het gebied is gelegen. Op de kaart is de Hondsrug goed zichtbaar. De Hondsrug loopt vanuit Groningen in zuidoostelijke richting tot Emmen. De wadi's in het Hendrik de Vriesplantsoen en aan de Mellensteeg liggen op de flanken van de Hondsrug, respectievelijk aan de westzijde en de aan de oostzijde. De wadi in Groningen ligt op de uitloper van de Hondsrug.



Figuur 6: Algemene hoogtekaart Nederland (ref. 12)

Ter plaatse van de wadi's kan klei en keileem aangetroffen worden maar dit hoeft niet per definitie zo te zijn. Klei en keileem zijn grondsoorten die niet gelijkmatig overal zijn afgezet. Potklei bijvoorbeeld, een zeer compacte zwartbruine klei die vooral in het Noorden van Nederland voorkomt, kent dikwijls een grillig verloop. Dit komt doordat deze klei is afgezet tijdens het smelten van het ijs. Daarbij vormden zich zogenoemde tunneldalen die zijn opgevuld met sediment dat als klei is afgezet. In deze tunneldalen kan de potklei tientallen meters dik zijn terwijl naast de dalen weinig tot geen potklei wordt aangetroffen. (ref. 7). Ook keileem is vaak niet overal gelijk van dikte. Keileem is in de voorlaatste ijstijd, het Saalien, onder het landijs afgezet. Lokaal is de keileem soms opgestuwd door het landijs. Daardoor zijn stuwallen ontstaan waar de laag keileem lokaal dikker kan zijn. De Hondsrug is hier een voorbeeld van.

Om de lokale grondopbouw van de wadi's in Haren nauwkeuriger te kunnen vaststellen is een grondonderzoek uitgevoerd. In hoofdstuk 4 leest u hier meer over.

3.3 Beschrijving wadisystemen

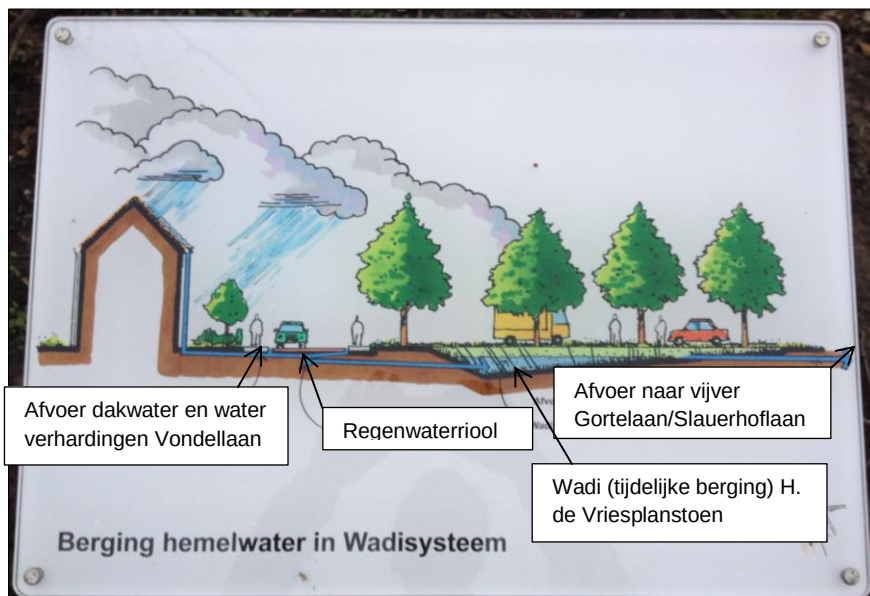
3.3.1 Wadi Vondellaan

De gemeente haren heeft in samenwerking met het waterschap in het voorjaar van 2013 een wadi aangelegd in het Hendrik de Vriesplantsoen in Haren (ref. 24). Deze wadi is een buffer- en infiltratievoorziening voor het hemelwater afkomstig van de Vondellaan en een deel van de Multatulilaan. De wadi is uitgevoerd met drainage om de infiltratie van hemelwater te bevorderen en eventuele hoge grondwaterstanden te voorkomen.

Locatie:	Vondellaan, Haren
Ontwerp:	Verbeterde wadi
Functies:	Waterberging en –zuivering
Datum aanleg:	voorjaar 2013
Betrokken partijen:	Gemeente Haren Waterschap Hunze en Aa's DHV Tauw Grontmij Hoornstra BV
Monitoring:	In het kader van dit onderzoek zal monitoring plaatsvinden



Figuur 7: Foto wadi Hendrik de Vriesplantsoen 4-4-2014 (ref. 20)



Figuur 8: Informatiebord in Hendrik de Vriesplantsoen (ref. 20)

3.3.1.1 Ontwerp

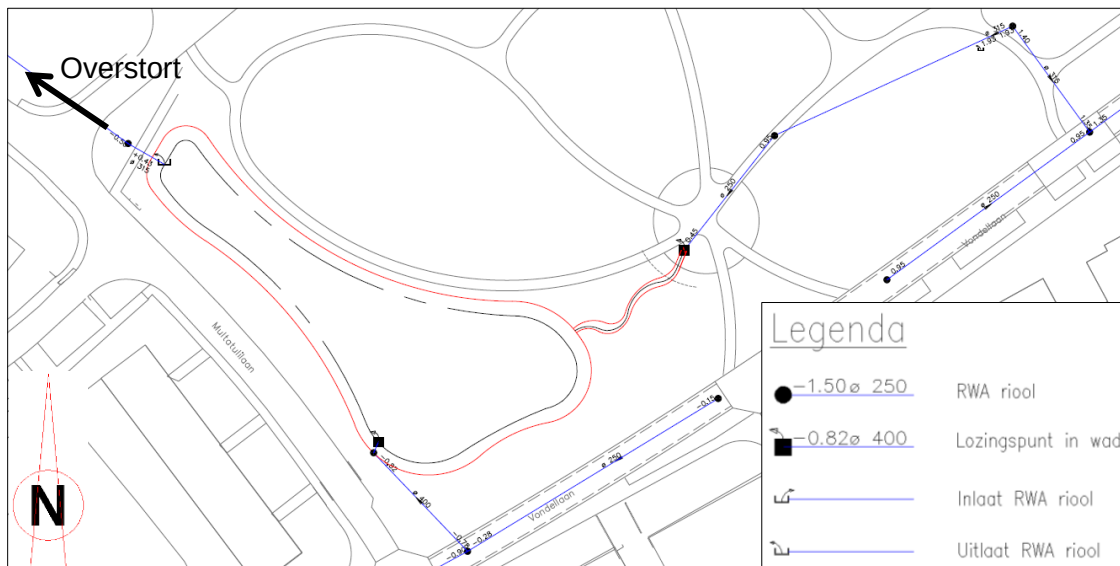
De bodem van de wadi is opgebouwd uit een toplaag van zwarte grond met daaronder een laag grofkorrelig wit zand van enkele tientallen centimeters. Aan de noordzijde van de wadi ligt naar schatting circa 20 meter drainage (ref. 26).



Figuur 9: Foto's aanleg wadi in Hendrik de Vriesplantsoen 30-9-2014 (ref. 26)

De Vondellaan kent een hoogteverschil van 6 meter. Het uiterst noordoostelijke deel en het uiterst zuidwestelijke deel liggen op respectievelijk 6 m + NAP en 0 m + NAP. Halverwege de Vondellaan, ter hoogte van de wadi, ligt het straatniveau op 2m + NAP. Water van het hoger gelegen deel van de Vondellaan wordt onder vrij verval via straatkolken in het hemelwaterriool verzameld en vervolgens naar de wadi afgevoerd. Water van het lager gelegen deel wordt opgevangen in het hemelwaterriool en dooropstuwing naar de wadi afgevoerd. Hemelwater van de Multatulilaan wordt via straatkolken opgevangen en rechtstreek met een pvc-pijp onder vrij verval naar de wadi afgevoerd.

Aan de noordzijde van de wadi is een overstort aangelegd. Bij overstorten stroomt het water uit de wadi via een hemelwaterriool naar een vijver ten noorden van de Gortelaan.



Figuur 10: Overzichtstekening wadisysteem Hendrik de Vriesplantsoen (ref. 20)

3.3.1.2 Bijzonderheden

Bij de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen in Haren zijn problemen geconstateerd in het technisch en hydraulisch functioneren. Water blijft, in een droge periode, lange tijd staan met problemen tot gevolg. Door het stilstaande water heeft zich een sliblaag gevormd op de bodem van de wadi. Dit heeft een negatieve invloed op het infiltratievermogen. Daarnaast lekt water via een inlaat, uit de wadi, in het hemelwaterriool en is het onduidelijk waar het water vervolgens naar toe stroomt.

3.3.2 Wadi Mellensteeg

In de Mellensteeg is een wadi op een schoolterrein aangelegd. De wadi dient enerzijds als waterberging- en zuiveringsvoorziening en anderzijds als speelplek. Er zijn speelelementen zoals houten blokken en stapstenen aanbracht voor kinderen.

Locatie:	Mellensteeg, Haren
Ontwerp:	duurzaam verbeterde wadi
Functies:	waterberging en –zuivering, speelplaats
Datum aanleg:	najaar 2013
Betrokken partijen:	Gemeente Haren Buro Hollema
Monitoring:	In kader van dit onderzoek zal monitoring plaatsvinden



Figuur 11: Spelende kinderen bij wadi. Foto genomen in April (ref. 20)

3.3.2.1 Ontwerp

De wadi bestaat uit vier aaneengekoppelde wadisegmenten. De segmenten zijn via horizontale drainage met elkaar verbonden. Het hemelwater afkomstig van het verharde oppervlak op het schoolterrein en de daken wordt via ondergrondse pvc-buizen en inlaatputten in de wadi geleid. In elk wadi-segment heeft slokop die in rechtstreekse verbinding staat met de drainage. Via twee uitlaatputten staat de wadi in verbinding met een nabijgelegen sloot die het water vervolgens afvoert naar het oppervlaktewater. De uitlaat is verhoogd aangelegd waardoor de wadi pas afwatert naar de sloot als het maximale waterpeil in de wadi is bereikt.

3.3.2.2 Bijzonderheden

De wadi heeft naast een buffer- en infiltratievoorziening voor hemelwater ook een functie als speelplaats voor kinderen. De eigenaar van de school wil dit graag stimuleren en is gemotiveerd om de speelmogelijkheden van de wadi uit te breiden.

3.3.3 Wadi Grotebeerstraat

In het stadsdeel Paddepoel zuidoost wordt een wadi aangelegd. Circa de helft van de 470 meter wadi is al gerealiseerd. De bouw van de nieuwe woningen wordt gefaseerd uitgevoerd en daarmee zal ook de wadi in fasen worden aangelegd. De wadi is een waterbergings- en zuiveringsvoorziening voor afstromend hemelwater afkomstig van wegen, daken en groenstroken.

De wadi ligt tussen de Grote Beerstraat en het spoor. In deze zone wordt hemelwater van de wegen en daken afgevoerd naar de wadi en deels naar het hemelwaterriool. De wadi is aangelegd om de volgende redenen:

- Er is een afweging gemaakt tussen de afvoer naar een sloot of een wadi. Er is gekozen voor een wadi omdat dit een eenvoudiger systeem bleek dat minder berekening vergde.
- De wadi neemt minder ruimte in beslag en kent een grote multifunctionaliteit
- De wadi bespaarde meer bestaande bomen t.o.v. de aanleg van een sloot.

Bron: ref. 10.

Locatie:	Grote Beerstraat, Groningen
Ontwerp:	duurzaam verbeterde wadi
Functies:	waterberging en –zuivering, speelplaats
Datum aanleg:	Nog niet voltooid
Betrokken partijen:	Gemeente Groningen Waterschap Noorderzijlvest Nijhuis BV
Monitoring:	geen monitoring



Figuur 12: Links: wadi in het voorjaar. Rechts: Lavaslakken toegepast als poreus medium

3.3.3.1 Ontwerp

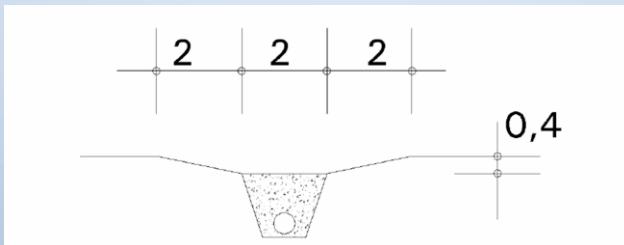
De wadi valt in de categorie van de 'duurzaam verbeterde wadi'. De wadi is van boven naar beneden opgebouwd uit een laag teelaarde, een laag bestaande uit een mengsel van lavaslakken met schrale teelaarde en laag met drainzand met een horizontale IT pvc-riolering (infiltratie riolering). In de wadi zijn slokken geplaatst die zijn aangesloten op de IT-riolering.

De minimale bergingscapaciteit van de wadi bedraagt 750 m³. Zoals hierboven is benoemd is een afvoer/drainage systeem aangelegd. Dit IT-riolering vangt het infiltrerende regenwater op en voert het af naar het oppervlaktewater. De diameters van de IT-buizen variëren van 200 tot 600 mm. (ref. 10 en 27)

Dimensionering wadi

Berekening dimensies wadi

De wadi is gedimensioneerd op een 2 uur durende regenbui van 34 mm, die eens per 10 jaar kan voorkomen. Bij het optreden van deze regenbui is de wadi volledig gevuld met water, zonder dat deze overstroomt. Het aangesloten oppervlak op de wadi bedraagt 22.130 m² (hierin is het onverhard oppervlak voor 50% meegeteld). Een bui van 34 mm levert een vast te houden hoeveelheid water op van 750 m³ (0,034m x 22.130m²). Een wadi van 6 m breed, 2 m bodembreedte, een diepte van 0,4 m en een lengte van 470 m kan deze hoeveelheid opvangen (2 x 2 m x 0,4 m x 470 m)



Figuur 13: Principe doorsnede wadi

Berekening afvoercapaciteit RWA-IT riool

Onder de wadi is een IT-riool aangelegd welke is aangesloten op een RWA. De riolering is erop ontworpen dat al het verhard oppervlak bij een regenintensiteit van 90 l/s/Ha kan worden afgevoerd. Op basis van deze regenintensiteit zijn per rioolstreng het afvoerend oppervlak, de buisdiameter en het verhang berekent. De berekende diameters van de buizen variëren van 200 tot 600 mm.

Bron ref. 10

4 Grond- en monitoringsonderzoek Haren

4.1 Doel van het onderzoek

Bij de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen is geconstateerd dat hemelwater moeizaam wil infiltreren in de bodem. Er staat voortdurend water in de wadi, wat erop duidt dat er geen infiltratie in de bodem plaatsvindt. Tevens is er een lek in het watersysteem. Water uit de wadi stroomt in tegengestelde richting het hemelwaterriool in. Het is onduidelijk waar dit water vervolgens naartoe stroomt.

Het grond- en monitoringsonderzoek hebben als doel om meer inzicht te krijgen in het hydraulisch functioneren van de wadisystemen in Haren. Door grondonderzoek zal de bodemopbouw ter plaatse van de wadi worden vastgesteld en door middel van monitoring worden de niveaus van de (grond)waterstanden in de wadi over een bepaalde tijdsperiode gemeten.

Het onderzoek moet uitwijzen wat de oorzaak van de eerder genoemde problemen is en waarom deze problemen zich niet voordoen bij de wadi aan de Mellensteeg.

4.2 Meetmethoden

De onderzoeksmethoden worden in dit hoofdstuk kort toegelicht. Een uitgebreidere omschrijving van het grond- en monitoringsonderzoek is opgenomen in bijlage 1.

4.2.1 Grondonderzoek

Er zijn grondboringen verricht en grondmonsters genomen bij de wadi's om inzicht te krijgen in de opbouw van de wadibodem en de onderliggende grondlagen. Aan de hand van grondeigenschappen kan het infiltratiegedrag van de wadi worden verklaard.

Bij de Wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen zijn twee grondboringen uitgevoerd en drie ongeroerde grondmonsters gestoken. Van de grondboringen is een boorbeschrijving met classificatie van de grondsoorten opgesteld.

- 1 boring tot 8.5 m – mv
- 1 boring tot 2.40 m – mv

De ongeroerde grondmonsters zijn genomen op verschillende plekken in de bodem van de wadi. Het bodemmonster is zo ongestoord mogelijk gestoken met een akkermanbus. De monsters zijn in het lab getest op waterdoorlatendheid.

Bij de wadi aan de Mellensteeg zijn eveneens twee grondboringen uitgevoerd. Van twee boringen is een boorbeschrijving met classificatie van de grondsoorten opgesteld.

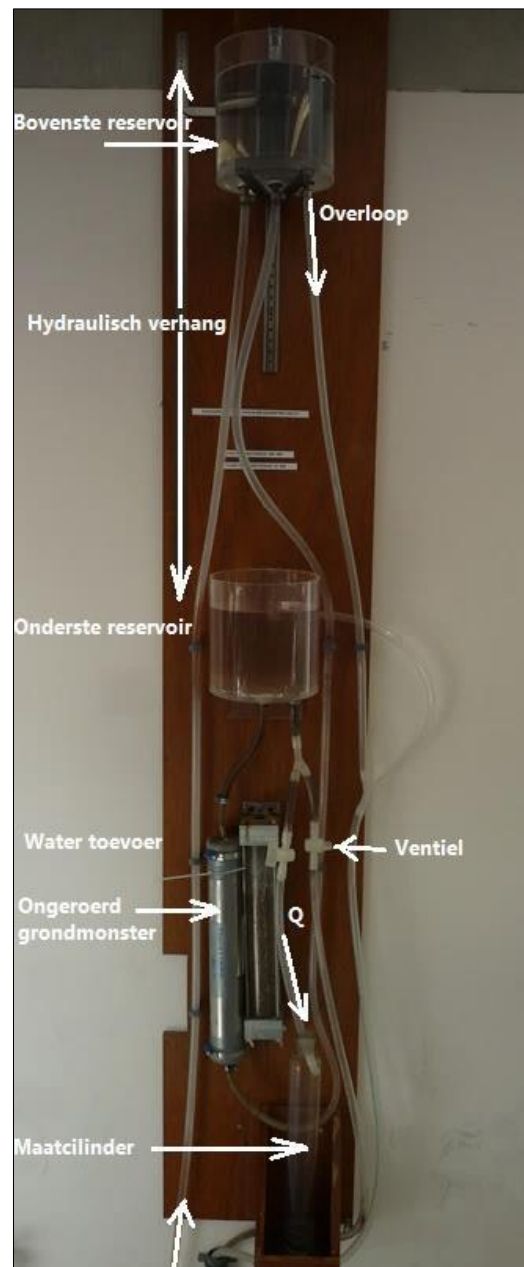
- 1 boring tot 7,40 m – mv
- 1 boring tot 3.0 m - mv

4.2.2 Waterdoorlatendheidsmetingen

De doorlatendheid is een maat voor het gemak waarmee water door de bodem kan stromen. Hoe groter de doorlatendheid, hoe gemakkelijker het water wegzakt in de bodem. De doorlatendheid is beschreven in de wet van Darcy. Volgens deze wet is de doorlatendheid van een zandlichaam gelijk aan de hoeveelheid water die per tijdseenheid door het lichaam stroomt, gedeeld door het verschil in waterhoogte voor en na het zandlichaam.

Van de toplaag van wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen zijn met een akkermanbus drie ongeroerde grondmonsters gestoken. De doorlatendheid van de monsters is bepaald met de 'constant head permeability test', een gebruikelijke test om de waterdoorlatendheid in het laboratorium vast te stellen.

In figuur 6 is de meetopstelling schematisch weergegeven. Beide reservoirs zijn gevuld met water en worden op een constant drukniveau gehouden. Het water stroomt van het bovenste reservoir door het grondmonster naar het onderste reservoir en stroomt vanuit dit reservoir in een maatscilinder. De hoeveelheid water die in een bepaalde tijd door het grondmonster stroomt wordt gemeten. Vervolgens kan met behulp van de wet van Darcy de doorlatendheidsfactor (K) worden berekend.

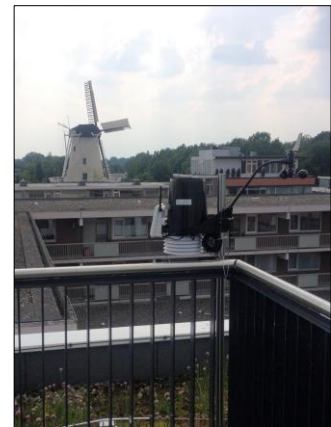


Figuur 14: meetopstelling constant head permeability-test (ref. 20)

4.2.3 Monitoring (grond)waterstanden

Bij de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen en de wadi aan de Mellensteeg zijn peilbuizen geplaatst voor monitoring van (grond)waterstanden. Er twee peilbuizen in de voorziening geplaatst waarvan één de grondwaterstand en de andere de oppervlaktewaterstand registreert. Daarnaast is een derde peilbuis net buiten de voorziening geplaatst voor registratie van de grondwaterstand. De diepte en de lengte van de filterstelling van de peilbuizen zijn weergegeven in de boorprofielen in bijlage 7.

Naast het monitoren van de grondwaterstanden wordt de hoeveelheid neerslag gemeten. Dit wordt gedaan met behulp van een regenmeter die in Haren is geplaatst. Met de neerslagdata en de grondwaterstanden kan vervolgens worden gekeken wat de effecten van het infiltrerende water op de grondwaterstanden zijn en kunnen leeglooptijden van de wadi's worden bepaald.



Figuur 15: weerstation op dak van gemeentehuis in Haren (ref. 20)

4.2.4 Hoogtemetingen

Diverse hoogtes van het wadisysteem in het Hendrik de Vriesplantsoen zijn ingemeten om de hoogteverschillen in kaart te brengen. Dit geeft inzicht in de stroming van het hemelwater. Met behulp van een RTK-meting zijn de volgende hoogtes ingemeten:

- wadibodem;
- maaiveld;
- b.o.b.- hoogtes van leidingen in de wadi;
- waterpeil hoogte van de vijver met instromende buis BOB van Gorterlaan;
- b.o.b.- en putdekselhoogte van de instroomde buis Multatulilaan;
- b.o.b.- en putdekselhoogte van de uitstromende buis in de vijver ten noorden van de Gorterlaan. De hoogtematen zijn ingemeten t.o.v. N.A.P en de X,Y-coördinaten volgens het Rijksdriehoekstelsel.

RTK-meting

RTK staat voor Real Time Kinematic. Een acroniem voor deze GPS-toepassing is RTOTF ofwel 'Real Time On The Fly'. Met behulp van deze techniek kan met een nauwkeurigheid van 2 millimeter de GPS coördinaten (X,Y,Z) worden ingemeten. Met deze nauwkeurigheid kan gemeten worden als:

- Gebruikt wordt gemaakt van zowel een mobiele ontvanger als een referentieontvanger
- Er ontvangst is van 6 verschillende satellieten
- Er een betrouwbare radioverbinding is om grote hoeveelheid informatie te sturen van de referentieontvanger naar de mobiele ontvanger
- Er initialisatie van het GPS signaal kan plaatsvinden. Dit betekent dat het aantal golf lengten tussen de ontvanger en de satelliet op de juiste wijze worden bepaald.
- De mobiele ontvanger niet te ver van de referentieontvanger wordt geplaatst.

Bron: ref. 10.

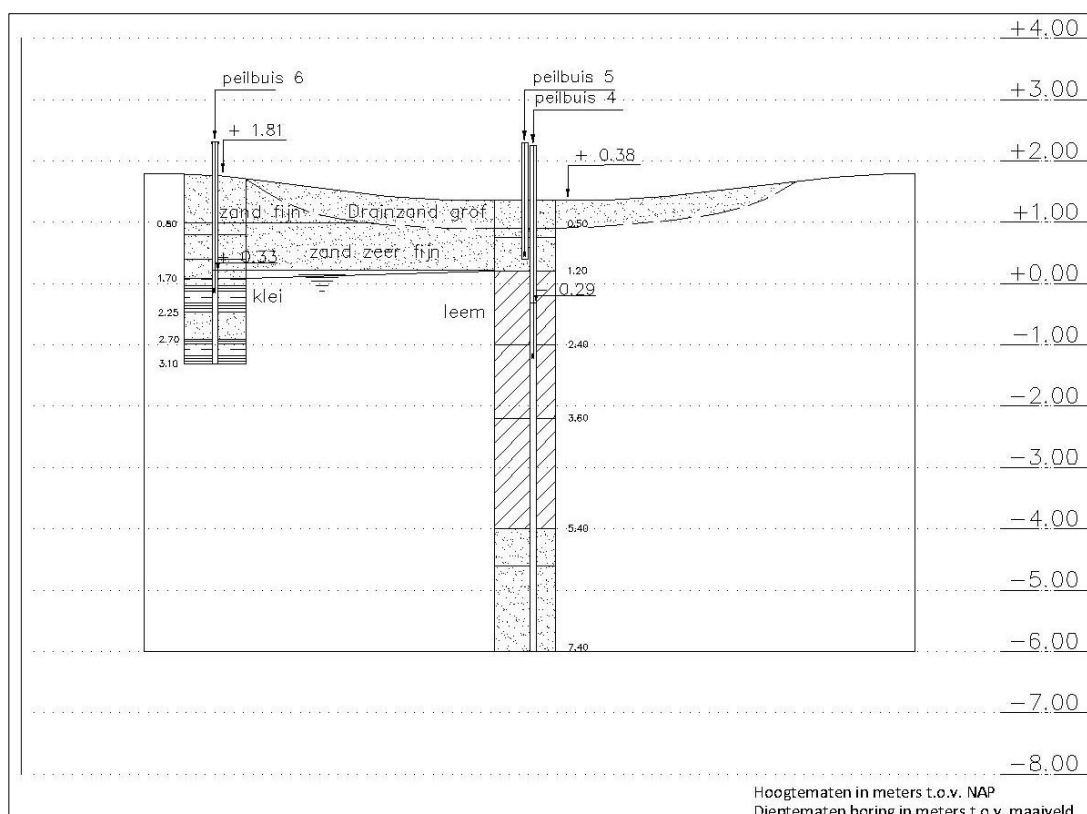


Figuur 17: Links boring tot 8,5 meter diepte. Rechts: potklei (ref. 20)

4.3.1.2 Wadi Mellensteeg

In figuur 12 is het bodemprofiel weergegeven. Op circa 0,5 meter onder de bodem van de wadi zijn horizontale drains aangelegd. Boven de drains is 0,5 meter drainzand ingebracht. Onder het drainzand bestaat de oorspronkelijk bodem uit een 0.80 meter zeer fijn zand, vervolgens een laag keileem van 4.20 meter en ten slotte matig grof zand met een laagdikte groter dan 2 meter. Bij de boring naast de bodem van de wadi is vanaf 1.70 meter diepte keileemhoudend klei aangetroffen.

De grondwaterstand stond op het moment van meten (16 mei 2014) 1.48 meter onder maaiveld en er stond geen water op de wadibodem.



Figuur 18: Bodemprofiel wadi Mellensteeg(ref. 20)



Figuur 19: Links boren met een puls. Rechts: grondsoorten drainzand, donkerbruin zand, rode keileem en grijze keileem

Tabel 2 toont de doorlatendheden per grondsoort. Deze variëren van een zeer goed tot slecht doorlatend.

Tabel 2: Doorlatendheden aflopend van goed tot slechte doorlatendheid

Grondsoort	Doorlatendheid	K- waarde (m/dag) (ref. 15)
drain zand	zeer goed	5
fijn zand	goed	1,8
klei	matig	0,1
keileem	matig tot slecht	0,01 - 0,1

4.3.2 Waterdoorlatendheidsmetingen

In tabel 2 zijn de resultaten van de constant head permeability test weergegeven. De gemeten doorlatendheidsfactor varieert van 0,0027 tot 0,0042 meter per dag, dit is kenmerkend voor het grondtype zandige klei. Monster 3 is buiten beschouwing gelaten vanwege een verstoorde meting door uitspoeling van grond. Op basis van deze metingen is de gemiddelde doorlatendheid van de toplaag van de wadi 0.0035 meter per dag, oftewel 3,5 millimeter per dag. Deze waarde komt overeen met de doorlatendheid van zandige klei.

Tabel 3: Resultaten doorlatendheidsmetingen

	Doorlatendheidsfactor (meter/dag)		
	monster 1	monster 2	monster 3
Wadi Vondellaan	0,0027	0,0042	* 0,8583

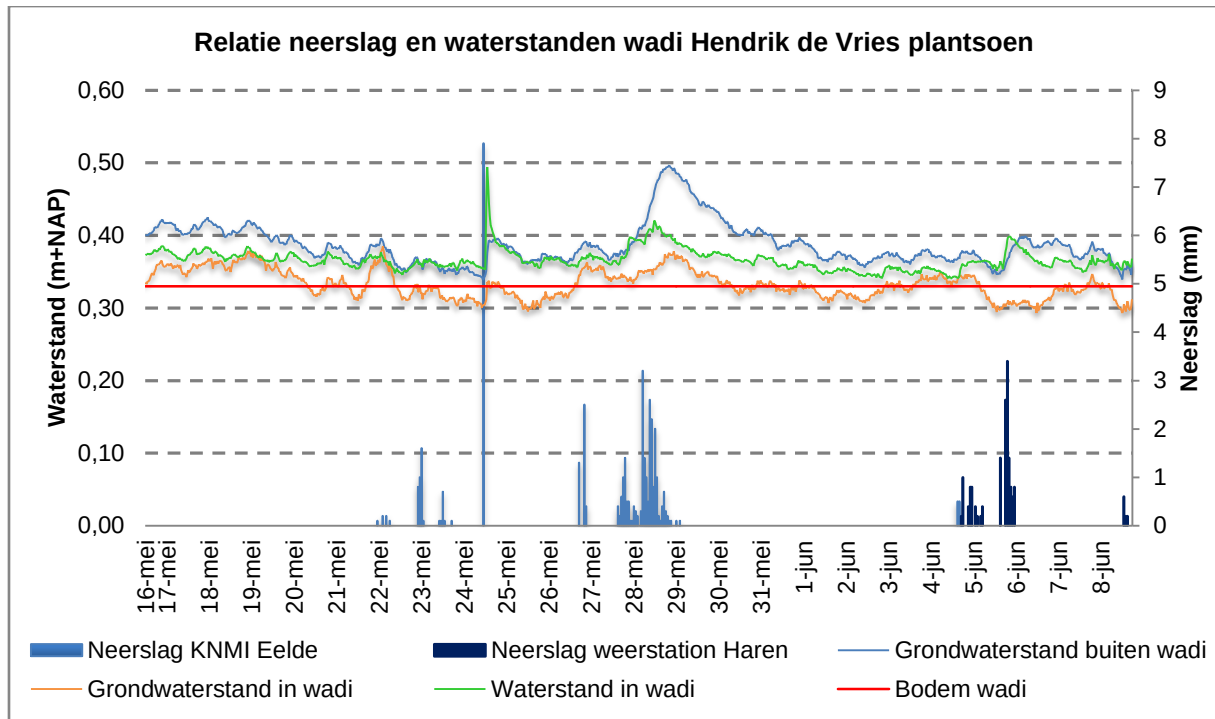
* Verstoorde meting door uitspoeling grondmonster



Figuur 20 : Links grondmonster in meetopstelling. Rechts: Ongeroid grondmonster in akkermanbus (ref. 20)

4.3.3 Monitoring (grond)waterstanden

In de periode van 16 mei tot en met 8 juni zijn de waterstanden in de wadi's gemeten. Een verloop van de waterstanden in relatie tot de neerslag zijn weergegeven in figuur 14 en 15.

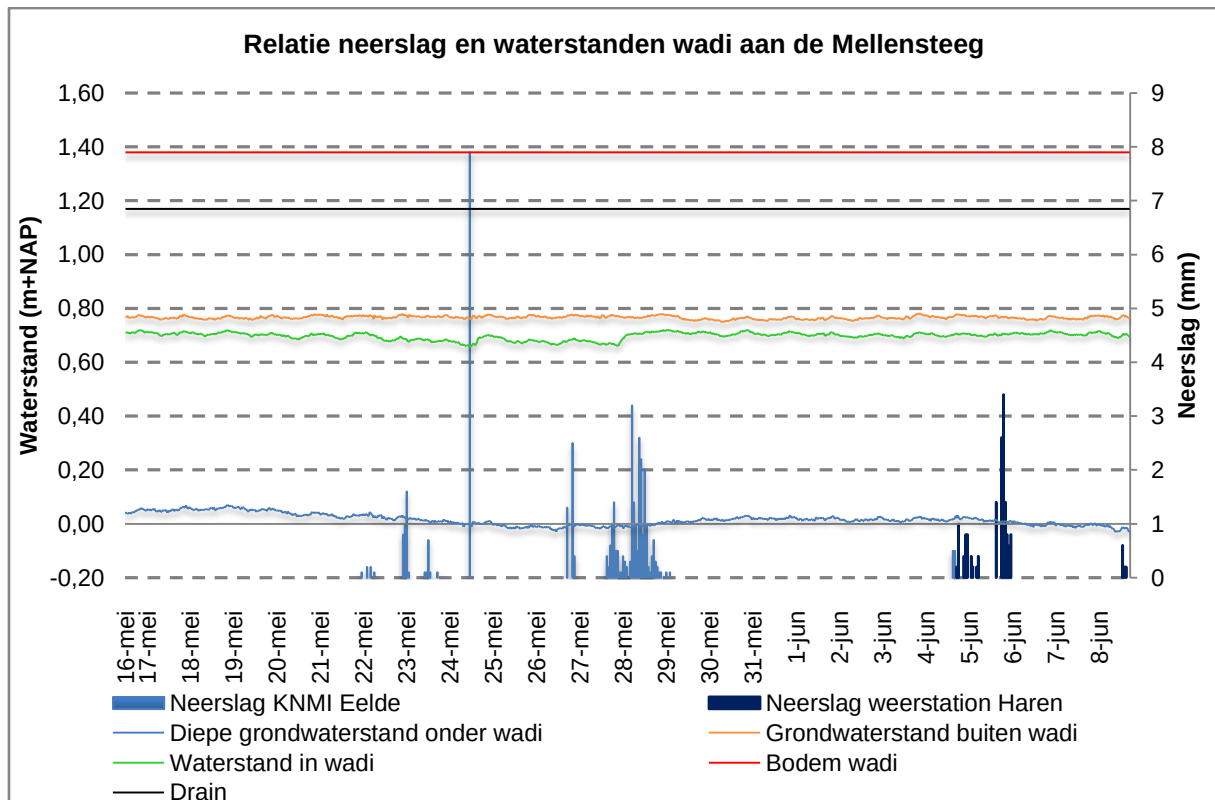


Figuur 21: verloop waterstanden april en juni bij de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen (ref. 20)

Na een bui stijgt de waterstand in de wadi (groene lijn) die een piek bereikt en daarna weer zakt door de afvoer van water uit de wadi. De leeglooptijd van de wadi ligt in de orde van 21 tot 28 uur. Naarmate de hoeveelheid neerslag toeneemt wordt de leeglooptijd langer.

De waterstanden zijn uitgezet tegen de bodem van de wadi. Hierbij vallen een aantal zaken op:

- De grondwaterstand in de wadi schommelt rond het bodemniveau en komt met regelmaat boven de bodem uit. Gedurende de meetperiode is de grondwaterstand twee keer zeer kort durend boven de waterstand in de wadi uitgekomen.
- De grondwaterstand (blauwe lijn) van de peilbuis die net buiten de wadi is geplaatst is hoger dan de grondwaterstand (oranje lijn) in de wadi zelf. Grondwater stroomt altijd van hoog naar laag. In dit geval vanuit noordoostelijke richting naar zuidwestelijke richting.



Figuur 22: verloop waterstanden april en juni bij de wadi aan de Mellensteeg (ref. 20)

Bij de wadi aan de Mellensteeg is geen aantoonbaar effect zichtbaar van de neerslag op de grondwaterstand. Dit zou kunnen betekenen dat de drainage het infiltrerende water opvangt en afvoert naar de nabijgelegen sloot, voordat het infiltrerende water het grondwater bereikt. Bovendien is er geen waterstand gemeten boven de bodem van de wadi. Dit betekent dat er gedurende de meetperiode geen water in de wadi heeft gestaan. Er zijn geen visuele inspecties geweest die dit kunnen bevestigen.

4.3.4 Hoogtemetingen

De hoogtes van het wadisysteem in het Hendrik de Vriesplantsoen inclusief het RWA-systeem, die daar onderdeel van uit maakt, zijn weergegeven op de overzichtstekening in bijlage 3. De hoogteverschillen zijn beter inzichtelijk gemaakt in het hydraulisch profiel in bijlage 4. Uit de hoogtemetingen wordt een aantal zaken duidelijk:

- Het potentiaal verschil tussen de waterstand in de wadi en de waterstand in de vijver bedraagt 32 cm (bij een waterkolom van 10 cm in de wadi).
- De revisietekening van de riolering (ref. 21) laat zien dat het RWA-riool van de Vondellaan niet is onderbroken tussen put R20 en put R22, terwijl dit volgens het initiële ontwerp wel het geval zou moeten zijn. Dit betekent dat het water onder vrij verval via het RWA-riool naar het oppervlaktewater wordt afgevoerd.
- De inlaat ten zuidwesten van de wadi ligt op het zelfde niveau als de bodem. Water zal uit de wadi inlaat 2 instromen en via het RWA riool naar het oppervlakte water worden afgevoerd (zie figuur 22)
- De uitlaat dient als overloop bij een te hoge waterstand in de wadi. De uitlaat ligt 12 cm hoger dan inlaat 2. Doordat water weglekt via inlaat 2 zal de overloop niet functioneren. (zie figuur 22)



Figuur 23: RTK meting door het Veldwerkbureau (ref. 20)

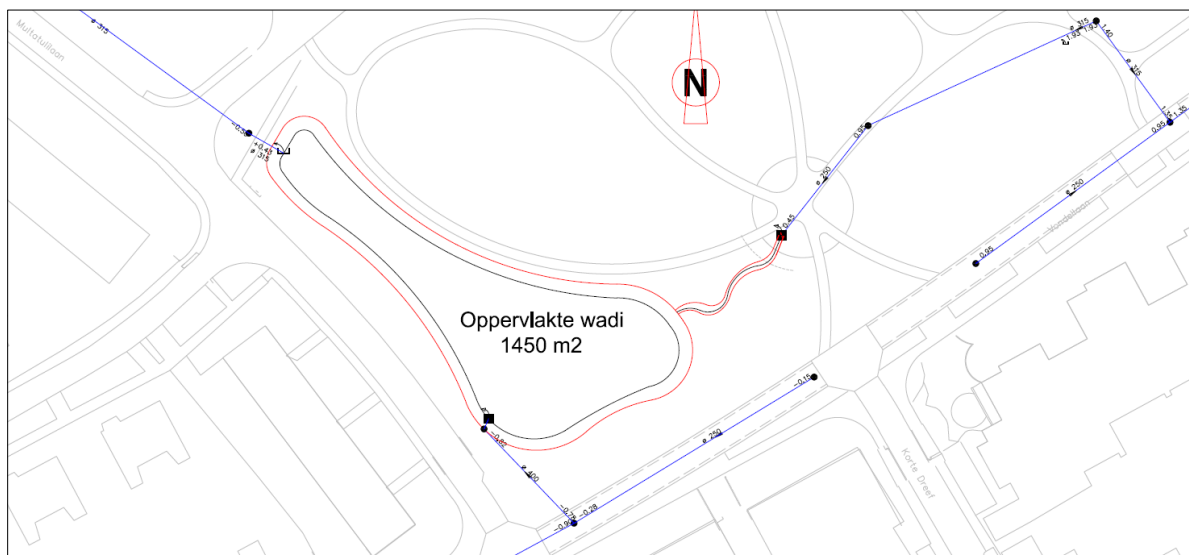
4.3.5 Afvoerend debiet

Drainage zou het infiltrerende water uit wadibodem moeten afvoeren, via het RWA-riool, naar de vijver aan de Gortelaan en tegelijkertijd de grondwaterstand moeten verlagen. Onder de huidige omstandigheden is berekend wat het afvoerend debiet van de drainage bedraagt. Dit is gedaan met behulp van de formule van Darcy: $Q_i = A * K_{meting} * i$

Waarin:

Q_i	=	afvoerend debiet (m^3/dag)
A	=	infiltratieoppervlak wadi (m^2)
K_{meting}	=	gemeten doorlatendheid wadibodem (m/dag)
i	=	hydraulisch verhang (-)

Het infiltratieoppervlak van de wadi is bepaald aan de hand van de ontwerp-tekening van de wadi met het programma AutoCAD en bedraagt $1450 m^2$.



Figuur 24: situatietekening wadi Hendrik de Vriesplantsoen (ref.20)

Het grondwater dat infiltreert in de bodem van de wadi passeert eerst de toplaag ($k = 0,0030 m/dag$), dan een laag met drainzand ($k = 4 m/dag$) en zal vervolgens via de drainage worden afgevoerd naar de vijver aan de Gortelaan. Van de twee passerende bodemlagen is de toplaag het minst doorlatend. Deze laag is daarom bepalend voor het afvoerend debiet van de wadi. De doorlatendheid van de toplaag is gemeten met behulp van de constant head permeability test, zie hoofdstuk 4.6.2. De doorlatendheid van de zandlaag is bepaald aan de hand aan de hand van theoretische waarden gebaseerd op de grondsoort.

Het hydraulisch verhang is het potentiaal verschil tussen de waterstand in de wadi en de waterstand in de vijver. Deze bedraagt 32 cm (bij een waterkolom van 10 cm in de wadi).

Met bovengenoemde parameters kan het afvoerend debiet van de wadi worden berekend:

$$0,0035 \frac{m}{dag} * 1450 m^2 * 0.32 = 1,45 \frac{m^3}{dag} .$$

Het afvoerend debiet bedraagt $1,45 m^3/dag$. Let wel, er is geen rekening gehouden met de weerstand van de rioolbuizen. In de praktijk zal de waarde daarom lager zijn.

4.3.5.1 Berekening instroom hemelwater in wadi

Het totaal afvoerend verhard oppervlak op de wadi bedraagt 7998 m². Dit is bepaald met het programma AutoCAD op basis van de rioleringstekening en de Grootschalige Basis Kaart Nederland die zijn aangeleverd door de Gemeente Haren. De afkoppeltekening is bijgevoegd in bijlage 5.

In de praktijk zal niet 100% van het hemelwater worden afgevoerd. Er zal altijd een bepaald percentage water achter blijven, verdampen of infiltreren. Voor verschillende typen verhard oppervlak wordt daarom een afvloeiingscoëfficiënt gehanteerd (ref. 16 blz. 78). Na correctie met deze coëfficiënt bedraagt het totaal afvoeren oppervlak 7027 m².

Tabel 4: gereduceerd verhard oppervlak

Verhard oppervlak	Oppervlak (m ²)	Gemiddelde afvloeiingscoëfficiënt (-)	Gecorrigeerd afvoerend oppervlak (m ²)
schuin dak keramische/betonnen pannen	359	0,85	305,15
plat dak zonder grind	285	0,75	213,75
gesloten wegdek	7354	0,885	6508
Totaal	7998		7027

De inloop van hemelwater in de wadi wordt berekend met de regenduurlijnmethode.

Regenduurlijnen zijn standaard regenbuien met een bepaalde hoeveelheid neerslag die in een bepaalde tijd valt waarvan is bepaald hoe groot de kans is dat deze optreedt.

Verondersteld wordt dat er een uur durende regenbui valt in Haren, die eens per jaar kan voorkomen. Volgens de data voor regenduurlijnen (ref. 9 blz. 78) bedraagt de neerslag voor deze regenbui 39.5 l/sec/ha. Dit komt overeen met 14,22mm neerslag per uur. Met behulp van deze neerslagintensiteit en het verhard oppervlak kan nu de instroom van hemelwater met de volgende formule worden berekend:

$$Qr = Ac * i * 10^{-7} * t$$

Waarin:

Qr = hoeveelheid instromend hemelwater (m³)

Ac = gecorrigeerd afvoerend oppervlak (m²)

$i_{t,T}$ = neerslagintensiteit (l/s/ha)

t = regenduur (sec)

Invullen van de formule geeft de volgende uitkomst voor het instromend hemelwater:

$$Qr = 7027 * 39.5 * 10^{-7} * 3600 = 100 \text{ m}^3$$

Als verondersteld wordt dat 100 m³ instromend hemelwater wordt afgevoerd via de drainage dan duurt het, met het berekende afvoerend debiet (1,45 m³/dag), 69 dagen voordat het water is afgevoerd.

4.4 Conclusies grond- en monitoringsonderzoek

De leeglooptijd van de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen betreft ongeveer 21 tot 28 uur. Dit is een acceptabele waarde. In de leidraad riolering van Stichting RioNED (ref. 22 blz. 32) wordt aanbevolen om in te grijpen als de ledigingstijd is toegenomen met meer dan 200% t.o.v. de ontwerpwaarde. Over het algemeen worden wadisystemen gedimensioneerd op een ledigingstijd van 24 uur. Dit zou betekenen dat er maatregelen nodig zijn als de ledigingstijd groter wordt dan 48 uur.

Het grootste gedeelte van het instromende water in de wadi wordt oppervlakkig afgevoerd via de inlaat ten zuidwesten van de wadi naar het regenwaterriool. Het overige deel zal infiltreren in de bodem. De infiltratiecapaciteit is zeer laag door de slecht doorlatende toplaag van de wadi. De toplaag bestaat uit slib en heeft een gemiddelde doorlatendheid van 3,5 mm/dag.

De wadi is aangelegd op een leemlaag met een dikte van 2,5 meter die overgaat in een zeer compacte laag potklei tot een dikte van 15 meter. De wadi is opgebouwd uit ca. 35 cm grof zand en 20 cm humusrijke grond. Deze laatste laag is dichtgeslibd. De oorzaak van het dichtslibben van de bodem zijn inspoeling en bezinking van bladresten en zand naar de bodem van de wadi.

De drainage in de wadi functioneert niet. De drain zou de grondwaterstand moeten verlagen en de wadi leeg moeten trekken, geen van beiden is het geval, zoals in figuur 14 is te zien. Het gevolg is dat de wadi niet droog valt. Dit zorgt ervoor dat gras moeilijk kan groeien en juist dit gras heeft een positief effect op de kwaliteit van de bodem. Gras zorgt voor beluchting van de bodem en heeft een zuiverende werking doordat het zwevende deeltjes en verontreinigingen in het hemelwater afvangt. Ten tweede kan de wadi niet betreden worden door onderhoudsmaterieel waardoor het gras niet kan worden gemaaid en tot slot zou de waterpartij muggen kunnen aantrekken waardoor muggenoverlast kan optreden in zomer.

De wadi aan de Mellensteeg functioneert hydraulisch goed. De leeglooptijd is in de orde van 1 dag. De wadi is aangelegd een op zandlaag met daaronder keileem. De wadi is opgebouwd uit een 50 cm drainzand met een toplaag van 4 cm humusrijke grond. De drainage functioneert goed door het infiltrerende hemelwater af te voeren naar de nabijgelegen sloot.

De wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen heeft een bergend karakter. Het grootste gedeelte van het water wordt oppervlakkig afgevoerd en relatief weinig water infiltreert in de ondergrond. Ook de wadi aan Mellensteeg heeft voornamelijk een bergend karakter. De drainage zal het grootste deel van het infiltrerende water afvoeren naar de nabijgelegen sloot. Een deel van het water infiltreren in de zandgrond onder de wadi.

5 Infiltrometertest

5.1 Inleiding

De doorlatendheid van de wadi's in Haren wordt in dit hoofdstuk vergeleken met die van de wadi in Groningen. De doorlatendheid is bepaald aan de hand van de infiltratiesnelheid die bij elke wadi op gelijke wijze is gemeten met behulp van een infiltrometer.

5.2 Meetmethode

Met behulp van een dubbele ringinfiltrometer is de waterdoorlatendheid van de bodem van de wadi gemeten. De dubbele ringinfiltrometer bestaat uit twee ringen die gedeeltelijk in de grond worden gebracht en met water gevuld, waarna de snelheid gemeten wordt waarmee het water indringt in de bodem. Door de dubbele ring wordt zijdelingse wegzijging van het infiltrerende water beperkt. Een uitgebreide beschrijving van de metingen vindt u in bijlage 6



Figuur 25: infiltrometer (ref.20)

De doorlatendheid is berekend met de formule van Darcy. In deze formule is de infiltratiesnelheid gelijk aan de doorlatendheid maal het hydraulisch verhang. Het hydraulisch verhang kan, in een bodem die bijna volledig is verzadigde met water, op 1 worden gesteld (zie kader). Daarom is aangenomen dat de infiltratiesnelheid gelijk is aan de doorlatendheid.

Hydraulisch verhang

Het hydraulisch verhang in een homogeen bodemprofiel wordt als volgt berekend:

$$\frac{\theta + z + h}{z}$$

waarin:

θ	=	zuigspanning aan het front van de transmissie zone (dimensie L)
z	=	afstand tot het front van de transmissie zone (dimensie L)
h	=	hoogte van de waterkolom

De invloed van θ en h in relatie tot z neemt af als z en het vochtgehalte van de bodem toenemen. Daaruit volgt dat de hydraulische gradiënt in nadert naar 1.

5.3 Resultaten

In tabel 1 zijn de gemeten doorlatendheden per wadi weergegeven. De natte omstandigheden maakten het mogelijk om maar een enkele meting uit te voeren op de bodem van de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen. Een tweede meting is uitgevoerd net buiten het talud van de wadi. De resultaten tonen uiteenlopende waarden. Waar de doorlatendheid van de wadibodem aan de Grote Beerstraat in de orde van 0,21 tot 1,75 meter/dag is, is deze aan in het Hendrik de Vriesplantsoen 0,00 meter/dag. De doorlatendheid van de wadi aan de Mellensteeg ligt hier tussenin met een doorlatendheid van 0,00 tot 0,19 meter/dag. In bijlage 2 is een uitgebreid verslag van de metingen opgenomen.

Tabel 5

	Doorlatendheidsfactor (meter/dag)		
	<i>meting 1</i>	<i>meting 2</i>	<i>meting 3</i>
Wadi Hendrik de Vriesplantsoen	0,00	* 0,21	-
Wadi Mellensteeg	0,19	0,00	-
Wadi Grote Beerstraat	0,21	1,75	0,26

* Gemeten buiten de wadi

5.4 Conclusie

De wadi aan de Grote Beerstraat heeft de grootste doorlatendheid. In tegenstelling tot de andere wadi's zijn hier lavaslakken toegepast als poreus medium en een horizontaal IT-riool met een grote diameter.

Bij de wadi in het Hendrik de vriesplantsoen is de doorlatendheid 0. Dit betekent dat er geen infiltratie in de bodem plaatsvindt. De meting is uitgevoerd in een periode dat er veel regen is gevallen. De bodem van de wadi was volledig verzadigd met water en er zal een hoge grondwaterstand zijn geweest. Dit verklaart waarom er op dat moment geen water infiltreerde in de bodem.

De infiltrometertest geeft een goede indicatie van de doorlatendheid op verschillende plekken in de wadibodem. Er zijn echter meer metingen nodig, afhankelijk van de grootte van de wadibodem, om een goede inschatting te kunnen maken van de doorlatendheid op wadischaal.

.

6 Aanbevelingen voor optimalisatie van de wadi in het Hendrik de Vriesplantsoen

In hoofdstuk 5 is geconcludeerd dat de wadi fungeert als een tijdelijke bergingsvoorziening die hemelwater afvoert naar het oppervlaktewater. Er liggen kansen om dit systeem te optimaliseren. In dit hoofdstuk wordt een pakket aan maatregelen gepresenteerd die de bergingscapaciteit en de afvoer naar het oppervlaktewater zullen verbeteren.

Verwijderen sliblaag

Verwijdering van de sliblaag vergroot de doorlatendheid van de bodem. Na verwijdering zal een nieuwe toplaag aangebracht moeten worden. Bomenzand blijkt in de praktijk goed te voldoen als toplaag in de wadibodem. Dit zandmengsel is ontwikkeld voor plantgaten van bomen in verhardingen. Het mengsel is goed te verdichten, maar heeft voldoende poriënvolume en humus om goede groeiomstandigheden voor bomen te garanderen (ref. 3 blz. 108).

De toplaag kan met gras worden ingezaaid of er kan voor andere gewassen worden gekozen zoals bijvoorbeeld een kruidenmengsel. De gewassen die kunnen worden toegepast in een wadi zijn vermeld in de publicatie 'Vooronderzoek natuurvriendelijke wadi's' (ref. 23. blz. 15). Echter moet hierbij worden vermeld dat het beheer van meer natuurlijke vegetatie in de wadi vraagt om meer onderhoud. Indien niet regelmatig onderhoud plaatsvindt is de kans op verruiging groot.

Drainage doorspuiten of aanleggen.

Drainage is nodig om de hoge grondwaterstand te verlagen en het infiltrerende regenwater te kunnen afvoeren naar het oppervlaktewater. Indien drainage aanwezig is dient deze doorgespoten te worden. Als de drainage niet aanwezig is, wordt aanbevolen deze aan te leggen en aan te sluiten op het oppervlaktewater.

Bij de aanleg van drainage is het aan te bevelen om ook slokken te plaatsen. Een slokop is straatkolk die een kortsluiting vormt tussen het water bovengronds en de drainage ondergronds, zoals weergegeven in figuur 2 in hoofdstuk 2.2. De slokop dient tevens als doorspuitput voor de drainage.

Het niveauverschil tussen de waterstand in de wadi en de waterstand in de vijver vergroten door de bodem van de wadi op te hogen.

Het wadisysteem raakt overtollig grondwater kwijt aan de nabijgelegen vijver. Het waterpeil van deze vijver is vastgesteld op 0,11 meter + NAP en wijzigingen van dit peil zijn niet mogelijk. Door de bodem (0,33 meter + NAP) te verhogen zal het waterpeil in de wadi hoger liggen waardoor het hydraulisch verhang tussen het waterpeil van de wadi en de vijver groter wordt. Dit zal het afvoerend debiet van de drainage vergroten.

Zandvangput op de inlaten aansluiten

Het regenwaterriool loost zijn water via een horizontale inlaten op de wadi. Er is geen zandvangput aangelegd waardoor zwevende deeltjes meegevoerd worden in de wadi. Dit kan dichtslibbing van de bodem veroorzaken. Door een zandvangput aan te sluiten op de inlaten zal een groot deel van de zwevende deeltjes achter blijven in de put. De put zal periodiek geleegd moeten worden om verstopping te voorkomen.

Periodiek onderhoud

Om de wadi zo optimaal mogelijk te laten functioneren is periodiek onderhoud erg belangrijk. Hiertoe behoren groenonderhoud en civieltechnisch onderhoud. Het groenonderhoud bestaat uit maaien, verticuteren, beluchten, bezanden, inzaaien van kale plekken, bladblazen en verwijderen van zwerfvuil. Het civieltechnisch onderhoud bestaat uit het doorspuiten van drainage, het drempelniveau van de overstort instellen en het doorspuiten van kolken en zandvangputten. Aanbevelingen voor de frequentie van de verschillende onderhoudsmaatregelen zijn vermeld in de publicatie 'Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer' (ref. 3 blz. 68 en 69).

7 Nawoord

Ik kijk met plezier terug op de afstudeerperiode bij Bureau Noorderruimte. Het werken in een multidisciplinaire omgeving met studenten van verschillende disciplines, docenten en lectoren hebben eraan bijgedragen dat ik veel ervaring heb kunnen opdoen in de ontwikkeling van mijn onderzoeksvaardigheden, communicatieve vaardigheden en leidinggevende vaardigheden.

Gedurende mijn onderzoek heb ik regelmatig mijn planning moeten bijstellen om de deadline te kunnen halen. Het vooruitkijken en het hanteren van een strakke planning zijn punten waarin ik mijzelf kan verbeteren.

Ik heb het gewaardeerd dat mijn begeleiders enthousiast en actief betrokken waren bij het onderzoek. Tot slot wil ik de gemeente Haren bedanken voor de (gast)vrijheid en de financiële bijdrage die dit onderzoek hebben mogelijk gemaakt.

Literatuurlijst

- 1 Wadi's | Groenblauwe Netwerken. Geraadpleegd 21 februari 2014.
<http://www.groenblauwenetwerken.com/measures/bioswales/>.
- 2 Foto genomen door Mark A. Wilson. Wikipedia. *Wadi in Nahal Paran, Negev, Israel*. Geraadpleegd 11 april 2014.
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:NachalParan1.jpg>
- 3 Floris Boogaard, Gerdrik Bruins, and Ronald Wentink. *Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer: gebaseerd op zes jaar onderzoek van de wadi's in Enschede gecombineerd met overige binnen- en buitenlandse ervaringen*. Ede: Stichting Rioned, 2006.
- 4 Boogaard, Floris. *Leegloop Infiltratievoorziening*, 2014. Geraadpleegd: 4 juni 2014.
http://www.youtube.com/watch?v=crbjUYOX61M&feature=youtu.be_gdata_player.
- 5 H. de Man, M. Kuiper, I. Leenen. *Volksgezondheid en water in het stedelijk gebied. Gezondheidsrisicoanalyse*. STOWA Utrecht, 2009
- 6 Harry Huisman. *Hondsruggen in het landschap*. Geraadpleegd: 6 maart 2014.
<http://www.gea-drenthe.nl/hondsrug.html>.
- 7 Het Waterschapshuis - Actueel Hoogtebestand Nederland. *AHN*. Geraadpleegd 27 mei 2014. <http://ahn.geodan.nl/ahn/>.
- 8 E. de Jong Posthumus. *Situering Wadi's Haren*." Geraadpleegd 4 Juni, 2014.
<https://mapsengine.google.com/map/edit?mid=zRsCJorgHz2A.kBIHxj01iI5g>.
- 9 Geotechdata.info. *Constant Head Permeability Test*. Geraadpleegd: 4 juni 2014.
<http://www.geotechdata.info/geotest/constant-head-permeability-test.html>.
- 10 Wikipedia . *RTK*. Geraadpleegd: 4 juni, 2014.
<http://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=RTK&oldid=37629942>.
- 11 Eijkelkamp Agrisearch Equipment. *De dubbele ring infiltrometer*. Tweede druk april 1983. Geraadpleegd: 6 mei 2014
- 12 Potklei. Wikipedia, geraadpleegd: 28 mei 2014.
<http://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Potklei&oldid=39519394>.
- 13 Klei. Wikipedia, geraadpleegd: 28 mei 2014.
<http://nl.wikipedia.org/w/index.php?title=Klei&oldid=41383974>.
- 14 Richard Walters. *Paddepoel Zuidoost Wadi's*. 2014-11 Geraadpleegd 4 juni 2014.
<https://plus.google.com/photos/+RichardWalters/albums/5991285908945890129?authkey=CJKHwJfx0fuwPg>.

- 15 Joost de Vree. Doorlatendheden. *k-waarde*. Geraadpleegd: 4 juni 2014.
<http://www.joostdevree.nl/shtmls/k-waarde.shtml>
- 16 ISSO, publicatie 70.1. *Omgaan met hemelwater binnen de perceelgrens*.
- 17 Jeroen Niezen. *Rioleringsplan Paddepoel Zuid Oost*. Geraadpleegd: 20 april 2005
- 18 Ontwikkeling+beheer natuurkwaliteit. *Stroming van grondwater*. Geraadpleegd 2 juni 2014. <http://www.natuurkennis.nl/index.php?hoofdgroep=6&niveau=2&id=12>.
- 19 Geodan 2013, Height data. *AHN*. Geraadpleegd: 3 juni 2014.
<http://ahn.geodan.nl/ahn/>.
- 20 Foto's, tekeningen en grafieken geproduceerd door E. de Jong Posthumus
- 21 AviTec. *Revisie Rioleringsplan, blad 2 van 2*. 12-02-201
- 22 Leidraad Rioleringsplan. *C3200 Beheer van Infiltratievoorzieningen*. Stichting RIONED
December 2006.
- 23 Boogaard, F.C, N Jeurink, and J.H.B Gels. *Vooronderzoek natuurvriendelijke wadi's: inrichting, functioneren en beheer*. Utrecht; Ede; Zwijndrecht: STOWA, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer ; Stichting RIONED ; Hageman Fulfilment [distr.], 2003.
- 24 Marco in 't Veldt. Harener Weekblad. *Start herinrichting Vondellaan: oude reuzen leggen het loodje*. 16-03-13
- 25 "Monster (ongeroerd) - definitie - Encyclo". Geraadpleegd 15 juni 2014.
[http://www.encyclo.nl/begrip/monster%20\(ongeroerd\)](http://www.encyclo.nl/begrip/monster%20(ongeroerd)).
- 26 Floris Boogaard. *foto's van aanleg wadisysteem*. 30-3-2013
- 27 Gemeente Groningen. *Ontwerptekening bouwrijpmaken fase 2 Paddepoel Zuidoost*. 6 maart 2008
- 28 Medewerker Grontmij. Informatie opgevraagd in Dinoloket.

Bijlage 1

Monitoringsplan

Uitvoeringsplan velwerkzaamheden wadi's Haren

Plaats en datum
Groningen, 7 mei 2014

Opgesteld door
Ewoud de Jong Posthumus

Betreft
Plaatsen peilbuizen, grondonderzoek en inmeten hoogtes voor wadisystemen
aan de Vondellaan en de Mellensteeg te Haren

1. Doelstelling

De gemeente Haren heeft in 2013 twee wadisystemen aangelegd. De wadi's zijn gelegen op een schoolterrein aan de Mellensteeg en in een woonwijk aan de Vondellaan te Haren. Om inzicht te krijgen in het hydraulisch functioneren van de systemen zal een monitoringsonderzoek worden uitgevoerd. Daarnaast zal bij de wadi aan de Vondellaan een aanvullend grondonderzoek plaatsvinden en worden hoogtes ingemeten om een hoogteprofiel op te stellen van het wadisysteem.

2. Meetmethode

1.1 Peilbuizen

Door een waterdoorlatende buis in de bodem of in het oppervlaktewater te plaatsen is het mogelijk om de (grond)waterstand te meten. Een deel van de buis is geperforeerd, dit deel wordt het filter genoemd. Door het filter stroomt water de buis in tot een bepaald waterniveau; het grondwater- of oppervlaktewaterpeil.

Voor monitoring van de waterstanden worden Divers gebruikt die in de peilbuizen zijn geplaatst. Een Diver is een meetinstrument waarmee de waterstand in de peilbuis wordt gemeten. De Diver kan zo geprogrammeerd zijn dat bijvoorbeeld elke 5 minuten de waterstand wordt gemeten en opgeslagen in het interne geheugen. Met behulp van een computer worden de meetgegevens vervolgens uitgelezen.

Eén Diver zal zijn ondergedompeld in het water en meet de druk van de waterkolom, plus de atmosferische druk, boven de drukopnemer van de Diver. Een andere Diver, baro-Diver genaamd, wordt boven de waterspiegel geplaatst en zal alleen de atmosferische druk meten. Bij het uitlezen van de meetwaarden wordt de luchtdruk gecorrigeerd en blijft de waterdruk over. De waarden zijn gerelateerd aan een referentievlak, bijvoorbeeld Normaal Amsterdams Peil. Op deze manier kunnen de waterstanden nauwkeurig inzichtelijk worden gemaakt.

In de wadi's worden drie peilbuizen geplaatst.

- 1 peilbuis tot 0,5 m + mv
- 1 peilbuis tot 1,5 m - mv
- 1 peilbuis tot 1,5 m - mv

De buizen worden gewaterpast t.o.v. van NAP en afgewerkt met een schutkoker incl. slot.

Eventueel kan een nylon filterkous en grindomstorting wordt toegepast om te voorkomen dat gronddeeltjes door de perforatie stromen. Indien ondoorlatende bodemlagen aanwezig zal ter hoogte van deze bodemlaag een bentonietomstorting worden aangebracht om ervoor te zorgen dat alleen het grondwater uit de gewenste bodemlaag wordt onttrokken.

1.2 *Grondonderzoek wadi Vondellaan*

Bij de Wadi aan de Vondellaan worden 3 grondboringen uitgevoerd en 10 ongeroerde grondmonsters genomen. Voor de drie grondboringen wordt een boorbeschrijving met classificatie van de grondsoorten opgesteld.

- 1 boring tot 6 m – mv
- 1 boring tot 3 m – mv
- 1 boring tot 3 m – mv

De 10 ongeroerde grondmonsters worden genomen op verschillende plekken in de bodem van de wadi. Doel is om zo ongestoord mogelijk een bodemmonster in een akkermanbus te krijgen. De bodemmonsters worden meegenomen naar het waterlab waar ze op waterdoorlatendheid worden getest.

1.3 *Waterpassing diverse leidingen*

Bij de wadi aan de Vondellaan worden verschillende hoogtes ingemeten met als doel om inzicht te krijgen in hoogteverschillen en de stroming van het regenwater. De volgende NAP-hoogtes worden ingemeten:

- wadibodem
- maaiveld
- drainagebuis in wadi,
- BOB hoogtes leidingen in wadi
- waterpeil hoogte van de vijver met instromende buis BOB van Gorterlaan.
- putdekselhoogte van de instroomde buis Mutatulilaan
- putdekselhoogte van de uitstromende buis in vijver Gorterlaan

In bijlage 1 is een schets toegevoegd met de in te meten hoogtes.

3. **Apparatuur en materiaal**

De volgende instrumenten zijn nodig:

- grondboor (verlengbaar tot minimaal 6 meter)
- peilbuizen van PVC of HDPE
- gewassen filterkous
- grind
- bentoniet
- afsluitbare schutkoker met slot
- peilbuislabels
- divers van het merk Schlumberger Water Services (SWS)
- SWS softwarepakket Diver-Office
- akkerman-steekapparaat (akkermanbus $\varnothing 69\text{mm}$)
- waterpasinstrument

4. **Locatie peilbuizen**

De exacte locatie van de peilbuizen is afhankelijk van de lokale bodemopbouw en de kabels en leidingen. Peilbuis 2 en peilbuis 3 worden onder de grondwaterspiegel in een waterdoorlatende laag (aquiifer) geplaatst. Peilbuis 1 wordt, direct naast peilbuis 2, op het laagste maaiveld niveau in de wadi geplaatst. Het filter van de peilbuis wordt boven het maaiveld aangebracht. Een dwarsdoorsnede van de positie van de peilbuizen in de wadi is bijgevoegd in bijlage 2.

5. Werkwijze

Plaatsing peilbuizen

1. Boor een boorgat tot onder de grondwaterspiegel. De locatie van de boorgaten is aangegeven op tekening in bijlage 1.
2. Neem een filterbuis en verleng deze met een stijgbuis tot de gewenste lengte. De lengte en de diameter van het filter is afhankelijk van de bodemlaag.
3. Plaats op de filterbuis een einddop en eventueel een filterkous.
4. Plaats de peilbuis zo centrisch mogelijk in het boorgat.
5. Vul het boorgat aan met filtergrind en breng boven op de laag bentoniet aan.
6. Vul het boorgat verder aan met grond. Vul slecht doorlatende lagen die doorboord zijn op met bentoniet.
7. De peilbuis wordt voorzien van een afsluitdop met ontluchtingsgat.
8. De peilbuis wordt voorzien van een label met daarop het peilbuisnummer.
9. De peilbuis kan worden afgedekt met een shutkoker en een slot.

Plaatsing Divers

1. Bepaal de lengte van de bovenkant peilbuis tot de laagste grondwaterstand.
2. Knip de draad van de rekvrije ophangdraad op de zojuist bepaalde lengte.
3. Monteer de uiteinden van de draad met kabelklemmen aan de peilbuisafsluitdop en het ophangoog van de Diver.
4. Bepaal de lengte van de bovenkant peilbuis tot de drukopnemer in de Diver.
5. Plaats de Diver in de peilbuis.
6. Plaats vervolgens de Baro-Diver in de bovenkant van de peilbuis, waar deze onder alle omstandigheden alleen de luchtdruk meet.

Grondboringen

1. Bepaal de locatie van de grondboringen en houd hierbij rekening met kabels- en leidingen en de drainagebuizen
2. Zet de grondboor in de grond en draai deze een aantal slagen de grond in totdat de boorkop gevuld is met zand. Spreid het geroerde monster uit op een plastic zak en noteer de waarnemingen. Herhaal deze handeling totdat de gewenste boordiepte is bereikt
3. Wanneer de grondwaterstand wordt bereikt noteer dan de afstand van bovenkant boorgat tot de grondwaterstand
4. Als de boring klaar is wordt het boorgat weer gevuld met de vrijgekomen grond.

Monstername ongeroerd monster

1. Boor met een riversideboor een boorschacht in de bodem.
(diepte ongeveer 6 cm minus maaiveld)
2. Steek m.b.v. een steekset de akkermanbus in de boorschacht en hamer eventueel lichtjes
3. haal voorzichtig de akkermanbus uit de boorschacht en verwijder het overtollig bodemmateriaal met een ijzerzaagje of mes.
4. Doe de deksels op de akkermanbus en noteer het nummer van de akkermanbus, de diepte van de ondergrens van de gestoken akkermanbus en het gewicht van de bus inclusief deksels

Hoogtemetingen

1. Voor de hoogtemetingen wordt een hoogtebout van het kadaster als referentiepunt gebruikt om de NAP hoogtes vast te stellen.
2. Met behulp van een waterpasinstrument worden de hoogtes ingemeten en op kaart genoteerd.

6. Vastleggen van gegevens

Van het veldwerk wordt een verslag gemaakt. In deze verslaglegging wordt het volgende vermeld:

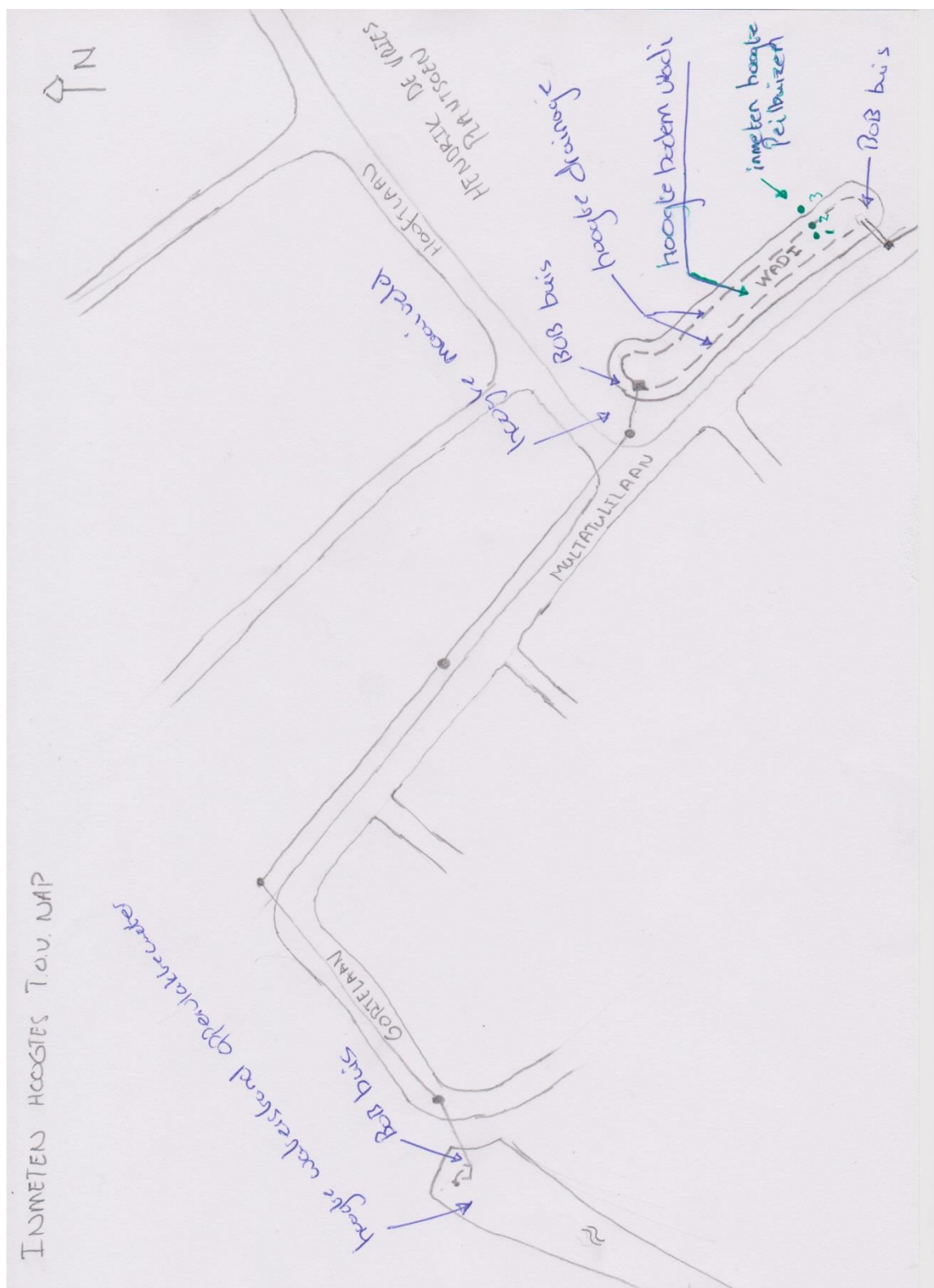
- Grondclassificatie van de grondmonsters en locatie grondboringen
- Gemeten grondwaterstanden
- Ingemeten NAP-hoogtes (peilbuizen, leidingen, drainage, maaiveld etc.)
- Gegevens ongeroerde grondmonsters

7. Geraadpleegde literatuur

- Schlumberger Water Services. *Producthandleiding*. juni 2010 Delft.
- “Boringen.” Geraadpleegd. 23 maart 2014. <http://www.theovanvelzen.nl/boringen.html>.
- Stichting Infrastructuur Kwaliteitsborging Bodembeheer. Het plaatsen van een peilbuis, protocol 2011. Versie 2.0, 27-9-2001.

Bijlage 1

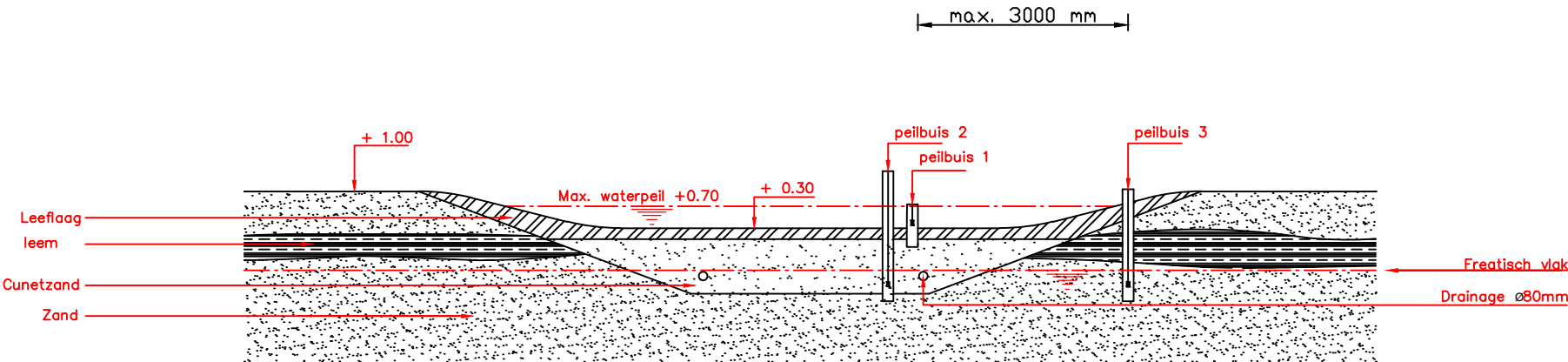
Tekening in te meten hoogtes



Bijlage 2

Dwarsdoorsnede wadi Vondellaan

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



DWARSPROFIEL WADI

Kontocentrum Noorderlume
Hans Hogeschool Groningen
Zernikeplein 11, A1.03
9747 AS Groningen
www.noorderruimte.nl

Wadisysteem Vondellaan

Dwarsprofiel wadi
DOC. IN BEWERKING

Schaal:	1: 100	
Getekend:	E. de Jong Posthumus	
Datum:	07-05-2014	
Gewijzigd:		
Acc. Proj.verantw.		
Opmerkingen:		
Nr.	Wijz.	A4

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

Bijlage 2

Resultaten doorlatendheidsmetingen

Resultaten doorlatendheidsmetingen

Plaats en datum
Groningen, 2 mei 2014

Opgesteld door
Ewoud de Jong Posthumus

Betreft
Resultaten waterdoorlatendheidsmetingen wadi's Haren

1 Doestelling

Op vrijdag 4 april zijn doorlatendheidsmetingen uitgevoerd bij de wadi's aan de Vondellaan en de Mellensteeg in Haren. De doorlatendheidsmetingen hebben plaatsgevonden in het kader van een afstudeeronderzoek van Ewoud de Jong Posthumus naar wadisystemen in Haren en Groningen. Het doel van de doorlatendheidsmetingen is het bepalen van de waterdoorlatendheid van de wadibodem en deze onderling met elkaar te vergelijken, om daarmee meer inzicht te krijgen in het hydraulisch functioneren van de wadi's in relatie met de ondergrond.

2 Meetmethode

Met de dubbele ring infiltrometer wordt de infiltratiesnelheid van de bodem bepaald. De infiltratiesnelheid is een parameter voor de hoeveelheid water die per oppervlakte- en tijdseenheid in de bodem indringt (cm/min). De infiltratie verloopt eerst snel, daarna langzamer, totdat een vrijwel constante waarde is bereikt. Deze constante waarde wordt de standaard infiltratiewaarde genoemd (basic infiltration rate) en is nagenoeg gelijk aan de waterdoorlatendheid.

De dubbele ringinfiltrometer bestaat uit twee ringen die gedeeltelijk in de grond worden gebracht en met water gevuld, waarna de snelheid gemeten wordt waarmee het water indringt in de bodem. Door de dubbele ring wordt zijdelingse wegzijging van het infiltrerende water beperkt.

3 Locatie metingen

De bodem van de wadi is niet egaal, waardoor het water zich zal verzamelen op het laagste maaiveldniveau. Van hieruit ontstaat een plas in de wadi die langzaam groter wordt totdat de wadi volledig is gevuld. Er is zoveel mogelijk getracht om de metingen uit te voeren op het laagste maaiveldniveau op de bodem van de wadi.

Bij het uitvoeren van de metingen bij de Vondellaan stond er een laag water in de wadi. Om die reden kon er één meting uitgevoerd worden op een drooggevalen plek op de bodem van de wadi. Een tweede meting is uitgevoerd buiten de wadi. Bij de wadi aan de Mellensteeg zijn twee metingen uitgevoerd op de wadibodem.

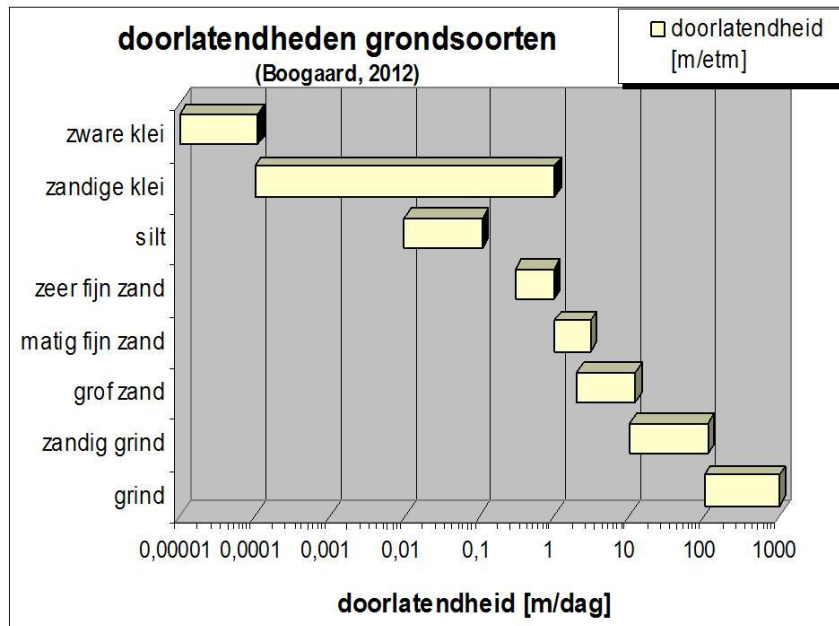
4 Resultaten metingen

De gemeten waterdoorlatendheid van de wadibodem aan de Vondellaan is 0 m/dag. De waterdoorlatendheid van de wadibodem aan de Mellensteeg is in de orde van 0 tot 0,19 m/dag. De tabel op de volgende pagina laat zien dat deze doorlatenheden overeenkomen met die van zware klei tot zandige klei. In bijlage 1 zijn grafieken en foto's opgenomen.

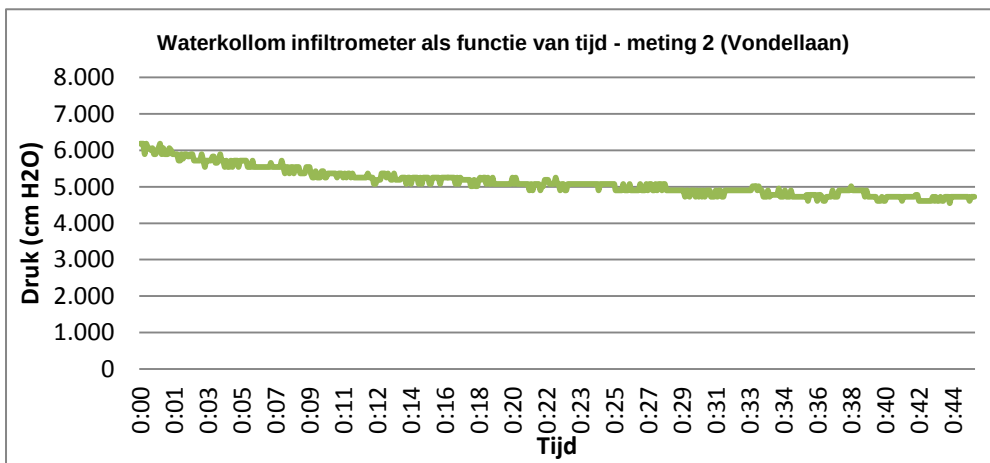
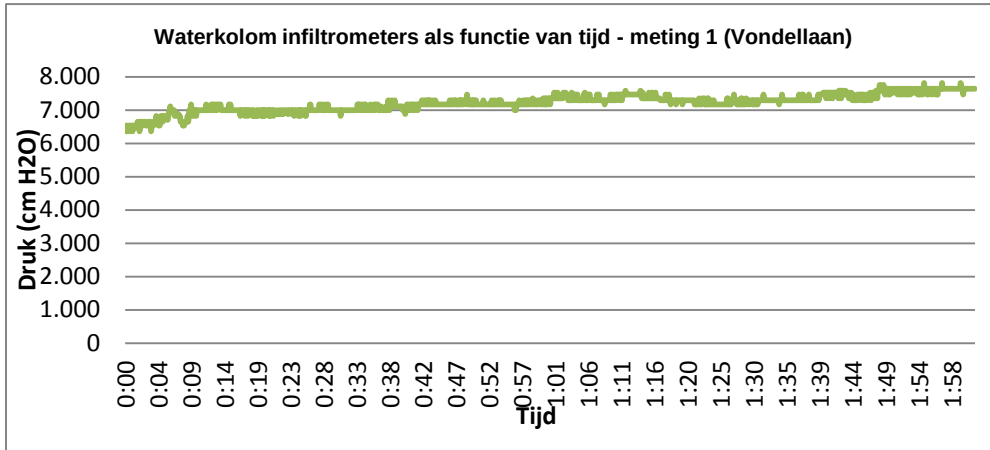
Tabel 1: Resultaten doorlatendheidsmeting

	Doorlatendheidsfactor (<i>m/dag</i>)	
	Wadi Vondellaan	Wadi Mellensteeg
Meting 1	0,00	0,19
Meting 2	0,21*	0,00

* Gemeten buiten de wadi



Bijlage 1



Plaatsen infiltrometer meting 1



Meting 1

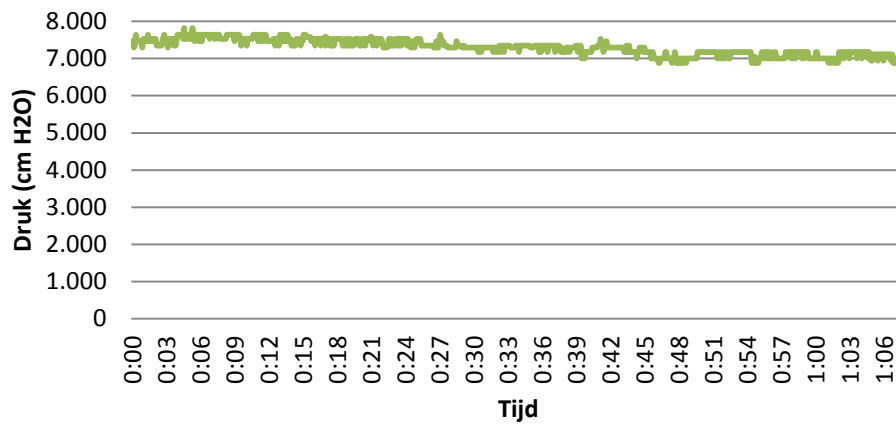


Meting 2

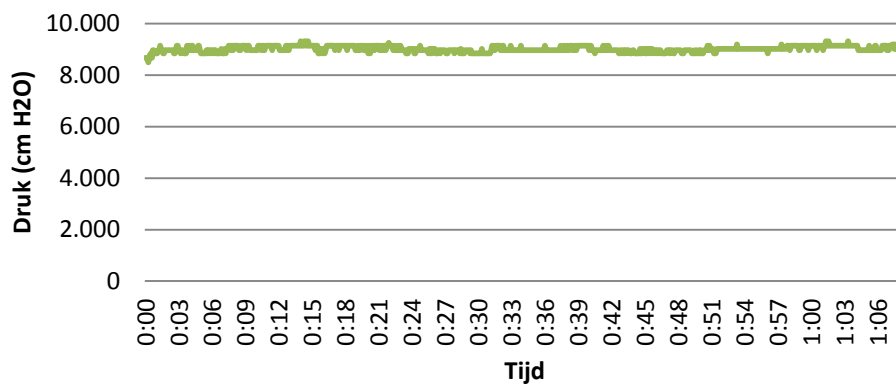


Meting 2

Waterkolom infiltrometer als functie van tijd - meting 1 (Mellensteeg)



Waterkolom als functie van tijd - meting 2 (Mellensteeg)



Meting1



Meting 2

Resultaten doorlatendheidsmetingen

Plaats en datum
Groningen, 29 april 2014

Opgesteld door
Ewoud de Jong Posthumus

Betreft
Resultaten waterdoorlatendheidsmetingen wadi Grote Beerstraat

1 Doestelling

Op dinsdag 22 april zijn er drie doorlatendheidsmetingen uitgevoerd bij de wadi aan de Grote Beerstraat in Groningen. De doorlatendheidsmetingen hebben plaatsgevonden in het kader van een afstudeeronderzoek van Ewoud de Jong Posthumus naar wadisystemen in Haren en Groningen. Het doel van de doorlatendheidsmetingen is het bepalen van de waterdoorlatendheid van de wadibodem en deze te vergelijken met twee andere wadi's in Haren, om meer inzicht te krijgen in het hydraulisch functioneren van de wadi's in relatie met de ondergrond.

2 Meetmethode

Met de dubbele ring infiltrometer wordt de infiltratiesnelheid van de bodem bepaald. De infiltratiesnelheid is een parameter voor de hoeveelheid water die per oppervlakte- en tijdseenheid in de bodem indringt (cm/min). De infiltratie verloopt eerst snel, daarna langzamer, totdat een vrijwel constante waarde is bereikt. Deze constante waarde wordt de standaard infiltratiewaarde genoemd (basic infiltration rate) en is nagenoeg gelijk aan de waterdoorlatendheid.

De dubbele ringinfiltrometer bestaat uit twee ringen die gedeeltelijk in de grond worden gebracht en met water gevuld, waarna de snelheid gemeten wordt waarmee het water indringt in de bodem. Door de dubbele ring wordt zijdelingse wegzijging van het infiltrerende water beperkt.

3 Locatie metingen

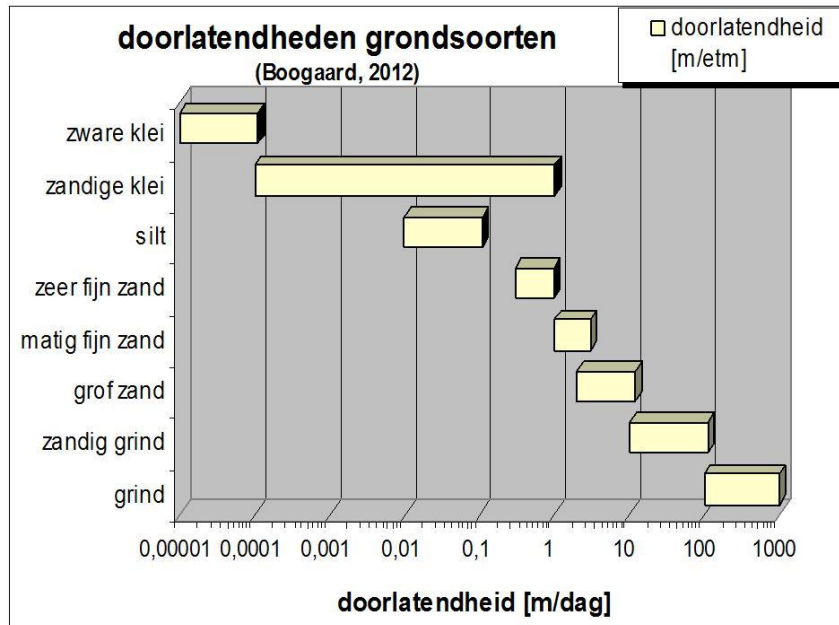
De bodem van de wadi is niet egaal, waardoor het water zich zal verzamelen op het laagste maaiveld niveau. Van hieruit ontstaat een plas in de wadi die langzaam groter wordt totdat de wadi volledig is gevuld. Meting 1 en 3 zijn op de laagste punten van de wadibodem uitgevoerd. Bij meting 3 was de infiltrometer op een hoger punt in de bodem van de wadi opgesteld.

4 Resultaten metingen

De waterdoorlatendheid van de wadibodem is in de orde van 0,21 tot 1,75 meter/dag. De tabel op de volgende pagina laat zien dat deze doorlatenheden overeenkomen met die van zeer fijn zand tot grof zand. In bijlage 1 zijn grafieken en foto's opgenomen.

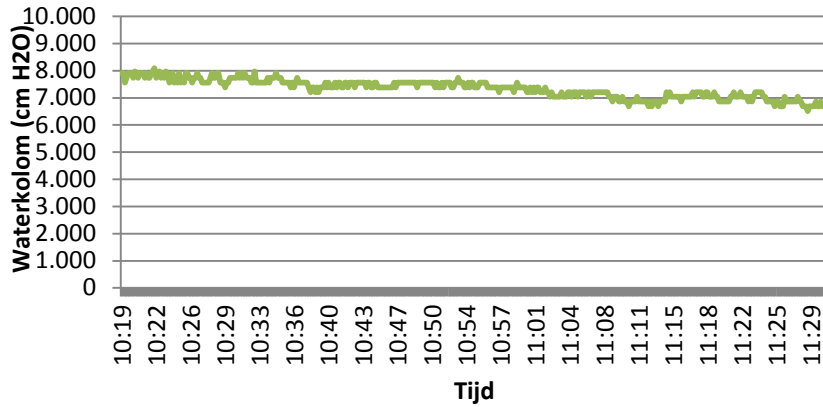
Tabel 1: Resultaten doorlatendheidsmeting

	Doorlatendheidsfactor (m/dag)
Meting 1	0,21
Meting 2	1,75
Meting 3	0,26



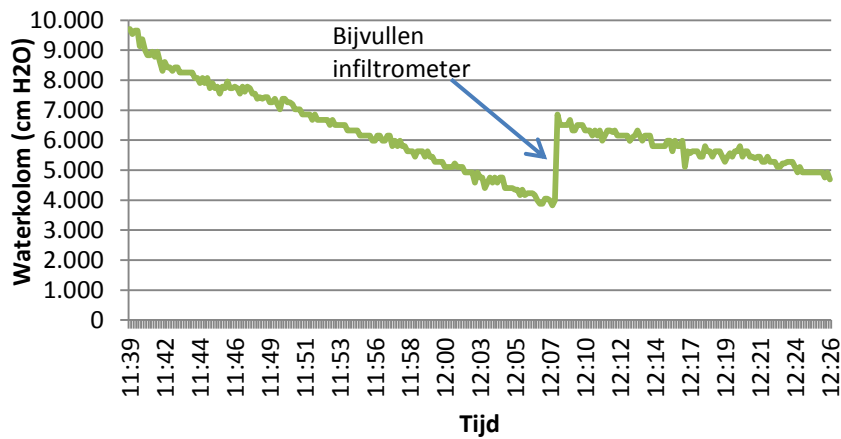
Bijlage 1

Waterkolom infiltrometer als functie van tijd - meting 1



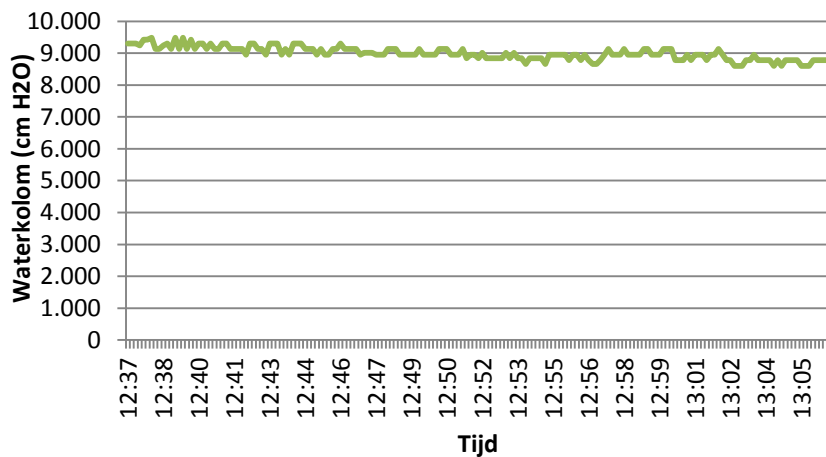
Meting 1

Waterkolom infiltrometer als functie van tijd - meting 2



Meting 2

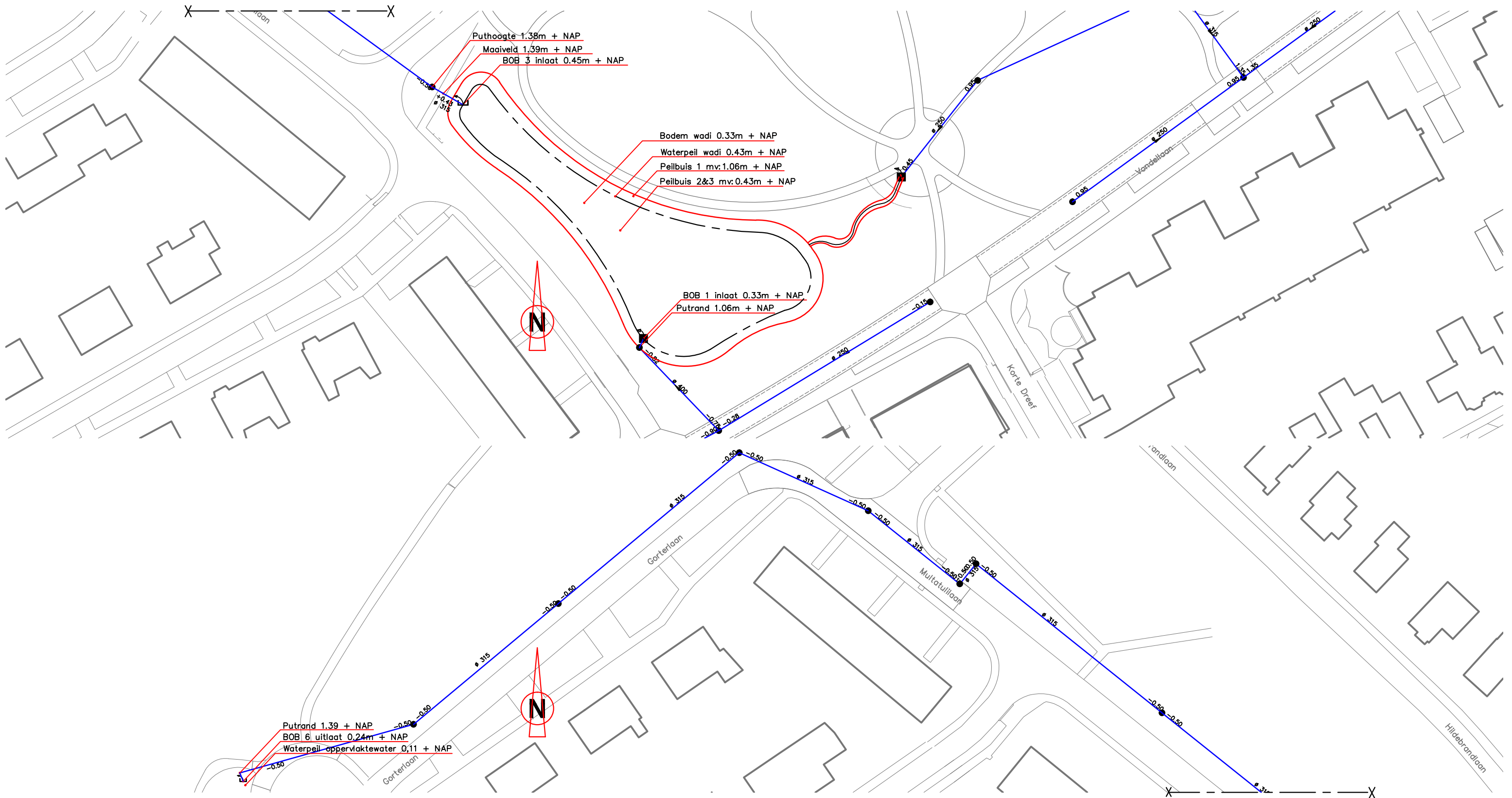
Waterkolom infiltrometer als functie van tijd - meting 3



Meting 3

Bijlage 3

Kaart hoogtemetingen



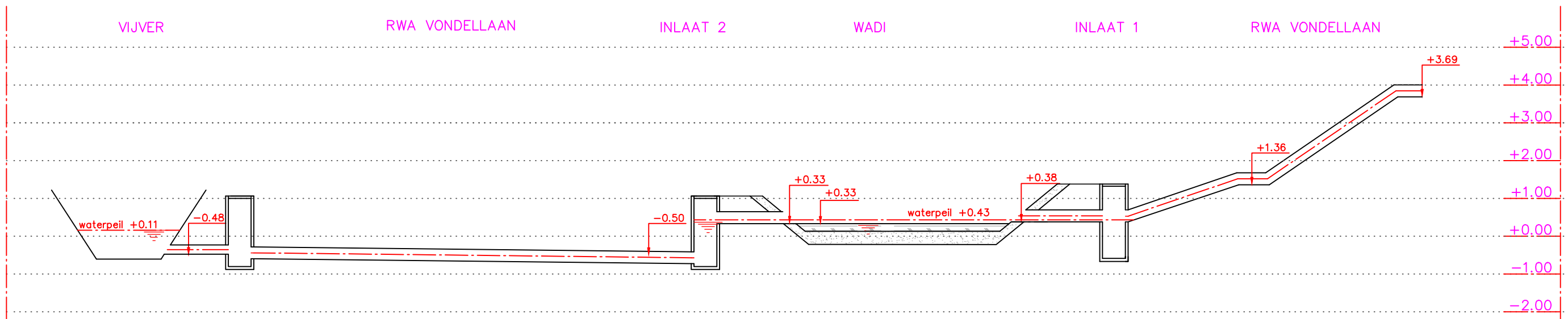
Legenda

- -1.50e 250 RWA riool
- -0.82e 400 Lozingspunt in wadi
- Inlaat RWA riool
- Uitlaat RWA riool

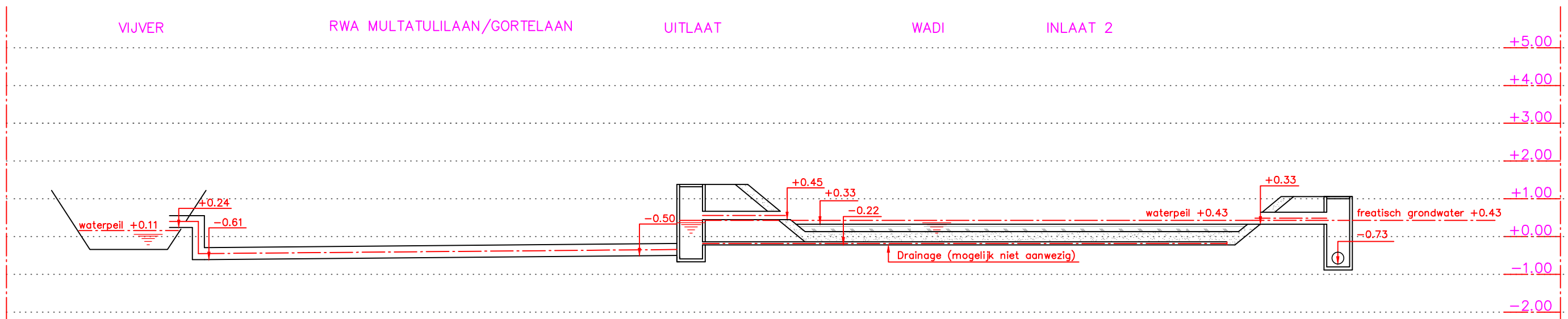
 Hanze Kenniscentra University of Applied Sciences NoorderRuimte		Hanze Kenniscentra NoorderRuimte Hanze Hogeschool Groningen Zerniksteijn 11, A1.03 9747 AS Groningen www.noorder ruimte.nl	
Wadi Vondellaan Haren		Schaal:	1:1
Ingemeten hoogtes		Getekend:	E. de Jong Posthumus
		Datum:	31-05-2014
		Opmerking: In bogtematen in meters t.o.v. NAP	
Nr. 3		A3	

Bijlage 4

Hydraulisch profiel



HYDRAULISCH PROFIEL OOST-WEST

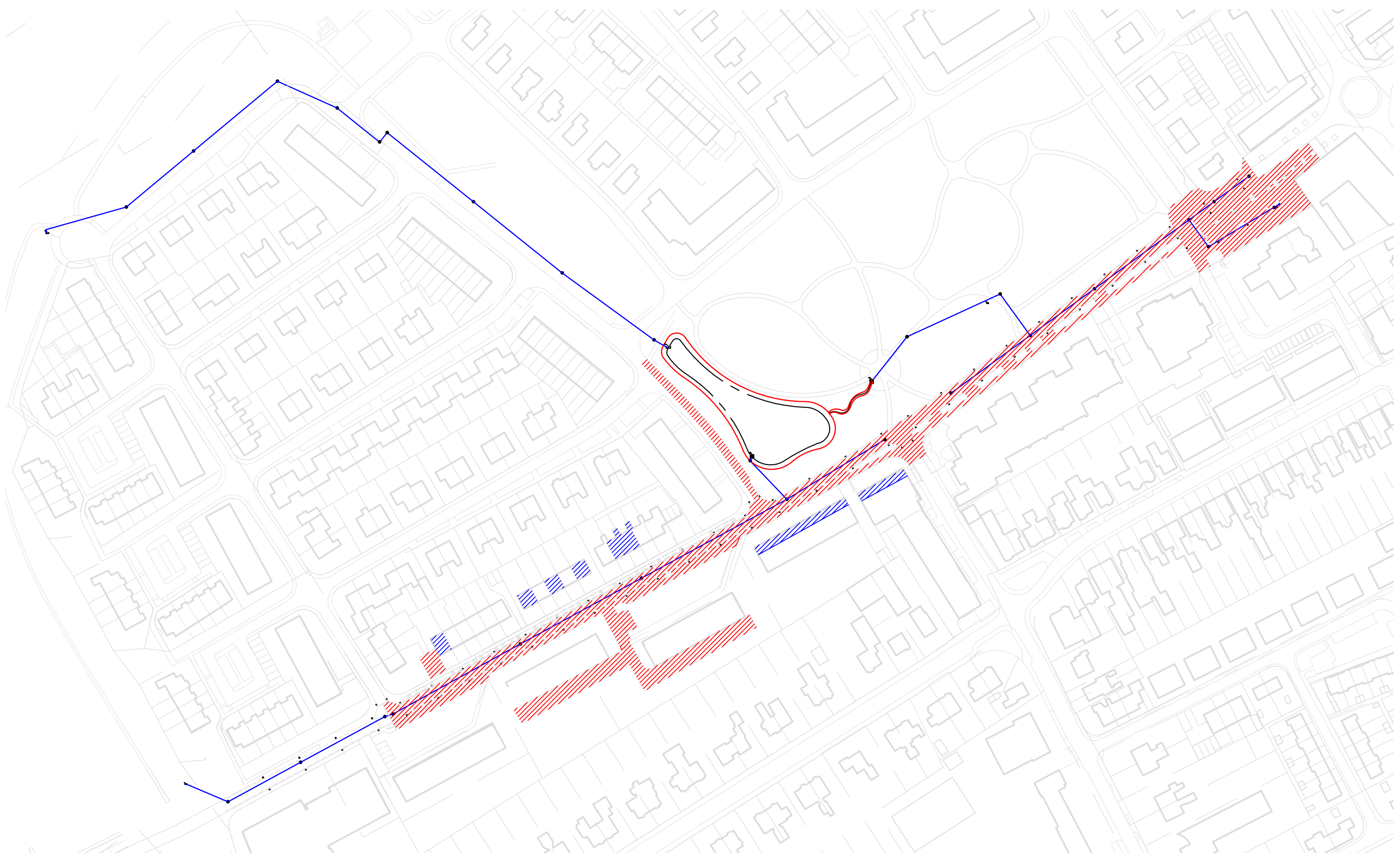


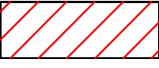
HYDRAULISCH PROFIEL NOORD-ZUID

 Hanze Kenniscentra University of Applied Sciences NoorderRuimte		Kenniscentrum NoorderRuimte Hanzehogeschool Groningen Zernikeplein 11, A1.03 9747 AS Groningen www.noorder ruimte.nl	
Wadisysteem Vondellaan		Schaal:	1: 100
		Getekend:	E. de Jong Posthumus
Hydraulisch Profiel		Datum:	1-06-2014
		Opmerkingen: Hoogtematen in meters t.o.v. NAP	
Nr. 1		A3	

Bijlage 5

Afkoppeltekening



 Afvoerend oppervlak verharding  Afvoerend oppervlak daken

Bijlage 6

Meetplan infiltrometer test

Meetplan Infiltrometer

Plaats en datum
Groningen, 1 april 2014

Opgesteld door
Ewoud de Jong Posthumus

Betreft
Meetplan voor het meten van de infiltratiesnelheid

Status
Concept

1 Doelstelling

De wadi aan de Vondellaan in Haren is bedoeld als een buffer en infiltratievoorziening voor regenwater. Zoals het nu lijkt wil het water moeizaam infiltreren in de bodem. Na een lange droge periode blijft water achter in de wadi. Om te onderzoeken wat hiervan de oorzaak is zal worden gekeken naar de grondeigenschappen van de bodem van de wadi. Het doel is om de infiltratiesnelheid op verschillende punten in en rond de wadi te meten om daarmee inzicht te krijgen in de waterdoorlatendheid van de bodem van de wadi. Dezelfde meetprocedure wordt uitgevoerd bij de wadi aan de Mellensteeg (Haren) en de wadi aan de Grote Beerstraat (Groningen). De resultaten worden onderling met elkaar vergeleken.

2 Meetmethode

Met de dubbele ring infiltrometer wordt de infiltratiesnelheid van de bodem bepaald. De infiltratiesnelheid is een parameter voor de hoeveelheid water die per oppervlakte- en tijdseenheid in de bodem indringt ($\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{min}$). De infiltratie verloopt eerst snel, daarna langzamer, totdat een vrijwel constante waarde is bereikt. Deze constante waarde wordt de standaard infiltratiewaarde genoemd (basic infiltration rate) en is nagenoeg gelijk aan de waterdoorlatendheid.

De dubbele ringinfiltrometer bestaat uit twee ringen die gedeeltelijk in de grond worden gebracht en met water gevuld, waarna de snelheid gemeten wordt waarmee het water indringt in de bodem. Door de dubbele ring wordt zijdelingse wegzijging van de het infiltrerende water beperkt.



Figuur 1: foto infiltrometer

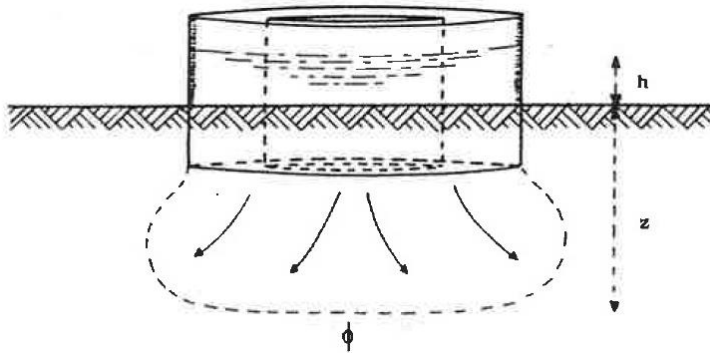
3 Theoretische achtergrond

Volgens de Wet van Darcy kan de infiltratiesnelheid van water in een verzadigde bodem onder een ring infiltrometer worden geschreven als:

$$V = K_1 \frac{\theta + z + h}{z}$$

Waarin:

V	=	infiltratiesnelheid ($L \cdot t^{-1}$)
K_1	=	capillair geleidingsvermogen of onverzadigde doorlaatfactor ($L \cdot t^{-1}$)
θ	=	zuigspanning aan het front van de transmissie zone (L)
z	=	afstand tot het front van de transmissie zone (L)
h	=	hoogte van de waterkolom in de infiltrometer



De invloed van θ en h in relatie tot z neemt af als z en het vochtgehalte van de bodem toenemen. Daaruit volgt dat de hydraulische gradiënt

$$\left(\frac{\theta + z + h}{z} \right)$$

bij een homogeen bodemprofiel nadert naar 1 en de infiltratiesnelheid een constante waarde bereikt (standaard infiltratiewaarde). Daaruit volgt voor verzadigde gronden:

$$V \approx K_1 \approx K_2 \quad K_2 = \text{verzadigde doorlatendheid (L)}$$

(bron: ref 3)

3. Apparatuur en materiaal

Voor de metingen zijn de volgende instrumenten nodig:

- dubbele ringinfiltrometer
- meetlat
- houten blok als slagblok om de ring in de grond te slaan
- hamer
- maatbeker/emmers
- steekmes
- stopwatch
- veldlijst voor het bijhouden van meetresultaten (bijlage 1)
- bentoniet
- fotocamera
- (Divers van het merk Schlumberger Water Services)
- (SWS softwarepakket Diver-Office)

4. Locatie metingen

Afhankelijk van de tijd die de meting in beslag neemt zal, verspreid op drie plaatsen, in de bodem van de wadi worden gemeten.

5. Werkwijze

1. Plaats de binnenring met de snijrand op de grond. Verwijder voorzichtig eventuele takjes of stenen die zich onder de rand bevinden. Bij een meting beneden maaiveld moet de betreffende bodemlaag in een profielkuil worden vrijgemaakt.
2. Plaats de inbrengplaat boven op de binnenring. Afhankelijk van zijn diameter past de ring voor, tussen of achter de pinnen aan de onderzijde van de inbrengplaat.
3. Gebruik de terugslagvrije hamer om de infiltratiering gelijkmatig verticaal ongeveer 5 cm in de grond te slaan. Zorg er voor dat er zo weinig mogelijk bodemverstoring optreedt. Bij zware gronden kan eventueel één persoon op de inbrengplaat gaan staan terwijl een ander hamert. Verwijder de inbrengplaat van de in de grond geslagen infiltratiering.



De plaatsingsdiepte van de ring is zo klein mogelijk om bodemverstoring te voorkomen. Plaats de ringen in ieder geval tot onder een eventueel afwijkende toplaag van de bodem, zoals een geroerde toplaag, korst of bodemlaag met macro-poriën.



Indien tijdens de installatie enige ruimte is ontstaan tussen de bodem en de ring, duw de grond dan weer op zijn plaats. Een eventueel verstoorde korst kan hersteld worden met bentoniet of ander bodemmateriaal.

4. Zet de bijbehorende buitenring met de snijrand op de grond rondom de binnenring, en plaats de inbrengplaat er bovenop.
5. Hamer de buitenring in de grond (zie figuur) op dezelfde manier als bij stap 3. Door de vorm van de inbrengplaat wordt de buitenring even diep in de grond geslagen als de binnenring.
6. Met de standaard set van de dubbele ringinfiltrometer kunnen drie gelijktijdige metingen worden verricht. Installeer alle ringen zoals in de stappen 1 tot 5. Plaats de dubbele ringinfiltrometers 2 à 10 m uit elkaar, afhankelijk van de terreinomstandigheden.



Plaats alle ringen op dezelfde diepte om de resultaten te kunnen vergelijken. Er ontstaan, voor zover bekend, geen verschillende resultaten door de verschillende ringdiameters.

7. Plaats de meetbrug inclusief meetstang en vlotter op de binnenring. Indien er vegetatie binnen de ringen aanwezig is die de meting kan beïnvloeden, bijvoorbeeld doordat de vlotter niet vrij kan bewegen, verwijder deze dan zonder de bodemstructuur te verstoren.
8. Vul eerst de buitenring en direct daarna de binnenring met water tot een hoogte van ongeveer 5 à 10 cm, en start direct de meting ter bepaling van het infiltratieverloop (zie paragraaf 3.2).



De hoogte van het water in de infiltratieringen moet in principe zo klein mogelijk zijn i.v.m. zo verticaal mogelijke infiltratie. De ringen mogen echter niet droogvallen. Een handige waterhoogte is daarom 5 à 10 cm.



Om het grondoppervlak te beschermen tijdens het ingieten van water is het nodig een beschermende laag te gebruiken, zoals een plastic folie, stuk jute, spons of 1-2 cm dikke laag grof zand of grind. Het is ook mogelijk de hand op de grond te leggen en daarop te gieten.

Figuur 2: bron ref. 1



Zorg ervoor genoeg water bij de hand te hebben. Het vullen van één paar ringen met 10 cm water kost ongeveer 25 liter.

Opmerkingen:

- ☐ Wanneer alleen de infiltratiecapaciteit van verzadigde grond bepaald wordt, kan de grond eventueel vooraf verzadigd worden (door water in de ringen te zetten) zonder te meten.
- ☐ Gebruik voor een optimaal resultaat water van een zelfde kwaliteit en temperatuur als het water in het werkelijke systeem waarvoor de infiltratiecapaciteit bepaald wordt.



3.2 Meting

1. Noteer bij de start van de meting de tijd en de beginstand van het water in de binnenring (referentie-niveau) zoals die op de meetstang af te lezen is. Gebruik hiervoor kolom A en B op de veldlijst. Gebruik bij gelijktijdige metingen meerdere veldlijsten.



Gebruik altijd kopieën van de veldlijst, zodat deze vaker te gebruiken is.

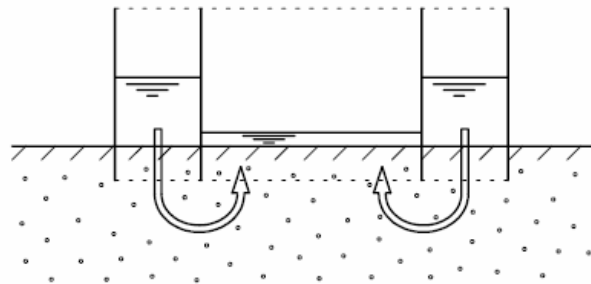
2. Bepaal vervolgens in een bepaald tijdsinterval de daling van de waterspiegel in de binnenring. Noteer telkens zowel de tijd als het waterniveau in kolom A en B en de veldlijst. Meet met een kort tijdsinterval tijdens het begin van de meting (bijvoorbeeld 1-2 min), en een langer interval aan het eind van de meting (bijvoorbeeld 20 à 30 min, afhankelijk van de grondsoort).



Zorg er voor dat de infiltratieringen tijdens de metingen niet droogvallen. Voeg extra water toe, bijvoorbeeld telkens wanneer er nog enkele centimeters water in de ringen staat. Noteer de nieuwe waterstanden in kolom B van de veldlijst.



Houd het waterniveau in binnen- en buitenring gelijk. Bij een hoger waterniveau in de buitenring neemt de infiltratiesnelheid in de binnenring namelijk af. Bij een lager waterniveau in de buitenring neemt de bufferende werking tegen zijdelings wegzijgen af.



Verminderde infiltratie door verschillende waterhoogtes in binnen- en buitenring.

3. Beëindig de meting indien de infiltratiesnelheid een nagenoeg constante waarde heeft bereikt. Vaak wordt een variatie van < 10% binnen een bepaalde tijdstap als constant beschouwd. Dit kan afhankelijk van de grondsoort binnen 1 à 2 uur optreden, of in uitzonderlijke gevallen pas na een dag.
4. Trek met de uittrekhaken alle infiltratieringen uit de grond.
5. Maak de ringen na gebruik met water schoon, zodat geen grond aan de ringen kleeft en verhardt. Herstel beschadigingen in de snijdende rand. Dit onderhoud dient ter voorkoming van extra bodemverstoring bij een volgende installatie.

Figuur 3: bron ref. 1

6. Vastleggen van gegevens

In bijlage 1 is een veldlijst toegevoegd voor het noteren van de meetresultaten.

1. Bepaal de cumulatieve tijd en de tijdstappen door de kolommen C en D van de veldlijst in te vullen aan de hand van kolom A. Bepaal de infiltratie door kolom E in te vullen aan de hand van kolom B door telkens het waterniveauverschil tussen twee tijdstappen te bepalen.
2. Bereken de infiltratiecapaciteit (mm/min) door voor ieder interval de infiltratie (kolom E) te delen door het tijdsverschil (kolom D). Vul op deze manier kolom F in. Reken eventueel de infiltratiecapaciteit om naar een andere eenheid, bijvoorbeeld (m/uur) in kolom G.
3. Met de getabelleerde gegevens kan het infiltratieverloop worden bepaald. Zet hiervoor in een grafiek de berekende infiltratiecapaciteit (kolom F of G) op de y-as uit tegen de cumulatieve tijd (kolom C).
4. De bijna-verzadigde doorlatendheid is gelijk aan de min of meer constante infiltratiecapaciteit aan het einde van de meting. Gebruik meerdere metingen om een betrouwbaar gemiddelde te verkrijgen voor een bepaalde bodemsoort of landschapseenheid.
5. Bepaal eventueel de cumulatieve infiltratie voor een bepaalde tijd. De cumulatieve infiltratie is de totale hoeveelheid water die in een bepaalde periode infiltreert (L, bijvoorbeeld mm). Vul kolom H van de veldlijst in door

(Bron: ref. 1)

7. Geraadpleegde literatuur

1. Eijkelkamp Agrisearch Equipment. *dubbele ringinfiltrrometer*. April 2012, Giesbeek.
2. "Saturated hydraulic conductivity: Double ring infiltrrometer" Geraadpleegd. 1 april 2014.
<http://hydropedologie.agrobiologie.cz/en-dvouvalec.html>
3. Eijkelkamp Agrisearch Equipment. De bubbele ring infiltrrometer. Tweede druk April: 1983

Bijlage 1

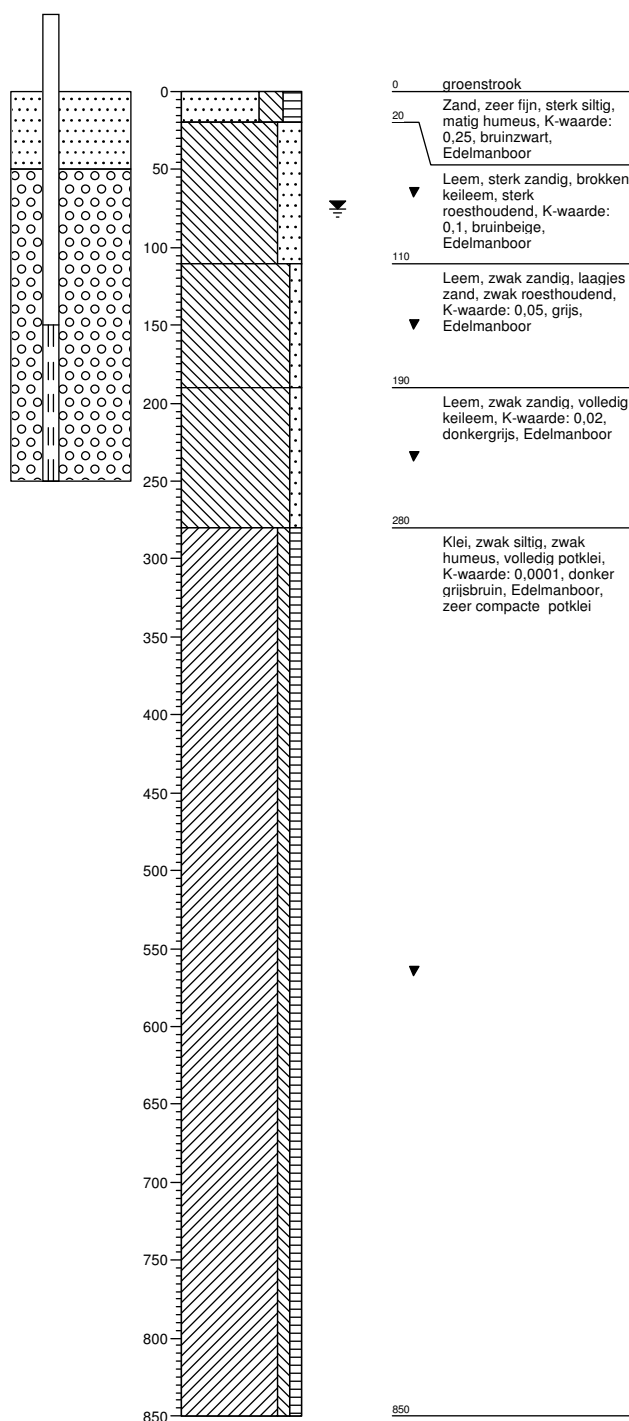
Veldlijst

Bijlage 7

Boorprofielen grondonderzoek

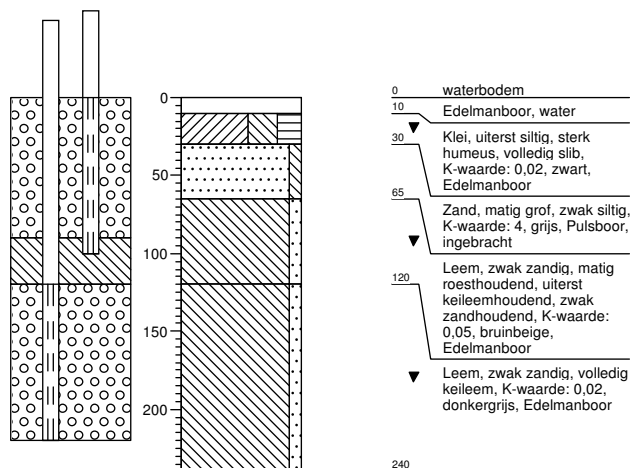
Boring: PB1

X: 235926,09
Y: 576908,16
Datum: 08-05-2014
Boormeester: Simon Huizenga
Maaiveldhoogte: 1,06
in meter t.o.v. NAP



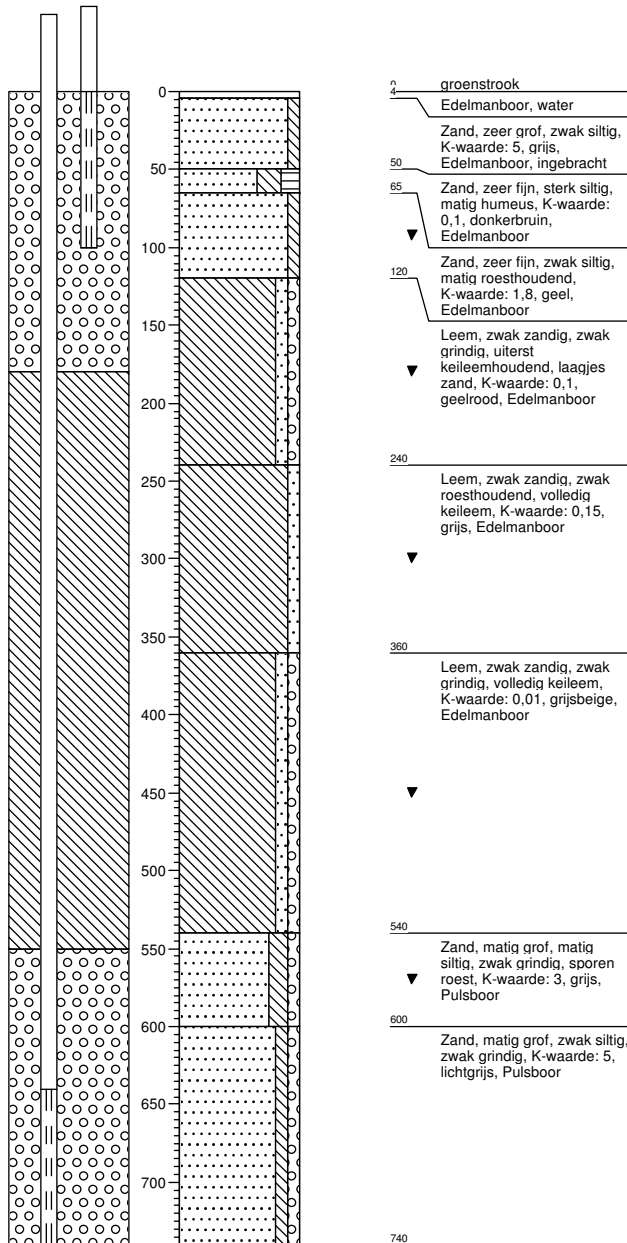
Boring: PB2

X: 235923,16
Y: 576900,48
Datum: 08-05-2014
Boormeester: Simon Huizenga
Maaiveldhoogte: 0,43
in meter t.o.v. NAP



Boring: PB3

X: 237894,33
Y: 576902,18
Datum: 08-05-2014
Boormeester: Simon Huizenga
Maaiveldhoogte: 1,376
in meter t.o.v. NAP



Boring: PB4

X: 237892,86
Y: 576906,03
Datum: 12-05-2014
Boormeester: Paul Warkor
Maaiveldhoogte: 1,806
in meter t.o.v. NAP

