

Onderzoeksrapport

Een onderzoek naar publieke wadi's als opvang voor regenwateroverlast en het tegengaan van droogte in de stedelijke omgeving

Het Amsterdamse Meerwaldtplantsoen als casestudie voor de ontwikkeling van de wadi-wijzer

Student Watermanagement, Hogeschool Rotterdam
Studentnummer: [REDACTED]
2020



Dit onderzoek is in opdracht van: Buro Regen&Water

Afbeelding: Meerwaldtplantsoen gezien richting de Burgemeester Fockstraat met op de voorgrond de Ringspoorbaan. Van de huidige problemen in 1959 nog geen sprake (Gemeente Amsterdam Stadsarchief, 1959)

Aantal woorden; 15.549

Voorwoord

Het onderzoeksrapport wat voor u ligt betreft een onderzoek naar het toepassen van een wadi-systeem binnen stedelijke gebieden, met als casestudie het Amsterdamse Meerwaltdplantsoen aan de Burgemeester Vening Meineszlaan. Dit rapport is geschreven in het kader van de opleiding Watermanagement aan de Hogeschool van Rotterdam en is in opdracht van Buro Regen&Water te Amsterdam. Het onderzoek zou een periode van 20 weken beslaan, echter door het Covid-19 virus heeft het onderzoek onvermijdelijke vertraging opgelopen waardoor er uiteindelijk 28 weken aan het onderzoek is gewerkt.

Dit onderzoek is uitgevoerd onder begeleiding [REDACTED] (Buro Regen&Water) en [REDACTED] (Hogeschool van Rotterdam).

Bij deze zou ik graag mijn dank betuigen voor de begeleiding en ondersteuning van het onderzoek. Met de ontvangen sturing en hulp was het mogelijk dit onderzoek uit te kunnen voeren. Daarnaast zou ik graag [REDACTED] willen bedanken voor zijn informatieve rapporten en artikelen, die hij mij gestuurd heeft met betrekking tot het onderwerp.

[REDACTED]

Samenvatting

In het Meerwaldtplantsoen zijn effecten van klimaatverandering goed op te maken. Door toepassing van een wadi als klimaatadaptieve maatregel wordt ingespeeld op de klimaatthema's wateroverlast en droogte. Het water wordt lokaal opgevangen, waardoor het kan infiltreren in de bodem en de grondwaterstand kan aanvullen. Het goed functioneren van een wadi hangt af van verschillende parameters die effect hebben op de dimensionering van de wadi.

Door de matige doorlatendheid van het Meerwaldtplantsoen is het noodzakelijk een hulpmiddel te gebruiken in combinatie met de wadi om het water te kunnen bergen. Vanuit de bewoners is er vraag naar een bloemrijke klimaattuin. Vanuit Waternet is er vraag naar een drainage onder de wadi. Hierdoor is een combinatie van beide hulpmiddelen een voor de hand liggende keuze. Dit zorgt ervoor dat er niet permanent water in de wadi zal blijven staan. Het toepassen van beplanting als hulpmiddel is namelijk pas effectief als de penwortels goed geworteld zijn. De drainage daarentegen kan direct in werking treden.

De maatregel zal het water lokaal opvangen op de aangewezen plekken, waar het vervolgens kan infiltreren (door beplanting zal de infiltratie geoptimaliseerd worden, waardoor de bodemkwaliteit verbeterd). Wanneer er een te grote hoeveelheid water geborgen moet worden kan dit door middel van drainage en het rioleringsstelsel worden opgevangen. De wadi zorgt op die manier voor een buffer voor het hemelwater, waardoor het niet op straat blijft staan. Dit geeft antwoord op het klimaatthema wateroverlast. Daarnaast wordt de directe afvoer naar het riool voorkomen, waardoor infiltratie juist wordt gestimuleerd. De stimulatie van infiltratie geeft antwoord op het klimaatthema droogte, waarbij het plaatselijk opvangen en infiltreren van water tevens de bodemkwaliteit verbetert.

Het aanleggen van een wadi als klimaatadaptieve maatregel komt steeds vaker voor in Nederland. Daarin zijn vaak dezelfde stappen te herkennen. Deze stappen zouden gebundeld kunnen worden in een model. Uitgangspunt voor het aanleggen van een wadi is dat er verwacht wordt dat de wadi een leeglooptijd van minder dan 24 uur heeft. Om dit na te volgen zullen er afwegingen gemaakt.

Binnen het model worden deze afwegingen concreet gemaakt waardoor deze als stappen kunnen worden ingezet binnen het proces. Hierdoor valt een duidelijke keuze te maken welk ontwerp geadviseerd wordt voor een bepaald gebied aan de hand van de daarbij horende parameters.

Door dit keuzeproces te vereenvoudigen worden het proces rondom de voorbereiding ook vereenvoudigd, waardoor het gehele proces uiteindelijk wordt versneld. Door het snel veranderende klimaat is het noodzakelijk om deze processen ook te optimaliseren en versnellen, zodat overheden sneller kunnen inspelen op klimaatthema's zoals wateroverlast en droogte.

Inhoudsopgave

Voorwoord	II
Samenvatting	III
Verklarende woordenlijst	6
1. Inleiding	7
1.1 Aanleiding	8
1.2 Leeswijzer	10
2. Probleembeschrijving	11
2.1 Huidige situatie Meerwaldtplantsoen	11
2.2 Renovatie van het Meerwaldtplantsoen	12
2.3 Stakeholders	13
2.4 Klimaattuin	14
2.5 Beleid rondom klimaatadaptieve maatregelen	15
2.5.1 Amsterdam Rainproof	16
2.6 Onderzoek	17
2.7 Afbakening onderzoek	18
3. Doel van het onderzoek	19
3.1 Hoofd- en deelvragen	19
3.2 Methodiek	20
3.3 Conceptueel model	21
3.4 Kennishiaat	21
3.5 Beroepsproduct	22
3.5.1 Eisen beroepsproduct	22
4. Waterknelpunten in het Meerwaldtplantsoen	24
4.1 Wateroverlast	24
4.2 Extreme neerslag	25
4.3 Beleid wateroverlast	25
4.3.1 Hoogteligging plangebied	27
4.3.2 Bodem plangebied	28
4.3.3 Veldonderzoek plangebied	29
4.3.4 Het watersysteem en de opgave	32
4.4 Gemeentelijke maatregelen	33
4.5 Samenvattend	34
5 De wadi-wijzer	36
5.1 Het imago van wadi's	36
5.2 Parameters van een wadi	36
5.3 Model	38
5.3.1 Wadi-wijzer	38

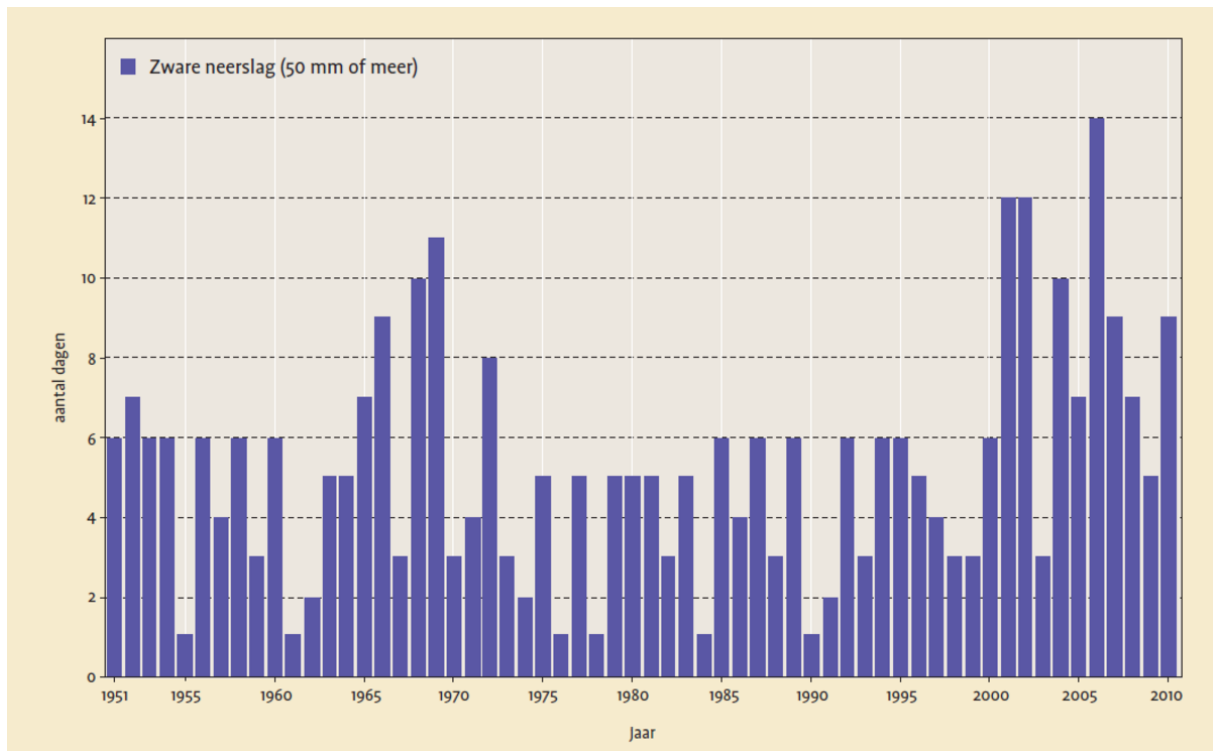
5.3.2	Afbakening model.....	39
5.4	<i>Stappenplan</i>	42
5.4.1	Doorlopen van de stappen	42
5.4.2	Resultaten instroom en benodigde bergingcapaciteit	44
5.5	<i>Koppeling regenwatermodule</i>	46
5.6	<i>Samenvattend</i>	47
6	Een wadi als adaptieve maatregel.....	48
6.1	<i>Ontwerpconcept voor het Meerwaldtplantsoen</i>	48
6.1.1	Klimaatadaptatie	49
6.1.2	Beschikbare ruimte en functie.....	49
6.1.3	Inheemse beplanting.....	50
6.2	<i>Uitgangspunten Meerwaldtplantsoen</i>	50
6.3	<i>Realisatie van het wadi ontwerp</i>	52
6.3.1	Aanleg.....	53
6.3.2	Beheer en onderhoud.....	54
6.3.3	Stakeholders	55
6.4	<i>Samenvattend</i>	55
7	Conclusie	57
8	Discussie.....	60
	Bibliografie	62
	Bijlagen	66
	<i>Bijlage I stakeholderanalyse</i>	66
	<i>Bijlage II Schematisatie van de verschillende onderdelen van de stresstest, het risicodialog en uitvoeringsagenda</i>	69
	<i>Bijlage III Onderzoeksmethodiek</i>	70
	Deelvraag 1a & 1b.....	70
	Deelvraag 2	70
	Deelvraag 3	71
	Bijlage VI Conceptueel model (groot)	72
	<i>Bijlage V Inkomende stromen gebied</i>	73
	<i>Bijlage VI Uitgaande stromen gebied</i>	74
	<i>Bijlage VII Uiteenzetting wadi typen</i>	75

Verklarende woordenlijst

Wadi:	<i>Greppel waarin regenwater zich kan verzamelen en in de bodem kan infiltreren</i>
Drainage:	<i>Drainage of ontwatering is het afvoeren van water uit de bodem met verlaging van het grondwaterpeil als gevolg</i>
GHG	<i>Gemiddelde hoogste grondwaterstand. Indicatie van de grondwaterstand in de wintermaanden</i>
GLG	<i>Gemiddelde laagste grondwaterstand. Indicatie van de grondwaterstand in de zomermaanden</i>
Leeglooptijden	<i>De tijdsperiode waarin de wadi weer leeg staat en beschikbaar is voor een nieuwe bui</i>
Bodemdoorlatendheid	<i>De doordringbaarheid van de bodem ofwel het vermogen van een de bodem om vloeistoffen te laten infiltreren</i>
Bodemperforatie	<i>Het doorboren van de bodem. In dit rapport heeft het betrekking op penwortels die de bodem perforeren</i>

1. Inleiding

Klimaatverandering zorgt voor een warmer en natter klimaat in Nederland. Hierdoor hebben we vaker te maken met hevigere regenbuien. Ook neemt de hitte toe in de zomers. Door het extremere weer krijgen steden te maken met zwaardere buien, meer hittegolven en droogte. Binnen Nederland zijn gemeenten, waterschappen, provincies en het Rijk bezig met het uitdenken en uitvoeren van maatregelen om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen. In de vorm van het Deltaprogramma werken deze partijen aan drie opgaven van klimaatverandering; goede bescherming tegen hoog water, voldoende zoet water en een klimaatbestendig en water robuuste inrichting (IENW, 2019).



Figuur 1 Stijging zware neerslag in de afgelopen jaren (KNMI, z.d.)

Europa is een van de meest verstedelijkte continenten ter wereld. Ook in Nederland gaat men er in de huidige modellen vanuit dat het inwoneraantal in de stad zal blijven toenemen, waardoor er vraag is naar uitbreiding en inbreiding van steden. Dit zorgt voor meer verharding, waardoor er minder ruimte is voor water en groen. Gepaard met klimaatverandering vergroot dit het risico op wateroverlast, hittestress en droogte (WUR, 2016). Ook Amsterdam onderging in de 19^e eeuw een grootschalige stadsuitbreiding over de omliggende veengebieden. Veengebieden zijn vochtig en slap. Om erop te kunnen bouwen en wonen is het veen opgehoogd met zand, soms meer dan 6 meter (Gans, z.d.). Echter kan het gewicht van het zand zorgen voor verzakkingen in het veen. Dit heeft er vervolgens toe geleid dat de zandlaag is meegezakt, waardoor parken vaak enkele meters lager liggen dan de bebouwde omgeving. Door een relatief lage ligging creëer je toestroming van water uit de omgeving (A.A. Kos, 1995). Parken zijn er echter niet op ingericht om een grote hoeveelheid water op te vangen. Wanneer de bodem van het park slecht doorlatend is, zal het water blijven staan en kan er sprake zijn van wateroverlast in stedelijk gebied.

1.1 Aanleiding

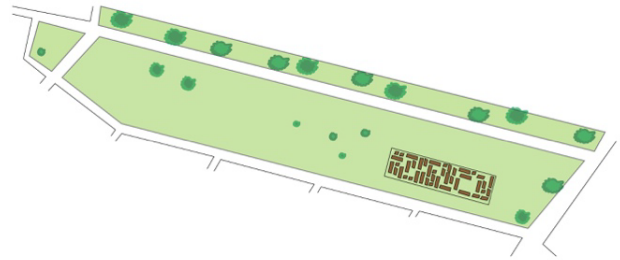
De huidige klimaatverandering heeft zichtbaar veel effect op het stedelijk gebied van West-Nederland. Door verharding is er minder ruimte voor groen en water, terwijl het veranderend klimaat juist weersextremen voorspelt. In Nederland is de jaarlijkse neerslag vanaf 1906 toegenomen met 18% (KNMI, z.d.). Er is onvoldoende berging voor het hemelwater beschikbaar, echter is het aanpassen van het rioolsysteem vrijwel onbetaalbaar. De riolering is in de praktijk ontworpen op een afvoercapaciteit van maximaal 20 tot 30 mm/uur. Als het harder regent, komt water op straat te staan (Ruimtelijke Adaptatie, z.d.).

Dit onderzoeksrapport is gericht op het realiseren van een wadi in het Meerwaldtplantsoen als klimaatadaptieve oplossing voor de huidige problemen. Het plantsoen wordt namelijk getroffen door de gevolgen van klimaatverandering en verstedelijking. Het plantsoen is gelegen aan de Burgemeester Vening Meineszlaan, in Amsterdam Nieuw-West, net buiten de ringweg A10. Het plantsoen heeft vaak te maken met wateroverlast, regenwater stroomt niet weg, maar blijft op het grasveld en de stoep blijft staan. Dit verschijnsel komt veel voor in de winter. Bovendien heeft het veld in de zomers juist te maken met droogte, waardoor het grasveld uitdroogt en er gele plekken ontstaan.



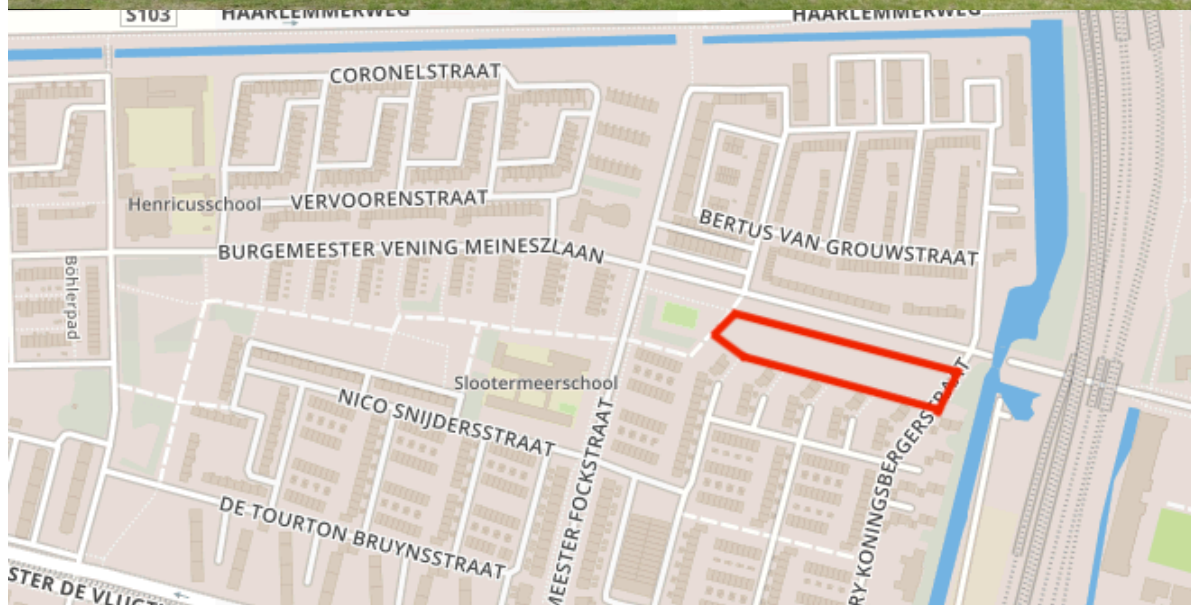
Figuur 2 Kaart van de stad Amsterdam; het Meerwaldtplantsoen aangegeven in het rood (Maps, z.d.)

Het Meerwaldtplantsoen is een plantsoen omringd door de Harry Koningsbergerstraat en de Burgermeester Vening Meinezslaan. Het is aangelegd in de jaren 60 en maakt onderdeel uit van een beschermd stadsgezicht. Het plantsoen bestaat uit een groot stuk grasveld met daarin een moestuin waar de omwonende goed gebruik van maken. Daarnaast wordt het grasveld door jongeren gebruikt als speelveld.



Figuur 3 Moestuin en bomen in het plantsoen [REDACTED] 2020)

Omdat het gebied herhaaldelijk te maken heeft gehad met wateroverlast, is er in 2017 door de gemeente Amsterdam besloten werkzaamheden te verrichten om dit te verhelpen. Wat deze maatregelen exact hebben ingehouden wordt beschreven in paragraaf 2.3.1. De werkzaamheden zijn in het voorjaar van 2019 afgerond. De gemeente Amsterdam heeft €1,3 miljoen geïnvesteerd in de renovatie van het plantsoen om zo “een robuust en klimaatbestendig park te creëren voor de komende decennia, waarbij wateroverlast wordt voorkomen, de grasvelden goed te betreden zijn en de bomen goed kunnen groeien”, aldus de gemeente (Gemeente Amsterdam, 2017). Echter heeft dit niet mogen baten. De werkzaamheden zijn uitgevoerd, maar dezelfde problemen van wateroverlast en droogte blijven zich voordoen.



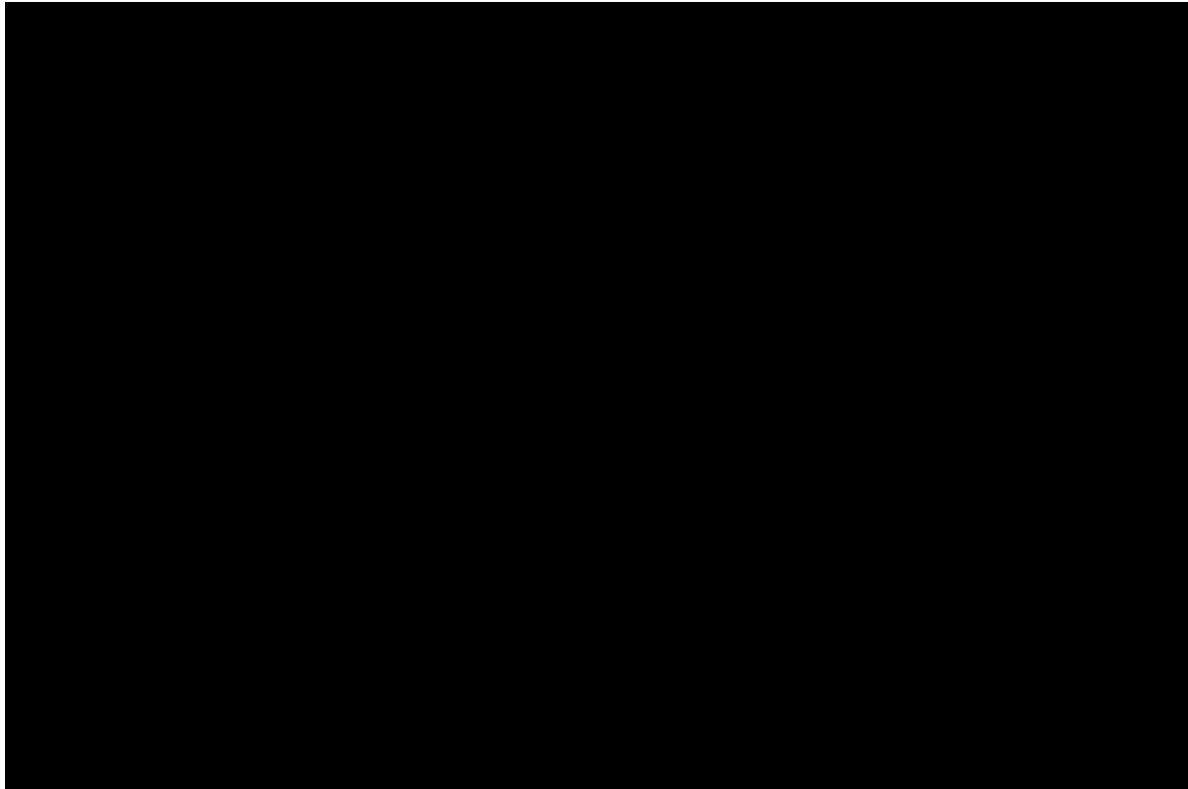
Figuur 4 Aanzicht van het plangebied en de ligging langs de Burgermeester Vening Meinezslaan en de Harry Koningsbergerstraat (Google Maps, z.d.)

1.2 Leeswijzer

<i>Hoofdstuk 2</i>	<i>In dit hoofdstuk wordt het probleem beschreven waarmee het Meerwaldtplantsoen te maken heeft. Hierbinnen wordt de huidige situatie van het gebied, de uitgevoerde maatregelen en de rol van bewoners kort beschreven. Ten slotte het doel van het onderzoek kort ingeleid.</i>
<i>Hoofdstuk 3</i>	<i>Dit hoofdstuk behandelt het doel en de hoofd- en deelvragen van het onderzoek. Aan de hand van de onderzoeksmethodiek en het conceptueel model wordt er inzicht gegeven aan het onderzoek. Ten slotte van het hoofdstuk wordt een beschrijving gemaakt van het gewenste beroepsproduct dat voort zal komen uit, onder andere, het onderzoek.</i>
<i>Hoofdstuk 4</i>	<i>In dit hoofdstuk wordt er dieper ingegaan op de klimaatthema's wateroverlast en droogte en in hoeverre deze effect hebben op het gebied. Daarbij worden de resultaten van het veld- en bureauonderzoek toegelicht.</i>
<i>Hoofdstuk 5</i>	<i>Dit hoofdstuk behandelt de stappen die leiden tot een wadi-ontwerp. Vervolgens beschrijft het hoofdstuk hoe deze stappen verwerkt kunnen worden in een model die het proces rondom ontwerpen kan vereenvoudigen.</i>
<i>Hoofdstuk 6</i>	<i>In dit hoofdstuk wordt beschreven een wadi in het plangebied geïmplementeerd kan worden aan de hand van het toepassen van het model. Hierbinnen worden de stappen van het proces en de belangrijkste factoren behandeld.</i>
<i>Hoofdstuk 7</i>	<i>In dit hoofdstuk is een conclusie opgenomen gebaseerd op de behandelde deelvragen en hoofdvraag. Daarnaast worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek en optimalisatie van het model.</i>
<i>Hoofdstuk 8</i>	<i>Dit hoofdstuk behandelt de discussie. Hierbinnen worden de resultaten, beperkingen en verwachtingen van onderzoek besproken.</i>

2. Probleembeschrijving

De problemen die zich voordoen in het Meerwaldtplantsoen door klimaatverandering zijn een weerspiegeling van problemen die zich vaker voordoen in het stedelijke gebied van Nederland. In dit hoofdstuk wordt het probleem en de huidige situatie van de casestudy het Meerwaldtplantsoen belicht. De reeds uitgevoerde maatregelen door de gemeente in dit gebied worden ook toegelicht. Het hoofdstuk sluit ten slotte af met een afbakening van het onderzoek waarbij de oplossingsvorm, een klimaatadaptieve wadi, ook wordt toegelicht.



(KNMI, 2020)

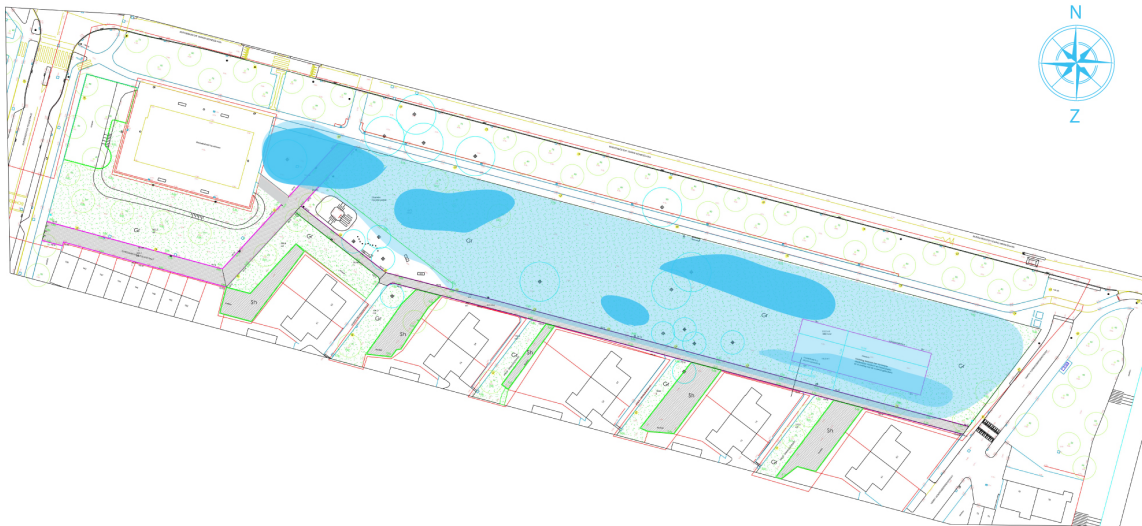
2.1 Huidige situatie Meerwaldtplantsoen

De huidige klimaatverandering heeft zichtbaar veel effect op het grasveld aan de Burgemeester Vening Meineszlaan. De langere perioden van regen zorgen ervoor dat het veld delen van het jaar onder water staat, terwijl in de zomer er juist een tekort is aan water, waardoor de bodem uitdroogt. Dit leidt tot ergernis van de bewoners. De bewoners zien graag een klimaatbestendig grasveld, waarop ze de jaarlijkse buurtcamping en andere evenementen kunnen blijven uitvoeren.



Figuur 6 Hemelwater blijft zowel op het verhard als onverhard oppervlak staan in het plantsoen (2020)

Uit veldonderzoek blijkt dat het complete veld aan onverhard oppervlak onder water staat, echter zijn er een aantal plekken waarbij de plassen tot een diepte reiken van meer dan 15 centimeter. Dit is het gevolg van een onevenredig maaiveld: doordat sommige gedeelten van het plantsoen lager liggen dan andere delen stroomt het hemelwater richting lageregelegen plekken waar het vervolgens diepe plassen creëert. Deze plassen zijn weergegeven op onderstaande figuur.



Figuur 7 Waarnemingen van het plantsoen genomen op 22 februari 2020 na een hevige regenbui

Daarnaast is er sprake van droogte in het plantsoen in gedurende de droge maanden. Zoals onderstaande afbeeldingen laten zien is er op het moment van veldonderzoek sprake van een droge bodem, met gele vlekken in het gras tot gevolg. Dit is een momentopname van een periode van droge maanden.



Figuur 8 Conditie van het plantsoen in de droge maanden

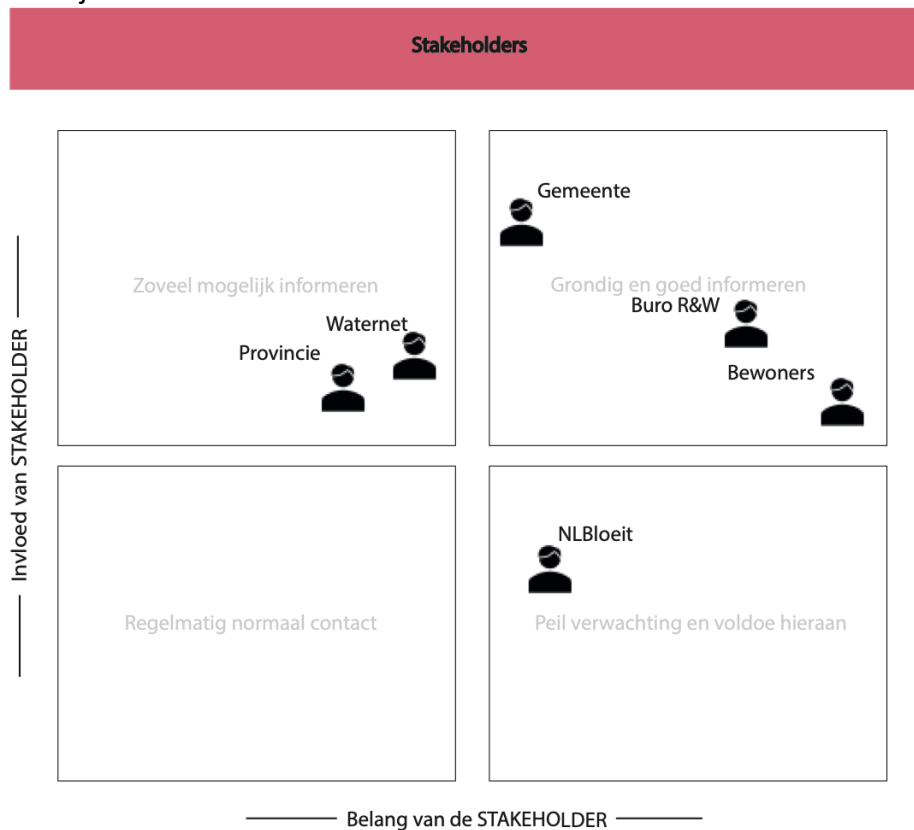
2.2 Renovatie van het Meerwaldtplantsoen

In 2017 is een poging gedaan vanuit de gemeente Amsterdam om de waterproblemen in het plantsoen te verhelpen. Het gehele Meerwaldtplantsoen is aan een renovatie ondergaan. De renovatie hield in dat er maatregelen zijn genomen gebaseerd op bodem- en grondwateronderzoek die zijn uitgevoerd door Tjaden BV en Groenadvies. Volgens het onderzoeksrapport van de gemeente dat hierbij is opgesteld wordt de wateroverlast in het Meerwaldtplantsoen niet zozeer veroorzaakt door een hoge grondwaterstand, maar

voornamelijk doordat de grond te veel is dichtgeslibd en het regenwater hierdoor niet snel weg kan zakken. Het maatregelenpakket had als doel dit probleem te verhelpen. Echter heeft het plantsoen nog steeds te maken met wateroverlast in de natte maanden en droogte in de warme maanden. Vanuit de gemeente stellen ze dat de maatregelen wellicht nog tijd nodig hebben om werkelijk effectief te zijn. Hiermee wordt bedoeld dat de aangeplante bomen en groenvoorzieningen tijd nodig hebben om te gaan wortelen en op langere termijn de bodemdoorlatendheid zullen verbeteren. Wat de exacte oorzaak is dat de maatregelen niet hebben uitgehaald wat men als doel had gesteld, is voorsnog niet duidelijk.

2.3 Stakeholders

Het plantsoen is onderdeel van een beschermd stadsgezicht, gezien het onderdeel is van het Van Eesteren buitenmuseum. Het is onderdeel van een ontwerp uit de jaren '60 en ligt midden in een woonwijk (Gemeente Amsterdam, 2018). Zodoende heeft het plantsoen te maken met verschillende betrokken partijen die er een belang bij hebben dat het plantsoen minder te maken krijgt met wateroverlast. Hieronder volgt een korte opsomming van de betrokken partijen. Daarbij is een krachtenveld weergegeven die is onderverdeeld in de belangen en invloeden die zij hebben.



Figuur 9 Krachtenveld stakeholders van het Meerwaldtplantsoen

Het krachtenveld laat zien in hoeverre een stakeholder betrokken is bij het project en tegelijkertijd in hoeverre zij invloed hebben op de besluitvorming rondom het project. De Gemeente Amsterdam, Buro Regen&Water en de bewoners hebben zowel de meeste invloed als het grootste belang. De bewoners zijn de stakeholders die gebruik zullen maken van het plantsoen en zijn daarom een belangrijke stakeholder. De gemeente is verantwoordelijk voor de leefbaarheid en het voorkomen van wateroverlast, echter gaan zij ook over het beheer van het plantsoen wanneer het project wordt opgeleverd. Buro Regen&Water zal het project uitvoeren. Zij willen zo goed mogelijk de bewoners informeren en betrekken bij het proces,

zodat zij zich ook verbonden voelen met het project. Echter ook willen zij voldoen aan de eisen en belangen van de gemeente. Door beide partijen nauw te betrekken bij het proces kan een juiste afstemming gevonden worden tussen de verwachtingen, belangen en eisen.

NLBloeit is een stakeholder vanwege de wens van de bewoners om inheemse beplanting te realiseren. Zij zullen de inheemse beplanting realiseren en hebben er dus sterk belang bij dat deze zich goed kunnen ontwikkelen. Waternet voert taken uit voor de gemeente Amsterdam. Hieronder valt het verwerken van water dat in het riool terecht komt (Waternet, z.d.). De tabel hieronder beschrijft wat de belangen zijn per stakeholder, daarnaast geeft de tabel aan hoe groot de invloed per stakeholder is. Een uitgebreide stakeholder analyse is opgenomen in bijlage I.

Tabel 1 Mate van invloed van stakeholders

Stakeholder	Belang	Invloed
Bewoners	Oplossen wateroverlast en droogte, realisatie, onderhoud, bruikbaar groen (speelruimte), inheemse beplanting	Hoog
NLBloeit	Realisatie, biodiversiteit vergroten	Laag
Buro R&W	Realisatie, bergen wateropgave, passende oplossing, functionele oplossing, imago	Hoog
Waternet	Hemelwaterzorgplicht, voorkomen wateroverlast, klimaatadaptatie	Gemiddeld
Gemeente Amsterdam ¹	Voorkomen wateroverlast, klimaatadaptatie, beheer, leefbaarheid	Hoog
Provincie Noord-Holland ²	Klimaatadaptatie	Laag

2.4 Klimaattuin

In het voorjaar van hetzelfde jaar als de oplevering van het gerenoveerde plantsoen, wordt het project “buurtbudget Slotermeer Noordoost” gestart. Hierbinnen konden buurtbewoners een plan indienen, waarbij de winnende plannen een bedrag kregen om te besteden aan de realisatie van het plan. Op het plan “Bloemrijke klimaattuin” werd 488 keer gestemd en het budget dat daarvoor werd uitgereikt is €50.000 (Gemeente Amsterdam, 2019).

Het plan van de buurtbewoners is om, samen met behulp van Buro Regen&Water, van het grasveld een klimaattuin te maken: een tuin die bestendig is tegen zowel droge- als natte perioden, in de vorm van een wadi. Met een wadi wordt een greppel bedoeld, die zich tijdelijk

¹ De gemeente bestaat uit 7 stadsdelen. Het plangebied valt onder het stadsdeel Nieuw-West. Het stadsdeel is gericht op de uitvoering van stedelijk beleid.

² De provincie is verantwoordelijk het nationale beleidskader voor het waterbeheer in Nederland te vertalen naar een regionaal beleidskader. Vanuit het nationale Deltaprogramma Ruimtelijke adaptatie zijn afspraken gemaakt om klimaat adaptieve maatregelen te nemen. Het klimaat adaptief maken van het plantsoen ligt dus in het belang van de provincie. Echter binnen dit project hebben zij geen relevante rol.

vult met regenwater tijdens piekbuien. De wadi heeft twee primaire functies; het bergen en infiltreren van water (Hanze, 2014).

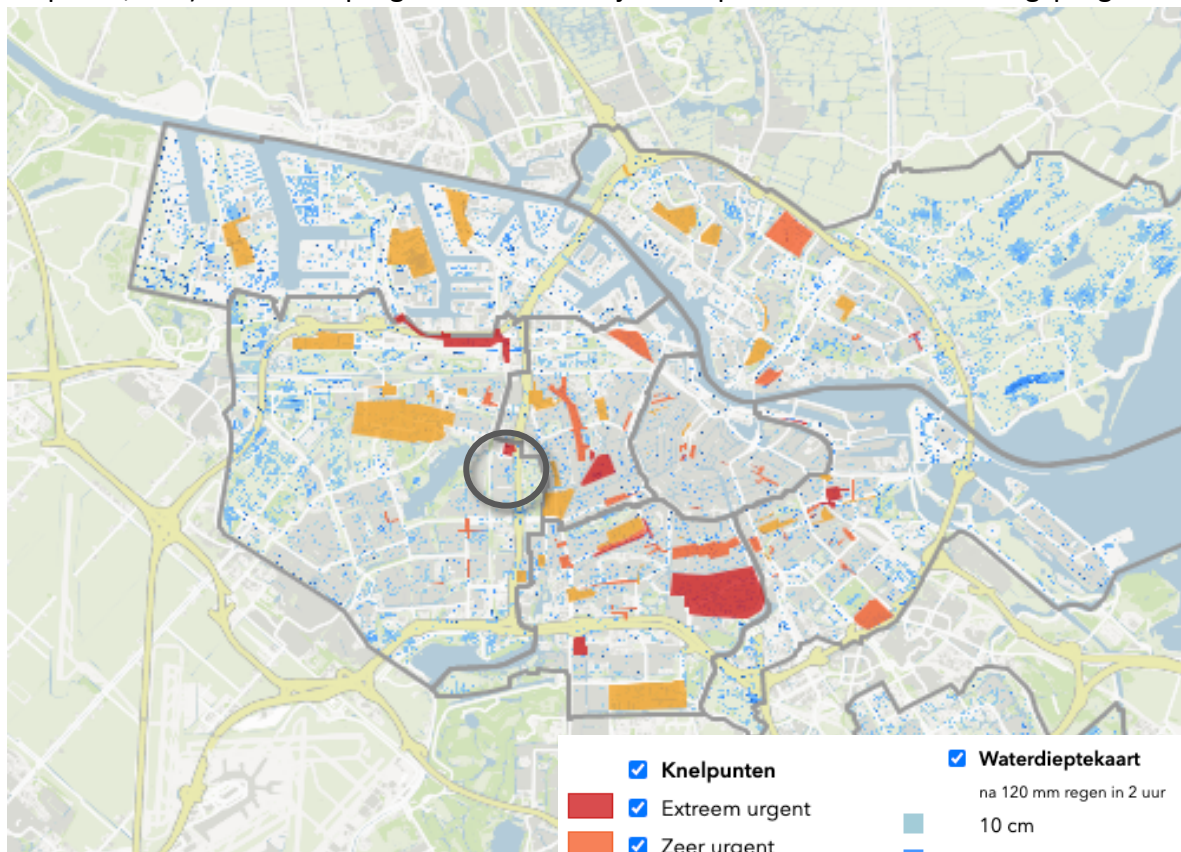
Voor het wadi-ontwerp voor de klimaattuin zal rekening moeten worden gehouden met het beschikbare buurtbudget dat is opgesteld vanuit de gemeente voor het realiseren van de klimaattuin. Vanuit de bewoners is er gekozen voor het toepassen van inheemse beplanting. In de klimaattuin wordt daarom gebruik gemaakt van passende inheemse beplanting, zoals water- of juist zonminnende beplanting. In paragraaf 5.3.2 wordt uitgebreid ingegaan op het effect van beplanting en waarom er gekozen is om inheemse beplanting te gebruiken in het ontwerp.



Figuur 10 Impressiebeeld van een klimaattuin

2.5 Beleid rondom klimaatadaptieve maatregelen

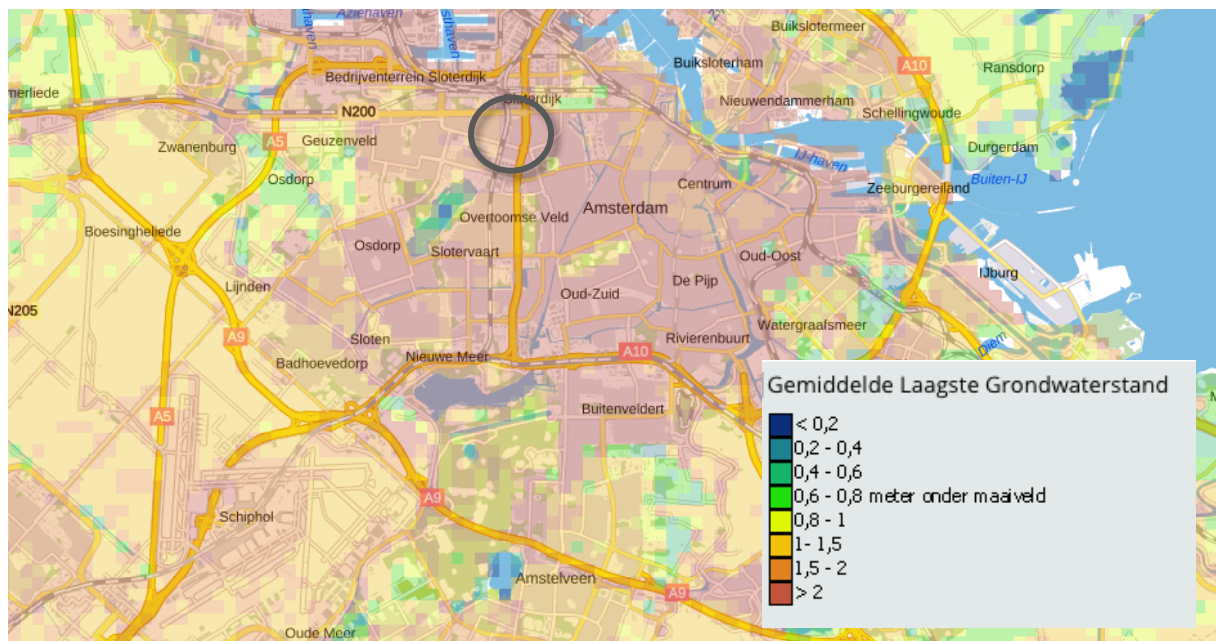
Waterknelpunten zijn een veel voorkomend probleem binnen stedelijk gebied. Om dit tegen te gaan worden er dan ook steeds meer maatregelen genomen om op die manier Nederland te beschermen voor klimaatverandering. Het Deltaprogramma en de Nationale Adaptatiestrategie (NAS) zijn voorbeelden hiervan. Deze houden zich beide bezig met het beperken van de effecten van en kwetsbaarheden voor klimaatverandering (Ruimtelijke Adaptatie, z.d.). Het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie en het Uitvoeringsprogramma



Figuur 11 Regenwaterknelpuntenkaart Amsterdam als resultaat van een stresstest (Rainproof Amsterdam, z.d.)

NAS zijn voorbeelden van richtinggevend beleid opgenomen voor het klimaatbestendig inrichten van de steden.

Ook op regionale schaal wordt door gemeenten en waterschappen hard gewerkt aan een het regenbestendig maken van steden. Gemeente Amsterdam loopt hierin landelijk voorop en houdt bij alle projecten rekening met het veranderende klimaat in de vorm van De Strategie Klimaatadaptatie (Gemeente Amsterdam, 2020). Hierin staat in concrete stappen de strategie uitgewerkt om, in samenwerking met de landelijke overheid, waterschappen en provincies, te werken aan een toekomst- en klimaatbestendige stad.



Figuur 12 Droogte door snelle daling grondwaterstand in droge perioden (Klimaat-effectatlas, z.d.)

Om inzicht te krijgen in hoeverre Amsterdam kwetsbaar is voor te veel hemelwater of droogte worden stresstesten uitgevoerd. Door middel van modellen waarin een fictieve bui van 60 millimeter per uur aan neerslag valt wordt een inschatting gemaakt van de wateroverlast in Amsterdam.

Na deze stresstest wordt vervolgens een risicodialoog gevoerd (Amsterdam Rainproof, 2019). Dit houdt in dat besproken wordt met betrokken partijen welke knelpunten het meest urgent zijn. Op die manier worden de knelpunten ingedeeld en beoordeeld zoals voor Amsterdam op bovenstaande figuur weergegeven is. Binnen Nederland zijn alle gemeenten verplicht om een stresstest te hebben uitgevoerd. De stresstest bestaat uit verschillende onderdelen. In bijlage II is de schematisatie van de verschillende onderdelen van de stresstest, het risicodialoog en uitvoeringsagenda weergegeven (Ambient, 2018).

2.5.1 Amsterdam Rainproof

In Amsterdam gebeurt er al veel om de stad klimaatbestendiger te maken. Het programma Amsterdam Rainproof is in 2014 opgezet door Waternet. Het programma is een netwerkaanpak van meer dan 90 partijen in de stad (Gemeente Amsterdam, 2020). Zij zijn betrokken bij het oplossen van waterknelpunten in de openbare ruimte, met als lange termijn doel de stad in 2050 regenbestendig te laten zijn. De projecten die uitgevoerd zijn en worden hebben als doel het gratis regenwater, dat nu afgevoerd wordt, juist positief te benutten (Amsterdam Rainproof, 2014).

2.6 Onderzoek

Om de problemen in het Meerwaldtplantsoen op te lossen zal Buro Regen&Water in de vorm van een klimaattuin een ontwerp voor het plantsoen realiseren. Het plantsoen zal klimaatadaptief worden ingericht door de toepassing van wadi's op het onverharde oppervlak van het gebied. De wadi die we in Nederland kennen is een greppel begroeid met gras en wordt voornamelijk gerealiseerd op een goed doorlatende bodem. Tijdens een regenbui stroomt het water de wadi in, waar het langzaam de bodem in kan infiltreren. Tijdens droge perioden staat deze greppel droog.



Figuur 13 Reeds aangelegde wadi in Betondorp Amsterdam

Het wadisysteem is vooral geschikt voor gebieden met doorlatende bodemsoorten en een lage grondwaterstand, waardoor hij over het algemeen geschikt is voor gebied in het oosten van Nederland (Hanze, 2014). Tegenwoordig worden ook in andere gebieden van Nederland wadi's toegepast, ongeacht de mate van bodemdoorlatendheid of grondwaterstand. Er is al veel onderzoek gedaan naar de mate van functioneren van wadi's in gebieden met slecht doorlatende ondergronden, waarbij er gekeken wordt naar het hydraulisch gedrag van de wadi met een minder waterdoorlatende bodem (Hanze, 2014) (RIONED, 2006). Hier worden dan hulpmiddelen op toegepast zoals drainage of beplanting.

Om tot het juiste ontwerp te komen voor Buro Regen&Water voor de wateroverlast in het Meerwaldtplantsoen zal er onderzoek worden gedaan naar de manier waarop een wadi juist kan functioneren binnen de gebiedsomstandigheden van het plantsoen. Binnen dit onderzoek staat de volgende vraag centraal:

“Op welke manier kan een wadi worden toegepast in het Meerwaldtplantsoen om de effecten van klimaatverandering te beperken, waarbij ook rekening wordt gehouden met de belangen van de betrokken bewoners?”

Door deze vraag te beantwoorden kan een klimaatadaptief design gecreëerd worden voor de casestudie het Meerwaldtplantsoen. Daarnaast worden de belangen van de bewoners van het Meerwaldtplantsoen benadrukt, gezien zij het project geïnitieerd hebben. Veel van de bewoners zijn in sterke mate betrokken bij de wijk. Om antwoord te kunnen geven op de onderzoeksvraag zijn deelvragen opgesteld. Deze vragen worden binnen dit rapport beantwoord en worden onderverdeeld en beantwoord per hoofdstuk.

2.7 Afbakening onderzoek

Het onderzoek is gericht op het oplossen van de waterknelpunten door middel van het realiseren van een klimaatbestendige inrichting van het gebied. De keuze voor deze methode is allereerst gemaakt vanuit de bewoners. Zij zien graag het waterprobleem opgelost, echter zien zij meekoppelkansen in de vorm van wadi's begroeid met inheemse beplanting, die tevens op langere termijn bijdragen aan de oplossing. Daarnaast is, gezien het beperkte budget dat is uitgekeerd door de gemeente Amsterdam, een wadi een kosteneffectieve oplossing voor het probleem. Ten slotte heeft een wadi twee primaire functies; het bergen en infiltreren van water. Dit sluit naadloos aan op de knelpunten die het plangebied heeft. Wateroverlast wordt zoveel mogelijk beperkt, doordat er aangewezen plekken zijn waar het water langzaam kan infiltreren of afgevoerd kan worden. Daarnaast dient de wadi als zoetwaterberging voor droge en hete perioden, echter daarbij aansluitend kan zowel vochtminnende als droogtetolerante beplanting ervoor zorgen dat het hele jaar door gezonde beplanting aanwezig is. Het onderzoek richt zich dus tot het realiseren van een succesvolle wadi als klimaatadaptieve maatregel.

3. Doel van het onderzoek

Het doel van het onderzoek naar de klimaattuin is om:

1. Een klimaatadaptief ontwerp maken voor de casestudie in het Meerwaldtplantsoen;
2. Afwegingsparameters inzichtelijk te maken die van toepassing zijn voor het aanleggen van een wadi in stedelijke gebieden;
3. Een keuzewijzer te ontwikkelen om het keuzeproces van een wadimodel binnen stedelijk gebieden in Nederland te vereenvoudigen.

Om deze doelen te bereiken zijn er deelvragen opgesteld. Deze vragen worden in dit hoofdstuk verder toegelicht. Daarnaast zal dit hoofdstuk de methodiek, het conceptueel model en de kennishiaat van het onderzoek behandelen.

3.1 Hoofd- en deelvragen

Om tot een oplossing te komen voor het probleem is laatstgenoemde doorvertaald naar concrete hoofd- en deelvragen, waarop een antwoord zal moeten volgen. Gedurende dit afstudeerproject zal de volgende vraag centraal staan: ***“Op welke manier kan een wadi worden toegepast in het Meerwaldtplantsoen om de effecten van klimaatverandering te beperken, waarbij ook rekening wordt gehouden met de belangen van de betrokken bewoners?”***

Deze vraag zal worden beantwoord aan de hand van de volgende deelvragen:

1.
 - a. ***Wat zijn de waterhuishoudkundige knelpunten in het gebied en waar bevinden die zich?***
 - b. ***Hoe komt het dat de uitgevoerde maatregelen tot nu toe hun doel niet hebben bereikt?***

Bij deze vragen wordt er uitvoerig gekeken naar de huidige situatie van het gebied, hoe het probleem kan ontstaan, waar het precies ontstaat, zodat de omvang van het probleem helder wordt. Tevens wordt er gekeken naar de uitgevoerde werkzaamheden, zodat duidelijk wordt welke beslissingen zijn gemaakt, waarom deze zijn gemaakt en welk effect deze beslissingen hebben gehad op het gebied.
2. ***Hoe kun je met een model inzicht geven in het realiseren van een passende wadi voor stedelijke gebieden met verschillende gebiedsomstandigheden en aansluitend bij de belangen van stakeholders?***

Bij deze vraag wordt er gekeken naar hoe het keuzeproces voor het kiezen van een wadi-model geoptimaliseerd kan worden, waarbij rekening wordt gehouden met de verschillende parameters van een gebied. Hierbinnen wordt een beschrijving gegeven van de desbetreffende afwegingsparameters en het belang van die afwegingsparameters. Door deze vraag te beantwoorden creëer je een overzicht in de afwegingsparameters van een gebied voor de realisatie van een wadi, waardoor het proces wordt vereenvoudigd en geoptimaliseerd.
3. ***Hoe kan een wadi optimaal functioneren binnen het Meerwaldtplantsoen als maatregel voor klimaatadaptatie?***

Bij deze vraag wordt er gekeken naar het beste ontwerp voor een onderhoudsvriendelijke wadi in het plantsoen, waarbij dus rekening wordt gehouden met verschillende parameters, zoals eisen van de stakeholders, de grondwaterstand, het bodemtype en de huidige- en toekomstige waterhuishouding.

Om antwoord op bovenstaande vragen te verkrijgen zullen er verschillende analyses worden uitgevoerd, waaronder een gebieds-, watersysteem- en stakeholdersanalyse. Deze analyses sluiten aan bij de competentie Deltatechniek, Deltagovernance en Deltadesign van de opleiding Watermanagement. Er wordt een mogelijke oplossing en een technisch ontwerp gepresenteerd voor het Meerwaldtplantsoen, wat specifiek aansluit bij de competentie Deltadesign. Dit ontwerp volgt uit het analyseren van het watersysteem, het bepalen van de wateropgave en de gewenste capaciteit van het ontwerp, wat aansluit op de competentie Deltatechniek. Ten slotte worden de belangen van belanghebbende in kaart gebracht, de belangen afgewogen en het toekomstig beheer in combinatie met participatie van de bewoners beschreven. Dit sluit aan bij de competentie Deltagovernance

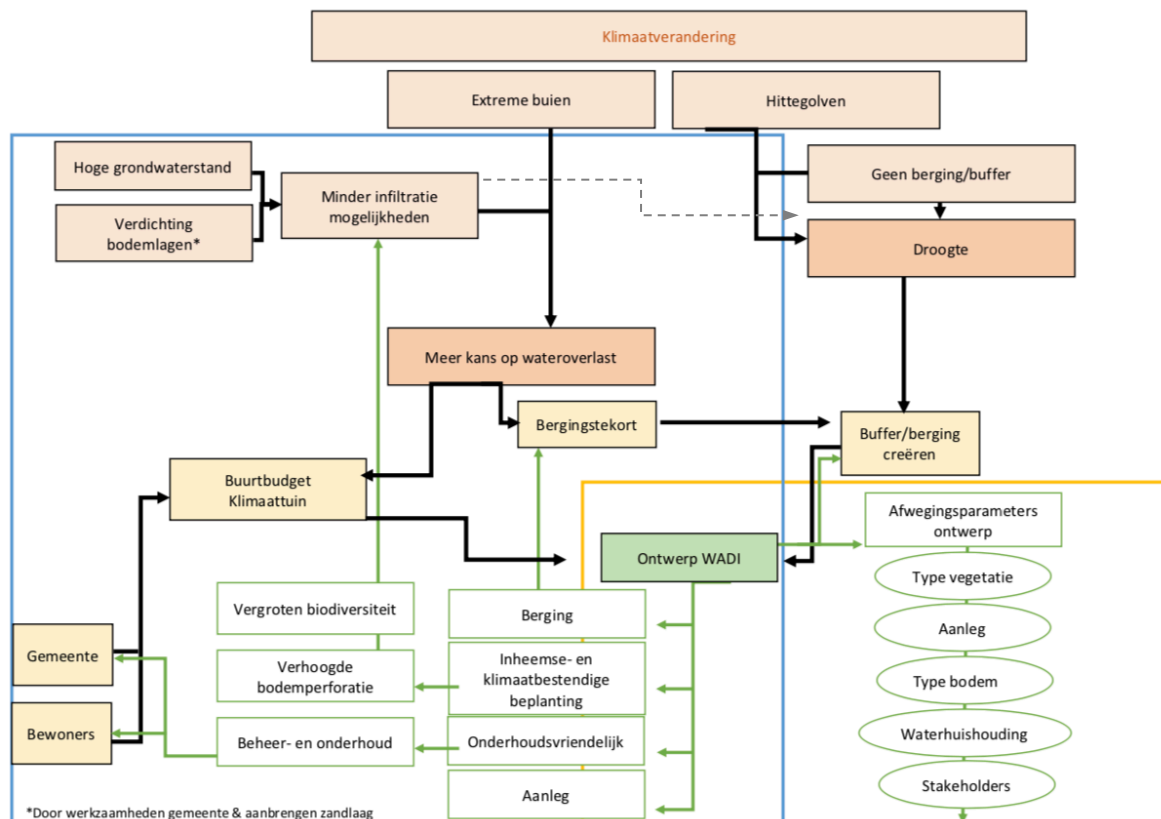
De uiteindelijke resultaten van de afstudeeropdracht zijn het maken van een ontwerp voor het Meerwaldtplantsoen en daarnaast een wadi-wijzer voor een optimaal wadi-ontwerp afhankelijk van de parameters van het gebied, met daarbij behorende handleiding. Hierdoor is het een maatwerkoplossing voor niet slechts één locatie, maar kan het dienen als pilot voor een werkmethode welk breder toepasbaar is in andere stedelijk gebieden.

3.2 Methodiek

Tijdens het onderzoek zal veel gebruik gemaakt worden van literatuuronderzoek en praktijkgericht onderzoek. Allereerst wordt er gekeken naar de wateroverlast die optreedt in het gebied door verschillende gebiedsanalyses uit te voeren. Deze zullen bestaan uit een watersysteemanalyse, eigen waarneming, veldonderzoek, het afnemen van interviews met experts (digitaal) en het gebruik van metingen. Voor het literatuuronderzoek houdt dit in dat er naar de opbouw van de bodem, de historische en huidige waterhuishouding en reeds uitgevoerde onderzoeken gekeken wordt. Voor het praktijkgericht onderzoek houdt dit proeven, boringen, veldbezoeken, interviews en bewonersavonden in. Deze manier van onderzoek geeft inzicht over het huidige functioneren van de parkstrook, waardoor kan worden geconcludeerd wat het meest efficiënte ontwerp is voor een onderhoudsvriendelijke wadi. De methodiek per deelvraag is opgenomen in bijlage III.

3.3 Conceptueel model

Hieronder is het conceptueel model gevisualiseerd van de oorzaak-gevolg relatie binnen het Meerwaldtplantsoen. Het blauwe kader omvat de casestudie het Meerwaldtplantsoen. In het gele kader is de afbakening weergegeven van het beroepsproduct. De rode blokken geven de huidige problemen aan met de daarbij horende gevolgen. Het groene blok en de groene pijlen geven de oplossing en positieve gevolgen van een succesvolle wadi weer. De gele blokken zijn de invloeden van buitenaf. Voor een grotere weergave van het conceptueel model inclusief legenda, zie bijlage IV.



Figuur 14 Conceptueel model; oorzaak-gevolg relatie binnen het onderzoek

3.4 Kennishiaat

De aanleiding van het onderzoek is de wateropgave in stedelijk gebied. De klimaatverandering in combinatie met verstedelijking zorgt voor steeds meer vraag naar klimaatadaptatie van stedelijke gebieden. Het Meerwaldtplateau heeft te maken met aanhoudende wateroverlast en droogte. Om deze wateropgave van dit gebied op te lossen wordt een wadi gerealiseerd in dit gebied. Binnen deze paragraaf worden de belangrijkste kennishiaten benoemd binnen dit onderzoek.

Zoals paragraaf 2.6 al belicht worden wadi's over het algemeen toegepast in gebieden met een goede bodemdoorlatendheid. Vooral in het westen van Nederland is er sprake van gebieden met slechte doorlatendheid. Het is van belang welke toepassing er nodig zijn om in deze gebieden een goed functionerende wadi aan te leggen. Echter doordat stedelijke gebieden niet alleen verschillen van het bodemtype zal ook onderzoek moeten worden gedaan naar andere aspecten zoals de aanleg, het beheer- en onderhoud en het type vegetatie van een wadi. Allereerst zal moeten worden geconcludeerd hoe groot de opgave is die speelt in het plantsoen. Vervolgens kan geconcludeerd worden welke toepassingen er

kunnen worden geïmplementeerd om de adaptieve maatregel tot de meest effectieve oplossing te vormen.

Het onderzoek naar de verschillende aspecten van een gebied is een essentieel proces voor de implementatie van klimaatadaptieve maatregelen. De vraag is hoe dit kan worden vertaald naar een iteratief proces, zodat op die manier het keuzeprocess rondom klimaatadaptatieve maatregel vereenvoudigd kan worden.

Het onbekende is daarnaast het proces van het betrekken van bewoners op de juiste manier en hoe deze vorm van participatie door middel van buurtbudget projecten wordt meegenomen in het proces van klimaatadaptatie. De klimaatadaptieve maatregelen zullen immers moeten passen binnen de wensen van de bewoners.

3.5 Beroepsproduct

Het beoogde beroepsproduct zal een wadi-wijzer worden, waarin wadi-modellen voor de verschillende bodemsoorten in Nederland gepresenteerd zijn. Het gewenste resultaat voor het Meerwaldtplantsoen betreft een optimaal en klimaatadaptief ontwerp voor de parkstrook. Dit project zal een casestudie worden voor de wadi-wijzer voor wadi's in stedelijk gebied. De bedoeling van de wadi-wijzer is het proces, rondom het ontwerpen van een wadi bij een willekeurig stedelijk gebied, te vereenvoudigen. Het functioneert als een afwegingsmethode van verschillende parameters per gebied, die vervolgens leidt tot een passend wadi-model in het desbetreffende gebied. Het gebruik maken van een professionele wadi-wijzer kan gemeenten en andere partijen helpen bij het inzetten van wadi's in de publieke ruimte, om deze zo klimaatbestendiger te maken.

3.5.1 Eisen beroepsproduct

De wadi-wijzer functioneert als afwegingsmethode van verschillende parameters per gebied. Deze is bedoeld als handleiding voor gemeentes die een klimaatadaptieve maatregel willen toepassen binnen het stedelijk gebied van Nederland. De wadi-wijzer is een informatief stroomschema die de keuzes toelicht en visualiseert. De wijzer helpt een keuze te maken in welk type wadi gerealiseerd kan worden in een gebied door de afwegingen te trechteren, waardoor de gemeente tot een goede wadi keuze komt. De wadi-wijzer is gebaseerd op het onderzoek uitgevoerd op het Meerwaldtplantsoen en is vervolgens getest op het grasveld aan het Arthur Meerwaldtpad.

Aan de hand van een kosten-batenanalyse wordt de wadi-wijzer geoptimaliseerd. De verwachte kosten voor het aanleggen van een wadi worden afgewogen tegen de te verwachten baten voor één of meerdere aspecten, zodat de meest efficiënte oplossing kan worden gekozen. Onder deze aspecten vallen onder andere de ondergrond, de aanleg, het beheer- en onderhoud en het type vegetatie. Zo heeft bijvoorbeeld de grondsoort invloed op de graafwerkzaamheden, de geschatte doorlooptijd en kosten. Deze afwegingsmethodes worden vervolgens doorvertaald naar wadi-typeringen. Aan de afwegingsparameters zijn eisen gesteld, waardoor ze afgewogen kunnen worden in willekeurig stedelijk gebied. Deze eisen zijn als volgt;

- De verwachte kosten voor het aanleggen van de wadi kunnen worden afgewogen ten opzichte van de te verwachten baten voor één of meerdere onderwerpen, zodat de meest efficiënte én voor de stakeholder optimale oplossing kan worden gekozen.

- De bodemanalyse geeft inzicht in het type grondsoort. Analyse van de grondsoort is door te vertalen naar een wadi-typering.
- De watersysteemanalyse geeft inzicht in de mate van de wateropgave in het stedelijk gebied. De opgave van het stedelijk gebied is door te vertalen naar een bergingscapaciteit.
- De stakeholderanalyse geeft inzicht in de mate van betrokkenheid van alle partijen die een rol hebben in het ontwerp en de uitvoering van de wadi in het stedelijk gebied met een wateropgave. De betrokkenheid is door te rekenen naar het type beheer- en onderhoud en vegetatietypen.

4. Waterknelpunten in het Meerwaldtplantsoen

Het Meerwaldtplantsoen heeft regelmatig te maken met de klimaatthema's wateroverlast en droogte. Binnen dit hoofdstuk worden de oorzaken en gevolgen van deze problematiek behandeld, daarnaast worden de resultaten van het veld- en bureauonderzoek toegelicht en geanalyseerd.

4.1 Wateroverlast

In de literatuur zijn verschillende interpretaties van wateroverlast gedefinieerd. Deze interpretaties omvatten vaak de omschrijving van het grondwaterpeil die de maaiveldhoogte overstijgen, echter kan er ook waterlast ontstaan waarbij de grondwaterstand nog onder de maaiveldhoogte ligt (Hussen, 2009). Hierbij kan het hemelwater de bodem niet infiltreren door slechte bodemdoorlatendheid, waardoor blijft het water op het maaiveld liggen. Wateroverlast ontstaat dus niet alleen op verharde oppervlaktes.

In het plangebied van het Meerwaldtplantsoen is er sprake van een matige doorlatendheid van de bodem, echter in combinatie met een hoge grondwaterstand. Door deze karakteristieken van het gebied en de bodem heeft het plantsoen vaak te maken met wateroverlast, niet alleen op het onverharde oppervlak, maar ook op het verhard omliggend gebied (zie figuur 14). Hierin spelen nog andere factoren een grote rol, die in dit hoofdstuk toegelicht zullen worden. Vervolgens zal dit hoofdstuk antwoord op de volgende vragen bieden ***“Wat zijn de knelpunten in het gebied en waar bevinden die zich?” en “Hoe komt het dat de uitgevoerde maatregelen hun doel niet hebben bereikt?”*** Het doel van het beantwoorden van deze vragen is met name een conclusie te trekken over de knelpunten van het gebied. Elk gebied heeft namelijk zijn eigen karakteristieken en knelpunten. Pas wanneer je beschikt over de voldoende kennis kun je het gebied op de juiste manier benaderen. Met als uitkomst een op maat gemaakte maatregel te treffen die zijn doel bereikt; Het tegengaan van de wateroverlast.



Figuur 15 Afbakening plangebied in het Meerwaldtplantsoen

4.2 Extreme neerslag

Door het veranderende klimaat heeft Nederland steeds vaker te maken met extremere neerslag perioden. Deze neerslag test als het ware de robuustheid van het watersysteem in stedelijk gebied. Het rioleringsstelsel in Nederland wordt op regulier functioneren getoetst met een bui die eens per twee jaar voorkomt (A. Buishand, 2007). Dit is een bui van 20 mm neerslag per uur. De verwachting rondom klimaatverandering is dat Nederland steeds vaker te maken krijgt met klimaatbuien. Dit zijn standaard neerslaggebeurtenissen³ die de gevoeligheid van het gebied op toekomstige buien toetst. (Ruimtelijke Adaptatie, 2018). Deze gebeurtenissen reiken van een grootte van 100 tot 1000 jaar herhalingsjijd. Het rioolstelsel is niet op zo een type bui gedimensioneerd, waardoor het kan voorkomen dat water langer op straat blijft staan en wateroverlast ontstaat.

Schaal	Duur	Herhalingsjijd huidig klimaat [jaar]	Hoeveelheid huidig klimaat [mm]	Hoeveelheid klimaat 2050 [mm]	Factor
Lokaal	1 uur	100	60	70	21%
		250	75	90	21%
	2 uur	1000	130	160	21%
Regionaal	48 uur *	100	100 (115)	120 (135)	15%
		250	115 (140)	130 (165)	15%
		1000	135 (190)	160 (220)	15%

Figuur 16 Neerslaghoeveelheden voor de standaard neerslaggebeurtenissen voor huidig klimaat en klimaat 2050 (Ambient, 2018)

De verandering in het klimaat in combinatie met de toenemende verharding in stedelijk gebied vergroot de kans op wateroverlast, doordat het gevallen hemelwater niet kan infiltreren in de bodem. Het ontstaan van wateroverlast hangt af van de intensiteit en duur van de bui, maar ook van de omstandigheden van de omgeving, zoals de riolering, bodemeigenschappen en inrichting (KNMI, z.d.). Over het algemeen zijn er drie typen wateroverlast te onderscheiden, met ieder verschillende gevolgen. Ook deze gevolgen hangen af van de omgevingseigenschappen. De verschillende typen wateroverlast zijn als volgt:

- Wateroverlast door hevige neerslag in een korte tijd;
- Wateroverlast door langdurige neerslag;
- Grondwateroverlast

4.3 Beleid wateroverlast

Vanuit de Waterwet is de gemeente een zorgplicht opgelegd met betrekking tot afvloeiend hemelwater (art. 3.5 Wtw). Dit maakt de gemeente als aanspreekpunt voor burger wanneer er sprake is van overvloedig hemelwater. In het gemeentelijk rioleringsplan legt de gemeente vast hoe zij deze waterzorgplicht invult (OVO, 2012).

Om in te spelen op klimaatverandering zijn er vanuit de gemeente ook verschillende uitvoeringsprogramma's opgesteld met als doel heel Nederland in 2050 waterrobuust en

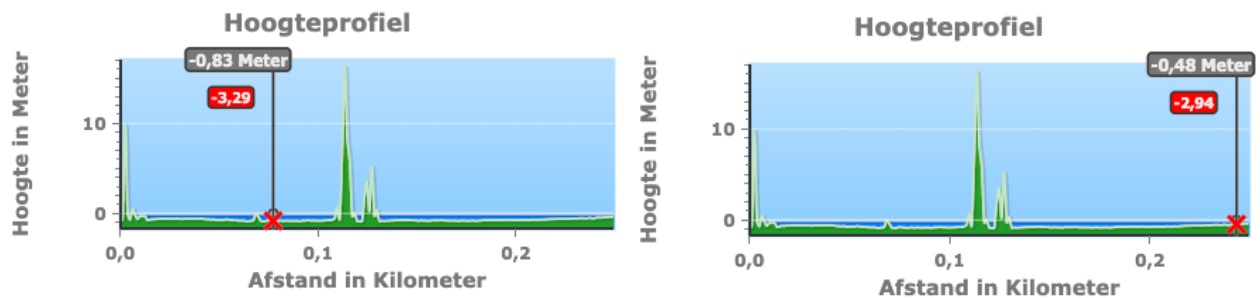
³ Stichting RIONED, STOWA, gemeenten en waterschappen hebben "standaard neerslaggebeurtenissen" opgeleverd om de uitkomsten van stresstesten in gebieden beter met elkaar te vergelijken om zo de kwaliteit van de testen te waarborgen (Ruimtelijke Adaptatie, 2018).

Waterschappen hebben als taak wateroverlast vanuit oppervlaktewater te voorkomen en te streven naar een meer klimaatbestendige stedelijke inrichting. Waternet heeft dan ook projecten lopen via de organisatie Amsterdam Rainproof, die het stedelijk gebied weerbaarder maken tegen hevige buien door het regenwater juist nuttig te maken. Deze projecten gebeuren vaak samen met bewoners, bedrijven en andere overheden, waardoor tevens meer bewustzijn wordt gecreëerd.

Extreme neerslag hoeft niet per definitie te leiden tot wateroverlast. Zoals paragraaf 4.1 beschrijft spelen de verschillende eigenschappen van een stedelijk gebied hierin een bepalende rol. Deze eigenschappen van het Meerwaldtplantsoen worden in de onderstaande paragrafen behandeld.

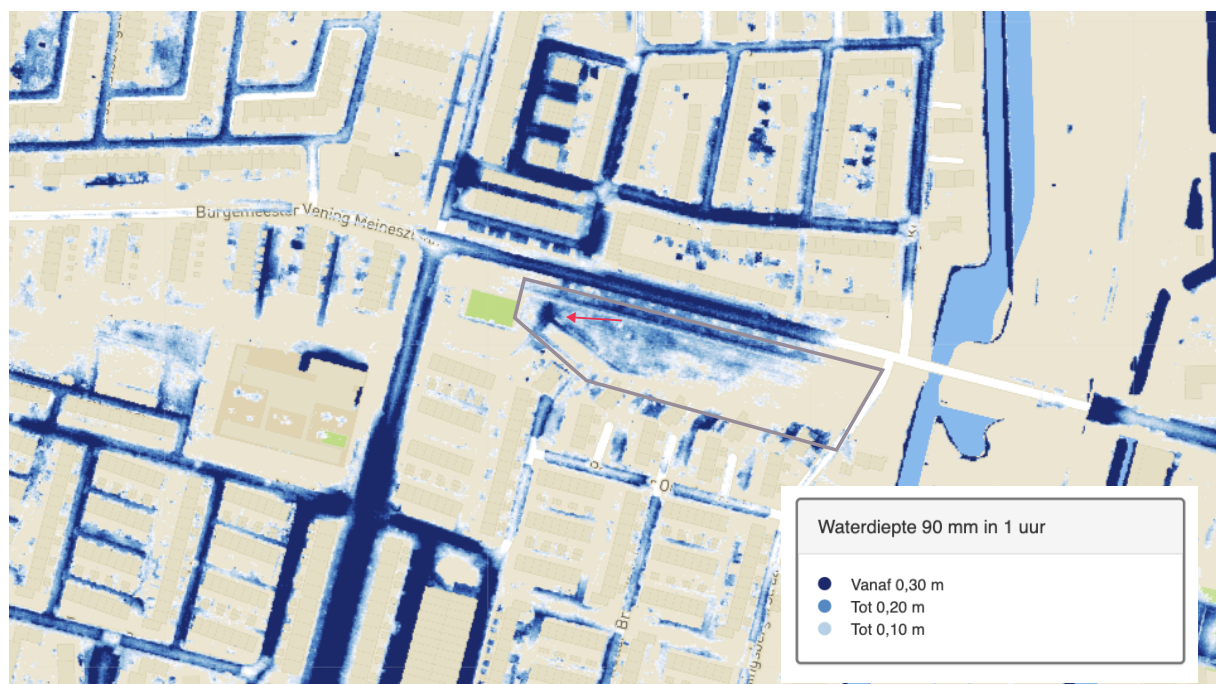
4.3.1 Hoogteligging plangebied

De maaiveldhoogte van het grasveld varieert van -0,43 m NAP tot -0,85 m NAP (Schreuder Advies, 2017). Het hoogteverschil is ruim 40 cm en loopt geleidelijk op naar het oostelijke gedeelte van het plantsoen. Deze variatie in de hoogteligging van het maaiveld heeft echter een effect op de knelpunten van het gebied, aangezien water altijd stroomt naar het laagstgelegen punt. Dit houdt dus in dat het hemelwater dat in het gebied valt zich verzamelt op de dieper gelegen plekken. Hierdoor ontstaan daardoor plaatselijke knelpunten, met name in het westelijke gedeelte van het plantsoen.



Figuur 18 Hoogteprofiel Meerwaldtplantsoen van het meest westelijke punt naar het oosten (AHN, 2019). De twee afbeeldingen zijn dwarsdoorsneden van de lengte van het plantsoen, waarin een van de hoger gelegen gedeeltes en de lagere gedeeltes zijn aangegeven met het rode kruis.

Dit verschijnsel is goed terug te zien in de kaart van de klimaatatlas. De kaart laat de waterdiepte zien bij een bui van 90 mm in 1 uur. Te zien is dat over ruim de helft van het plantsoen wateroverlast ontstaat. Met de rode pijl is het laagste punt van het plantsoen aangegeven, waar tevens de meeste waterlast ontstaat. Deze simulatieresultaten worden tijdens het veldbezoek ook herkend. Hierbij blijkt dat het hemelwater zich niet alleen verzamelt op het onverhard oppervlak, maar ook de stoep ontoegankelijk maakt, met als gevolg een verstopte kolk. Dit knelpunt wordt in paragraaf 4.3.3 verder toegelicht.



Figuur 19 Knelpunt in plangebied door hoogteverschil in het maaiveld (AGV, 2017)

4.3.2 Bodem plangebied

Bij infiltratie dringt het regenwater de bodem in en komt het terecht in de onverzadigde zone. Deze zone betreft een bodemlaag die boven het grondwaterpeil ligt. De poriën van deze laag zijn niet volledig gevuld met water, waardoor deze laag dus onverzadigd wordt genoemd (Uijlenhoet, 2015). Zo komt, na een regenbui, het hemelwater in de bodem terecht. Infiltratie voorkomt dat het rioolstelsel onnodig belast wordt en het zorgt tevens voor een natuurlijke aanvulling van het grondwater. Hierdoor wordt tegelijkertijd verdroging van de bodem tegengegaan.

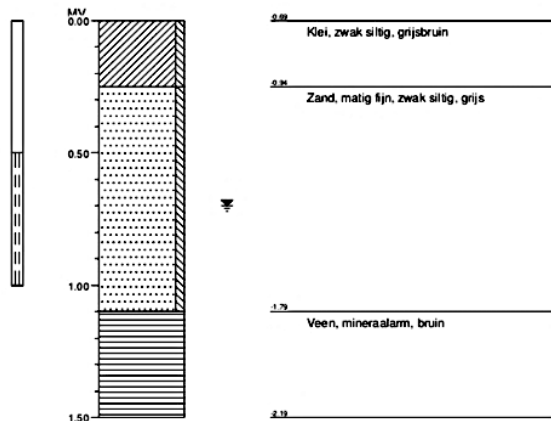
Boring: HB6(P6)

Uitvoeringsdatum: 05-12-2016

GWS: 70 cm-mv Maaiveldhoogte: -0.69 m t.o.v. N.A.P.

X-coörd.: 117457

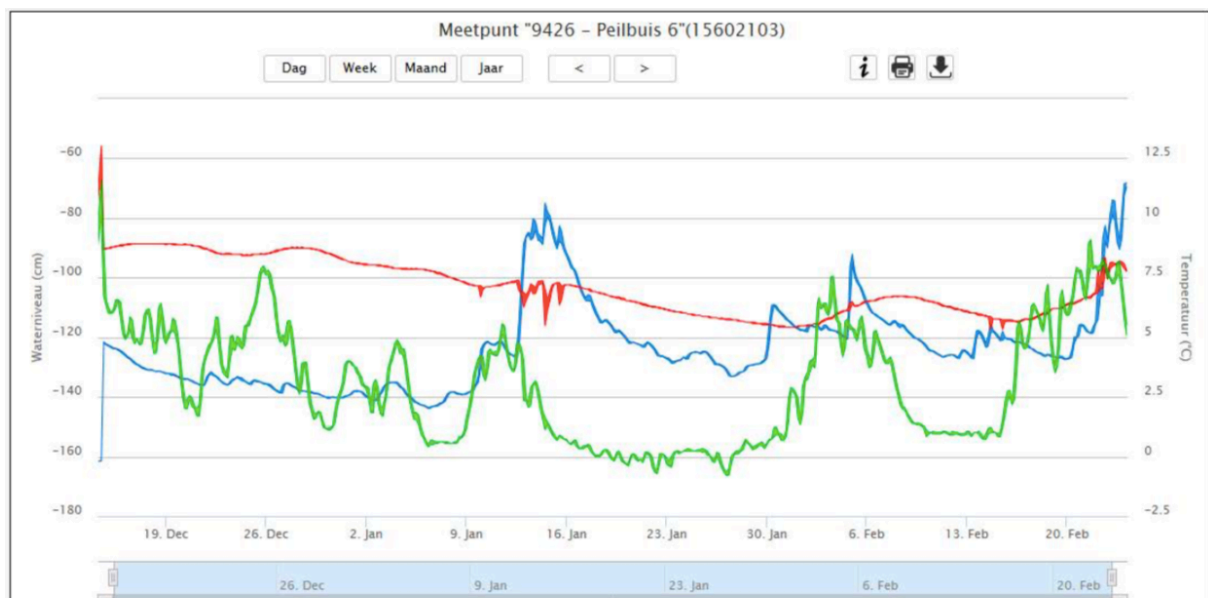
Y-coörd.: 488404



Figuur 20 boring plangebied waarin het type bodem en de hoogte van de grondwaterstand weergegeven is (Tjaden BV,

De mate van infiltratie hangt sterk af van het type bodem en de hoogte van de grondwaterstand in een gebied. Bij een goed doorlatende bodem kan het hemelwater gemakkelijk infiltreren. Bij een minder goed doorlatende bodem is er sprake van een langzamer proces, waardoor plasvorming kan ontstaan. Echter, wanneer er sprake is van een hoge grondwaterstand, is er weinig ruimte voor infiltratie, waardoor ook in dat geval plasvorming kan ontstaan (Amsterdam Rainproof, 2020).

Het bepalen van de bodemopbouw en grondwaterstand van het plangebied kan op verschillende manieren. In het geval van het Meerwaldtplantsoen is er recentelijk onderzoek gedaan naar de bodemgesteldheid. Deze resultaten zijn dus bruikbaar om als indicatie aan te houden. De boring die figuur 19 weergeeft de bodemopbouw en de grondwaterstand. De afbeelding laat zien dat de bodem bestaat uit een toplaag van klei, met daaronder een laag zand met een redelijke doorlatendheid (2 m/dag) (Gemeente Amsterdam, 2017).



Figuur 21 Fluctuaties van grondwaterstand gemeten met peilbuizen in opdracht van de gemeente Amsterdam. De blauwe lijn geeft de waterstand weer in de periode van december tot februari 2015/2016. (Tjaden BV, 2016)

Op figuur 19 is ook de grondwaterstand aangegeven. Deze is echter niet geheel betrouwbaar, gezien het slecht een enkele waarneming is, terwijl de grondwaterstand juist door het jaar heen fluctueert (CIW, 2012). Deze fluctuatie is goed waar te nemen op figuur 20 waarop de resultaten van een peilbuis geplaatst in het plangebied te zien zijn.

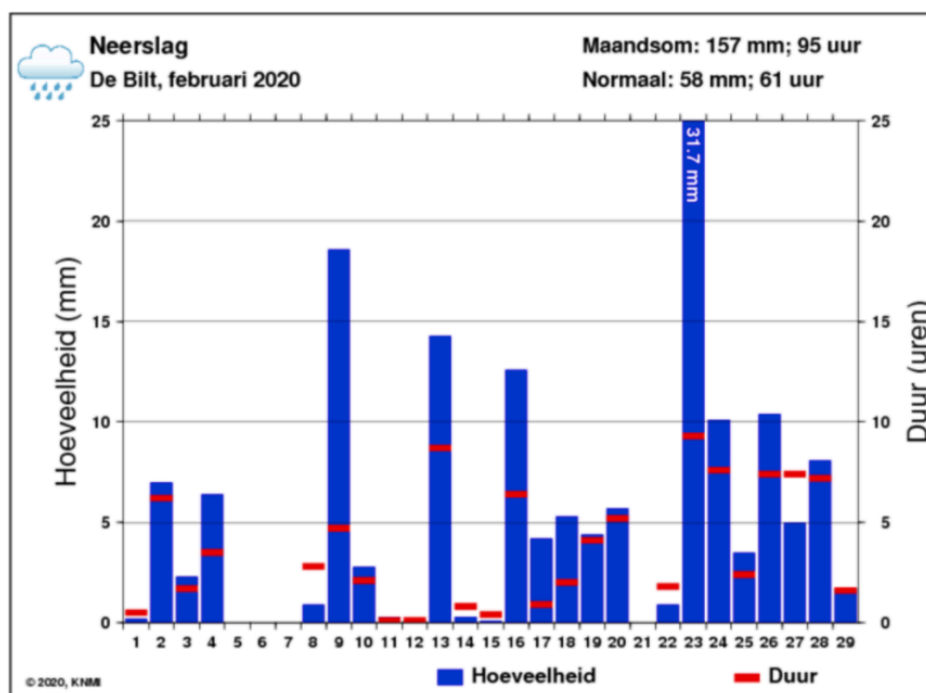
De peilbuis heeft met name de grondwaterstand in de natte maanden gemeten. In de droge maanden zal hij aanzienlijk lager liggen. Voor het onderzoek is het echter wel van belang de waterstand in de natte maanden te meten, ook wel de gemiddelde hoogste grondwaterstand genoemd. Doordat de grondwaterstand in de natte maanden hoger staat dan de droge maanden moet worden gekeken naar de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG) voor realisatie van een wadi.

4.3.3 Veldonderzoek plangebied

Naast bureauonderzoek is er ook onderzoek gedaan door middel van veldbezoek vanuit Buro Regen&Water. Dit onderzoek bestaat uit waarnemingen en boringen. Allereerst zijn er visuele waarnemingen gedaan op verschillende momenten. Daarvoor is gekozen, omdat er in het plangebied met name sprake is van wateroverlast na een regenbui. Het gebied is op drie verschillende momenten gemonitord:

- Vóór een hevige regenbui (geen sprake van neerslag)
- Vlak ná een hevige regenbui (een andere mogelijkheid is tijdens een regenbui, echter zijn de omstandigheden dan niet ideaal)
- Een week na een hevige regenbui (meerdere keren uit te voeren ter vergelijking)

Door op verschillende momenten waarnemingen te hebben gedaan wordt een duidelijk beeld van het gebied en de knelpunten gecreëerd. Zo kon worden geconstateerd dat de molgoten niet goed onderhouden waren waardoor mogelijk knelpunten ontstaan. Daarnaast is er, tijdens een veldbezoek na een hevige regenbui, sprake van een verstopte kolk. Deze kolk bevindt zich vlak in de buurt van het diepste punt van het plantsoen. Zoals eerdergenoemd in



Figuur 22 Hoeveelheid neerslag in de maand februari (KNMI, 2020)

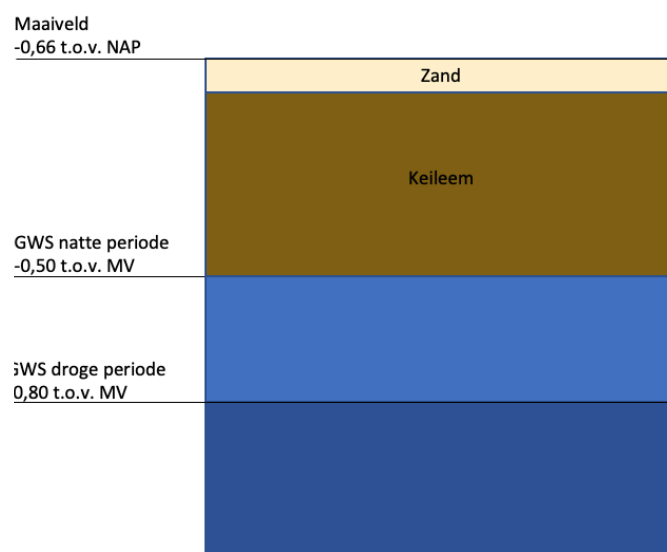
paragraaf 4.3.1 staat de stoep in zijn geheel onder water doordat het water niet wordt afgevoerd door een verstopte kolk. Dit kan mogelijk een gevolg zijn van de plasvorming die ontstaat. Zoals figuur 17 liet zien, ontstaan hier, bij een bui van 90 mm in 1 uur een waterdiepte vanaf 0,30 meter.



Figuur 23 Waarnemingen van verstopte kolk en slecht onderhouden molgoten

Binnen de oplossing ontstaat echter het probleem dat de gemeente verantwoordelijk is voor de riolering, echter is Waternet verantwoordelijk voor de put. Hierdoor kan onduidelijkheid ontstaan over wie er verantwoordelijk is voor het probleem en dus ook over wie het zal moeten oplossen (Waternet, z.d.).

Het 1^e veldbezoek vond plaats in een periode van veel neerslag en weinig verdamping. De plas in het westelijke gedeelte van het plantsoen reikte op het desbetreffende moment tot ruim 15 cm, waardoor het water richting het verhard oppervlak stroomde. Een aannemelijk effect hiervan is de afstroming van grond richting de kolk, met daardoor grote kans op verstopping. Naast het doen van waarnemingen zijn er verschillende boringen in het gebied afgenomen. De afbeelding hieronder laat een duidelijke weergave zien van de huidige bodemopbouw en waterstand.



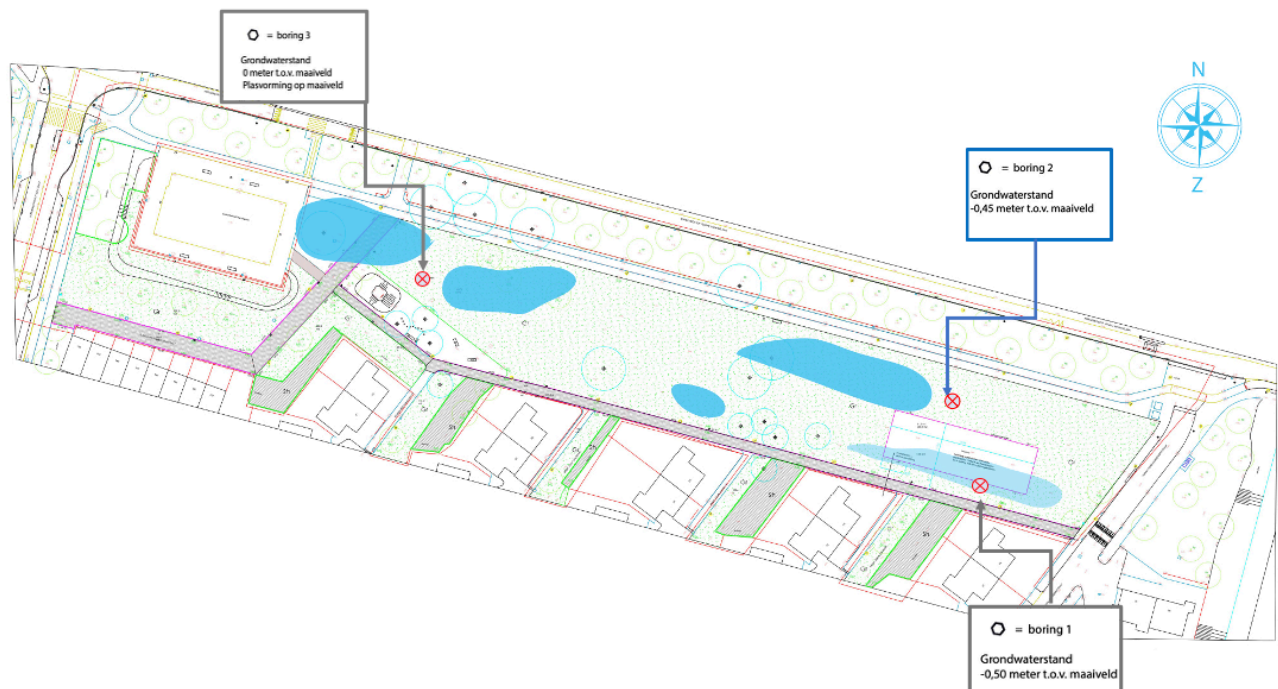
Figuur 24 Bodemopbouw en grondwaterstanden uit eigen boringen waargenomen.

De boringen zijn afgenomen op verschillende momenten en ook op verschillende plekken in het plantsoen, met veelal hetzelfde resultaat met betrekking tot de bodemopbouw. De bovenste laag is een 10 centimeter dunne laag zand, waaronder zich een dikke laag kleiig zand bevindt. De grondwaterstand daarentegen wordt tijdens het 1^e veldbezoek gemeten op -0,50 meter onder het maaiveld. Op een later veldbezoek (in een drogere periode) ligt de grondwaterstand op -0,80 meter onder het maaiveld. Deze ondervinding bevestigt ook de eerdere indicatie met betrekking tot de grondwaterstand.

De waarnemingen uit het veldbezoek komen veelal overeen met de grondwaterresultaten van het bodemonderzoek dat is uitgevoerd in opdracht van de gemeente. De waarnemingen met betrekking tot de bodemopbouw komen echter niet overeen.

In het rapport van de gemeente is echter opgenomen dat er variatie in de bodem zit en er op sommige plekken klei in de ondergrond zit. Hieruit is te concluderen dat om die reden de boringen niet geheel overeenkomen. Daarnaast is er, door jarenlange belasting van machines en materieel, sprake van verdichting in de bodem.

Hierdoor is er in de huidige situatie sprake van een matige doorlatendheid op delen van het plangebied doordat op deze plekken zich een dikke laag kleiig-zand (ook wel keileem genoemd) in de bodem bevindt. Hierdoor is de mate van infiltratie slechts beperkt. De doorlatendheid van een niet homogene bodem zoals in het Meerwaldtplantsoen is te berekenen door de wet van Darcy toe te passen (Uijlenhoet, 2015). Hier gaat hoofdstuk 5 verder op in.



Figuur 25 Boringen zijn afgenomen op verschillende locaties in het gebied om meer informatie in te winnen over de grondsoort en grondwaterstand

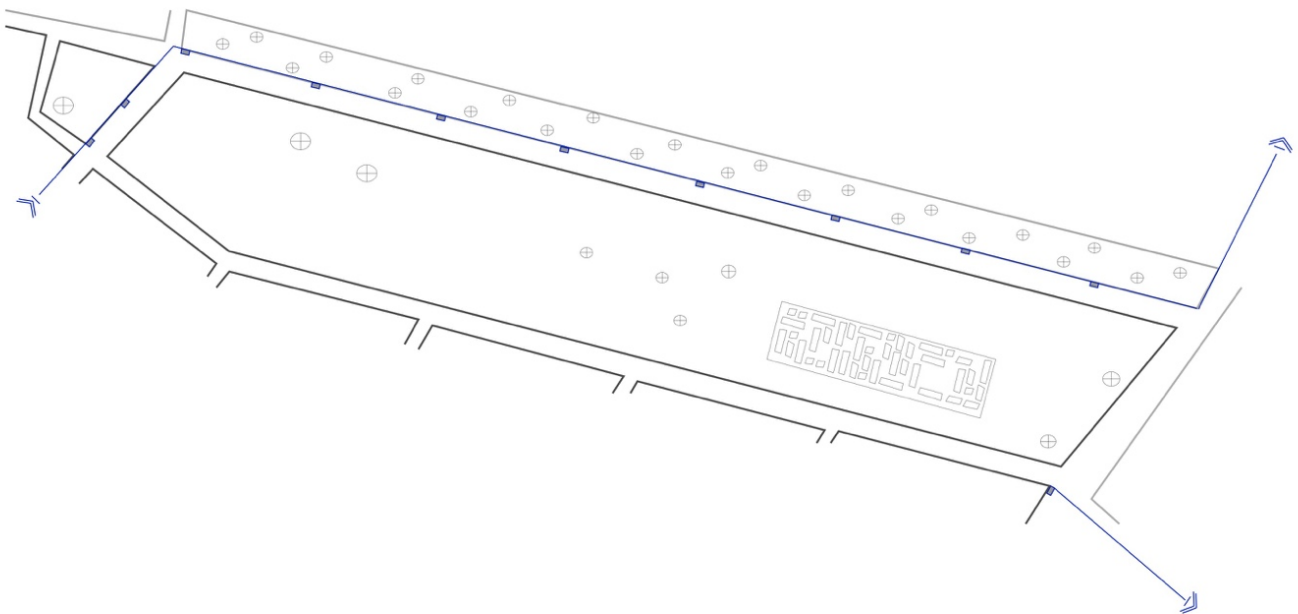
4.3.4 Het watersysteem en de opgave

Rondom het plangebied van het Meerwaldtplantsoen liggen 11 kolken waarin, het water dat op verhard oppervlak valt, wordt afgevoerd via twee leidingen van een regenwaterriool naar het dichtstbijzijnde oppervlaktewater buiten het plangebied. Het regenwaterriool voert het regenwater door een betonnen leiding met een diameter van 0,3 meter af over een lengte van 324 meter (Waternet, z.d.).

Om te bepalen wat de wateropgave voor het desbetreffende gebied is, wordt gerekend met een type bui. Op basis van historische meetgegevens is door het KNMI een statistiek voor de neerslag opgesteld. Hiermee is de neerslagintensiteit van buien vertaald naar herhalingstijden (Overmeer, 2014). Om de wateropgave voor het Meerwaldtplantsoen te bepalen wordt gewerkt met een T=25 bui. Dat is dus een bui die eens in de 25 jaar voorkomt. Deze bui kenmerkt zich doordat er 40,1 mm binnen een uur aan neerslag valt.

In bijlage V en VI zijn de inkomende en uitgaande stromen weergegeven bij deze bui in het gebied. De uitgaande stromen bestaan uit berging, infiltratie en afvoer richting het riool. Hieruit blijkt dat het gebied een opgave heeft van ruim 200 m³ hemelwater tijdens zo een dergelijke bui.

In onderstaande afbeelding zijn de putten weergegeven in het gebied. De kolken omringen een gedeelte van het gebied, waarop het hemelwater dat valt op het verhard oppervlak, afgevoerd kan worden richting oppervlaktewater buiten het plangebied.



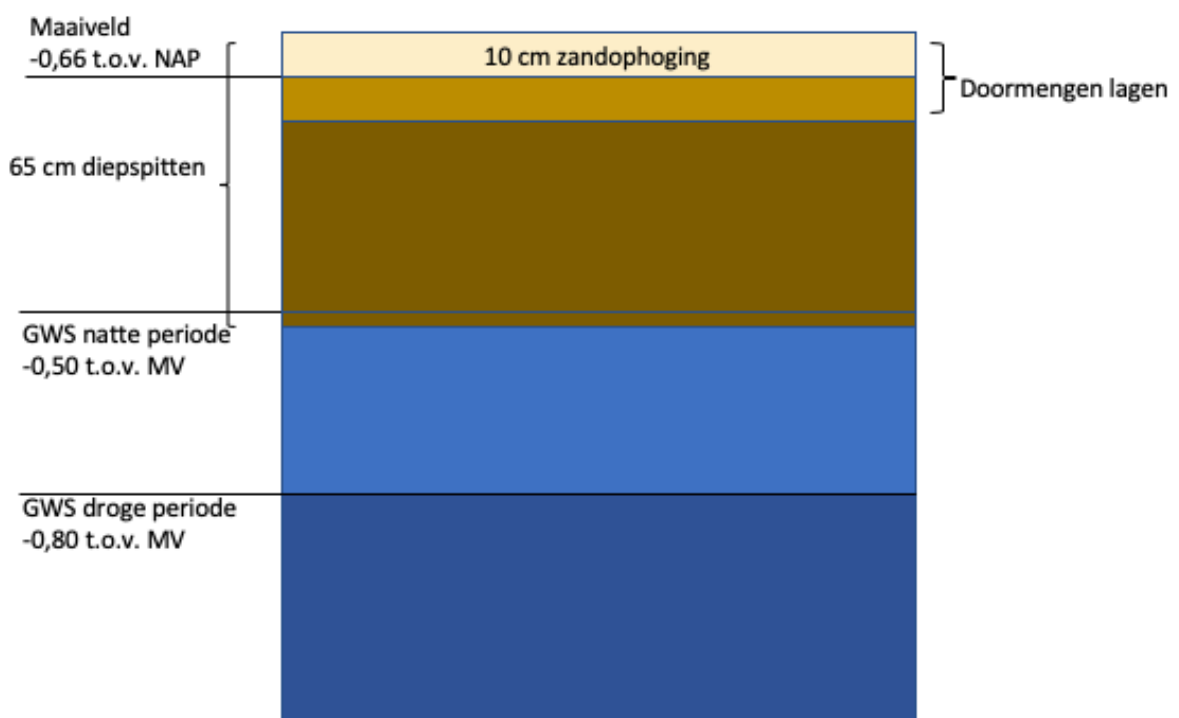
Figuur 26 Aanwezige putten van de HWA in het plangebied

4.4 Gemeentelijke maatregelen

Dat er sprake is van wateroverlast is ook de bewoners en de gemeente niet ontgaan, waardoor het plantsoen een renovatie is ondergaan in 2018. Het doel van de renovatie was; “het park robuust en klimaatbestendig maken voor de komende decennia, waarbij wateroverlast wordt voorkomen, de grasvelden goed te betreden zijn en de bomen goed kunnen groeien”, aldus de gemeente Amsterdam. In het “Advies voor renovatie Meerwaldtplantsoen” zijn de resultaten van het bodemonderzoek, uitgangspunten en maatregelen opgenomen die het advies voor renovatie ondersteunen. De maatregelen die zijn toegepast op om het overtollig water op het maaiveld tegen te gaan zijn (Gemeente Amsterdam, 2017):

- Toplaag verschralen: graszoden eraf (Een graszode is een dunne plak bestaande uit bovengrondse plantendelen, weinig aarde en wortels van gras. Ze worden gebruikt voor de aanleg van gazons), 10 cm matig fijn zand aanbrengen (max. 4% organische stof), doormengen tot 20 cm (netto ophoging 5 cm). Verschralen is vooral gunstig voor waterberging in het bovenste gronddeel.
- Toplaag bewerken: diepspitten 65 cm (na verwijdering graszoden). Diepspitten mag alleen gebeuren onder droge omstandigheden.
- Te behouden probleembomen waar hoge verdichting is ploffen (zuurstof en voedingsstoffen in profiel brengen, via de TFI-methode met perliet)

In het rapport van de gemeente wordt geconcludeerd dat er een sterke mate van verdichting aanwezig is in de bodem. Om dit te verminderen is het plantsoen een intensieve grondbewerking ondergaan. Daarnaast zijn er zandpijlers geplaatst op verschillende plekken in het plantsoen (Gemeente Amsterdam, 2017). Waar deze exact worden toegepast is niet duidelijk. Uit de boringen tijdens het veldonderzoek blijkt dat er zich weinig tot geen zand bevindt onder de toplaag. Daarnaast kan ook worden geconcludeerd uit de het veldonderzoek dat de werkzaamheden niet het beoogde doel hebben bereikt wat de gemeente voor ogen had. Het gebied heeft nog steeds te maken met veel wateroverlast.



Figuur 27 Uitgevoerde maatregelen in opdracht van de gemeente Amsterdam

Een vergelijkbare situatie heeft zich voorgedaan in het Oosterpark te Amsterdam. Dit park is in 2014 een renovatie ondergaan om wateroverlast in het park te beperken, echter hebben ook hier de maatregelen niet uitgevoerd waarvoor zij bedoeld waren. Het onderzoek dat Grontmij in 2016, een aantal jaren na de renovatie, heeft uitgevoerd duidt op oorzaken zoals slecht onderhouden molgoten en een hoge grondwaterstand, met name in de wintermaanden. Daarna wordt zowel voor als na de renovatie gesproken over verdichting van de bodem (SHO, 2019). De renovatie was bedoel om onder andere deze verdichting op te lossen, echter de werkzaamheden van de renovatie zelf hebben geleid tot meer bodemverdichting in het park. Het werken met zware voertuigen kan bodemdegradatie veroorzaken. Hierbij gaat de bodemstructuur verloren omdat de bodem wordt samengedrukt. Dit verhindert een goede afvoer van water in de bodem in natte periodes (ILVO, 2020).

4.5 Samenvattend

Het Meerwalddplantsoen heeft te maken met waterknelpunten in het plantsoen tot ergernis van de bewoners. De knelpunten die ontstaat betreffen zowel wateroverlast als droogte en zijn een gevolg van verschillende oorzaken. Deze zijn:

- Klimaatverandering
- Verdichting van de bodem
- Achterstallig onderhoud en controle
- Hoge grondwaterstand
- Verschil in maaiveldhoogte

Een aantal van de oorzaken zijn relatief eenvoudig aan te pakken, namelijk het achterstallig **onderhoud en controle van de putten**. De slecht onderhouden molgoten belemmeren de toestroom richting de kolken, maar ook de verstopte (en begroeide) kolken belemmeren een goede afvoer van het regenwater richting het riool. Deze oorzaken zijn echter op een relatief eenvoudige manier op te lossen; beter onderhoud en controle van de putten en molgoten, zodat belemmering van toestroom voorkomen wordt.

Daarnaast zijn er oorzaken, die niet zo eenvoudig op te lossen zijn. De **bodem** en hoge **grondwaterstand** zijn een gegeven. Hierdoor ontstaat met name aan de westzijde van het plantsoen veel wateroverlast op verhard en onverhard gebied.

Om deze knelpunten op te lossen zijn reeds maatregelen uitgevoerd binnen het plantsoen. Deze hebben de knelpunten echter niet opgelost. De situatie is dan ook te vergelijken met de renovatie van het Oosterpark waar ook wateroverlast veroorzaakt werd mede door slecht onderhoud; vervuilde kolken en goten, maar ook verdichting. De maatregelen die hier zijn genomen hebben de knelpunten niet opgelost.

Uit het vooronderzoek dat de gemeente heeft laten uitvoeren bij het Meerwalddplantsoen blijft dat ook hier sprake is van **verdichting** van de bodem op diverse plekken. Er is een grote kans dat deze verdichting niet in zijn geheel opgelost is door de genomen maatregelen. Een andere mogelijke verklaring is dat er meer verdichting is op gaan treden, juist door de genomen maatregelen. Het belasten van de bodem met zwaar materiaal leidt namelijk tot bodemverdichting, met name in natte perioden (Potvliet, 2016). Door het optreden van verdichting is de bodem tijdens een bui al vroegtijdig verzadigd en blijft het overtollige water op het maaiveld liggen. De verwachtingen zijn dat, door **klimaatverandering**, extremere buien

zullen vallen en langere perioden van droogte, waardoor de problemen van het plantsoen zullen verergeren.

5 De wadi-wijzer

Het aanleggen van een wadi is vaak het antwoord op wateroverlast binnen stedelijk gebied. Er zijn dan ook genoeg voorbeelden binnen Nederland te vinden. Het proces rondom realisatie van wadi's binnen stedelijk gebied is in principe vrij eenduidig. Het biedt antwoord op de wateropgave wateroverlast binnen stedelijk gebied. Dit hoofdstuk zal ingaan op de deelvraag *“Hoe kun je met een model inzicht geven in het realiseren van een passende wadi voor stedelijke gebieden met verschillende gebiedsomstandigheden en aansluitend bij de belangen van stakeholders?”* Door het beantwoorden van deze vraag wordt een poging gewaagd het proces, rondom het ontwerpen van een wadi bij een willekeurig stedelijk gebied, te vereenvoudigen. Het model zal functioneren als een afwegingsmethode van verschillende parameters per gebied, die vervolgens leidt tot een passend type wadi-ontwerp voor het desbetreffende willekeurig gebied. Dit hoofdstuk zal de parameters behandelen die spelen bij het ontwerp van een wadi en hoe deze verwerkt kunnen worden, waardoor er meer inzicht wordt gegeven in het keuzeproces van wadi's.

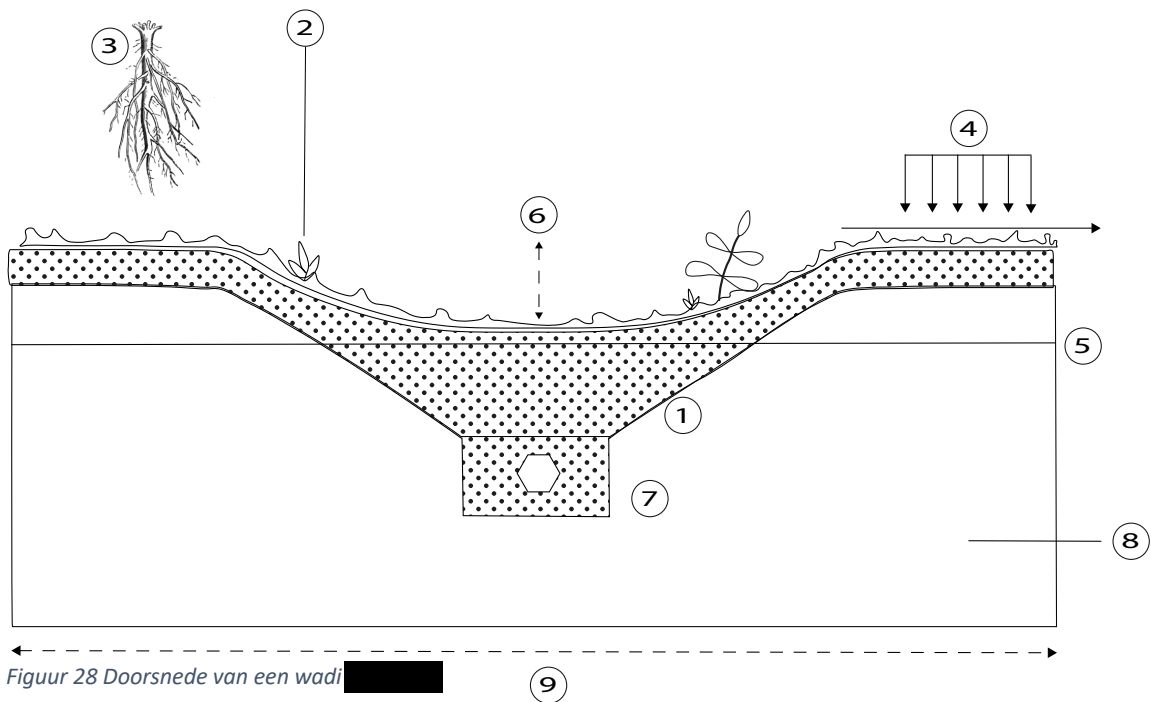
5.1 Het imago van wadi's

Wadi's zijn veelgebruikte alternatieven voor regenwaterberging binnen stedelijk gebied. Bijna elke gemeente heeft er wel een liggen binnen zijn beheer grenzen. Het aanleggen van een wadi is vaak het antwoord op wateroverlast binnen stedelijk gebied, omdat de oplossing weinig ruimte in beslag neemt en ook een bijdrage levert als groenfunctie (Verkade, De beplante wadi, 2017). Er lijkt echter een aversie te zijn binnen verschillende gemeentes jegens wadi's. Bij plannen voor stedelijke ontwikkeling waarbij er plaats is gereserveerd voor wadi's als maatregel, zien zij deze maatregel liever niet gerealiseerd worden. Een reden van deze afkeer is mogelijk gebaseerd op eerdere ervaringen met slecht functionerende wadi's, waardoor beheers- en onderhoudskosten op kunnen lopen.

Toch is het realiseren van een wadi is een veel voorkomend verschijnsel. In Nederland alleen al zijn er ruim 575 wadi's te vinden (Climate Scan, z.d.). Zoals hoofdstuk 2 al heeft benoemd wordt de wadi die we in Nederland voornamelijk gerealiseerd op een goed doorlatende bodem. Echter, steeds vaker worden ze toegepast op grondsoorten die, over het algemeen, minder waterdoorlatend zijn (Hanze, 2014). Vaak is hiervoor echter wel een hulpmiddel nodig. Onder deze hulpmiddelen wordt het aanleggen van drainage of, zoals de vorige paragraaf al beschrijft, het aanleggen van beplanting. Beide hulpmiddelen zorgen ervoor dat de wadi sneller leeg komt te staan.

5.2 Parameters van een wadi

De wadi is over het algemeen opgebouwd uit verschillende lagen. De toplaag van een wadi ondergaat een grondverbetering. Hierbij wordt de grond zodanig bewerkt, dat het hemelwater in de bodem kan infiltreren en beplanting tevens goed kan groeien. De onderliggende lagen zijn afhankelijk van ruimtelijke parameters van een gebied en de ontwerpkeuzes die op basis daarvan gemaakt moeten worden. Op basis van onderstaande afbeelding zijn deze verschillende lagen en toepassingen van een wadi worden toegelicht.



Figuur 28 Doorsnede van een wadi

1. De bovenste laag van de wadi ondergaat een **grondverbetering**. Deze grondverbetering bestaat uit het bewerken van de grond waardoor het water goed in de bodem kan zakken, daarnaast kan in deze laag het gras of juist beplanting zich goed ontwikkelen (RIONED, 2006).
2. Een wadi op onverharde bodem kan worden ingezaaid met **gras of planten** (zie punt 3). Een voordeel hiervan is dat, wanneer de grasmat of beplanting goed geworteld is, deze plekken weerbaarder worden tegen betreding. Daarnaast functioneren beide als groenfunctie.
3. Door het inzaaien van **beplanting** kan de infiltratiecapaciteit verbeteren. Dit effect wordt met name veroorzaakt door de toepassing van **penwortels**. Deze wortels stimuleren bodemperforatie waardoor de bodemdoorlatendheid versterkt wordt (zie paragraaf 5.1.3.)
4. De **afvoer van een wadi** kan op verschillende manieren worden gerealiseerd. Verlaging van het maaiveld zorgt ervoor dat, door hoogteverschil, het water richting de gewenste plek stroomt, bijvoorbeeld een rioolput. Andere mogelijkheden zijn ondergrondse afwatering door middel van een leiding richting het rioolsysteem of in de vorm van drainage (zie punt 7).
5. Voor de dimensionering van een wadi is de **grondwaterstand** een belangrijke parameter. Doordat de grondwaterstand in de natte maanden hoger staat dan de droge maanden moet worden gekeken naar de gemiddelde hoogste grondwaterstand (GHG). De ontwerpdiepte van de wadi mag niet lager liggen dan de GHG, om er zo voor te zorgen dat de wadi ook droog kan vallen in de natte maanden en niet vol hemelwater blijft staan.
6. Afhankelijk van de grondwaterstand kan de juiste **ontwerpdiepte** worden bepaald. Deze ontwerpdiepte is die diepte van het laagstgelegen punt van de wadi. Voor het beheer en onderhoud van de wadi is er bepaald een graafhoek van 12-14° benodigd is. Op deze manier is het mogelijk het maaibeleid aan te houden voor het onderhoud. Doordat deze hoek realistisch is voor het maaibeleid, hoeft er geen alternatief maaibeleid te komen. Wanneer het regent verzamelt het water zich op het

laagstgelegen punt van de wadi, waarna deze zich vult. Vervolgens infiltreert het afstromend hemelwater in de ondergrond. In Nederland wordt als richtlijn een leeglooptijd aangehouden van 24 uur (Rioned, 2007). Dit betekent dat de wadi binnen een dag na de regenbui weer droog moet staan, zodat er voldoende buffercapaciteit is om een volgende bui op te vangen.

7. Een **drainagesysteem** is toepasbaar wanneer de bodem niet goed doorlatend is. Het drainagesysteem heeft de functie om het water uit een gebied te vervoeren. Dit gebeurt meestal via ondergrondse geperforeerde buizen. Deze methode brengt echter wel met zich mee dat er minder sprake is van infiltratie (Posthumus, 2014). De wadi heeft op deze manier met name een bufferende en drainerende werking.
8. De **bodemdoorlatendheid** is bepalen voor het uiteindelijke wadi ontwerp. De meeste wadi's worden gerealiseerd op goed doorlatende bodems, waarbij het hemelwater dan kan infiltreren. Het realiseren van een wadi op een slecht doorlatende bodem heeft zoals eerdergenoemd hulpmiddelen nodig om het water goed te laten infiltreren of te bergen. Bij het ontwerpen van een wadi moeten hierin keuzes gemaakt worden.
9. De **ontwerpbreedte** van een wadi is afhankelijk van de beschikbare ruimte, maar ook de wensen van de bewoners. Een brede wadi betekent tegelijkertijd een groter infiltratievlak. Hierdoor wordt meer ruimte gecreëerd voor het water om te infiltreren.

5.3 Model

Het proces rondom de aanleg van wadi's is net als bij andere gebiedsontwikkelingen opgedeeld in fases. Deze fases zorgen ervoor om een project in zo goed mogelijke banen te leiden (Rijkswaterstaat, z.d.). Door het proces in fases op te delen, wordt duidelijkheid gecreëerd omtrent gebiedsomstandigheden, belangen van belanghebbende en het gewenste resultaat. Het proces rondom realisatie van wadi's binnen stedelijk gebied is eenduidig. Het biedt antwoord op de wateropgave wateroverlast binnen stedelijk gebied, om vervolgens tot een goed ontwerp te komen is vooronderzoek nodig naar de locatie specifieke omstandigheden; de wateropgave, beschikbare ruimte, afwateringsstructuur en hydraulische omstandigheden. Op de resultaten van dit onderzoek wordt het ontwerp gebaseerd. De vervolg stappen zijn de aanleg, het beheer en onderhoud. Door al deze stappen te bundelen in een model, waarbinnen de belangrijkste parameters een ontwerp genereren, wordt het proces rondom het aanleggen van een wadi vereenvoudigd.

5.3.1 Wadi-wijzer

Het beoogde model is een wadi-wijzer, waarin modulaire wadi-modellen voor de verschillende bodemsoorten in Nederland doorgerekend zijn. De wadi-wijzer vereenvoudigt het proces rondom het ontwerpen van een wadi bij een willekeurig stedelijk gebied, doordat het steeds dezelfde stappen volgt. De stappen functioneren als een afwegingsmethode van verschillende parameters per gebied, die vervolgens leidt tot een passend ontwerp voor de desbetreffende wadi. Het gebruik maken van een professionele wadi-wijzer kan gemeenten en andere partijen helpen bij het inzetten van wadi's in de publieke ruimte, om deze zo klimaatbestendiger te maken.

De wadi-wijzer wordt ondersteund door een wadi-folder, bedoeld voor de partij die een wadi wil realiseren in een gebied. Deze folder dient als een toelichting op het proces binnen de wadi-wijzer. Zo kan de partij het proces volgen en wordt toegelicht waarom een stap binnen het proces wordt gemaakt. De folder is een informatief stroomschema die de keuzes toelicht

en visualiseert. De wijzer helpt een keuze te maken in welk type wadi gerealiseerd kan worden in een gebied door de afwegingen te trechteren, waardoor de gemeente tot een goede wadi keuze komt. De folder is gebaseerd op het onderzoek uitgevoerd op het Meerwaldtplantsoen waarin de kosten, baten, beheer- en onderhoud, stakeholders en grondopbouw zijn meegenomen. Het stroomschema is in bijlage VII opgenomen.

Vanuit de regenwatermodule wordt een wadi-plan geproduceerd. Binnen dit plan zijn de gegevens verzameld en wordt een conclusie getrokken en een advies gegeven met betrekking tot het gebied. Dit plan is bedoeld voor de partij die een wadi wil realiseren in het gebied. Hierin wordt een advies gegenereerd op basis van de verzamelde data. Het wadi-plan wordt gegenereerd door de regenwatermodule, waarin deze data verzameld is.

5.3.2 Afbakening model

Voor de wadi-wijzer is gekozen om te werken met 4 verschillende modulaire ontwerpen als uiteindelijk resultaat. Dat betekent dat per ontwerp een standaardmaat wadi wordt gehanteerd. Voor het ontwerp is rekening gehouden met de verschillende locatie specifieke omstandigheden van stedelijke gebieden. De wadi-wijzer is bedoeld als handvat voor gemeentes om een afgewogen keuze te maken voor het wadi ontwerp. De wadi-wijzer is gekoppeld aan een regenwatermodule die de te verzamelen gegevens verwerkt en zo een afgewogen advies genereert. Om het keuzeproces voor de aanleg van een wadi te vereenvoudigen is het Meerwaldtplantsoen als casestudy gebruikt. In het Meerwaldtplantsoen spelen de opgaven wateroverlast en droogte. Om dit op te lossen wordt hier uiteindelijk een modulaire wadi gerealiseerd.

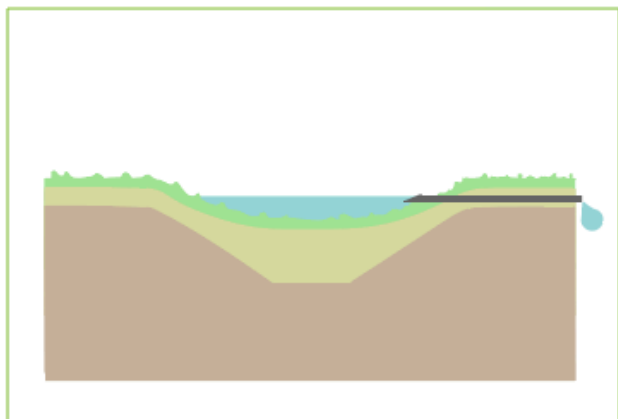
Het type ontwerp voor een modulaire wadi houdt in dat het ontwerp een standaard maateenheid heeft. Het ontwerp kan op deze manier als puzzelstukken worden gerealiseerd in een gebied. Op basis van de variatie in bodemgesteldheid is door Buro Regen&Water gekozen voor een vaste ontwerpbreedte van 4 meter. Hierdoor is er sprake van een breed infiltratievlak, echter blijft het een bescheiden ontwerp, die niet alle beschikbare ruimte in beslag zal nemen, waardoor er ruimte over zal blijven voor het speelveld.

Voor de wadi-wijzer zijn vier verschillende typen wadi's gedefinieerd om wateroverlast en droogte te verminderen, namelijk:

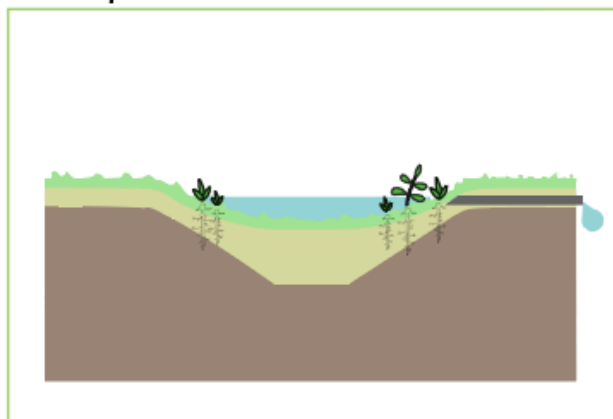
- De infiltratiewadi
- De beplante wadi
- Wadi met drainage
- De gemengde wadi

Deze ontwerpen zijn gebaseerd op de verschillende eigenschappen die gebieden kunnen hebben. De verschillende ontwerpen zijn aanbevelingen op basis van de afwegingen van de wadi-wijzer. Echter zijn deze ontwerpen niet onherroepelijk, waardoor enkele ontwerpkeuzes ook variabel zijn. In bijlage VIII worden de verschillende wadi's uitgebreid toegelicht.

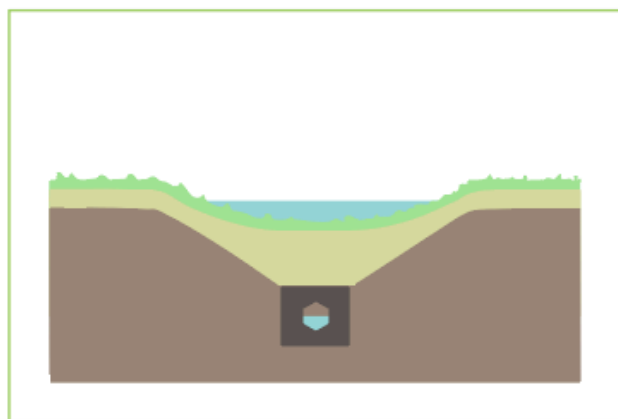
De infiltratiewadi



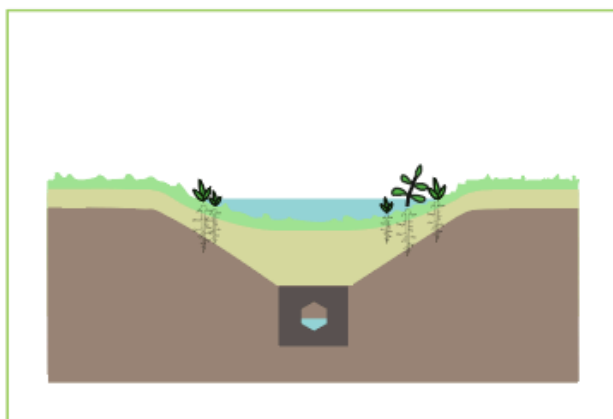
De beplante wadi



De wadi met drainage



De gemeente wadi



Leeglooptijden

Over het algemeen worden wadisystemen gedimensioneerd op een leeglooptijd van 24 uur⁴. Dat houdt in dat een volle wadi binnen 24 uur weer leeg zal staan en dat het water geïnfiltreerd of afgevoerd is. Bij een leeglooptijd van 24 uur is er voldoende buffercapaciteit voor de volgende bui. Deze richtlijn voor leeglooptijd is als een hulpmiddel bedoeld, niet als ontwerp eis (RIONED, 2006). Het is ook geen garantie dat een volgens de richtlijn ontworpen voorziening goed zal werken. Wanneer er sprake is van een langere leeglooptijd, is het risico aanwezig dat de resterende buffercapaciteit van de wadi niet voldoende is om een nieuwe bui te bergen. Hierdoor zal de waterstand in de wadi te hoog komen te staan. In dat geval zal de wadi, met behulp van een overloop of, hemelwater afvoeren richting het watersysteem.

De grondwaterstand van een gebied heeft met name invloed op de ontwerpdiepte van een wadi, maar staat tevens in samenhang met de leeglooptijd. Wanneer het gebied te maken heeft met een hoge grondwaterstand is het van belang dat hier rekening mee wordt gehouden in het ontwerp. De diepte van de wadi mag niet lager zijn dan de gemiddelde grondwaterstand. Anders zal er namelijk permanent water in de wadi staan. Een wadi die lange tijd vol staat met water kan leiden tot het vormen van een sliblaag op de bodem, waardoor

⁴ In de leidraad riolering van Stichting RioNED wordt aanbevolen om in te grijpen als de leeglooptijd is toegenomen met meer dan 200% t.o.v. de ontwerpwaarde.

het infiltratievermogen afneemt. Tevens kan het leiden tot kwetsbare ondergrond, matige grasontwikkeling en muggenoverlast (Hanze, 2014). De leeglooptijd staat tevens in samenhang met de bodemdoorlatendheid.

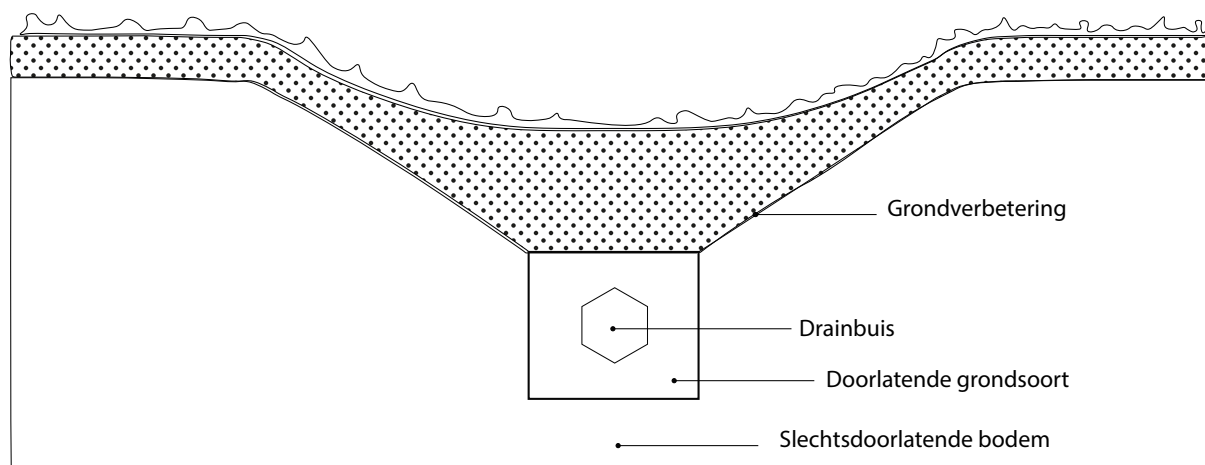
De doorlatendheid van de bodem heeft te maken met de hoeveelheid lucht dat in de bodem aanwezig is. Het vermogen van de bodem om water door te laten wordt vaak aangegeven met de doorlatendheidscoëfficiënt “K”. Grondsoorten hebben een K-waarde gebaseerd op deze capaciteit om water door te laten (Bodemrichtlijn, z.d.). Deze K-waarden stellen het gemiddelde voor per grondsoort. De werkelijke K-waarde varieert per gebied en per bodemsoort. Het totale doorlaatvermogen van verschillende lagen is gelijk aan de som van de afzonderlijke doorlaatvermogens. (Uijlenhoet, 2015)

Het is essentieel de bodemdoorlatendheid te bepalen van het gebied. Op basis van deze informatie kan een ontwerpkeuze gemaakt worden. Indien de bodem slechts in geringe mate doorlatend is, kan aan de hand van ontwerpkeuzes de wadi voldoen aan de richtlijnen voor leeglooptijden. Deze verschillende keuzes zijn in onderstaande paragrafen toegelicht.

Hulpmiddelen bij een slecht doorlatende bodem; drainage

Doordat het Meerwaldtplantsoen te maken heeft met een matige doorlatendheid, zullen er hulpmiddelen nodig zijn om de 24 uur leeglooptijd richtlijn na te volgen. Zoals eerdergenoemd, heeft beplanting een positief effect op de doorlatendheid en beluchting van de bodem. Daarnaast is het aanleggen van drainage een methode om te zorgen dat deze richtlijn na wordt gevolgd.

Een drain is een geperforeerde buis die horizontaal in de bodem wordt gelegd en daarvoor afgegraven geul. Vaak wordt de drainbuis omringd door een goed doorlatende grondsoort of drainzand (Bodemrichtlijn, z.d.). Een drainbuis zorgt ervoor dat in de bodem met een mindere doorlatendheid de infiltratie van hemelwater wordt bevorderd. Het hemelwater dat infiltreert in de bodem, passeert eerst de verbeterde laag, vervolgens infiltreert het via drainzand de drainage in waar het water afgevoerd gaat worden (Bos, z.d.). Doordat het drainagesysteem water snel kan afvoeren staat er niet contant water in de wadi tijdens de natte perioden, daarnaast zorgt het voor een betere water- en luchthuishouding in de bodem (DYKA, 2003).



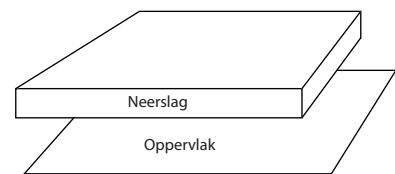
Figuur 29 Doorsnede van wadi met een drainage

Het aanleggen van drainage onder een wadi zorgt ervoor dat overtollig water getransporteerd wordt richting de riolering of het oppervlaktewater. Zo wordt een te hoge grondwaterstand op peil gehouden (RIONED, 2006). Met name in de wintermaanden is dit noodzakelijk gezien dat minder water verdampt en de grondwaterstand dan hoger staat. De buis bevindt zich onder het laagst gewenste peil, echter kan er, door een hoog peil te handhaven, ook water in de bodem worden geïnfiltreerd.

5.4 Stappenplan

In hoofdstuk 4 is het onderzoek naar de verschillende parameters van het gebied beschreven. Hierbinnen zijn verschillende stappen te onderscheiden die uiteindelijk leiden tot een passend ontwerp voor het Meerwaldtplantsoen. Door deze stappen overzichtelijk en gebiedsonafhankelijk te maken kunnen deze stappen een iteratief proces worden, waarbinnen de volgende stappen herkend kunnen worden:

- Bepalen van de beschikbare ruimte en functie
- Bepalen van de bodemgesteldheid en grondwaterstand
- Bepalen van de afwatering
- Bepalen van de aanlegmethodiek
- Bepalen van de beheer- en onderhoudsmethode
- Belangen van stakeholders bepalen



Door deze aspecten in een model te implementeren wordt een model gecreëerd die het keuzeprocess vereenvoudigt voor gemeenten en uitvoerende partijen. Het model doorloopt de bovenstaande stappen. Aan de hand daarvan worden de benodigde gegevens verzameld. Deze gegevens worden vervolgens verwerkt in de regenwatermodule. Hieruit volgt vervolgens een conclusie. De stappen worden in onderstaande paragrafen beschreven.

5.4.1 Doorlopen van de stappen

De benodigde buffercapaciteit is de hoeveelheid te bufferen volume water om wateroverlast in het stedelijk gebied te beperken. Dit volume is afhankelijk van gegevens en parameters van het gebied. Door de bovenstaande stappen te doorlopen, worden deze gegevens verzameld. Vervolgens worden alle gegevens verzameld in onderstaande tabel waarmee uiteindelijk de wateropgave mee bepaald kan worden, waardoor ook de extra benodigde berging berekend kan worden voor het gebied.

Beschikbare ruimte

Om te beginnen moet natuurlijk concreet zijn om welk gebied het gaat, welk type oppervlak het heeft en de afmetingen en afwatering. Binnen deze eerste stap zal duidelijk worden of het onverhard gebied genoeg ruimte biedt om wadi's te realiseren. Hierbinnen wordt bepaald met welk type bui gerekend zal worden. Deze bui zal geborgen worden in het ontwerp. Daarnaast moeten de gegevens van het oppervlaktewater worden ingevuld. De in te vullen vakken staan in de tabel met groen aangegeven.

Bodemanalyse en grondwaterstand

Vervolgens kan door middel van bestaand of eigen onderzoek worden bepaald wat de bodemdoorlatendheid van het gebied is en daarbij de hoogte van het maaiveld. De in te vullen vakken voor deze stap staan met oranje aangegeven.

Afwateringgegevens

De laatste stap voor het invullen van de tabel is de ontwateringgegevens te verzamelen. Dit zijn de gegevens van de riolering en het oppervlaktewater binnen het gebied. Deze gegevens zijn in de blauwe vakken in te vullen en zullen worden doorgerekend in de uitvoergegevens. Deze tabel berekend op basis van de gegevens de totale instroom van hemelwater binnen het gebied.

Tabel 2 De in te voeren gegevens voor het model



Reservoir	Waterstromen	Waarde	Eenheid
Totaaloppervlak	Oppervlak		m ²
Bui	T=		mm
Atmosfeer	Neerslagintensiteit		mm/uur
	Neerslagduur		uur
Verhard oppervlak	Oppervlak		m ²
	Berging		mm
	Daken		m ²
	Berging		mm
	Percentage aangesloten op riool		
	Afvoeiingscoëfficiënt		
Riolering	POC		mm/uur
	Buisdiameter		m
	Lengte riool		m
Onverhard	Oppervlak		m ²
	Berging		mm
	Bodemdoorlatendheid		m/dag
Grondwaterstand	Grondwaterstand nat		m t.o.v. NAP
			m t.o.v. MV
	Grondwaterstand droog		m t.o.v. NAP
			m t.o.v. MV
Oppervlaktewater	Oppervlak		m ²
	Lengte watergangen		m
	Talud 1:m		
	Toegestane peilstijging		m
	Ontwatering		m ³ /uur
	Afwatering		l/s/ha
Maaiveld	Verhard		m t.o.v. NAP
	Onverhard		m t.o.v. NAP
	Hoogste punt		m t.o.v. NAP
	Laagste punt		m t.o.v. NAP
	Hoogteverschil		m
			liter

Zoals hoofdstuk 4 al aangeeft heeft het gebied te maken met een regenwaterriool. Van het verhardoppervlak zal een gedeelte richting het rioolstelsel stromen. Daarnaast zal een gedeelte van het hemelwater worden geborgen op het onverhard, maar zal er ook een gedeelte van het water infiltreren. De uitvoergegevens zijn in bijlage IX opgenomen. Het resultaat hiervan is de definitieve wateropgave voor een gebied.

5.4.2 Resultaten instroom en benodigde bergingcapaciteit

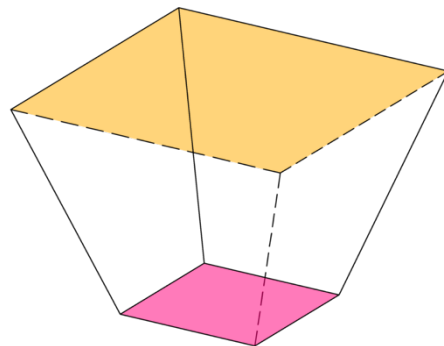
In stedelijke gebieden is het gewenst dat hemelwater zo snel mogelijk wordt afgevoerd. Echter door een snelle afvoer van water, krijgt het niet de kans om opgenomen te worden in de bodem en ervaart de riolering vaak een piekafvoer tijdens een regenbui. Bij het ontwerpen van een wadi is het van belang de gegevens te verzamelen van het huidige watersysteem. Het ontwerp is tevens afhankelijk van deze gegevens, hierdoor is te berekenen wat er in- en uitstroomt aan water. In de meest gunstige situatie kan het ontwerp worden gekoppeld aan het huidige watersysteem.

Allereerst geven de parameters overzicht in de in- en uitstromen van een gebied. Daarnaast biedt het wellicht mogelijkheden voor het ontwerp om aansluiting te vinden binnen de huidige structuren van het watersysteem. Op basis hiervan kan de benodigde bergingscapaciteit worden berekend voor de hoeveelheid hemelwater dat opgevangen kan worden.

Op basis van de doorlopen stappen wordt de wateropgave bepaald voor het gebied. Dit is tevens het te bufferen volume water om wateroverlast in het stedelijk gebied te beperken. Het te bergen hemelwater zal vervolgens worden opgevangen in wadi's. De afmeting van deze wadi's is afhankelijk van de wateropgave en is te berekenen als een vierhoekig frustum;

$$V = \frac{1}{3}h(a^2 + ab + b^2)$$

Hierin is V het volume dat berekend wordt, h de hoogte van het frustum en a en b zijn het grondvlak en het bovenzvlak. De diameter van de bodem wordt berekend op basis van de graafhoek. De maaiohoek van de wadi van het Meerwaldtplantsoen had een graafhoek 12 graden zodat het maaibeeld hierop niet aangepast hoeft te worden. Op basis van deze graafhoek kan de bodemdiameter worden berekend. In de tabel zijn de waarden opgenomen waarmee de inhoud van de wadi kan worden berekend.



$$Breedte - \frac{2 * diepte}{\tan \angle^{\circ}} = bodemdiameter$$

<i>Invoer</i>	<i>Formule</i>	<i>Waarde</i>	<i>Eenheid</i>
<i>Lengte bovenzijde</i>	L		m
<i>Breedte bovenzijde</i>	B		m
<i>Oppervlakte bovenzijde</i>	a		m ²
<i>Lengte bodem</i>	L		m
<i>Breedte bodem</i>	B		m
<i>Oppervlakte bodem</i>	b		m ²
<i>Diepte</i>	h		m
<i>Porositeit van de wadi vulling</i>	p		
<i>Effectieve theoretische diepte</i>	$h \cdot p$		m
<i>Inhoud wadi</i>	$\frac{1}{3} h(a^2 + ab + b^2) \cdot 1000$		L

Met de inhoud van de wadi zal de benodigde wateropgave geborgen moeten worden. Dit is met name afhankelijk van de lengte van de wadi, omdat dit een variabele is in het ontwerp.

Aanleg

Bij de aanleg van een wadi zijn er echter variabelen die voor iedere variant belangrijk zijn om mee te nemen in het proces. Allereerst zal moeten gekeken worden naar de bereikbaarheid van het terrein, gezien er graafwerkzaamheden zullen worden uitgevoerd voor de grondverbetering van de toplaag. Daarnaast moet tijdens de aanleg rekening worden gehouden met een natte bodem. Door werkzaamheden te verrichten op een natte bodem kan er verdichting van de bodem optreden (ERM, z.d.). Om die reden is het raadzaam om een lichte trekker te gebruiken bij het bewerkbaar maken van de toplaag. Over het algemeen zullen de stappen voor het aanleggen van een wadi bestaan uit onderstaande:

- *Graafwerkzaamheden*
- *Frezen + overtopfrezen*
- *Vals zaaibed creëren*
- *Zandlaagopbrengen voor zaaibed*
- *Vaste planten*

Hierbij geldt dat tussen de stappen van aanleg momenten zitten waarop wordt gemonitord hoe de bodem reageert op een regenbui. Hierdoor kunnen er eventuele aanpassingen aan de planning gemaakt worden. De verwachte aanlegkosten per vierkante meter zijn reeds opgenomen in hoofdstuk 5 en zullen bruikbaar zijn in het model

Beheer- en onderhoud

Bij het beheer- en onderhoud zijn verschillende componenten van belang. Allereerst maakt het uit wat voor een type wadi er gerealiseerd is. Een wadi met onderliggende drainage heeft immers een intensievere inspectie nodig dan een infiltratie wadi en een graswadi moet 22 keer per jaar worden gemaaid, terwijl een beplante wadi slechts 2 keer per jaar onderhoud vereist. Deze componenten zijn ook terug te zien in de beheer- en onderhoudskosten die behandeld zijn in hoofdstuk 5.

Stakeholders

Participatie heeft binnen dit onderzoek betrekking op actieve deelname in de wijk. De mate van participatie verschilt per project en omgeving en hangt tevens af van het doel van het project. Belanghebbende willen weten waar zij aan toe zijn wanneer een project wordt uitgevoerd. Het succesvol betrekken van deze groep heeft dan ook zijn voordelen. Hierdoor voorkom je bezwaarprocedures later in het proces, zal er meer draagvlak zijn voor de huidige plannen en worden tegelijkertijd de belangen van deze groep vertegenwoordigd (VNG, 2018). Echter de bestaande structuren van participatie hebben niet altijd het gewenste effect. Het is namelijk moeilijk om de resultaten van participatie ook werkelijk in te vullen. Hierdoor krijgt de belanghebbende het gevoel dat de participatie weinig effect heeft gehad. Daarnaast representeren participerende belanghebbende niet alle belangen die meespelen (Rathenau Instituut, 2019).

Daarnaast is het van belang om onderlinge afspraken te maken met bewoners. Het realiseren van een wadi gebeurt in het stedelijk gebied. Hierdoor is er een grote groep aan belanghebbende. Hieronder vallen de bewoners, gebruikers, de gemeente, het groenbeheer en de uitvoerende partijen. Zij kunnen allen een rol spelen bij de aanleg, maar ook betrokken worden bij het beheer en onderhoud als een vorm van burgerparticipatie (VHG, 2016). Er zitten voordelen aan het vroeg betrekken van deze groep binnen het proces. Hierdoor betrek je deze groep en krijgen ze vertrouwen in het project doordat ze mogen meedenken over hun eigen wijk. Zo wordt er betrokkenheid gecreëerd. Daarnaast kan er op die manier een vorm van bewustzijn en eigenaarschap ontstaan over hoe bijvoorbeeld omgegaan moet worden met het beheer van de wadi, door bijvoorbeeld te zorgen dat er geen zwerfvuil in en om de wadi ligt.

Belangrijk bij participatie en zelfbeheer is het maken van duidelijke afspraken, zodat het duidelijk is wie waar verantwoordelijk voor is. Het is niet vanzelfsprekend dat bij participatie ook direct sprake is van zelfbeheer. Door hier onderling afspraken over te maken wordt voorkomen dat hier verwarring over ontstaat. Daarnaast zullen er ook maatregelen moeten worden afgesproken voor het geval dat blijkt dat zelfbeheer faalt.

5.5 Koppeling regenwatermodule

Buro Regen&Water stelt regenwaterplannen en adviezen op voor particulieren en bedrijven op basis van het veranderende klimaat. Voor de wadi-wijzer zal Buro Regen&Water het wadi-plan opstellen. Deze is bedoeld om klimaatadaptieve oplossingen te bieden binnen het stedelijk gebied, met name om wateroverlast en droogte tegen te gaan. Binnen het wadi-plan zijn verschillende keuzes terug te vinden die zijn gemaakt op basis van de ingevoerde data over het gebied die volgen uit de gebiedsanalyse. Doormiddel van onderzoek, waarneming en bestaande documentatie zijn alle benodigde parameters in te vullen in de regenwatermodule kan een conclusie volgen voor een specifiek gebied.

De wadi-wijzer functioneert ook als een afwegingsproces van verschillende parameters per gebied. De wijzer verzamelt de gegevens die het nodig heeft om een afgewogen keuze te maken voor een wadi-type. Door deze afwegingen te bundelen in een model dat gekoppeld is aan de regenwatermodule, genereert het de resultaten die de keuze van het ontwerp sturen.

Door middel van een wadi-template kunnen de resultaten worden weergegeven. Dit dient dan als wadi-plan voor het specifieke stedelijk gebied voor de realisatie van wadi's. Doordat de regenwatermodule het wadi-plan steeds opnieuw genereert, scheelt dit veel tijd in de voorbereidingsfase van een wadi-project, waardoor het proces versnelt uitgevoerd kan worden. Gezien de huidige vraag naar klimaatadaptatie is dit wellicht noodzakelijk.

5.6 Samenvattend

Het aanleggen van een wadi als klimaatadaptieve maatregel komt steeds vaker voor in Nederland. Ook in West-Nederland waarbij de bodem vaak een **slechte doorlatendheid** heeft en een **hoge grondwaterstand**. Doordat het proces rondom de realisatie van een wadi binnen stedelijk gebied vaak eenduidig is kan het proces worden vereenvoudigd, door steeds dezelfde stappen te volgen. Deze stappen functioneren als een afwegingsmethode van verschillende parameters per gebied. Op die manier kan een passend type wad-ontwerp worden gegenereerd door middel van het doorlopen van de stappen.

Binnen het **model** worden keuzes gemaakt op de parameters die de verschillende stappen aan het licht brengt. Wanneer de bodem bijvoorbeeld goed doorlatend is, is het niet noodzakelijk om drainage te plaatsen. Wanneer de k-waarde groter dan 0,8 m/dag bedraagt is er sprake van een goede bodemdoorlatendheid (D.J. Biron, 2004). Met een k-waarde lager dan 0,8 zijn hulpmiddelen noodzakelijk om de wadi leeg te krijgen binnen de 24-uurs richtlijn. Het model maakt ook keuzes in de dimensionering van het ontwerp, zoals de ontwerpbreedte en -diepte.

Door dit proces te **vereenvoudigen** worden het proces rondom de voorbereiding vereenvoudigt, waardoor het gehele proces uiteindelijk wordt overzichtelijker. Doordat er grote vraag naar klimaatadaptatie is, is inzicht in het proces steeds noodzakelijker. Hoe sneller het proces, hoe sneller een robuuste stad gecreëerd kan worden.

6 Een wadi als adaptieve maatregel

Binnen de ambities van het Nederlandse klimaatbeleid valt het klimaatbestendig, water- en hitterobuust inrichten van stedelijke gebieden. Hieronder valt onder andere het vergroten van het waterbergend vermogen in het stedelijk gebied in plaats van directe afvoer richting het riool. Vanuit de bewoners van het Meerwaldtplantsoen is er een voorkeur voor een wadi als adaptieve maatregel voor de wateroverlast die zij regelmatig ervaren. Binnen dit hoofdstuk zal worden toegelicht wat een wadi inhoudt en waarom dit een passende maatregel zou zijn voor het plantsoen. Daarnaast zal dit hoofdstuk antwoord geven op de deelvraag: *“Hoe kan een wadi optimaal functioneren binnen het Meerwaldtplantsoen als maatregel voor klimaatadaptatie?”*. Het doel van het beantwoorden van deze vraag is de verschillende parameters, die een rol spelen bij het ontwerp, benoemen en hierbij een toelichting geven op welke manier zij richting geven aan het ontwerp.

6.1 Ontwerpconcept voor het Meerwaldtplantsoen

Zoals in hoofdstuk 2 al kort is toegelicht, zien de bewoners van het Meerwaldtplantsoen een klimaattuin gerealiseerd worden binnen het plantsoen in de vorm van een wadi, om de wateroverlast die zij ervaren te beperken. Het initiatief voor een klimaatadaptief plantsoen is vanuit een bewoner gekomen. De bewoners spelen daarom ook een grote rol als stakeholder. Tijdens de eerste bewonersavond zijn de belangrijkste belangen vanuit de bewoners naar voren gekomen;

- Wateroverlast en droogte tegengaan
- Speelruimte behouden van plantsoen
- Toepassen van inheemse beplanting

De wadi zal hierop inspelen. Op welke manier dat gebeurt zal in onderstaande paragrafen worden toegelicht. Daarnaast worden de stappen genoemd in hoofdstuk 5, die geïntegreerd zijn in de wadi-wijzer, doorlopen om zo de benodigde informatie te verzamelen.



Figuur 30 Het toepassen van inheemse beplanting (NLBloei, 2019)

6.1.1 Klimaatadaptatie

Een wadi is een vorm van hemelwaterberging en -infiltratie. Het afstromend regenwater wordt naar de wadi geleid, waardoor het water op een centrale plek wordt verzameld. Op deze plek kan het hemelwater vervolgens infiltreren. Deze twee eigenschappen zijn de basisfuncties van een wadi (Verkade, De beplante wadi, 2017). Het aanleggen van een wadi brengt meerdere voordelen met zich mee. Doordat een wadi een bergend vermogen heeft, zal niet al het regenwater direct richting het rioolsysteem stromen. Naast het bergend vermogen zorgt de infiltratiemogelijkheid voor een goede conditie van de bodem door het bevorderen van infiltratie. Daarnaast wordt het grondwater aangevuld tot het oorspronkelijke niveau voordat het hemelwater versneld wordt afgevoerd (Deltares, 2016). Doordat het water lokaal wordt opgevangen zal een wadi dus de klimaatthema's wateroverlast en droogte tegengaan (Rijksoverheid, 2012). Op die manier zal in de natte maanden minder water op straat staan (figuur 5 en 6) en zal de bodem in de droge maanden een betere conditie hebben. De wadi is dus de perfecte maatregel voor een meer klimaatadaptieve inrichting.

6.1.2 Beschikbare ruimte en functie

Klimaatadaptatie kan verschillende vormen hebben. Echter in het stedelijk gebied is daar niet altijd genoeg ruimte voor beschikbaar. Een wadi heeft relatief weinig ruimte nodig. Daarnaast kan een wadi meerdere functies hebben. Naast de functies bergen en infiltreren, kan een wadi ook een bijdrage leveren aan de groenfunctie en de leefbaarheid van de buurt (Verkade, De beplante wadi, 2017). Door deze multifunctionaliteit is een wadi gemakkelijker in te zetten in de beperkte ruimte van het stedelijk gebied. De ruimte die een wadi inneemt is onder andere afhankelijk van de hoeveelheid water de wadi zal gaan moeten bergen en de toegestane ontwerpdiepte.

Er dient natuurlijk voldoende ruimte beschikbaar te zijn om een wadi aan te kunnen leggen. Het plantsoen heeft 5276 m² beschikbaar aan onverharde ondergrond waarbinnen de wadi gerealiseerd zou kunnen worden. Echter, het is niet de bedoeling dat het gehele plantsoen wordt gebruikt als klimaatadaptieve maatregel, waardoor vervolgens het plantsoen nauwelijks te betreden is. De wens vanuit de bewoners is een combinatie van zowel een klimaatadaptieve maatregelen toepassen in het plantsoen als het behouden van speel- en wandelruimte. Doordat een wadi weinig ruimte in beslag zal nemen, sluit deze maatregel goed aan op de belangen van de bewoners. Naast het toepassen van de benodigde aantal vierkante meters wadi, blijft er ook ruimte over binnen het plantsoen dat kan dienen als speelveld. Om aan het belang van het ruimtegebruik te voldoen wordt een ontwerpbreedte aangehouden van een maximale breedte van 4 meter.

6.1.3 Inheemse beplanting

Wadi's komen in alle soorten en maten. De eenvoudigste uitvoering van deze maatregel is een onverharde ondergrond, zoals een grasveldje, met een losse grondsoort waar het hemelwater op natuurlijke wijze kan infiltreren. De bewoners hebben echter voorkeur voor een rijk beplante wadi, met inheemse beplanting. Deze inheemse beplanting neemt verschillende voordelen met zich mee.

Een met vaste planten beplante wadi kan, in vergelijking met een gras ingezaaide wadi, niet alleen het water beter vasthouden, maar ook beter laten infiltreren. Uit het onderzoek van De Bayerische LWG komt naar voren dat bij langdurige regen beplante wadi's tot een derde meer water kunnen opnemen en aan de bodem afgeven dan grasoppervlakten (Verkade, 2017). De combinatie van fijne en grove wortels (penwortels) die ook nog eens dieper wortelen, hebben een positief effect op de doorlatendheid, beluchting en zijn zo weerbaarder voor extreme neerslag (VALA, 2018). Deze penwortels zijn sterke verdikte hoofdwortels en halen voedingsstoffen uit diepere grondlagen. Deze wortels stimuleren bodemperforatie, waarlangs het water kan infiltreren. Deze methode is echter wel pas optimaal effectief wanneer de penwortels goed geworteld zijn.



Figuur 31 Klein streepzaad is een inheemse plant met een sterke, verdikte hoofdwortel; penwortel (Wilde Planten, z.d.)

De stengels en bladeren van de beplanting nemen wel enige ruimte in, die ten koste zou kunnen gaan van de bergingscapaciteit. Echter, doordat planten zelf ook water vasthouden, neemt de bergingscapaciteit eerder toe dan af. Daarbij kan een beplante wadi gerealiseerd worden zonder dat de beheerkosten de pan uitrijzen, zeker wanneer dit in combinatie gaat met andere groenprojecten en buurtparticipatie.

Door meer gevarieerde vegetatie te plaatsen wordt niet alleen de esthetische aantrekkingskracht van de wadi verhoogd maar is het tevens beter bestendig tegen de fluctuerende waterniveaus en voorkomt het overmatig betreden van de bodem. Vanuit de bewoners komt echter naar voren dat zij graag inheemse beplanting gerealiseerd zien worden in het plantsoen. Hier ligt echter wel de nadruk op het plaatsen van de juiste beplanting op de juiste plek, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen water- en zon minnende beplanting. Een groot voordeel van het gebruik maken van inheemse beplanting is dat deze soorten van nature voorkomt in Nederland. Deze natuurlijke selectie heeft ervoor gezorgd dat de inheemse planten zich kunnen aanpassen aan het klimaat en milieuomstandigheden, waardoor zij gemakkelijker zullen overleven in de huidige omstandigheden (Hoffman, 2011). Vanuit het oogpunt van de belangen van de bewoners en de kwaliteiten van de inheemse beplanting, is het toepassen van deze beplanting een verstandige keuze.

6.2 Uitgangspunten Meerwaldtplantsoen

Naast het meenemen van de belangen van de bewoners is het natuurlijk noodzakelijk een goed functionerende wadi te realiseren in het plantsoen om zo ook de klimaatthema's te verkleinen. Door de onderzoeksresultaten en de waarnemingen die in hoofdstuk 3 staan

beschreven te integreren kan een optimaal ontwerp ontstaan. Deze resultaten komen voort uit de eerst stappen die doorlopen worden binnen het model;

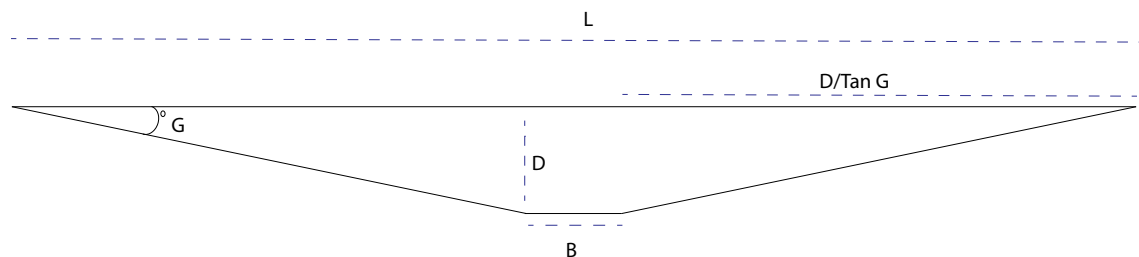
- Bepalen van de beschikbare ruimte en functie
- Bepalen van de bodemgesteldheid en grondwaterstand
- Bepalen van de afwatering

Uit de resultaten komt naar voren dat het gebied met een relatief hoge grondwaterstand en een slecht doorlatende bodem te maken heeft. Daarnaast mag de wadi niet te veel ruimte opnemen in het gebied. Om aan het belang van het ruimtegebruik en de wensen van de bewoners te voldoen wordt een ontwerpbreedte aangehouden van een maximale breedte van 4 meter, waardoor de wadi een relatief groot infiltratievlak behoudt.

Daarnaast zal er rekening moeten worden gehouden met het beheer van de wadi. Omwille van het maaibeeld is ervoor gekozen om een wadi talud van 12 graden aan te houden. Hierdoor wordt de mogelijkheid tot maaien niet verhinderd. Op basis van de graafhoek in combinatie met de voorkeursbreedte en diepte van de wadi is de bodemdiameter te berekenen. In onderstaande formule worden deze waarden uitgeschreven. In het geval van het Meerwaldtplantsoen is de bodemdiameter 0,2 meter breed.

$$Lengte - \frac{2 * diepte}{\tan \text{Graafhoek}} = \text{bodem Breedte}$$

$$4 \text{ meter} - \frac{2 * 0,40}{\tan 12^\circ} = 0,2 \text{ meter}$$



G= graafhoek

D= diepte wadi

B= bodembreedte

L= lengte bovenzijde

Om alle gegevens overzichtelijk te maken zijn hieronder in de tabel de aanbevolen parameters voor het ontwerp samengevat gebaseerd op de verschillende resultaten van het onderzoek en de waarnemingen.

Tabel 3 Aanbevolen en gevonden waarden voor het ontwerp van het Meerwaldtplantsoen

Parameter	Aanbevolen waarde	Eenheid
GHG	0,5	m
GLG	0,75	m
Ontwerpdiepte	<0,5	m
Bodemdoorlatendheid	0,12	m/dag
Talud	12°	-
Leeglooptijd	<24	uur
Ontwerpbreedte	4	m
Bodemdiameter	0,2	m
Bui	40	mm
Te bergen opgave	200	m ³

6.3 Realisatie van het wadi ontwerp

De infiltratiewadi	Deze wadi is voorzien van een bodemverbetering in de toplaag met daar bovenop een graslaag. De bodemdoorlatendheid is toereikend om geen hulpmiddel toe te passen.
De beplante wadi	Deze wadi is voorzien van een bodemverbetering in de toplaag met daar bovenop vaste beplanting. De bodemdoorlatendheid is matig, waardoor beplanting als hulpmiddel wordt gebruikt.
Wadi met drainage	Deze wadi is voorzien van een bodemverbetering in de toplaag met daar bovenop een graslaag. Daarnaast is de wadi voorzien van drainage omdat, de bodemdoorlatendheid niet toereikend is om zonder hulpmiddel goed te functioneren.
De gemengde wadi	Deze wadi is voorzien van een bodemverbetering in de toplaag met daar bovenop vaste beplanting. Daarnaast is de wadi voorzien van drainage omdat, de bodemdoorlatendheid niet toereikend is om zonder hulpmiddel goed te functioneren. In dit geval zijn verschillende hulpmiddelen gecombineerd.

In het realisatieproces worden verschillende fasen doorlopen afhankelijk van het type wadi-ontwerp. De verschillende ontwerpen die binnen dit onderzoek worden meegenomen staan hierboven genoteerd. Vervolgens staan de onderdelen beschreven die betrokken zijn bij het realisatieproces, de nazorg en de daarbij horende kosten van de wadi. Dit zijn tevens de vervolgstappen van het model.

6.3.1 Aanleg

Voor de aanleg van een wadi is een werkwijze opgesteld door de hovenier van Buro Regen&Water. Hierbij wordt er uitgegaan van een beplante wadi. Een met gras bezaaide wadi heeft echter een vergelijkbaar proces. De verschillende stappen binnen deze werkwijze staan hieronder toegelicht. Voor een beter infiltratievermogen in de toplaag wordt zand gebruikt:

1. Graafwerkzaamheden; Dit houdt het opbrengen en verdelen van het op te brengen zand na het afgraven en verdelen van de kleigrond in. Dit kan met een soortgelijke graafmachine worden gedaan, mits het terrein goed te bereiken is om het zand op diverse plaatsen te storten. Wanneer een drain onder de wadi wordt aangelegd, zullen de graafwerkzaamheden intensiever zijn dan bij een graswadi of een beplante wadi.
2. Frezen; Na de graafwerkzaamheden is een zwaardere frees en trekker voor het frezen van de kleigrond. Wanneer dit in natte maanden wordt uitgevoerd kan verwacht worden dat de kleigrond nat en zwaar is. In dat geval zal een sleep nodig zijn om alles te moeten egaliseren.
3. Na het frezen wordt de overtopfrees gehanteerd. De bovenste laag zal droger zijn. Het is de bedoeling dat de toplaag uiteindelijk fijn en los van structuur is. Het gebruik van een lichte trekker is belangrijk in verband met het voorkomen van verdichting van de bodem.
4. Een vals zaaibed; wanneer er veel zaden of onkruid in de bodem zitten zijn deze terug te dringen door een vals zaaibed te creëren. Deze zaden zullen dan niet concurreren met de zaden die zullen worden ingezaaid.
5. Na het frezen kan een tweede laag zand worden opgebracht waarmee een goed zaaibed gecreëerd kan worden. Het zand dient na het opbrengen weer gefreesd worden.
6. Na deze werkwijze kunnen de vaste planten in stroken worden geplant in combinatie met het onkruid wieden. De stroken die na het planten nog leeg zijn zullen weer worden gefreesd met een rotopeg. Dit is een type frees waarbij de tanden op een draaiende rol zitten. De breedte van de frees is van belang om te weten bij de aanleg in verband met de stroken met vaste planten



Figuur 32 Een rotopeg voor het frezen van de bovenlaag van de bodem (Krafter, z.d.)

Tussen de stappen van aanleg zitten echter wel momenten waarop wordt gemonitord hoe de bodem reageert op een regenbui. Hierdoor kunnen er eventuele aanpassingen aan de planning gemaakt worden. In de onderstaande tabel wordt de intensiteit per aanlegfase gedefinieerd met de daarbij verwachte kosten per type wadi.

Tabel 4 Geschatte aanlegkosten per type wadi. De tabel geeft de intensiteit van de aanlegmaatregelen weer. Deze is gekoppeld aan de daarbij komende kosten. (RIONED, 2006) ()

Aanlegmaatregel	Graswadi	Beplante wadi	Graswadi met drainage	Gemengde wadi
Graafwerkzaamheden	X	XX	XXX	XXX
Verwijderen onderbegroeiing	X	X	X	X
Grondverbetering	X	X	X	X
Manuren	X	X	XX	XX
Inzaaien	X	XX	X	XX
Geschatte aanlegkosten	€ 3,86/m ²	€ 9,35/m ²	€ 19,79/m ²	€ 23,09/m ²

Voordat de aanleg van start mag gaan is het echter verplicht om een vergunning aan de vragen. Om activiteiten te mogen uitvoeren in de fysieke leefomgeving is het namelijk altijd noodzakelijk om een vergunning aan te vragen. In de omgevingswet worden zoveel mogelijk activiteiten onder algemene regels geplaatst, echter is voor een aantal activiteiten toch nog een vergunningsplicht vereist (IENW, 2016). De initiatiefnemer moet in dat geval een vergunning aanvragen.

In het geval van de aanleg van een wadi is een graafvergunning vereist. Deze vergunning valt onder de Werken in de Openbare Ruimte-vergunning (WIOR-vergunning). Wanneer de grond open wordt gebroken is deze noodzakelijk. De WIOR-vergunning moet uiterlijk vijf werk dagen voor de werkzaamheden worden aangevraagd (Gemeente Amsterdam, z.d.).

6.3.2 Beheer en onderhoud

Om het functioneren van een wadi te optimaal te houden is goed onderhoud nodig, dit geldt voor elk type wadi. Onder onderhoud valt met name groenonderhoud, maaien, inspectie en monitoring. De mate waarin dit gebeurt hangt echter wel af van het type wadi. Zo heeft een wadi met onderliggende drainage een intensiever onderhoud nodig dan een infiltratie wadi. Daarnaast heeft een beplante wadi een ander maaibeleid dan een graswadi. Op basis van het ontwerp moet gekeken worden naar het type beheer. Het beheer en onderhoud varieert per wadi-ontwerp. Hieronder zijn de vier verschillende wadi's vergeleken op basis van de mate van onderhoud (). Onder de gemengde wadi wordt een beplante wadi met drainage verstaan.

Tabel 5 Geschatte beheer- en onderhoudskosten per type wadi. De tabel geeft de intensiteit van de aanlegmaatregelen weer. Deze is gekoppeld aan de daarbij komende kosten. (RIONED, 2006) ()

Onderhoudsmaatregel	Graswadi	Beplante wadi	Graswadi met drainage	Gemengde wadi
Groenonderhoud/maaien	XXX	X	XXX	X
Inspectie	X	X	XXX	XXX
Monitoring	X	X	X	X
Geschatte beheerkosten	€ 0,20/m ²	€ 0,13/m ²	€ 0,58/m ²	€ 0,51/m ²

Groen is een onderdeel van de openbare ruimte. De manier van onderhoud bepaalt in grote mate de beleving van de omgeving (BOR, 2009). In het groenbeheer- en beleidsplan van gemeentes moet tevens het huidige beheer wijzigen naar het toekomstig beheer. Het beheer kan in combinatie gaan met zelfbeheer van andere stakeholders. In het geval van het Meerwaldtplantsoen is afgesproken dat de uitvoerder het gebied na drie jaar op levert aan het groenbeheer van Amsterdam. Dit is besproken met groenbeheer. Daarnaast is er vanuit de bewoners een hoge mate van participatie en willen zij graag bijdragen aan het onderhoud van het plantsoen. Dit moet echter worden afgestemd met de stakeholders.

6.3.3 Stakeholders

In de casestudy het Meerwaldtplantsoen zijn de bewoners erg betrokken bij hun wijk. Echter is dit niet bij ieder project het geval. Uit onderzoek van [REDACTED] blijkt dat er een verband ligt tussen de leefbaarheid van de omgeving en de mate participatie ([REDACTED]). Naarmate de leefbaarheid in een gebied gunstiger is, zijn de bewoners meer betrokken.

Buro Regen&Water is op dit moment bezig in een gedeelte van het Meerwaldtplantsoen de wateroverlast te beperken door middel van het aanleggen van beplante wadi's. Het adviesbureau vindt buurtparticipatie heel belangrijk en streeft ernaar zoveel mogelijk participatie vanuit de buurt te krijgen voor, tijdens en na oplevering van het project. Bewoners weten immers wat er speelt in hun omgeving en, in het geval van het Meerwaldtplantsoen, willen hier ook aan bijdragen. De betrokkenheid van de omgeving versterkt tevens het verantwoordelijkheidsgevoel naar de omgeving toe, wat tevens de actieve deelname versterkt in een wijk: participatie. Buro Regen&Water wil de buurt bij het gehele proces van het project betrekken, van planvorming tot beheer. In het geval van het Meerwaldtplantsoen ligt dit ook binnen de wensen van de bewoners zelf. Hieronder vallen onder andere keuzes maken bij het ontwerp en het zaaien en beplanten met bewoners. Daarnaast helpen de bewoners met het onderhoud, doordat zij planten mogen plukken. Dit voorkomt dat er te dichte groei optreedt, waardoor andere planten niet meer kunnen kiemen (Ketelaar, 2018).

6.4 Samenvattend

Het goed functioneren van een wadi hangt af van verschillende parameters die in dit hoofdstuk zijn benoemd. Deze parameters hebben effect op de dimensionering van de wadi. Door het doorlopen van verschillende stappen krijg je een afgewogen beeld van de huidige situatie van een gebied. Wanneer je beschikt over de voldoende kennis kun je het gebied op de juiste manier benaderen. Met als uitkomst een op maat gemaakte maatregel te treffen die zijn doel bereikt; Het tegengaan van de wateroverlast.

Voor het Meerwaldtplantsoen zijn de verschillende parameters bekend waarmee gewerkt moet worden om uiteindelijk de opgave te kunnen bergen. Hieruit blijkt onder andere dat het, vanwege de **matige bodemdoorlatendheid** in het gebied, noodzakelijk is om een hulpmiddel te gebruiken. Dit zal inhouden dat er **beplanting** wordt gerealiseerd, **drainage** of zelfs een **combinatie** van beiden. Dit hulpmiddel zal ervoor moeten zorgen dat er niet permanent water in de wadi zal blijven staan. Het toepassen van beplanting is een hulpmiddel die pas effectief is als de penwortels goed geworteld zijn. De drainage daarentegen kan direct in werking treden. Echter gaat de voorkeur van de bewoners uit naar een wadi beplant met inheemse beplanting, waardoor beplanting een voor de hand liggende maatregel is. Deze zou echter ook in combinatie met een drainage kunnen worden gerealiseerd.

In de laatste fase van het ontwerpproces is naar voren gekomen dat Waternet een **veiligheidsmaatregel** wil toepassen in het gebied door middel van drainage. Deze ontwikkeling plaatst het Meerwaldtplantsoen in de positie als voorbeeldfunctie voor **instroomgebieden** binnen stedelijk gebied. Doordat er meer bergingscapaciteit beschikbaar is, kan een groter oppervlak op het gebied gekoppeld worden, waardoor water meer plek krijgt in het stedelijk gebied en niet direct afvoert op het rioleringsstelsel.

Door het realiseren van een wadi ontwerp in het Meerwaldtplantsoen worden twee **klimaatthema's** behandeld. Doordat het hemelwater dat valt tijdens een bui niet meer versneld afgevoerd wordt, worden infiltratiemogelijkheden gecreëerd. Deze mogelijkheid zorgt ervoor dat het onverhard oppervlak minder snel **droog** komt te staan, het grondwater wordt aangevuld en het zet, tijdens een hevige bui, het rioleringsstelsel onder minder druk. Daarnaast bergen de wadi's hemelwater tijdens een regenbui, waardoor het niet meer op het maaiveld blijft staan en daardoor geen **wateroverlast** veroorzaakt.

7 Conclusie

In het Meerwaldtplantsoen zijn effecten van klimaatverandering goed op te maken. Om een oplossing te vinden voor de knelpunten in het gebied is een onderzoek naar de eigenschappen van het gebied en de mogelijke oorzaken. Binnen het uitgevoerde onderzoek is naar voren gekomen dat, door de variatie in de bodem, de bodemdoorlatendheid niet altijd toereikend is, waardoor het water lastig kan infiltreren. Daarnaast blijkt uit de snelle stijging van het grondwater na een bui dat er weinig ruimte in de bodem beschikbaar is om het water in te bergen. Echter worden de knelpunten ook gedeeltelijk verergerd door de mate van beheer en onderhoud.

Parallel aan het onderzoek staat de ontwikkeling van de wadi-wijzer. Dit is een leidraad voor het ontwerpen van de ideale wadi binnen stedelijk gebied. Het Meerwaldtplantsoen is in dit geval als case-studie gebruikt. Het onderzoek beantwoordt aan de hand van drie deelvragen de volgende hoofdvraag;

“Op welke manier kan een wadi worden toegepast in het Meerwaldtplantsoen om de effecten van klimaatverandering te beperken, waarbij ook rekening wordt gehouden met de belangen van de betrokken bewoners?”

Het Meerwaldtplantsoen leent zich goed voor het realiseren van wadi's, door het aanwezige onverhard oppervlak. De wadi moet ervoor zorgen dat de wateroverlast en droogte wordt beperkt doordat water plaatselijk wordt opgevangen en, door infiltratie, de grondwaterstand wordt aangevuld tot de originele stand. De bewoners willen graag meewerken in het ontwerpproces.

Het betrekken van de bewoner rondom de klimaatadaptieve maatregel staat centraal bij Buro Regen&Water en dus ook bij het toepassen van een wadi in stedelijk gebied. Bewoners zullen immers het meest gebruik maken van het gebied waarbinnen de wadi gerealiseerd zal worden. De bewoners zijn vanaf het begin bij het project betrokken geweest. Hierdoor zijn de wensen van de bewoners duidelijk naar voren gekomen, waarmee vervolgens rekening kon worden gehouden tijdens het ontwerpproces van wadi's. Uiteindelijk hebben de bewoners kunnen kiezen tussen drie verschillende ontwerpen voor het plantsoen.

Het betrekken van de bewoners heeft positieve effecten op zowel het ontwerpproces als de nazorg. De bewoners zullen meedenken in het proces, waardoor zij zich sterker verbonden zullen voelen bij het project. Hierdoor ontstaat er meer draagvlak, wordt de mate van participatie vergroot en zullen de maatregelen goed aansluiten bij de behoeften van de bewoners. Er zal meer betrokkenheid van de omgeving zijn bij de inrichting en het beheer van de wadi. Dit resulteert uiteindelijk in meer zelfbeheer, waardoor ook de beheerskosten kunnen afnemen.

Wadi-wijzer

Het realiseren van een wadi binnen stedelijk gebied is een zeer geschikte klimaatadaptieve maatregel. Aan het toepassen van deze adaptieve maatregel gaat een proces vooraf, namelijk het bepalen welke wadi geschikt is voor een desbetreffend gebied, waarbij de eisen en wensen van de stakeholder worden meegenomen. Voor het ontwerpen van optimale wadi's per gebied is tot nu toe nog geen leidraad. Door een wadi-wijzer op te stellen wordt het

keuzeproces en het proces rondom de voorbereiding vereenvoudigd, waardoor het gehele proces uiteindelijk wordt versneld. Door het snel veranderende klimaat is het noodzakelijk om deze processen ook te optimaliseren en versnellen, zodat overheden sneller kunnen inspelen op klimaatthema's zoals wateroverlast en droogte.

De wadi-wijzer is bedoeld voor overheden die, binnen stedelijk gebied, klimaatadaptieve maatregelen willen nemen. Het vereenvoudigen en optimaliseren van het proces rondom realisatie van wadi's in stedelijk gebied maakt deze klimaatadaptieve maatregel toegankelijker én succesvoller voor overheden om deze toe te passen. Wadi's krijgen tevens de kans om hun imago te verbeteren. Binnen projecten kan een afkeer aanwezig zijn voor het toepassen van wadi's door weinig of slechte functionaliteit van bestaande wadi's, terwijl er genoeg voorbeelden zijn van goed functionerende wadi's binnen Nederland.

De wadi-wijzer maakt het mogelijk voor een opdrachtgevende partij, die een klimaatadaptieve maatregel wil toepassen in stedelijk gebied, om het keuzeproces inzichtelijker te maken. De wijzer geeft aan welke stappen doorlopen worden door het Buro Regen&Water en hoe, op basis van de stappen, een overwogen keuze gemaakt wordt tot een passende wadi. De regenwatermodule berekent de benodigde waterberging voor het gebied. Hierop aansluiten kan worden berekend hoeveel capaciteit de wadi's zullen hebben.

Binnen Nederland worden wadi's voornamelijk op bodems gerealiseerd met een goede bodemdoorlatendheid. Het onderzoek richt zich op zowel goed als slecht doorlatende bodems, wat ook opgenomen is in de wijzer. Hierdoor is de wadi-wijzer in te zetten binnen ieder stedelijk gebied van Nederland ongeacht de mate van bodemdoorlatendheid. Dit met name gemeentes in West-Nederland een extra klimaatadaptieve maatregelen om toe te passen binnen hun beheersgebied.

Behorend bij de wadi-wijzer is het Excel-tabblad "Wadi-plan" opgesteld binnen de regenwatermodule. Dit tabblad vat de ingevoerde gegevens samen tot een wadi-plan, waarin een wadi advies wordt gegeven aan de opdrachtgevende partij. Het plan beschrijft het realisatieproces van de wadi waardoor de opdrachtgevende partij op de hoogte is van de stappen die Buro Regen&Water doorlopen zal.

Het Meerwaldtplantsoen

Het toepassen van wadi's lost in het geval van het Meerwaldtplantsoen de wateroverlast en droogte op door het hemelwater dat in het plangebied valt plaatselijk te bergen. Echter zal de mate van beheer en onderhoud (molgoten en rioolputten) moeten verbeteren om onnodige knelpunten te voorkomen. Zowel Waternet als de gemeente spelen hier een grote rol bij. Op dit gebied overlappen namelijk de verantwoordelijkheden, waardoor goede communicatie onderling sterk wordt aangeraden

Tot slot zou, om in te spelen op het blijvend veranderende klimaat, een gebied tot meer dienen dan het hemelwater van het plangebied te bergen. Door het toepassen van drainage in het plangebied, kan meer hemelwater worden afgekoppeld richting de wadi's. Hierdoor zal het gebied dienen als een instroomgebied voor de omgeving. Hierdoor kan meer afgekoppeld regenwater vanuit stedelijk gebied de bodem in infiltreren in plaats van directe afvoer richting riolering

Aanbevelingen

Aan het eind van het proces zijn een aantal dingen naar voren gekomen. Allereerst dient het feit dat Waternet graag een drainage toegepast ziet worden als veiligheidsfactor op de beplanting. Deze keuze is relatief laat in het afstudeeronderzoek gemaakt, waardoor hierbinnen nog veel onderzoek mogelijkheid is, met name met betrekking tot het instroomgebied. Vervolgens zou het toepassen van een instroomgebied ook toegevoegd kunnen worden aan de wadi-wijzer. Hierdoor kan een partij ook de keuze maken om een instroomgebied met behulp van wadi's en drainage als klimaatadaptieve maatregelen toe te passen. Daarnaast zou de drainage ook verder kunnen worden uitgewerkt in de regenmodule, waardoor het instroomgebied doorgerekend kan worden en dus de maximale capaciteit berekend kan worden.

Daarnaast zou Buro Regen&Water de wadi-wijzer nog verder kunnen optimaliseren op verschillende gebieden. Allereerst zijn er binnen het proces slechts 4 wadi's meegenomen. Er zijn veel meer mogelijkheden voor type wadi's, eventueel zelf op verhard oppervlak. De wijzer zou kunnen worden uitgebreid met meer type wadi's om het aanbod richting opdrachtgevende partij te vergroten. Ook op het gebied van de kostenberekening kan de wijzer worden geoptimaliseerd. Doordat het Buro Regen&Water het proces vaker zullen uitvoeren zullen zij voorkeur hebben voor bepaalde materialen en toepassingen. Door deze materialen vast te leggen in het proces, kan het kostenplaatje van het aanleggen van wadi's concreter worden en kan er wellicht zelfs worden bespaard op kosten.

Zoals in dit onderzoek al naar voren komt kan er aan de communicatie tussen de gemeente Amsterdam en Waternet, op het gebied van beheer en onderhoud, verbetering plaats vinden. Waternet is verantwoordelijk voor de rioolputten in hun beheersgebied. Echter, de gemeente is verantwoordelijk voor de riolering. Hierdoor kan onduidelijkheid ontstaan over wie de verantwoording draagt bij een verstopping. Wanneer hierover duidelijke afspraken worden gemaakt kunnen toekomstige knelpunten sneller opgelost worden.

Ten slotte wordt aangeraden peilbuizen te plaatsen aan het begin van ieder volgend project. Gegevens uit reeds gevoerd onderzoek kan, door de aanhoudende klimaatverandering, verouderd zijn. Op deze manier wordt het onderzoek voorzien van actuele data van de grondwaterstand.

8 Discussie

Variatie in de bodem

Zoals in hoofdstuk 4 wordt beschreven en blijkt uit het rapport van de gemeente zit er veel variatie in de bodem van het plantsoen. Het type bodem kan bepalend zijn voor de wadi-keuze. Wanneer blijkt dat er variatie in de bodem zit, kan het voorkomen dat een grondboring niet representatief is voor het gehele gebied. Wanneer hier vervolgens een advies op gebaseerd wordt, kan het betekenen dat het advies niet passend is, waardoor wellicht hulpmiddelen niet zijn toegepast, terwijl de gebiedseigenschappen daar wel om vragen.

Lage grondwaterstand

Uit het onderzoek van de gemeente en uit eigen grondboringen (in de natte maanden) blijkt de grondwaterstand in de natte maanden rond de -0,50 cm en in de droge maanden rond de -0,70 cm onder maaiveld te liggen. Echter blijkt uit een later genomen boring dat deze grondwaterstand veel lager ligt dan uit het onderzoek blijkt. Door het veranderend klimaat zijn de gegevens uit de reeds gevoerde onderzoeken niet meer actueel. Hierdoor kunnen de gegevens afwijken, waardoor het advies, gebaseerd op de wadi-wijzer niet geheel passend is voor het gebied.

Typen wadi's

In het onderzoek worden slechts 4 verschillende wadi typen meegenomen. Hierdoor wordt de keuze beperkt voor de opdrachtgevende partij en andere stakeholders. Er zijn namelijk meer soorten wadi's mogelijk, echter worden die niet aangeboden als advies. Doordat deze, vooralsnog, ontbreken in de wadi-wijzer kunnen opdrachtgevende partijen beslissen het proces zelf uit te voeren met een voorkeurs wadi die niet wordt aangeboden door Buro Regen&Water.

Beplanting

Het toepassen van beplanting zorgt voor een betere bodemkwaliteit en stimuleert infiltratiemogelijkheden. Beplanting heeft echter tijd nodig om zich te ontwikkelen tot effectieve hulpmiddelen voor de realisatie van wadi's. Daarnaast is er geen garantie dat de beplanting effectief zal zijn. Hierdoor is het resultaat onzeker en is het toepassen van beplanting een risico voor het goed functioneren van de wadi die geadviseerd is voor het gebied.

Bureauonderzoek

Voor het onderzoek is veel literatuur en bureauonderzoek gedaan. Voor het analyseren van de knelpunten in het gebied is gebruik gemaakt van informatiebronnen zoals de klimaateffectatlas. Echter komen soortgelijke bronnen niet altijd overeen met de werkelijkheid. Deze bronnen gaan namelijk uit van een volledig werkend watersysteem, wat niet altijd het geval is. Hierdoor is veldwerk nodig door middel van eigen waarnemingen en contact met bewoners. Met name deze laatstgenoemde manier van veldwerk was niet mogelijk door Covid-19. Hierdoor was het onderzoek voornamelijk gebaseerd op eigen waarnemingen van het gebied. Bewoners kennen het gebied waar ze wonen en zouden kunnen bijdragen aan de kennis over het gebied.

Faalkans

De wadi-wijzer geeft een afgewogen advies op basis van de verzamelde gegevens van het gebied. Het maatregelenpakket dat de gemeente voor het Meerwaldtplantsoen heeft opgesteld had de klimaatthema's wateroverlast en droogte moeten oplossen. Echter hebben de maatregelen niet geholpen. De wadi-wijzer gaat ervan uit dat het advies de klimaatthema's die spelen zal oplossen, echter is er daarbij geen rekening gehouden met de kans op falen. Er blijft dus een kans aanwezig dat een component van de te realiseren wadi onder gespecificeerde omstandigheden binnen een bepaalde tijdperiode zal falen.

Bibliografie

- A. Buishand, J. W. (2007). *Statistiek van extreme neerslag voor korte neerslagduren*.
Opgeroepen op april 2020, van KNMI:
<https://projects.knmi.nl/klimatologie/achtergrondinformatie/tr295.pdf>
- A.A. Kos, H. G. (1995). *Help, het park verdrinkt*.
- AGV. (2017). *Klimaatatlas*. Opgeroepen op juni 2020, van Agv klimaatatlas:
<https://agv.klimaatatlas.net/>
- AGV. (z.d.). *Klimaatproblemen aanpakken*. Opgeroepen op februari 2020, van Amstel, Gooi en Vecht: <https://www.agv.nl/onze-taken/klimaatproblemen-aanpakken/>
- AHN. (2019). *Actueel Hoogtebestand Nederland*. Opgeroepen op juni 2020, van AHN viewer: <https://www.ahn.nl/ahn-viewer>
- Ambient. (2018). *Werkgroep standaardisatie stresstest wateroverlast*. Opgeroepen op juni 2020, van Stowa:
<https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%20diversen/20180614%20Notitie%20stresstest.pdf>
- Amsterdam Rainproof. (2014). *Programmaplan Amsterdam Rainproof*. Opgeroepen op juni 2020, van Amsterdam Rainproof:
<https://www.rainproof.nl/sites/default/files/programmaplan-amsterdamrainproof.pdf>
- Amsterdam Rainproof. (2019). *Van stresstest naar risicodialoog*. Opgeroepen op juni 2020, van Rainproof: <https://www.rainproof.nl/nieuws/van-stresstest-naar-risicodialoog>
- Amsterdam Rainproof. (2020). *Infiltratieputten*. Opgeroepen op juni 2020, van Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/infiltratieputten>
- Bodemrichtlijn. (z.d.). *Isolatie, geohydrologisch, uitgangspunten voor het ontwerp, werkingsprincipe horizontale drainage*. Opgeroepen op juni 2020, van Horizontale drainage: <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/f-isolatie/f5-geohydrologische-isolatie/isolatie-geohydrologisch-uitgangspunten-voor-het-ontwerp-werkin9275>
- Bodemrichtlijn. (z.d.). *Richtlijn herstel en beheer waterbodemkwaliteit*. Opgeroepen op 2020 mei, van In situ sanering, doorlatendheid van de bodem:
<https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/b-in-situ-reiniging/b1-algemene-aspecten-in-situ-reiniging/in-situ-sanering-doorlatendheid-van-de-bodem>

Bos, E. (z.d.). *Aanleg drainage*. Opgeroepen op mei 2020, van WUR:
<https://edepot.wur.nl/161898>

CIW. (2012). *Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringssystemen*.

Climate Scan. (z.d.). Opgeroepen op mei 2020, van <https://climatescan.org/map#filter-1-1>

- ERM. (z.d.). *Bodemverdichting*. Opgeroepen op mei 2020, van Groen Erfgoedzorg: groenerfgoedzorg.nl/bodem-en-water/bodemverdichting
- Gans, W. D. (z.d.). *De bodem onder amsterdam*. Opgehaald van https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgt/tip_190_de_bodem_onder_amsterdam_www_tno_nl.pdf
- GBN. (z.d.). *Wadi's*. Opgeroepen op februari 2020, van Groenblauwe netwerken: <https://nl.urbangreenbluegrids.com/measures/bioswales/>
- Gemeente Amsterdam. (2017). *Advies voor renovatie Meerwalddplantsoen vanuit bodem en water*. Amsterdam.
- Gemeente Amsterdam. (2018). *Renovatie Meerwalddplantsoen*. Opgeroepen op februari 2020, van Amsterdam: <https://www.amsterdam.nl/projecten/slotermeer/renovatie-0/>
- Gemeente Amsterdam. (2019). *Uitslag Buurtbudget Slotermeer Noordoost*. Amsterdam.
- Gemeente Amsterdam. (2020). *Strategie Klimaatadaptatie Amsterdam*. Amsterdam.
- Gemeente Amsterdam Stadsarchief. (1959). *Stadsarchief*. Opgeroepen op juni 2020, van Archief Amsterdam: <https://archief.amsterdam/beeldbank/?mode=gallery&view=horizontal&q=vening&rows=25&page=1>
- Gemeente Amsterdam. (z.d.). *Stadsdelen*. Opgeroepen op februari 2020, van Gemeente Amsterdam: <https://www.amsterdam.nl/bestuur-organisatie/organisatie/stadsdelen/>
- Gemeente Amsterdam. (z.d.). *WIOR-vergunning aanvragen, wijzigen, verlengen*. Opgeroepen op juni 2020, van Amsterdam: https://www.amsterdam.nl/veelgevraagd/?productid=%7B11A350D0-75C4-45CD-BAC4-19A0E4B4DDB4%7D#case_%7BB7C6B399-F0D9-4402-916E-0118309E85AA%7D
- Google Maps. (z.d.).
- Groenadvies Amsterdam. (2017). *Bodemonderzoek Meerwalddplantsoen*.
- Grontmij. (2016). *Onderzoek wateroverlast Oosterpark*. technisch rapport.
- Hanze. (2014, juni 25). *Praktijkgericht onderzoek naar het hydraulisch functioneren van wadisystemen in Haren en Groningen*. Opgeroepen op februari 2020, van https://www.hanze.nl/assets/kc-noorderruimte/Documents/Public/WADI%20of%20WAD_afstudeerrapport_EdeJP_25juni.pdf
- Hanze. (2018). *Hanze Kenniscentra Onderzoeksverslag*. Opgeroepen op maart 2020, van Hanze: <https://www.hanze.nl/assets/kc-noorderruimte/bureau-noorderruimte/Documents/Public/Wadi%20Vondellaan%20te%20Haren.pdf>
- Hoffman, M. (2011). *Inheemse en uitheemse plantensoorten*.
- Hussen, K. (2009). *Wateroverlast in stedelijk gebied ten gevolge van extreme neerslag*. Opgeroepen op April 2020, van WUR: <https://edepot.wur.nl/312534>
- IENW. (2016). *Omgevingswet in het kort*.
- IENW. (2019). *Deltaprogramma 2020. Doorwerken aan de delta: nuchter alert en voorbereid*.
- ILVO. (2020). *Bodemverdichting*. Opgeroepen op februari 2020, van ILVO: <https://www.bodemverdichting.be/NL/Home/tabid/11490/Default.aspx>
- Ketelaar, H. (2018). *Idylle: bloemen voor vlinders, bijen en mensen*. In H. Ketelaar, *Planten van hier*. KNNV Uitgeverij.

Klimaat-effectatlas. (z.d.). *Droogte*. Opgeroepen op 2020 juli, van <https://www.klimaat-effectatlas.nl/nl/>

KNMI. (2020). *Klimatologie*. Opgeroepen op juni 2020, van Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut: https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/maand-en-seizoensoverzichten/lopende_maand

KNMI. (z.d.). *Extreme neerslag*. Opgeroepen op juni 2020, van Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut Kennis- en datacentrum: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/extreme-neerslag>

KNMI. (z.d.). *Zware Neerslag*. Opgeroepen op juni 2020, van Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, Kennis en datacentrum: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/zware-neerslag>

Kraffter. (z.d.). *Over de rotoeg*. Opgeroepen op mei 2020, van Kraffter: <https://www.kraffter.nl/producten/grondbewerking/rotoeg/>

Maps. (z.d.). *Amsterdam*. Opgehaald van World of maps: <http://mapsof.net>

NL Bloeit. (z.d.). *Missie NL Bloeit*. Opgeroepen op februari 2020, van NL Bloeit: <https://www.nlbloeit.nl/missie.html>

NLBloeit. (2019). *Planten van hier*. Opgeroepen op juni 2020, van NLBloeit: <https://www.nlbloeit.nl/over-nl-bloeit%21/planten%20van%20hier.html>

Overmeer, V. (2014). *Met droge voeten door de Geintunnel*.

OVO. (2012). *Gemeentelijke aansprakelijkheid bij wateroverlast*.

Posthumus, J. (2014). *Wadi of Wad*. Haren.

Potvliet, G. (2016). *Nooit meer van gebaande paden?* Opgeroepen op mei 2020, van WUR: <https://edepot.wur.nl/371143>

Rainproof. (2006). *Wadi's*. Opgeroepen op februari 2020, van Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/wadis>

Rainproof Amsterdam. (z.d.). *Regenwaterknelpuntenkaart*. Opgeroepen op juni 2020, van <https://maps.amsterdam.nl/rainproof/>

Rainproof. (z.d.). *Wadi's*. Opgeroepen op maart 2020, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/wadis>

Rathenau Instituut. (2019). *Digitaal burgers betrekken*. Opgeroepen op mei 2020, van Rathenau Instituut: <https://www.rathenau.nl/nl/kennisgedreven-democratie/digitaal-burgers-betrekken>

RIGO. (2012). *Buurtparticipatie en leefbaarheid*.

Rijksoverheid. (2012). *Maatregelenmatrix*.

Rijkswaterstaat. (z.d.). *Proces*. Opgeroepen op mei 2020, van Kenniscentrum InfoMil: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/geluid/thema/gebiedsontwikkeling/proces/>

RIONED. (2006). *Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer*. Opgeroepen op maart 2020, van Wur: <https://edepot.wur.nl/377083>

Rioned. (2007). *Dichtslibben van infiltratievoorzieningen*.

Ruimtelijke Adaptatie. (2018). *Standaard neerslaggebeurtenissen opgeleverd voor de stresstest*. Opgeroepen op April 2020, van Kennisportaal Ruimtelijk Adaptatie: <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/actueel/actueel/nieuws/2018/standaard-neerslag/>

Ruimtelijke Adaptatie. (z.d.). *Achtergrondinformatie Wateroverlast*. Opgeroepen op maart 2020, van Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie: <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/informatie/wateroverlast/>

Ruimtelijke Adaptatie. (z.d.). *Nationale Klimaatadaptatiestrategie 2016*. Opgeroepen op maart 2020, van Kennisportaal Ruimtelijke Adaptatie: <https://ruimtelijkeadaptatie.nl/overheden/nas/>

Schreuder Advies. (2017). *Meerwaldtplantsoen*. Amsterdam.

SHO. (2019). *Zwartboek, verdubbeling Oosterpark*.

STOWA. (2016). *Keuzes bij water in bebouwd gebied*. Opgeroepen op maart 2020, van De klimaatactieve stad: <https://edepot.wur.nl/376515>

Tjaden BV. (2016). *Resultaten van grondwatermetingen en doorlaatproeven*.

Uijlenhoet, R. (2015). *Inleiding hydrologie*.

VALA. (2018). *Kruidenrijk Grasland*.

Verkade, K. (2017). *De beplante wadi*.

VHG. (2016). *Inrichting en beheer openbare ruimte*.

VNG. (2018). *Checklist voor de gemeenteraad; is het huidige participatiebeleid al omgevingswet-proof*.

Waternet. (2020). *Lizard*. Opgeroepen op 2020, van Waternet: [https://waternet.lizard.net/nl/map/topography,assetgroup\\$9c2d7b6/multi-point/4.836398,52.382771+4.901276,52.370569+4.884796,52.373084+4.939127,52.357466/@52.3488,4.9215,14/-12Days0Hours-9Days21Hours](https://waternet.lizard.net/nl/map/topography,assetgroup$9c2d7b6/multi-point/4.836398,52.382771+4.901276,52.370569+4.884796,52.373084+4.939127,52.357466/@52.3488,4.9215,14/-12Days0Hours-9Days21Hours)

Waternet. (z.d.). Opgeroepen op 2020 juli, van <https://www.waternet.nl/over-ons/wat-doen-wij-voor-waterschap-amstel-gooi-en-vecht-gemeente-amsterdam/>

Waternet. (z.d.). *Lizard*. Opgeroepen op juni 2020, van Waternet Lizard: [https://waternet.lizard.net/nl/map/topography,assetgroup\\$9c2d7b6/point/@52.3547,4.8987,12/-2Days0Hours+0Days3Hours](https://waternet.lizard.net/nl/map/topography,assetgroup$9c2d7b6/point/@52.3547,4.8987,12/-2Days0Hours+0Days3Hours)

Waternet. (z.d.). *Onderhoud aan het riool in mijn wijk*. Opgeroepen op juli 2020, van Waternet: <https://www.waternet.nl/service-en-contact/problemen-met-water/werk-aan-het-riool/>

<https://www.noorderzijlvest.nl/actueel/waterstanden/verschil-zomerpeil/>

Waterwet. (2009, januari 29). *Waterwet*. Opgeroepen op februari 2020, van wetten: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0025458/2020-01-01>

Wilde Planten. (z.d.). *Penwortel*. Opgeroepen op juni 2020, van Wilde planten: <https://wildeplanten.nl/uitleg/penwortel.htm>

WUR. (2016). *Belang van herontwerp van steden met afwatering tot waterslimme steden neemt toe in de nabije toekomst*. Opgeroepen op maart 2020, van WUR: <https://www.wur.nl/nl/project/Op-weg-naar-de-waterslimme-stad.htm>

Bijlagen

Bijlage I stakeholderanalyse

Betrokken bewoners

Allereerst zijn er de actieve bewoners die graag verbetering zien en het heft in eigen handen hebben genomen door een plan in te dienen, waarop vervolgens massaal is gestemd. Daarnaast is er tevens een groep van 30 bewoners die actief meedenken in de mogelijkheden en ideeën. Bovendien ligt er een moestuin in de parkstrook die bijna niet te betreden is na een regenbui, omdat het water blijft staan. Door de wateroverlast te beperken, zal ook de moestuin toegankelijker worden.

Buurtbewoners

Gezien het plantsoen zich midden in een woonwijk bevindt, zijn de bewoners een belangrijke betrokken partij. In het geval van het Meerwaldtplantsoen zijn de bewoners nauw betrokken bij de parkstrook. Graag zien zij de jaarlijkse buurtcamping en burendagen uitgevoerd worden in het park. Tevens zouden zij een voorkeur hebben voor het zelf onderhouden van een natuurlijke tuin in het park. Deze wensen worden echter in de weg gestaan door wateroverlast. Hierdoor staat het park in de winter vaak onder water en oogt het gras in de zomer droog en geel. Vanuit de gemeente zijn, in 2018, werkzaamheden gestart om in dit park een plek te geven aan water na een regenbui. Echter hebben deze werkzaamheden niets uitgevoerd en heerst het probleem nog steeds. Vervolgens werd er een buurtbudget beschikbaar gesteld vanuit de gemeente. Bewoners mochten ideeën en plannen inleveren, waar vervolgens op werd gestemd door andere bewoners. Uit die stemming kwam onder andere het idee voor een “bloemrijke klimaattuin” naar voren (Gemeente Amsterdam, 2019). Hieruit is dus op te merken dat er veel draagvlak is voor het klimaatbestendig maken van het plantsoen. Overigens hebben veel bewoners te maken gehad met de werkzaamheden. Deze hebben enige tijd geduurd, echter is hier geen resultaat uitgekomen, wat frustrerend voor de omwonende kan zijn geweest. Tevens zijn er meer bomen verwijderd dan oorspronkelijk verwacht werd, waardoor de frustratie nog hoger is gaan liggen. Belangrijk voor deze betrokken partij is het klimaatbestendig maken van de parkstrook.

Lokale ondernemers

Langs de parkstrook zelf staan voornamelijk gezinswoningen, maar in de buurt zijn verschillende ondernemers aanwezig. Ook voor hen is het nadelig om met wateroverlast rekening te moeten houden. Een mooie parkstrook trekt mensen aan van buiten een gebied. Daar hebben ondernemers vervolgens profijt van. Wanneer er wateroverlast heerst en dit tevens een aantal dagen aan blijft houden, trekt dat geen mensen naar de omgeving. Ondernemers hebben er daardoor een belang bij, dat de parkstrook klimaatbestendig wordt gemaakt en het op die manier mensen betreft en uitnodigt.

School en kerk

In het gebied van de parkstrook zijn tevens een school en een kerk gelegen. Beide zullen profiteren van het beperken van de wateroverlast in het Meerwaldtplantsoen. Wanneer het park toegankelijk blijft, kunnen zij meer genieten van de omgeving en de parkstrook. Dit is een aantrekkelijker aanzicht en het trekt tevens meer mensen aan, wat weer zorgt voor sociale cohesie.

Gemeente Amsterdam

Een belangrijke partij is de Gemeente Amsterdam. Een van hun taken is de bewoners betrekken bij besluiten, daarnaast valt leefbaarheid en woongelegenheid ook onder hun verantwoording. De gemeentelijke organisatie bestaat uit zeven stadsdelen. De stadsdelen zijn voornamelijk gericht op de uitvoering van stedelijk beleid. Voor het plangebied geldt dat stadsdeel Nieuw-West zorgt voor de verbinding tussen het stadsdeel en de gemeentelijke organisatie en zijn gericht op de uitvoering van het stedelijk beleid (Gemeente Amsterdam, z.d.). Naar aanleiding van de ernstige wateroverlast had het stadsdeel, in 2017, een verzoek tot advies gedaan bij het ingenieursbedrijf. Dit resulteerde in de renovatie van het Meerwaldtplantsoen. Net als de bewoners wil de gemeente de wateroverlast verhelpen in het park. De gemeente heeft €1,3 miljoen geïnvesteerd in de renovatie van het Meerwaldtplantsoen, echter hebben de maatregelen de wateroverlast niet verholpen. Volgens de gemeente heeft het inderdaad niet het desgewenste effect gehad. Hoogstwaarschijnlijk is om deze reden het project “buurtbudget Sloterveer Noordoost” gestart, waarbij bewoners een plan of idee kunnen inbrengen waarop andere bewoners vervolgens kunnen stemmen. Hier is het idee van de klimaattuin ontstaan. Voor de gemeente is het echter ook van belang dat de waterproblematiek verholpen wordt. Ze hebben al veel geld geïnvesteerd in het verhelpen van de problemen en tevens hebben zij er baat bij dat de bewoners van het stadsdeel tevreden zijn. Tevens legt de huidige Waterwet de zorgplicht voor afvloeiend hemelwater bij de gemeente, waardoor zij verplicht zijn maatregelen uit te voeren, wanneer wateroverlast optreedt (Waterwet, 2009).

NL bloeit

NL bloeit is een stichting die zich richt op natuur- en milieueducatie en natuurbeleving, waarbij de focus ligt op het investeren in een duurzame en krachtige leefomgeving. Doordat het gebied te maken heeft met wateroverlast, biedt het gebied geen ideale leefomgeving voor planten, kruiden, bloemen en bomen. NL bloeit streeft juist naar stimulering van de bodemkwaliteit en instandhouding van flora van oorspronkelijk inheemse herkomst. Dit laatste wordt als noodzakelijk geacht, gezien deze inheemse flora essentieel onderdeel zijn van de totale biologische diversiteit (NL Bloeit, z.d.). Hierdoor hebben zij belang bij het project betrokken te worden, om zo te streven naar een bloemrijke en aantrekkelijke parkstrook in het Meerwaldtplantsoen. Dit ondersteund tevens de wensen van bewoners zoals blijkt uit de uitslag van het buurtbudget project (Gemeente Amsterdam, 2019).

Waternet

Het Meerwaldtplantsoen valt binnen het beheersgebied van Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, die beheerd wordt namens Waternet. Zij zorgen voor de gehele waterkringloop van de gemeente Amsterdam. Hun taak is ervoor zorgen dat riool en grondwater op orde zijn om wateroverlast te voorkomen. Ze werken samen met partijen, zoals onder andere de gemeente om de klimaatproblemen aan te pakken (AGV, z.d.). Zij hebben er belang bij het water goed op te kunnen vangen, omdat het water anders op straat blijft staan. Daarbij zoeken zij naar innovatieve oplossingen die de stad weerbaarder maakt met oog op de toekomstige klimaatverandering. In het geval van het Meerwaldtplantsoen, zijn er meerder kolken aanwezig van de HWA rondom de parkstrook. Mochten deze kolken niet naar behoren functioneren, is dat de verantwoordelijkheid van waternet.

Provincie Noord-Holland

Het hele watersysteem van Noord-Holland heeft te maken met piekbuien die hij moet opvangen om wateroverlast te voorkomen. Tevens werkt de provincie samen met Waternet en de gemeente samen om onder andere de klimaatproblemen aan te pakken.

Buro Regen&Water

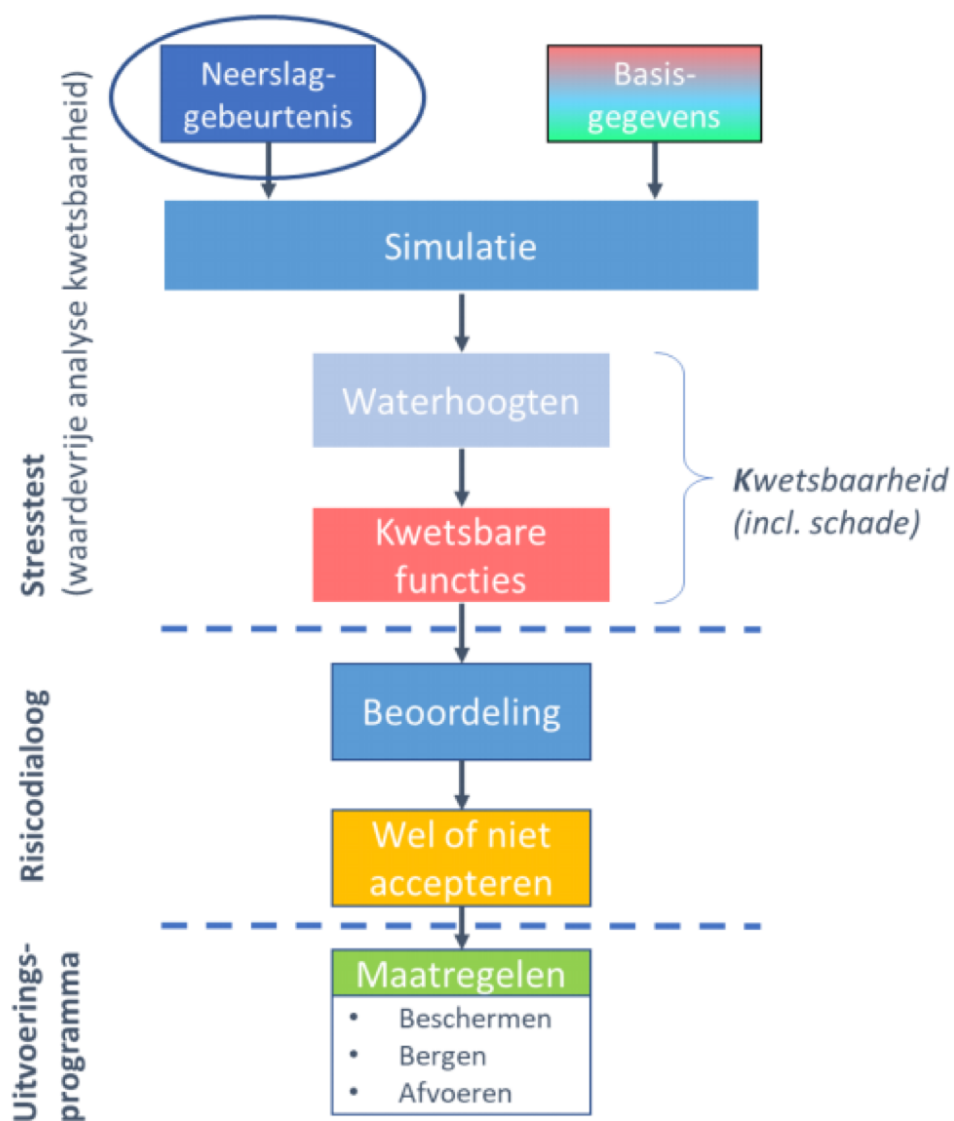
Buro Regen en Water is een adviesbureau dat stedelijke waterproblemen oplost. Hun doel is het schrijven van een uniek op maat gemaakt regenwaterplan voor particulieren, bedrijven of gemeenten. Dit kan erg uiteenlopen, maar voor alle regenwaterplannen geldt: bestand tegen veel regen tijdens natte dagen en hitte tijdens droge dagen. Voor het plangebied zal Buro Regen & Water een regenwater- en droogte analyse maken de komende tijd. Er zal onderzoek worden gedaan naar onder andere de technische oorzaken van de wateroverlast, maar tevens wordt er informatie opgehaald over de recente werkzaamheden die zijn uitgevoerd in het plangebied. Met deze informatie wordt vervolgens een regenwaterplan gemaakt, met daarbij een opzet voor de mogelijke oplossingen. Een van de meest effectieve manieren om met wateroverschot om te gaan, is bijvoorbeeld het aanleggen van wadi's. Dit is een groene glooiing waarin regenwater wordt opvangen en zo langzaam de grond kan infiltreren. Ook het bureau heeft belang bij het oplossen van de wateroverlast. Zij zijn niet alleen benaderd door een bewoner van het gebied, om te helpen zoeken naar een oplossing, zij zijn tevens gespecialiseerd in stedelijke waterproblemen en zien deze graag opgelost. Daarnaast hebben ze nog een ander belang bij dit project. Het Meerwaldtplantsoen zal namelijk als studie-case dienen voor de wadi-wijzer. Het project zal de wadi-wijzer optimaliseren en testen.

Buurtcamping

Voor de bewoners is de jaarlijkse buurtcamping, waarbij buurtbewoners een weekend lang kamperen in het plantsoen, het kloppend hart van de wijk. De organisatie zet zich hier al 13 jaar voor in. Afgelopen jaar heeft het echter niet mogen gebeuren, door de werkzaamheden die uitgevoerd werden. Vervolgens komen de plannen wederom in gevaar met de geplande klimaattuin. De vraag luidt of deze twee wel samen kunnen. Gezien de parkstrook die middenin een woonwijk ligt hebben meerdere partijen met zowel de buurtcamping, als de klimaattuin te maken. Hierdoor moet het idee worden geaccepteerd worden, waardoor er ook bewuster met de klimaattuin omgegaan zal worden. Doordat de klimaattuin een initiatief is van de buurt zelf, lijkt het erop dat er genoeg draagvlak is voor een groene klimaattuin. Daarvoor is echter wel overleg nodig. Tijdens deze overleggen blijkt dat zowel de buurtcamping als de klimaattuin hetzelfde doel dienen, namelijk de buurt samen te brengen. Hierdoor staat de organisatie erg positief tegenover de klimaattuin, gezien het doel niet wordt gecomprimeerd. Er is daarom besloten om de klimaattuin de ruimte te geven, waardoor er in het ontwerp minder rekening hoeft te worden gehouden met ruimte voor tenten. Wel wordt er rekening gehouden met meekoppelkansen voor soortgelijke buurtfestiviteiten. Hieronder vallen het gezamenlijk planten met bewoners, het ervaren van de groene strook en eventueel plekken realiseren voor kampvuur en recreatie.

Bij het toepassen van een wadisysteem in de woonomgeving moeten de bewoners goed geïnformeerd worden. De juiste voorlichting kan zorgen voor een grote mate van acceptatie en een bewuster gebruik van milieuverontreinigende stoffen zorgt in de omgeving. Tevens zal het beheer ook deels op betrokken bewoners vallen, gezien zij graag betrokken zijn bij de klimaattuin.

Bijlage II Schematisatie van de verschillende onderdelen van de stresstest, het risicodialoog en uitvoeringsagenda



Deelvraag 1a & 1b		
<i>Wat zijn de knelpunten in het gebied en waar bevinden die zich?</i>		
<i>Hoe komt het dat de uitgevoerde maatregelen hun doel niet hebben bereikt?</i>		
Doel	Door deze vraag te beantwoorden wordt er gekeken naar de huidige situatie van het gebied en wat de wateropgave is op dit moment. Zo wordt de omvang van het probleem helder. Door te kijken naar de reeds uitgevoerde maatregelen kun je tevens voorkomen verkeerde beslissingen te maken in het nieuwe plan.	
Methode	Door middel van veldbezoek, boringen, bewonersavonden, literatuuronderzoek, de rekenmodule en lizard wordt informatie ingewonnen om deze vraag te beantwoorden.	
Resultaat	Door deze gegevens te verzamelen, wordt een duidelijk beeld geschetst van de huidige situatie. Deze gegevens heb je vervolgens nodig om deelvraag 2 te kunnen beantwoorden en tevens uit te kunnen voeren. Bij het ontbreken van deze informatie, is de kans groot dat het ontwerp wat uiteindelijk zal worden gerealiseerd op het Meerwaldtplantsoen niet passend is voor de verschillende parameters van het gebied.	
Bronnen	(SHO, 2019) (ILVO, 2020) (Waternet, 2020) (Gemeente Amsterdam, 2017) (Gans, z.d.) (Groenadvies Amsterdam, 2017) (Grontmij, 2016)	

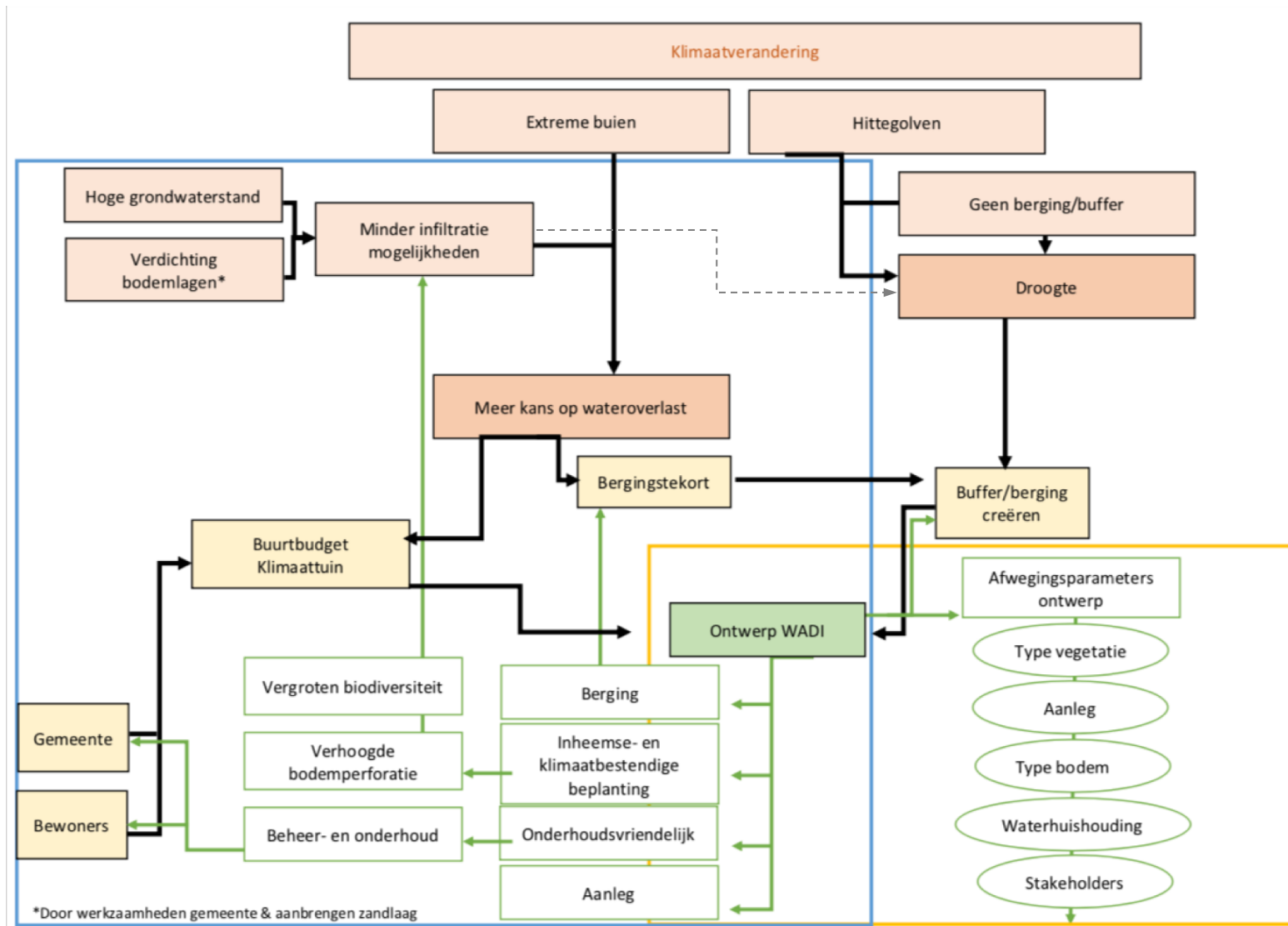
Deelvraag 2		
<i>Hoe kun je met een model inzicht geven in het realiseren van een passende wadi voor stedelijke gebieden met verschillende gebiedsomstandigheden en aansluitend bij de belangen van stakeholders?</i>		
Doel	Door deze vraag te beantwoorden kan het beste ontwerp voor een onderhoudsvriendelijk wadi in stedelijk gebied geadviseerd worden. Hierbij wordt rekening gehouden met de verschillende parameters van een willekeurig gebied. Het functioneren van een wadi is hiervan afhankelijk en het ontwerp daardoor ook.	
Methode	Door middel van literatuuronderzoek (en de rekenmodule voor wadi's, tests met bestaande wadi's en naslagwerken van bestaande wadi's wordt informatie ingewonnen om dit advies te kunnen geven.	
Resultaat	Door deze gegevens te verzamelen zorg je ervoor dat het proces, rondom het ontwerpen van een wadi bij een willekeurig stedelijk gebied, vereenvoudigd wordt.	
Bronnen	(GBN, z.d.) (Hanze, 2018) (Hanze, 2014) (RIONED, 2006) (Rainproof, 2006) (Rainproof, z.d.) (STOWA, 2016) (Waterschap AA en Maas, 2016)	

Deelvraag 3

Hoe kan een wadi optimaal functioneren op het Meerwaldtplantsoen als maatregel voor klimaatadaptatie?

Doel	Door deze vraag te beantwoorden kan het beste ontwerp voor een onderhoudsvriendelijk wadi in het plantsoen gerealiseerd worden. Hierbij wordt rekening gehouden met de verschillende parameters van het gebied, die geanalyseerd zijn bij deelvraag 1. Het functioneren van een wadi is hiervan afhankelijk en het ontwerp daardoor ook.	
Methode	Door middel van veldbezoek, boringen, literatuuronderzoek en de rekenmodule voor wadi's wordt informatie ingewonnen om deze vraag te beantwoorden.	
Resultaat	Door deze gegevens te verzamelen zorg je ervoor dat het ontwerp past bij de gebiedssituatie voor het Meerwaldtplantsoen. Door informatie te winnen over de bodem, kun je een passende infiltratiemethode in het ontwerp opnemen.	
Bronnen	(Rainproof, 2006) (RIONED, 2006) (Rainproof, z.d.) (STOWA, 2016) (Waterschap AA en Maas, 2016) (GBN, z.d.) (Hanze, 2018) (Hanze, 2014) (Groenadvies Amsterdam, 2017)	

Bijlage VI Conceptueel model (groot)



Bijlage V Inkomende stromen gebied

Reservoir	Waterstromen	Waarde	Eenheid
Totaaloppervlak	Oppervlak	7170	m ²
Bui	T=	25	mm
Atmosfeer	Neerslagintensiteit	40,0	mm/uur
	Neerslagduur	1	uur
Verhard oppervlak	Oppervlak	1894	m ²
	Berging	2	mm
	Daken	0	m ²
	Berging	2	mm
	Percentage aangesloten op riool	70%	
	Afvoeiingscoëfficiënt	0,8	
Riolering	POC	0,3	mm/uur
	Buisdiameter	0,3	m
	Lengte riool	3,24E+02	m
Onverhard	Oppervlak	5276	m ²
	Berging	5	mm
	Bodemdoorlatendheid	0,12	m/dag
Grondwaterstand	Grondwaterstand nat	-1,1	m t.o.v. NAP
		-0,5	m t.o.v. MV
	Grondwaterstand droog	-1,4	m t.o.v. NAP
		-0,8	m t.o.v. MV
Oppervlaktewater	Oppervlak	0	m ²
	Lengte watergangen	0	m
	Talud 1:m	0	
	Toegestane peilstijging	0	m
	Ontwatering	0	m3/uur
	Afwatering	0	l/s/ha
Maaiveld	Verhard	-0,7	m t.o.v. NAP
	Onverhard	-0,6	m t.o.v. NAP
	Hoogste punt	-0,43	m t.o.v. NAP
	Laagste punt	-0,86	m t.o.v. NAP
	Hoogteverschil	0,43	m
			287 m3
Totale invoer water		286.800	liter

Bijlage VI Uitgaande stromen gebied

Uitvoergegevens			
<i>reservoir</i>	<i>Waterstromen</i>	<i>m²</i>	<i>m³</i>
<i>Verhard oppervlak</i>	Neerslaghoeveelheid		75,76 m3
	Berging		3,79 m3
	Rioolinloop		42,43 m3
	Wateroverschot		29,55 m3
<i>Riolering</i>	inhoud buis(berging)		22,87 m3
	inhoud buis	0,070685835	m 2
	POC		0,40 m3
	Overstort		19,16 m3
<i>Onverhard oppervlak</i>	Neerslaghoeveelheid		211,04 m3
	Infiltratie		26,38 m3
	Berging		26,38 m3
	Wateroverschot		187,83 m3
<i>Oppervlaktewater</i>	Neerslaghoeveelheid		0,00 m3
	Bergingscapaciteit		0,00 m3
	Afwatering		0,00 m3
	Ontwatering		0,00 m3
<i>Opgave</i>	Resterende benodigde Berging		206,99 m3
			80 m3
Totale uitvoer water			79.813 liter

Bijlage VII Uiteenzetting wadi typen

Voor de wadi-wijzer zijn vier verschillende typen wadi's gedefinieerd om wateroverlast te verminderen. Dit zijn;

- De infiltratie wadi
- De beplante wadi
- De wadi met drainage
- De gemengde wadi

Deze ontwerpen zijn gebaseerd op de verschillende eigenschappen die gebieden kunnen hebben. De verschillende ontwerpen zijn aanbevelingen op basis van de afwegingen van de wadi-wijzer. Echter zijn deze ontwerpen niet onherroepelijk, waardoor enkele ontwerpkeuzes ook variabel zijn. In de volgende paragraaf worden de verschillende ontwerpen uitgebreid toegelicht.

De infiltratiewadi

De infiltratie wadi is een eenvoudige wadi waarbij de bodem van de voorziening een toereikend infiltratievermogen heeft. Hierdoor ontstaat natuurlijke infiltratie in de bodem. De infiltratie wadi wordt ontworpen met minimale voorzieningen. Hij bestaat uit een verlaging in het maaiveld. De leeflaag bestaat uit vruchtbare grond waar gras goed in kan groeien (grondverbetering). 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. Binnen het realiseren van een infiltratiewadi zijn verschillende afwegingen te maken, zoals het aanbrengen van beplanting is nog steeds mogelijk binnen het ontwerp, mocht deze wens aanwezig zijn binnen het gebied. Tevens is de overstortvoorziening vervangbaar voor een verlaging van het maaiveld richting de kolk, waardoor het water door hoogteverschil naar de kolk kan worden geleid wanneer de wadi vol staat.

De beplante wadi

De beplante wadi is ook een wadi met bovengrondse afvoer. De bodem is echter minder doorlatend, waardoor een infiltratiewadi niet voldoende zou werken. De beplante wadi bestaat uit een verlaging in het maaiveld. De leeflaag bestaat uit vruchtbare grond waar beplanting goed in kan groeien (grondverbetering). Daarnaast is een overstortvoorziening of verlaging van het maaiveld aangebracht die voorkomt dat de wadi, bij excessieve neerslag, overstroomt. De beplante wadi heeft het bufferen van water als primaire functie. Echter door het aanplanten van beplanting wordt het infiltreren van hemelwater gestimuleerd. Door penwortels wordt perforatie gestimuleerd en wordt het infiltratievermogen vergroot (op de lange termijn). De beplanting is bij dit ontwerp dus noodzakelijk, maar vervult tegelijkertijd de rol als groenfunctie binnen het gebied. De beplanting dient hier dus als hulpmiddel.

De wadi met drainage

De wadi met drainage is een verbeterde 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. Net als bij de beplante wadi geldt dat het noodzakelijk is om hulpmiddelen toe te

passen in dit ontwerp omdat de bodemdoorlatendheid niet toereikend is om optimaal te functioneren. Het hulpmiddel drainage is met name van toepassing wanneer de omgeving geen beplanting wenst te hebben in het gebied, waardoor er ook minder sprake is van buurtparticipatie.

De gemengde wadi

De gemengde wadi is net als de andere ontwerpen een grondverbetering ondergaan. Echter zijn er bij de gemengde wadi zijn er eigenlijk twee hulpmiddelen toegepast. Namelijk beplanting en drainage direct onder de wadi. De bodemdoorlatendheid is niet toereikend en heeft daardoor een hulpmiddel nodig. Door het toepassen van beide wordt in feite een grote buffer voor hemelwater gecreëerd dan wellicht nodig is. Hierdoor kan een gebied dienen als instroomgebied voor een groter oppervlak of wellicht private grond. Ook voor deze wadi geldt dat, wanneer de wadi volstaat het water afgevoerd kan worden richting een kolk via een overstortvoorziening of bovengrondse afvoer.



Wadi-wijzer



Projectnummer: -



Handreiking

Voor u ligt het wadi-plan van Buro Regen&Water. In het wadi-plan is een advies opgesteld voor [Meerwaldtplantsoen](#). Binnen dit plan zijn alle gegevens verzameld van het plangebied, zodat een weloverwogen advies gegeven kan worden.

De informatie die verzameld is, is gebaseerd op reeds uitgevoerde onderzoeken en eigen veldonderzoek. Deze informatie is verdeeld over de onderstaande hoofdstukken.

Binnen dit plan is zo helder mogelijk weergegeven, welke keuzes er zijn gemaakt en hoe die tot stand gekomen zijn. Op pagina 19 is het advies voor het gebied gegeven. Mocht het rapport of het advies nog vragen opwekken zijn we uiteraard beschikbaar om vragen te beantwoorden.

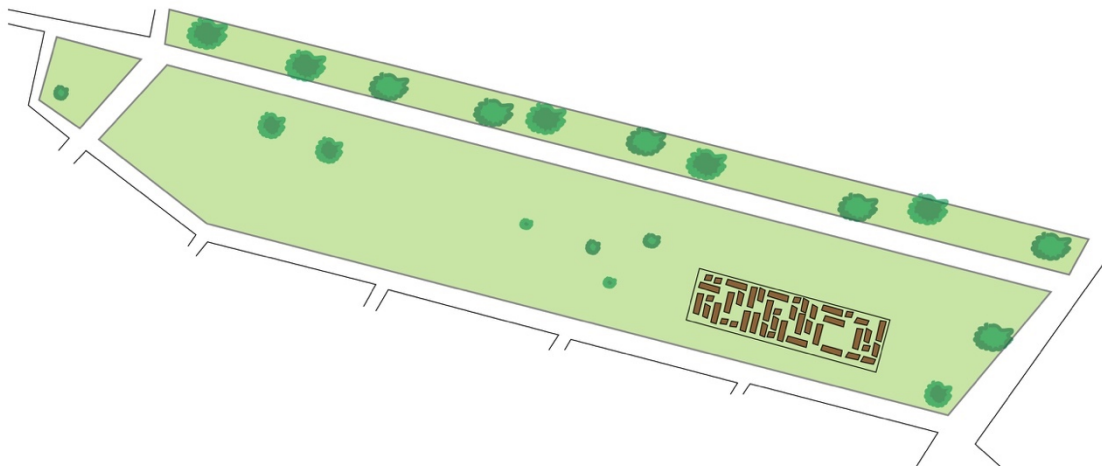
Wij hopen dat dit wadi-plan aansluit bij jullie visie en dat we hier mee aan de slag kunnen gaan.

Inleiding

Het stedelijk gebied krijgt als gevolg van de klimaatverandering steeds vaker te maken met wateroverlast. Neerslag dat in landelijk gebied valt, heeft de ruimte om te infiltreren in de ondergrond. In stedelijke gebieden is veel verhard oppervlak aanwezig, waardoor deze mogelijkheid zeer verkleind wordt. Hierdoor wordt het water direct richting de riolering afgevoerd. Echter wanneer er veel neerslag in een korte tijd valt, beschikt de riolering niet over voldoende capaciteit om het water op te vangen, waardoor het op het maaiveld blijft staan.

In de literatuur zijn verschillende interpretaties van wateroverlast gedefinieerd. Deze interpretaties omvatten vaak de omschrijving van het grondwaterpeil die de maaiveldhoogte overstijgen, echter kan er ook waterlast ontstaan waarbij de grondwaterstand nog onder de maaiveldhoogte ligt (Hussen, 2009). Hierbij kan het hemelwater de bodem niet infiltreren door slechte bodemdoorlatendheid, waardoor blijft het water op het maaiveld liggen. Wateroverlast ontstaat dus niet alleen op verharde oppervlaktes.

In het geval van het plangebied is er sprake van wateroverlast en droogte Hierin spelen nog andere factoren een grote rol, die in dit wadi-plan toegelicht zullen worden. Elk gebied heeft namelijk zijn eigen karakteristieken en knelpunten. Pas wanneer je beschikt over de voldoende kennis kun je het gebied op de juiste manier benaderen. Met als uitkomst een op maat gemaakte maatregel te treffen die zijn doel bereikt; Het tegengaan van de wateroverlast.



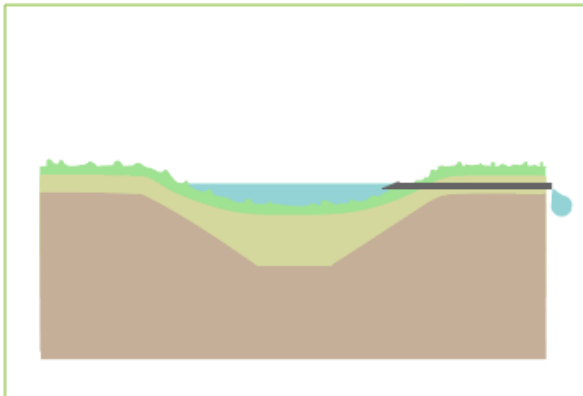
Inhoudsopgave

Handreiking.....	2
Inleiding	3
1. Het klimaat en stedelijk gebied.....	5
1.1 Wadi-typen.....	6
1.2 Modulaire wadi's.....	7
2. Analyse plangebied	8
1.1 Beschikbare ruimte.....	8
1.2 Afwateringsstructuur	9
1.3 Hydraulische eigenschappen.....	9
1.3.1 K-waarde	11
1.4 Beplanting	11
1.5 Drainage.....	12
1.6 Beslissing	12
3. Rekenmodule	13
3.1 Benodigde wadi capaciteit	13
4. Uitvoering	14
4.1 Aanleg	15
3.1 Beheer en onderhoud.....	16
3.2 Stakeholders.....	17
4 Wadi typen.....	18
4.1 Afweging	18
4.2 Advies voor het plangebied	19
4.1 Beschrijving wadi ontwerp	19
Bijlage I Doorsnede en bovenaanzicht van het wadi ontwerp.....	20
Bijlage II Wateropgave totaal.....	21
Bijlage III Uitvoer gegevens	23
Bijlage IV Uitvoeringsplanning	24
Bijlage V Technisch ontwerp gebied	25

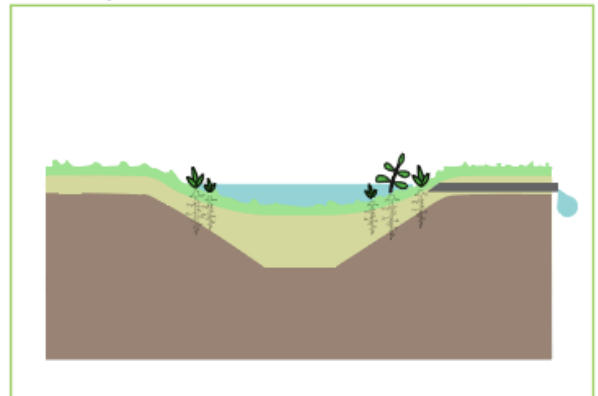
1. Het klimaat en stedelijk gebied

Door het veranderende klimaat heeft Nederland steeds vaker te maken met extremere neerslag perioden. Deze neerslag test als het ware de robuustheid van het watersysteem in stedelijk gebied. Het rioleringsstelsel in Nederland wordt op regulier functioneren getoetst met een bui die eens per twee jaar voorkomt (A. Buishand, 2007). Dit is een bui van 20 mm neerslag per uur. De verwachting rondom klimaatverandering is dat Nederland steeds vaker te maken krijgt met klimaatbuien. Dit zijn neerslaggebeurtenissen die de gevoeligheid van het gebied op toekomstige buien toetst (Ruimtelijke Adaptatie, 2018). Het rioolstelsel is niet op zo een type bui gedimensioneerd, waardoor het kan voorkomen dat water langer op straat blijft staan.

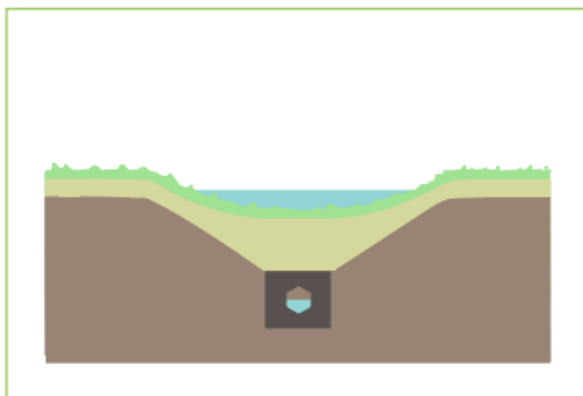
De infiltratiewadi



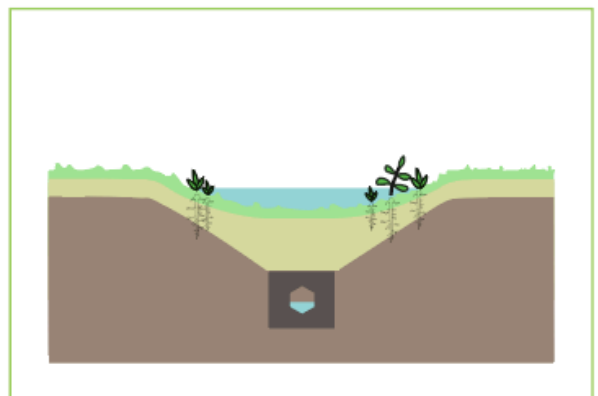
De beplante wadi



De wadi met drainage



De gemende wadi



Figuur 1 Verschillende wadi ontwerpen

De beschikbare ruimte, bodemgesteldheid en grondwaterstand spelen allemaal een rol bij het ontwerp van een wadi, vandaar dat een wadi verschillende verschijningsvormen kan hebben. De wadi-wijzer doorloopt de nodige stappen om te komen tot het optimale wadi-ontwerp voor het gebied. De verschillende wadi-ontwerpen zijn staan in de volgende paragraaf toegelicht.

Extreme neerslag hoeft niet per definitie te leiden tot wateroverlast. De verschillende eigenschappen van een stedelijk gebied spelen hierin een bepalende rol. [Het Meerwaldtplantsoen heeft last van zowel wateroverlast als droogte. De wateroverlast ontstaat op de lager gelegen plekken in het grasveld. Daar liggen de meeste knelpunten,](#)

omdat het water zich hier verzamelt en de stoep op stroomt, waardoor het voetpad ontoegankelijk wordt.

1.1 Wadi-typen

Voor de wadi-wijzer zijn vier verschillende typen wadi's gedefinieerd om wateroverlast te verminderen. Dit zijn;

- De infiltratie wadi
- De beplante wadi
- De wadi met drainage
- De gemengde wadi

Deze ontwerpen zijn gebaseerd op de verschillende eigenschappen die gebieden kunnen hebben. De verschillende ontwerpen zijn aanbevelingen op basis van de afwegingen van de wadi-wijzer. Echter zijn deze ontwerpen niet onherroepelijk, waardoor enkele ontwerpkeuzes ook variabel zijn. In de volgende paragraaf worden de verschillende ontwerpen uitgebreid toegelicht.

De infiltratiewadi

De infiltratie wadi is een eenvoudige wadi waarbij de bodem van de voorziening een toereikend infiltratievermogen heeft. Hierdoor ontstaat natuurlijke infiltratie in de bodem. De infiltratie wadi wordt ontworpen met minimale voorzieningen. Hij bestaat uit een verlaging in het maaiveld. De leeflaag bestaat uit vruchtbare grond waar gras goed in kan groeien (grondverbetering). 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. Binnen het realiseren van een infiltratiewadi zijn verschillende afwegingen te maken, zoals het aanbrengen van beplanting is nog steeds mogelijk binnen het ontwerp, mocht deze wens aanwezig zijn binnen het gebied. Tevens is de overstortvoorziening vervangbaar voor een verlaging van het maaiveld richting de kolk, waardoor het water door hoogteverschil naar de kolk kan worden geleid wanneer de wadi vol staat.

De beplante wadi

De beplante wadi is ook een wadi met bovengrondse afvoer. De bodem is echter minder doorlatend, waardoor een infiltratiewadi niet voldoende zou werken. De beplante wadi bestaat uit een verlaging in het maaiveld. De leeflaag bestaat uit vruchtbare grond waar beplanting goed in kan groeien (grondverbetering). Daarnaast is een overstortvoorziening of verlaging van het maaiveld aangebracht die voorkomt dat de wadi, bij excessieve neerslag, overstroomt. De beplante wadi heeft het bufferen van water als primaire functie. Echter door het aanplanten van beplanting wordt het infiltreren van hemelwater gestimuleerd. Door penwortels wordt perforatie gestimuleerd en wordt het infiltratievermogen vergroot (op de lange termijn). De beplanting is bij dit ontwerp dus noodzakelijk, maar vervult tegelijkertijd de rol als groenfunctie binnen het gebied. De beplanting dient hier dus als hulpmiddel.

De wadi met drainage

De wadi met drainage is een verbeterde 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. Net als bij de beplante wadi geldt dat het noodzakelijk is om hulpmiddelen toe te passen in dit ontwerp omdat de bodemdoorlatendheid niet toereikend is om optimaal te functioneren. Het hulpmiddel drainage is met name van toepassing wanneer de omgeving geen beplanting wenst te hebben in het gebied, waardoor er ook minder sprake is van buurtparticipatie.

De gemengde wadi

De gemengde wadi is net als de andere ontwerpen een grondverbetering ondergaan. Echter zijn er bij de gemengde wadi zijn er eigenlijk twee hulpmiddelen toegepast. Namelijk beplanting en drainage direct onder de wadi. De bodemdoorlatendheid is niet toereikend en heeft daardoor een hulpmiddel nodig. Door het toepassen van beide wordt in feite een grote buffer voor hemelwater gecreëerd dan wellicht nodig is. Hierdoor kan een gebied dienen als instroomgebied voor een groter oppervlak of wellicht private grond. Ook voor deze wadi geldt dat, wanneer de wadi volstaat het water afgevoerd kan worden richting een kolk via een overstortvoorziening of bovengrondse afvoer.

1.2 Modulaire wadi's

Voor de wadi-wijzer is gekozen om te werken met deze 4 verschillende modulaire doorsneden als uiteindelijk ontwerp. Dat betekent dat per doorsnede een standaardmaat wadi wordt gehanteerd. Voor het ontwerp is rekening gehouden met de verschillende locatie specifieke omstandigheden van stedelijke gebieden. De wadi-wijzer is bedoeld als handvat voor gemeentes om een afgewogen keuze te maken voor het wadi ontwerp. De wadi-wijzer is gekoppeld aan een regenwatermodule die de te verzamelen gegevens verwerkt en zo een afgewogen advies genereert. Een hulpmiddel om te voorkomen dat er water in de wadi blijft staan is een breed infiltratievlak. Hierdoor wordt meer ruimte gecreëerd voor het water om te infiltreren. In het modulaire ontwerp wordt uitgegaan van een ontwerpbreedte van 4 meter. Deze breedte is bepaald doordat er hierdoor een breed infiltratie vlak ontstaat, maar tegelijkertijd niet te veel ruimte van het plangebied inneemt.

2. Analyse plangebied

Klimaatadaptatie kan verschillende vormen hebben. Echter in het stedelijk gebied is daar niet altijd genoeg ruimte voor beschikbaar. Een wadi heeft relatief weinig ruimte nodig. Daarnaast kan een wadi meerdere functies hebben. Naast de functies bergen en infiltreren, kan een wadi ook een bijdrage leveren aan de groenfunctie en de leefbaarheid van de buurt (Verkade, 2017). Door deze multifunctionaliteit is een wadi gemakkelijker in te zetten in de beperkte ruimte van het stedelijk gebied. Daarnaast heeft de wateropgave die de wadi zal moeten bergen invloed op de ruimte die de wadi in beslag zal nemen.

2.1 Beschikbare ruimte

Het plangebied beslaat een totaal oppervlak van 7170 m². Hiervan is 26% verhard oppervlak, namelijk 1894 m². De overige 74% bestaat uit onverhard oppervlak, 5276 m² aan [grasveld](#). Binnen dit gebied zal de wadi gerealiseerd worden. In het bakkenmodel voor het plangebied kan zowel een werkelijk opgetreden neerslaggebeurtenis als de een klimaat-2050-neerslaggebeurtenis worden ingevoerd om de vast te houden hoeveelheid regen te kunnen bepalen.

Voor de klimaat-2050-neerslaggebeurtenis wordt een T= 25 van 1 uur gebruikt. Dit is een bui van 40,1 mm die eens in de 25 jaar voorkomt. T is in dit geval de herhalingsijd (Heidemij, 1988). Dit betekent dat gerekend wordt met een bui van 40,1 mm. Als deze gegevens ingevoerd worden, kan worden berekend hoe groot het volume van regenwater is. Een bui van 40,1mm die eens in de 25 jaar voorkomt, levert een totaal vast te houden hoeveelheid water op van 287.517 liter (gezien de wateroverlast die ontstaat binnen het plangebied grotendeel op het onverhard oppervlak plaatsvindt, is het totaal oppervlak van het gebied in deze berekening meegenomen. In praktijk zal niet 100% van het hemelwater worden opgevangen).

Verdeling gebied;

<i>Totaaloppervlak</i>	Oppervlak	7170	m ²
<i>Atmosfeer</i>	Neerslagintensiteit	40,1	mm/uur
	Neerslagduur	1	uur
<i>Verhard oppervlak</i>	Oppervlak	1894	m ²
	Berging	2	mm
<i>Onverhard</i>	Oppervlak	5276	m ²
	Berging	5	mm

2.2 Afwateringsstructuur

Bij het ontwerpen van een wadi is het van belang de gegevens te verzamelen van het huidige watersysteem. Het ontwerp is tevens afhankelijk van deze gegevens, hierdoor is te berekenen wat er in- en uitstroomt aan water. In de meest gunstige situatie kan het ontwerp worden gekoppeld aan het huidige watersysteem. Daarom is het nodig ook deze parameters concreet te hebben.

Rondom het plangebied liggen 11 kolken waarin het water wordt afgevoerd via leidingen van een regenwaterriool naar het oppervlaktewater buiten het gebied. Het regenwaterriool voert voornamelijk het regenwater af dat op het verhard oppervlak valt.

De gemiddelde maaiveldhoogte van het gebied varieert. Echter de gemiddelde maaiveldhoogte voor het onverhard oppervlak ligt op -0,6 m NAP. De gemiddelde maaiveldhoogte van het verhard oppervlak ligt op -0,7 m NAP (Schreuder Advies, 2017). Het hoogteverschil in het gebied ligt rond de -0,4 m. De geomorfologie van het gebied heeft echter een effect op de wateroverlast. Het is namelijk vanzelfsprekend dat water naar het laagstgelegen punt van een gebied stroomt. Doordat het gebied te maken heeft met een klein hoogteverschil is hier echter nauwelijks sprake van.

2.3 Hydraulische eigenschappen

De mate van infiltratie en ruimte in de bodem hangt sterk af van het type bodem een gebied heeft en hoe hoog de grondwaterstand staat. Bij een goed doorlatende bodem kan het hemelwater gemakkelijk infiltreren en is daar ook ruimte voor, echter bij een minder goed doorlatende bodem is er sprake van een langzamer proces, waardoor plaspvorming kan ontstaan. Door middel van boringen uitvoeren kan het bodemtype bepaald worden. Een andere optie is de gegevens van de bodem uit reeds uitgevoerd bodemonderzoek te halen.

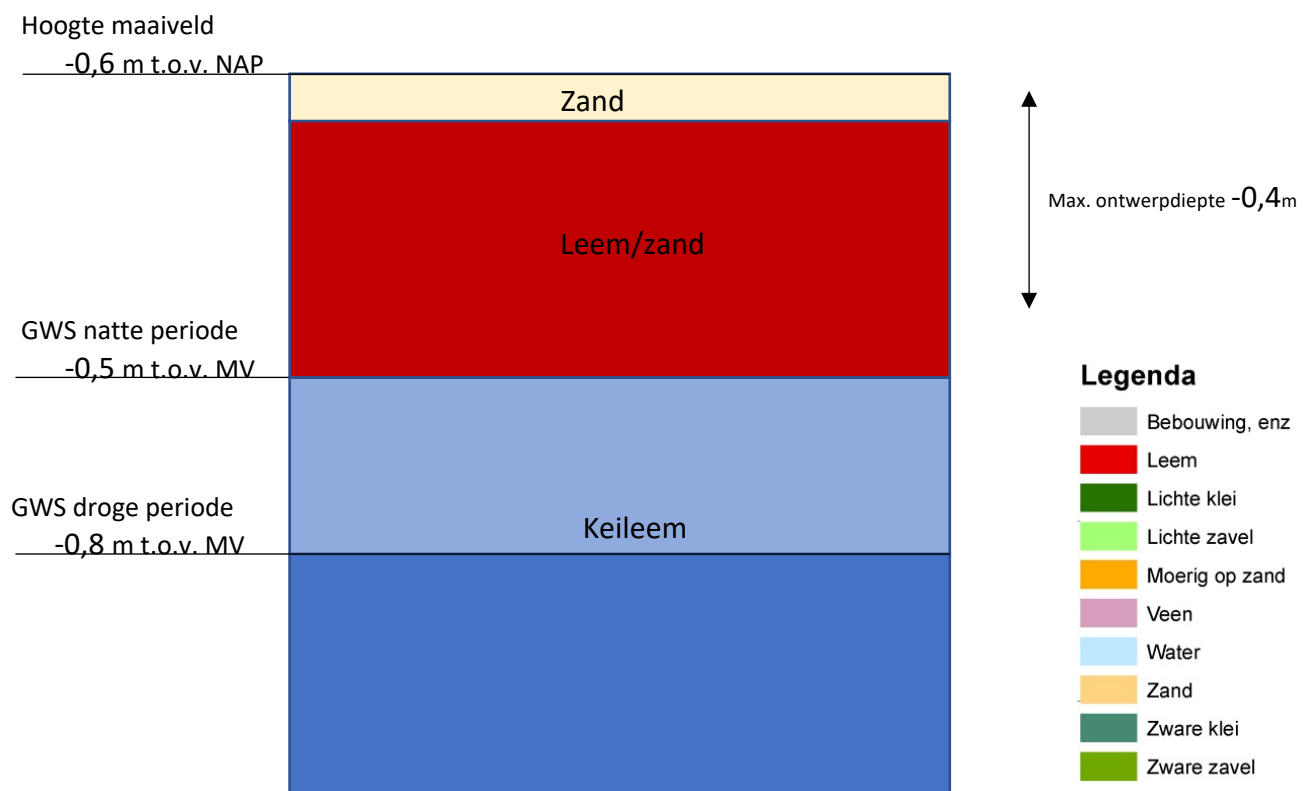


Figuur 2 Wateroverlast <https://agv.klimaatatlas.net/>

Om de grondwaterstand in het plangebied te kunnen bepalen zijn er boringen gedaan in het gebied. Hieruit blijkt dat het gebied in het voorjaar met een gemiddelde hoogste grondwaterstand van -1,1 meter te maken heeft ten opzichte van NAP. Dat betekent dat de grondwaterstand -0,5 meter ten opzichte van het maaiveld ligt. Daarnaast kan de grondwaterstand gemeten worden met behulp van peilbuizen. Deze manier van meten omvat een bepaalde periode waarbij de grondwaterstand gemeten wordt. Doordat deze fluctueert over tijd is deze methode betrouwbaarder dan een enkele meting. Deze manier van meten vertoont vaak de schommelingen in de waterstand, deze zijn te verklaren doordat het gebied met een neerslagpiek te maken heeft gehad in de periode van meten.

Uit de boringen blijkt het volgende: *In het gebied zijn boringen uitgevoerd. Hieruit is op te maken dat de bodem bestaat uit een dunne laag zand, gevolgd door een laag lemig zand, met daaronder een laag kleileem. De boring is genomen in een natte maand, waardoor de grondwater hoog stond.*

Bij het ontwerpen van de wadi zal rekening moeten worden gehouden met de hoogte van de grondwaterstand. De grondwaterstand is namelijk bepalend voor het ontwerp, gezien het grondwater niet het ontwerp mag instromen. De grondwaterstand zal in de drogere maanden lager liggen. Hierdoor is de ontwerpdiepte voor de wadi in het plangebied gesteld op een maximale diepte van 0,4 meter.



Figuur 3 Huidige situatie bodem

2.3.1 K-waarde

De grondwaterstand van een gebied heeft met name invloed op de ontwerpdiepte van een wadi, maar staat tevens in samenhang met de leeglooptijd. Wanneer het gebied te maken heeft met een hoge grondwaterstand is het van belang dat hier rekening mee wordt gehouden in het ontwerp. De diepte van de wadi mag niet lager zijn dan de gemiddelde grondwaterstand. Anders zal er namelijk constant water in de wadi staan. Een wadi die lange tijd vol staat met water kan leiden tot het vormen van een sliblaag op de bodem, waardoor het infiltratievermogen afneemt. Het volstaan van een wadi kan leiden tot muggenoverlast (Hanze, 2014). Echter doordat het natte seizoen vaak plaatsvindt in de winter, waarin muggen weinig aanwezig zijn, zal dit beperkt blijven. De leeglooptijd staat in samenhang met de infiltratiecapaciteit. Deze laatste is te berekenen met onderstaande formule:

$$\text{Doorlatendheid} = kD_{\text{tot}} \frac{H_1 - H_2}{L}$$

De hoeveelheid water die per eenheid tijd door een watervoerende laag stroomt is evenredig met de doorlatendheid en dikte van de laag*. Wanneer twee verschillende lagen onder elkaar liggen is het totale doorlaatvermogen van beide pakketten gelijk aan de som van de afzonderlijke doorlaatvermogens. Wanneer de k-waarde groter dan 0,8 m/dag bedraagt is er sprake van een goede bodemdoorlatendheid. Op basis van de bodemlagen in het gebied wordt er gerekend met een gemiddelde bodemdoorlatendheid van 0,27 m/dag. In het gebied is er dus sprake van een slechte bodemdoorlatendheid. Hierdoor zijn hulpmiddelen voor infiltratie noodzakelijk. Onder hulpmiddelen worden beplanting en drainage verstaan. Wat het effect is van deze hulpmiddelen wordt in de volgende paragraaf uitgelegd.

Deze waarden hebben te maken met de hoeveelheid lucht dat in de bodem aanwezig is. Het vermogen van de bodem om water door te laten wordt vaak aangegeven met de doorlatendheidscoëfficiënt "K". Grondsoorten hebben een K-waarde gebaseerd op deze capaciteit om water door te laten. Deze K-waarden stellen het gemiddelde voor per grondsoort. De werkelijke K-waarde varieert per gebied.

2.4 Beplanting

Het gebied heeft een matig tot slechte bodemdoorlatendheid, waardoor een hulpmiddel toegepast dient te worden. Beplanting is een optioneel hulpmiddel. Het principe van de wadi is het vasthouden van hemelwater op de daarvoor aangewezen plekken. Doordat op de toplaag van de bodem grondverbetering is toegepast, kan het regenwater beter infiltreren. Er is voor vaste planten niet meer nodig dan een goed doorlatende maar met organische stof verrijkte toplaag. De combinatie van fijne en grove wortels (penwortels) die ook nog eens dieper wortelen¹, hebben een positief effect op de doorlatendheid, beluchting en zijn zo weerbaarder voor extreme neerslag (VALA, 2018). Door meer gevarieerde vegetatie te plaatsen wordt de esthetische aantrekkingskracht van de wadi verhoogd en is het tevens beter bestendig tegen de fluctuerende waterniveaus. Hier ligt echter wel de nadruk op het plaatsen van de juiste beplanting op de juiste plek, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen water- en zon minnende beplanting.

¹ Het project wordt na 3 jaar opgeleverd, waarna de effecten van beplanting optimaal zijn.

Over het algemeen worden wadisystemen gedimensioneerd op een leeglooptijd van 24 uur². Zoals eerdergenoemd, heeft beplanting een positief effect op de doorlatendheid en beluchting van de bodem. Doordat de bodem van het plangebied te maken heeft met een slechte bodemdoorlatendheid zijn er hulpmiddelen nodig om te voldoen aan de richtlijn voor leeglooptijden.

2.5 Drainage

Wanneer de bodemdoorlatendheid van het plangebied toereikend is kan eventueel alsnog drainage worden toegepast. Zo zou een gebied kunnen dienen als een instroomgebied voor een groter oppervlak. Een ontwerpoptie voor wadi's met een slecht doorlatende bodem is het aanleggen van drainage. Een drainbuis zorgt ervoor dat in de bodem met een mindere doorlatendheid de infiltratie van hemelwater wordt bevorderd. Het hemelwater dat infiltreert in de bodem, passeert eerst de verbeterde laag, vervolgens infiltreert het via drainzand de drainage in waar het water afgevoerd gaat worden (Bos, z.d.). Doordat het drainagesysteem water snel kan afvoeren staat er niet contant water in de wadi tijdens de natte perioden en voorkomt het de voorheen genoemde problemen. Onder de wadibodem is drainage aangebracht. De drainage spreidt het water in de voorziening en kan bij hoge grondwaterstanden tevens bij- dragen aan de ontwatering van het gebied. Op deze wijze kan een wadi meerdere functies in een voorziening verenigen: infiltratie bij lage grondwaterstanden en drainage bij hogere grondwaterstanden.

Een drainage houdt in dat er meer bergingscapaciteit is binnen het gebied en tevens dat de wadi's binnen de benodigde tijd leeg zullen staan om een volgende bui op te vangen. Deze eigenschappen brengen dan ook meekoppelkansen met zich mee. Door een grotere bergingscapaciteit kan er ook gekozen worden voor een groter afgekoppeld oppervlak, door bijvoorbeeld de daken in de omgeving af te koppelen op het plantsoen. Hierdoor wordt ook de kans verkleind op wateroverlast in het gebied rondom het plantsoen en daarnaast wordt er meer infiltratiemogelijkheden gecreëerd. Deze keuze zou bijvoorbeeld ook bij wadi kunnen worden gemaakt die geen hulpmiddelen nodig hebben. Door het toepassen van drainage, kan het gebied een, zogenaamd, instroomgebied worden voor hemelwater.

2.6 Beslissing

Voor het [Meerwaldtplantsoen](#) is gekozen voor het toepassen van de gemengde wadi. Dit is een type wadi met twee soorten hulpmiddelen, zowel drainage als beplanting. Wanneer de beplanting effectief is, zou de drainage eventueel stop kunnen worden gezet. Echter, het gebied zou ook kunnen dienen als instroomgebied voor een groter oppervlak.

² In de leidraad riolering van Stichting RioNED wordt aanbevolen om in te grijpen als de leeglooptijd is toegenomen met meer dan 200% t.o.v. de ontwerpwaarde.

3. Rekenmodule

Met behulp van de verzamelde gegevens is vervolgens de regenmodule in te vullen, waarmee de waarden kunnen worden doorgerekend tot de huidige wateropgave van het plangebied.

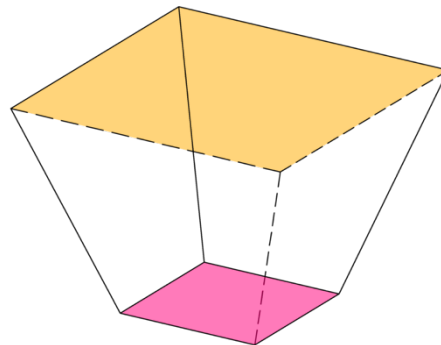
Uit de gegeven waarden blijkt dat het gebied bij een T=25 bui te maken heeft met een waterinvoer van 287.517 liter. In het ideale geval zal deze opgave in het gebied kunnen worden geborgen. Op die manier kan het hemelwater inspelen op de droogteperioden, aangezien het de infiltratie van hemelwater bevordert. Hierdoor wordt het grondwater aangevuld tot het oorspronkelijke niveau voordat hemelwater versneld werd afgevoerd. Op die manier werkt het gebied als een spons. Wanneer het wadi-systeem vol staat kan het hemelwater via het rioolstelsel, alsnog worden afgevoerd. De minimaal te bergen opgave die het gebied heeft komt uit op 174524 liter doordat er sprake is van een gemengde wadi. Deze opgave is berekend aan de hand van de uitvoergegevens van het gebied, met name de afvloeiing coëfficiënt van het verhard oppervlak richting riolering en de infiltratiecapaciteit van het onverhard oppervlak.

3.1 Benodigde wadi capaciteit

Daarmee is de wateropgave bepaald voor het gebied. Dit is tevens het te bufferen volume water om wateroverlast in het stedelijk gebied te beperken. Het te bergen hemelwater zal vervolgens worden opgevangen in wadi's. De afmeting van deze wadi's is afhankelijk van de wateropgave en is te berekenen als een vierhoekig frustum;

$$V = \frac{1}{3}h(a^2 + ab + b^2)$$

Hierin is V het volume dat berekend wordt, h de hoogte van het frustum en a en b zijn het grondvlak en het bovenzvlak. De diameter van de bodem wordt berekend op basis van de graafhoek. De maaiohoek van de wadi van het Meerwaldtplantsoen had een graafhoek 12° zodat het maaibeeld hierop niet aangepast hoeft te worden. Op basis van deze graafhoek kan de bodemdiameter worden berekend. In de tabel zijn de waarden opgenomen waarmee de inhoud van de wadi kan worden berekend.

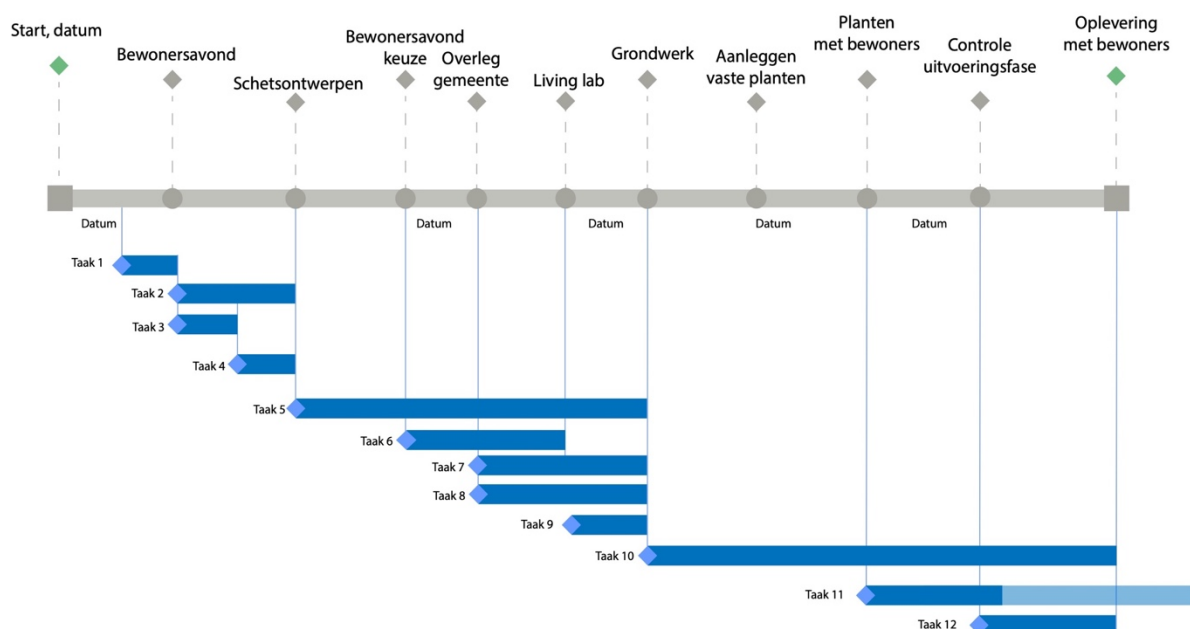


$$\text{Bodembreedte} - \frac{2 * \text{diepte}}{\tan \angle^{\circ}} = \text{bodemdiameter}$$

Aan de hand van de diepte van het ontwerp, het talud, de vaste breedte en de huidige opgave is te stellen dat de wadi een capaciteit van 148.863 liter zal hebben, waarvoor 656m² van het onverhard oppervlak wordt gebruikt.

4. Uitvoering

Voor de realisatie van een wadi in stedelijk gebied komen meer stappen bij kijken dan alleen de wateropgave. Voor het uitvoeren van het optimale wadi ontwerp zal de juiste aanleg, passend beheer en onderhoud vereist zijn. In de onderstaande paragrafen worden deze stappen concreet toegelicht.



Figuur 4 Globale projectplanning

Project			
Start	Eind	Weken	Omschrijving taak
10-02-21	31-02-2021	3	Inventarisatie gebied
31-02-2021	21-02-21	3	Ontwerpwensen en knelpunten in kaart brengen
31-02-2021	14-02-21	2	Conceptschets
14-02-21	14-03-21	4	Schetsontwerp
14-03-21	14-04-21	4	Begroting
14-04-21	14-05-21	4	Keuzeproces bewoners
14-05-21	28-05-21	2	Vergunningaanvragen
28-05-21	14-06-21	2	Beheerplan en maaibeleid
14-06-21	30-06-21	2	Technische tekening
01-08-21	14-12-21	20	Uitvoering*
14-12-21	14-01-22	4	Beplanting
14-01-22	14-02-22	4	Controle
06-06-22	06-07-22	-	Beplanting 2e ronde
Duur	54	Oplevering	
		ng	

4.1 Aanleg

De werkwijze is afhankelijk van het ontwerp voor de wadi. Bij het aanleggen van de infiltratie zullen meer stappen komen kijken dan bij de drainwadi. Per ontwerp zullen er specifieke stappen moeten worden gezet binnen het proces van het aanleggen van de wadi. Echter ieder ontwerp zal grondverbetering ondergaan, waardoor dit wederkerende stappen zijn binnen de werkwijze. Het project omvat ongeveer 54 weken.

Bij het ontwerp voor het plangebied is een werkwijze opgesteld waarbij er wordt uitgegaan van gemengde wadi. De verschillende stappen binnen deze werkwijze staan hieronder toegelicht

1. Graafwerkzaamheden; Het opbrengen en verdelen van het op te brengen zand na het afgraven en verdelen van de graszoden of kleigrond. Dit kan met een soortgelijke graafmachine worden gedaan. Het terrein is goed bereikbaar om het zand op diverse plaatsen te storten [geplande maand].
2. Graafwerkzaamheden; dieper graven wanneer een drain gelegd zal worden. Houdt een breedte van 30 cm en een diepte van 60 cm aan onder de wadibodem. Hierin wordt eerst een laag drainzand aangebracht waarop de drain komt te liggen. Boven op de drain wordt het resterend drainzand aangebracht waardoor de geul weer opgevuld is.
3. Frezen; Na de graafwerkzaamheden is een zwaardere frees en trekker voor het frezen van de kleigrond. Mogelijkheid op een kleigrond die nat en zwaar is [geplande maand]. Waarschijnlijk egalisatie door een sleep nadien.
4. Na het frezen wordt de overtopfrees gehanteerd. De bovenste laag zal al droger zijn en de toplaag moet uiteindelijk fijn en los van structuur worden. Het gebruik van een lichte trekker is belangrijk in verband met het voorkomen van verdichting van de bodem [geplande maand].
5. Na het frezen kan een tweede laag zand worden opgebracht waarmee een goed zaaibed gecreëerd kan worden. Het zand dient na het opbrengen weer gefreesd worden [geplande maand].
6. Na deze werkwijze kunnen de vaste planten in stroken worden geplant in combinatie met het onkruid wieden. De stroken die na het planten nog leeg zijn zullen weer worden gefreesd met een rotoeg. Dit is een type frees waarbij de tanden op een draaiende rol zitten. De breedte van de frees is van belang om te weten bij de aanleg in verband met de stroken met vaste planten [geplande maand].

Tussen de stappen van aanleg zitten echter wel momenten waarop wordt gemonitord hoe de bodem reageert op een regenbui. Hierdoor kunnen er eventuele aanpassingen aan de planning gemaakt worden. De aanleg omvat ongeveer 20 weken. De aanlegkosten per meter zullen €20,95 bedragen. De uitvoeringsplanning is opgenomen in bijlage IV.

4.2 Beheer en onderhoud

Onder beheer en onderhoud wordt inspectie, groenonderhoud en maaien verstaan. Bij een wadi met inheemse beplanting komt echter een andere manier van beheer kijken. Terwijl een graswadi eens in de twee weken gemaaid moet worden, zal de beplante wadi slechts twee keer per jaar gemaaid moeten worden. Dit heeft invloed op het maaibeleid van groenbeheer. Voor het plangebied is ervoor gekozen om een wadi talud van 12° aan te houden, waardoor er rekening wordt gehouden met het maaibeleid. De diameter van de bodem wordt berekend op basis van deze graafhoek, waardoor de bodemdiameter wordt berekend. In het geval van het plangebied komt de bodemdiameter uit op 0,2 meter.

$$Breedte - \frac{2 * diepte}{\tan \angle^{\circ}} = bodemdiameter$$

Daarnaast zal de uitvoerder het gebied na drie jaar op leveren aan groenbeheer van de gemeente. Binnen het gebied is sprake van hoge mate van participatie. Dit houdt in dat het beheer en onderhoud voor een groot deel wordt uitgevoerd de bewoners zelf. Het beheer en maaibeleid wordt in onderstaande tabel beschreven, met de bijbehorende beheerkosten per vierkante meter.

Tabel 1 Onderhoud en groenbeheer

Onderhoud en groenbeheer	Frequentie
Aantal keer maaien per jaar (gemiddeld +afvoeren maaisel	2 x per jaar met bewoners
Aantal keer ongewenste planten en bomenzaailingen verwijderen per jaar	2 x per jaar met bewoners
Aantal keer controleren infiltratiesnelheid per jaar	2x per jaar door uitvoerder met bewoners
Aantal keer controleren overstroomgeulen per jaar	2x per jaar door uitvoerder met bewoners
Aantal keer controle kolken per jaar	2x per jaar door uitvoerder met bewoners
Aantal keer bijzaaien kruidenmengsel per jaar	N.v.t. het kruidenmengsel produceert zelf zaden
Beheerkosten per m2	€0,12

4.3 Stakeholders

De stakeholders van het Meerwaldtplantsoen zijn zeer betrokken bij de wijk, waardoor de participatie hoog is. Dit is gunstig voor het project. De belangen die de bewoners hebben zijn onder andere het oplossen van de wateroverlast en droogte, realisatie van de wadi's, goed onderhoud, bruikbaar groen en inheemse beplanting. . Bij een betrokkenheid omgeving wordt tevens het verantwoordelijkheidsgevoel naar de omgeving toe versterkt. Dit kan de actieve deelname versterken van een wijk; participatie.

Buro Regen&Water vindt buurtparticipatie heel belangrijk en streeft ernaar zoveel mogelijk participatie vanuit de buurt te krijgen voor, tijdens en na oplevering van het project. Bewoners weten immers wat er speelt in hun omgeving en willen hier eventueel zelfs aan bijdragen. De betrokkenheid van de omgeving versterkt tevens het verantwoordelijkheidsgevoel naar de omgeving toe, wat tevens de actieve deelname versterkt in een wijk: participatie. Buro Regen&Water wil de buurt bij het gehele proces van het project betrekken, van planvorming tot beheer. Hieronder vallen onder andere keuzes maken bij het ontwerp en het zaaien en beplanten met bewoners. Daarnaast helpen de bewoners met het onderhoud, doordat zij planten mogen plukken. Dit voorkomt dat er te dichte groei optreedt, waardoor andere planten niet meer kunnen kiemen.

Stakeholder	Belang	Invloed
Bewoners	Oplossen wateroverlast, droogte, realisatie, onderhoud, bruikbaar groen, inheemse beplanting	Hoog
NLBloei	Realisatie, biodiversiteit	Laag
Buro R&W	Realisatie, bergen wateropgave, passende oplossing, functionele oplossing	Hoog
Waternet	Hemelwaterzorgplicht, voorkomen wateroverlast	Gemiddeld
Gemeente Amsterdam	Voorkomen wateroverlast, klimaatadaptatie, beheer, leefbaarheid	Hoog
Stakeholder	belang	Mate van invloed kiezen

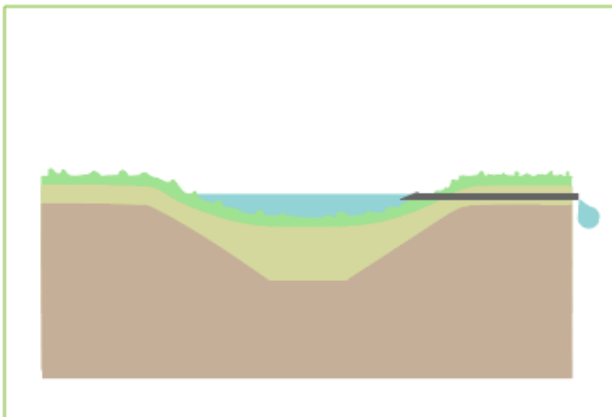
5. Wadi typen

Doordat de benodigde berging berekend is aan de hand van voorgaande stappen kan vervolgens worden afgewogen welk ontwerp het beste ontwerp is voor het plangebied. Op basis van de gegevens wordt in het volgende hoofdstuk een afweging gemaakt tussen de verschillende ontwerpen.

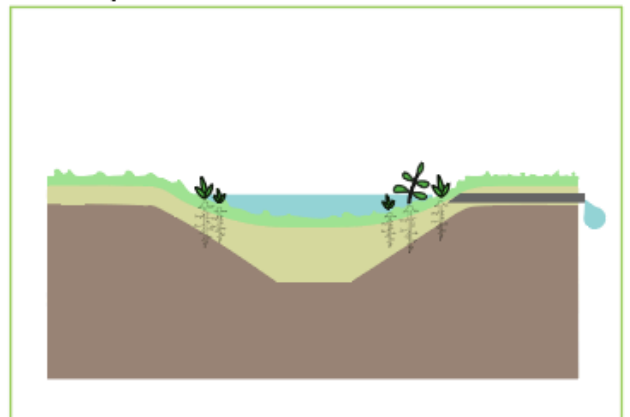
5.1 Afweging

Uit de gegevens van het onderzoek blijkt dat er voor het Meerwaldtplantsoen, wanneer wadi's worden gerealiseerd, hulpmiddelen worden aangeraden. Vanuit de bewoners komt naar voren dat zij voorkeur hebben voor beplanting. Ook uit het onderzoek blijkt dat een beplante wadi geschikt is voor het gebied. Echter wil Waternet, als veiligheidskeuze, drainage toegepast zien worden, zie bijlage VI. Buro Regen&Water zal de lijn van Waternet volgen. De drainage kan gepaard gaan met beplanting waardoor het resultaat een gemengde wadi wordt. Het toepassen van drainage vergroot de bergingscapaciteit. Door het toepassen van drainage kan het gebied dienen als een instroomgebied voor een groter afgekoppeld oppervlak. Dit speelt in op toekomstige gevolgen van klimaatverandering.

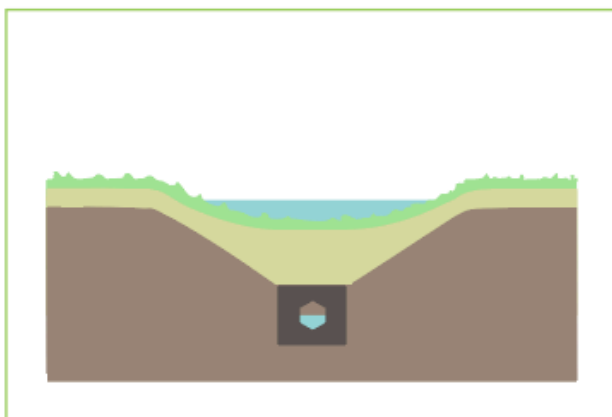
De infiltratiewadi



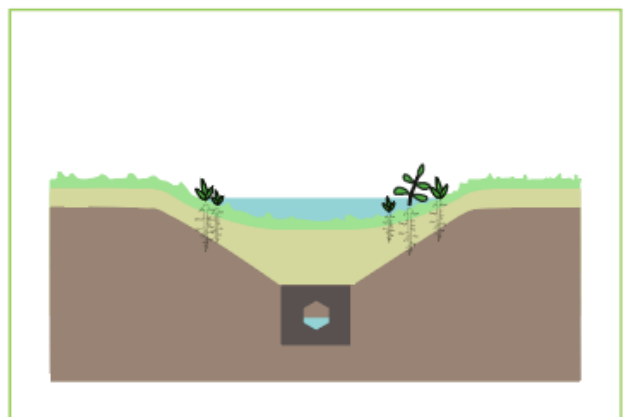
De beplante wadi



De wadi met drainage



De gemengde wadi



5.2 Advies voor het plangebied

Wanneer je beschikt over de voldoende kennis kun je het gebied op de juiste manier benaderen. De verzamelde gegevens hebben als uitkomst een op maat gemaakte maatregel die zijn doel bereikt; Het tegengaan van de wateroverlast en droogte.

In onderstaand figuur staat het wadi-ontwerp voor het plangebied met bijbehorende toelichting. In bijlage I staan de doorsnede en het bovenaanzicht van het ontwerp weergegeven. In bijlage V is het technische ontwerp te zien voor het plangebied.

5.3 Beschrijving wadi ontwerp

Voor het plangebied **Meerwaldtplantsoen** is gekozen voor een gemengde wadi. De gemengde wadi is net als de andere ontwerpen een grondverbetering ondergaan. Echter zijn er bij de gemengde wadi zijn er eigenlijk twee hulpmiddelen toegepast. Namelijk beplanting en drainage direct onder de wadi. De bodemdoorlatendheid is niet toereikend en heeft daardoor een hulpmiddel nodig. Door het toepassen van beide wordt in feite een grote buffer voor hemelwater gecreëerd dan wellicht nodig is. Hierdoor kan een gebied dienen als instroomgebied voor een groter oppervlak of wellicht private grond. Ook voor deze wadi geldt dat, wanneer de wadi volstaat het water afgevoerd kan worden richting een kolk via een overstortvoorziening of bovengrondse afvoer.

De oplossing van het plangebied draagt bij aan het klimaatbestendig maken van het stedelijk gebied. Een bijkomstigheid van openbaar groen is de onverharde bodem, hierdoor kan hemelwater infiltreren en het grondwater aanvullen. Het ontwerp biedt zo niet alleen een oplossing voor natte perioden maar ook voor perioden van droogte.

Bijlage I Doorsnede en bovenaanzicht van het wadi ontwerp

[Doorsnede ontwerp]

[Bovenaanzicht ontwerp]

Bijlage II Wateropgave totaal

Reservoir	Waterstromen	Waarde	Eenheid
Totaaloppervlak	Oppervlak	7.170	m ²
Bui	T=	25,0	mm
Atmosfeer	Neerslagintensiteit	40	mm/uur
	Neerslagduur	1,0	uur
Verhard oppervlak	Oppervlak	1.894	m ²
	Berging	2,0	mm
	Daken	-	m ²
	Berging	2,0	mm
	Percentage aangesloten op riool	0,7	
	Afvloeiingscoëfficiënt	0,8	
Riolering	POC	0,3	mm/uur
	Buisdiameter	0,3	m
	Lengte riool	324	m
Onverhard	Oppervlak	5.276	m ²
	Berging	5,0	mm
	Bodemdoorlatendheid	0,27	m/dag
Grondwaterstand	Grondwaterstand nat	-1,1	m t.o.v. NAP
	Infiltratielaag	-0,5	m t.o.v. MV

	Grondwaterstand droog	1,4	m t.o.v. NAP
	Infiltratielaag	-0,8	m t.o.v. MV
Oppervlaktewater	Oppervlak	-	m ²
	Lengte watergangen	-	m
	Talud 1:m	-	
	Toegestane peilstijging	-	m
	Ontwatering	-	m ³ /uur
	Afwatering	-	l/s/ha
Maaiveld	Verhard	-0,7	m t.o.v. NAP
	Onverhard	-0,6	m t.o.v. NAP
	Hoogste punt	0,4	m t.o.v. NAP
	Laagste punt	0,8	m t.o.v. NAP
	Hoogteverschil	-0,4	m
		288	m ³
	Totale invoer water	287.517	liter
Uitvoer	Huidige watersysteem	112.993	liter
	Minimaal te bergen in wadi	174.524	liter

Bijlage III Uitvoer gegevens

Uitvoergegevens				
reservoir	Waterstromen	m ²	m3	
Verhard oppervlak	Neerslaghoeveelheid		76	
	Berging		4	
	Rioolinloop		61	
	Wateroverschot		11	
Riolering	inhoud buis(berging)		23	
	inhoud buis	0,07		
	POC		1	
	Overstort		37	
Onverhard oppervlak	Neerslaghoeveelheid		212	
	Infiltratie		59	
	Berging		26	
	Wateroverschot zonder drainage	137		
Oppervlaktewater	Neerslaghoeveelheid		0,00	
	Bergingscapaciteit		0,00	
	Afwatering		0,00	
	Ontwatering		0,00	
Opgave	Benodigde Berging		175	
	Afvoer totaal		113	
Huidige situatie			175	
			Minimaal te bergen in wadi	
			174.524	
				liter

Bijlage IV Uitvoeringsplanning

Uitvoering				
Start	Eind	Duur	Omschrijving	
01-08-20	15-08-20	2	2	Graven
15-08-20	28-08-20	2	2	Opbrengen/verdelen grond
28-08-20	22-09-20	3	3	Drain/aquazand afgraven
22-09-20	05-10-20	2	2	Frezen
05-10-20	18-10-20	2	2	Overtopfrezen
18-10-20	01-11-20	2	2	Laag zand aanbrengen
01-11-20	16-11-20	2	2	Aanleggen vaste planten
16-11-20	30-11-20	2	2	Planten
30-11-20	14-12-20	3	3	2e ronde beplanting
Duur		20		

Bijlage V Technisch ontwerp gebied

[Technisch ontwerp]



Notitie

Aan

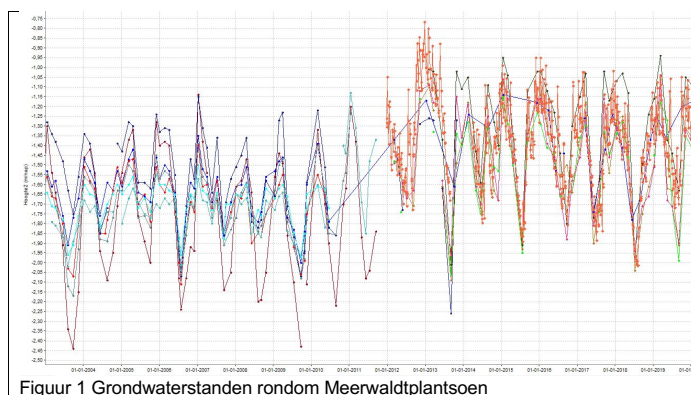
Beste mensen

Ik heb op verzoek van [REDACTED] een korte analyse gemaakt van de grondwatersituatie op het Arthur Meerwaldtplantsoen in Amsterdam West. De focus ligt hierbij op de noordwestzijde van het plantsoen omdat hier de grootste problemen met grondwater zijn geconstateerd.

Voor deze (korte) analyse wordt gebruik gemaakt van :

- meetgegevens van Waternet. Langs de noordzijde en de westzijde van het plantsoen staan een aantal peilbuizen waarop al jarenlang is gemeten (o.a. hoogfrequent met dataloggers).
- boorbeschrijvingen van bureau Groenadvies (d.d. 31 januari 2017) die zijn gemaakt in opdracht van het stadsdeel en IBA.
- meetgegevens van 5 peilbuizen die door [REDACTED] zijn geplaatst in dec. 2016. Deze filters zijn bemeaten over de periode dec. 2016 tot feb. 2017.

Ik heb begin 2012 een analyse gemaakt van de grondwatersituatie in het noordwesten van Amsterdam waaruit bleek dat de ontwateringdiepte (afstand tussen maaiveld en hoogste grondwaterstand) rondom het Meerwaldtplantsoen te klein was. In ieder geval te klein voor de door Waternet gewenste ontwateringdiepte. In de onderstaande figuur (1) heb de meetgegevens van de peilbuizen rondom het Meerwaldtplantsoen weergegeven.



Figuur 1 Grondwaterstanden rondom Meerwaldtplantsoen

Wat opvalt is dat rond 2011 een sprong is te zien waarbij de grondwaterstanden significant toenemen. De oorzaak ligt in de vervanging van het regenwaterriool in de Burgemeester Vening Meineszlaan. Verder is te zien dat de fluctuaties maximaal circa 1,0 m bedragen. De maximale grondwaterstanden liggen hier gemiddeld rond circa NAP – 1,00 m.

Uit het grondonderzoek van bureau Groenadvies blijkt dat in het noordwestelijke deel de maximale grondwaterstanden dicht onder maaiveld komen d.w.z. hooguit enkele decimeters. Dit valt af te leiden uit de zogenaamde gleyverschijnselen die in de boorprofielen zichtbaar zijn. Dit zal mede een verklaring zijn voor de plasvorming in

Datum
9 juli 2020

Contactpersoon

Doorkiesnummer

Onderwerp
Grondwaterstanden
Meerwaldtplantsoen



Notitie

Aan

[REDACTED]

Datum

9 juli 2020

Contactpersoon

[REDACTED]

Doorkiesnummer

[REDACTED]

Onderwerp

Grondwaterstanden
Meerwaldtplantsoen

dit deel van het plantsoen. Wat wel opviel in dit onderzoek is dat de maaiveldhoogten hier relatief sterk verschillen. Omdat niet bij alle boringen een maaiveldhoogte bekend is kan niet overal een grondwaterstand t.o.v. NAP worden teruggerekend. Op de site van de AHN3 komt overigens hetzelfde beeld naar voren : d.w.z. een wisselende maaiveldhoogte (tussen NAP – 0,50 m en NAP – 0,70 m).

Ook uit de meetgegevens van [REDACTED] valt te constateren dat de ontwateringdiepte zeer gering is. Hier varieert de afstand tussen maaiveld en hoogste grondwaterstand tussen de 0 (grondwaterstand vrijwel gelijk aan maaiveld) en 0,35 m. Zoals genoemd geldt dit voor de periode dec.2016 t/m feb. 2017.

Geconcludeerd kan worden dat de afstand tussen maaiveld en hoogste grondwaterstand in de winterperiode te klein is. Bij Waternet wordt een ontwateringdiepte van minder dan 0,50 m als onvoldoende beschouwd en dat beheersmaatregelen daarom wenselijk zijn.

Door [REDACTED] is de vraag gesteld op wat voor diepte drainage moet liggen om van een goede werking verzekerd te zijn. Bij Waternet wordt altijd geadviseerd om de drainage permanent onder water te leggen. Dit betekent als we de grafiek 1 leidend nemen dat de bovenzijde van de drainage op een niveau van NAP – 2,00 m moet worden gelegd om droogvallen zoveel mogelijk te voorkomen.

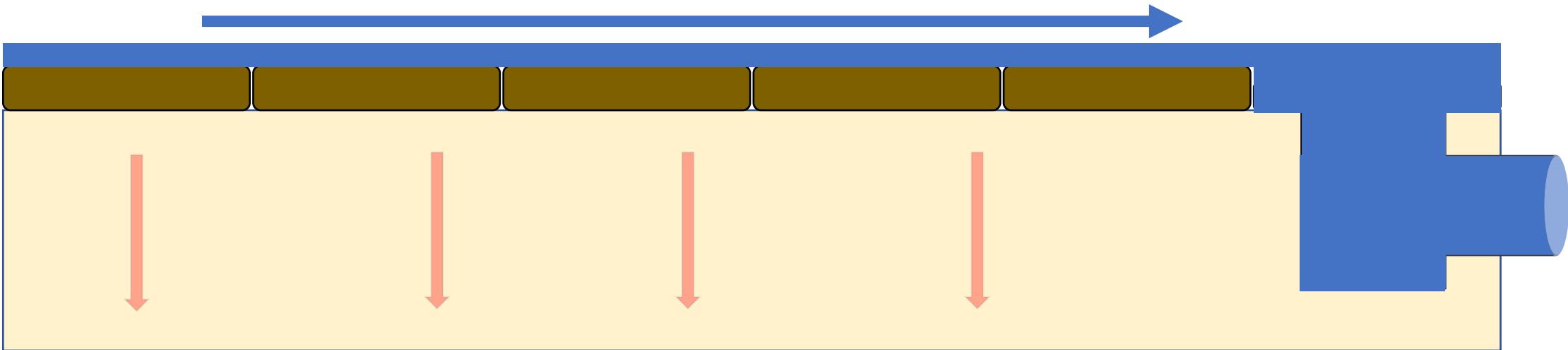
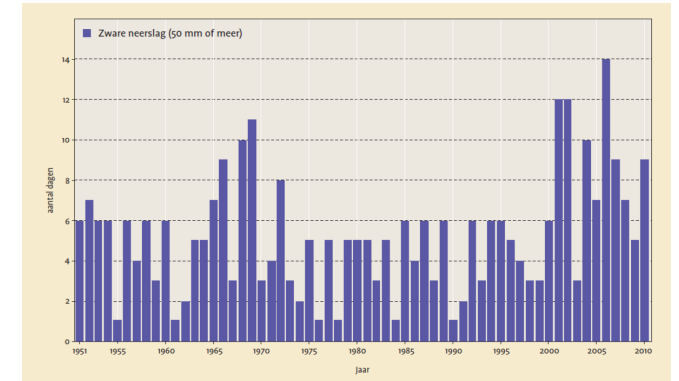
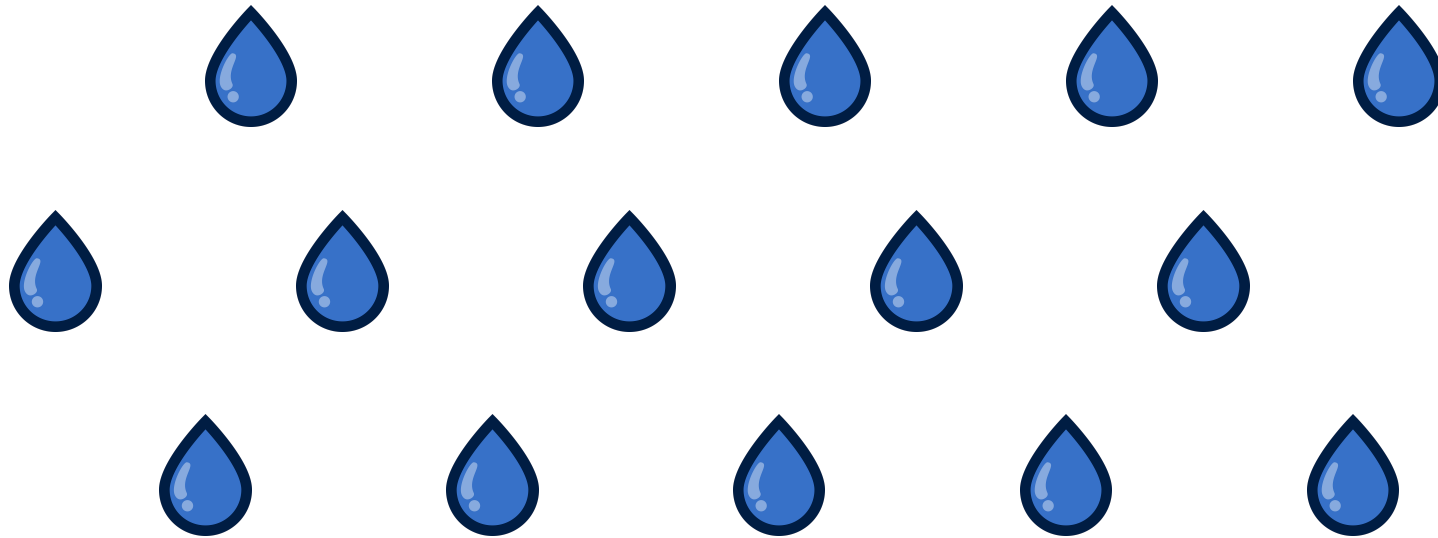
Verder is de vraag gesteld waar de drainage moet komen te liggen. Ik denk op dit moment dat een streng onder iedere wadi de beste oplossing is. Wel moet nog worden gekeken naar doorspuitpunten en het gewenste overloophniveau. Op dit moment lijkt het verstandig om een overloophniveau van circa NAP – 1,60 te kiezen (indien dit technisch en financieel mogelijk is). Dat is circa 0,5 m onder de bodem van de wadi.



Publieke wadi's in de stedelijke omgeving

Klimaattuin Het Meerwaldtplantsoen

Verstedelijking, verstening & klimaatverandering



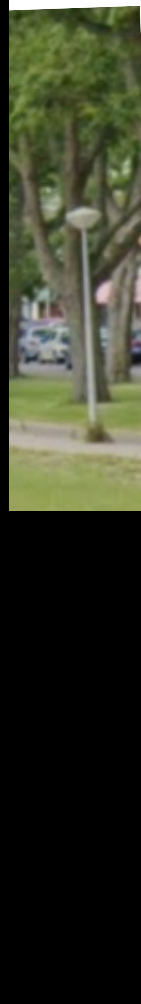


Wateroverlast



Droogte



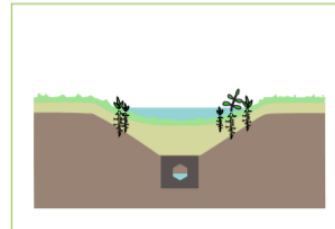
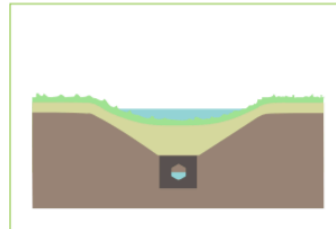
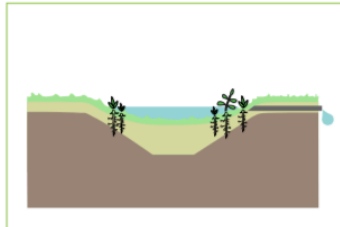
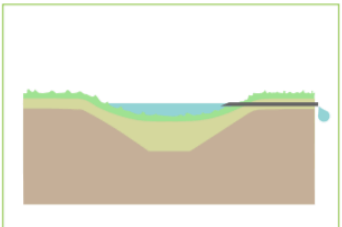


WADI-WIJZER

Stroomschema

Excel-model Word-template

Wadi-plan



STROOMSCHEMA VOOR TYPE WADI

Voor de realisatie van een wadi zijn bepaalde afwegingen te maken. Met name de informatie over de bodem is zeer van belang voor het ontwerp van een wadi. Hieronder staan een paar stappen die doorlopen kunnen worden tijdens het ontwerpen van een wadi.



LAAG

Een lage grondwaterstand kan een effect zijn van het direct afvoeren van regenwater richting riolering. Een te lage grondwaterstand is niet goed voor de kwaliteit van de bodem. Door het lokaal opvangen van regenwater en het te laten infiltreren kan de grondwaterstand tot zijn originele stand worden teruggebracht.

GRONDWATERSTAND

HOOG

Een hoge grondwaterstand kan een effect zijn van een slecht-doorlatendelaag waarop het water blijft staan omdat het niet goed kan infiltreren of omdat het water nergens heen kan. Een permanente hoge grondwaterstand is niet goed voor beplanting of gras. Door hulpmiddelen kan water beter infiltreren.



GOED

BODEMDOORLATENDHEID

MATIG

Een goede bodemdoorlatendheid betekent dat het water gemakkelijk kan infiltreren. Door het hemelwater aangewezen plekken te geven om naar toe te stromen en vervolgens te infiltreren. Doordat de bodem goed doorlatend blijft het water maar tijdelijk staan.

Een matige doorlatendheid betekent dat het water niet goed kan infiltreren door de bodemsamenstelling. Om infiltratie te stimuleren wordt een hulpmiddel aangeraden, echter wordt ook aangeraden het water lokaal te houden en niet af te voeren gezien de lage grondwaterstand.

GOED

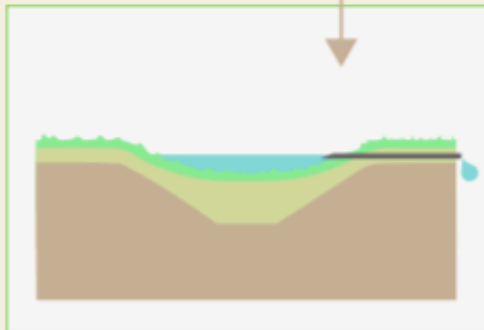
BODEMDOORLATENDHEID

MATIG

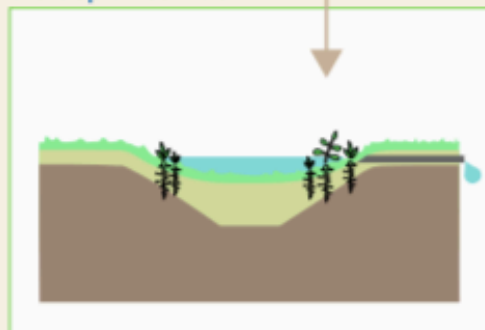
In het geval van een hoge grondwaterstand met een goede doorlatende bodem is er sprake van een te grote toestroom van water. Om dit te beheersen kan er drainage worden toegepast in het gebied. Op die manier kan de grondwaterstand laag worden gehouden door afvoer naar het riool of oppervlakte water

In het geval van een hoge grondwaterstand met een slecht doorlatende bodem is het noodzakelijk om hulpmiddelen toe te passen. Om de hoge grondwaterstand te beheersen kan er drainage worden toegepast in het gebied die afvoert op het riool of oppervlaktewater. Beplanting stimuleert de bodeminfiltratie op langere termijn.

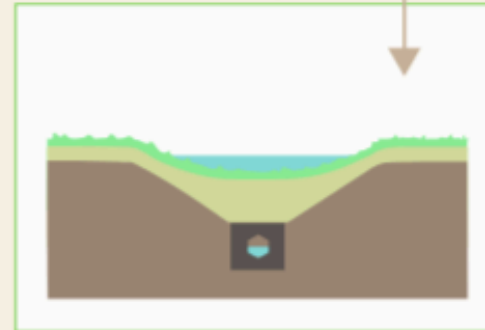
De infiltratiewadi



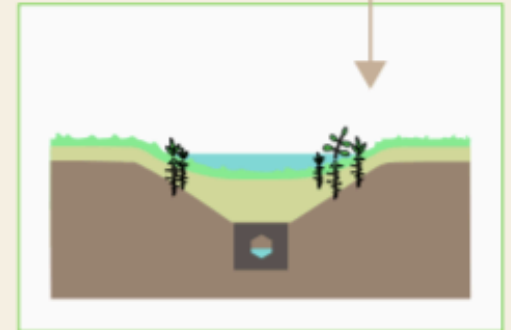
De beplante wadi



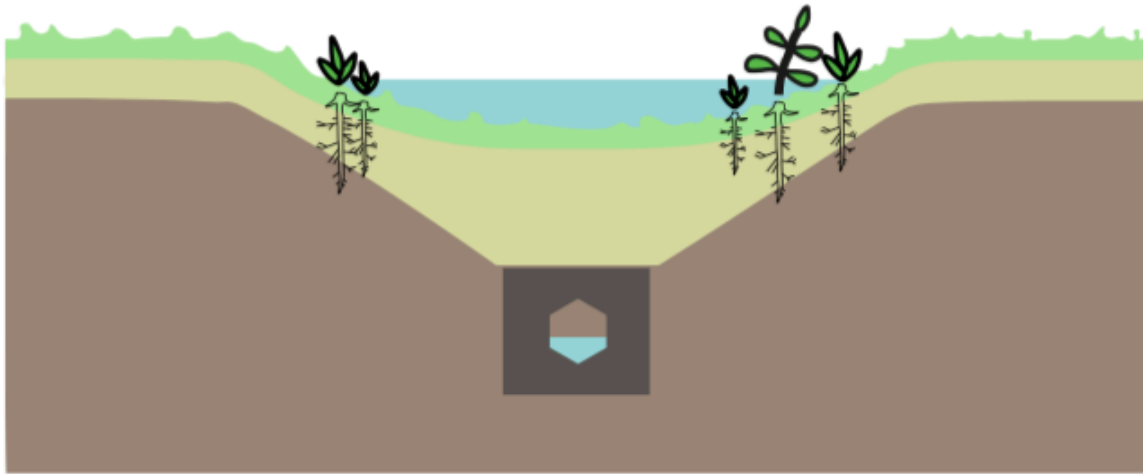
De wadi met drainage



De gemengde wadi



De gemengde wadi



- Onderzoek
- Bewoners
- Gemeente
- Waternet

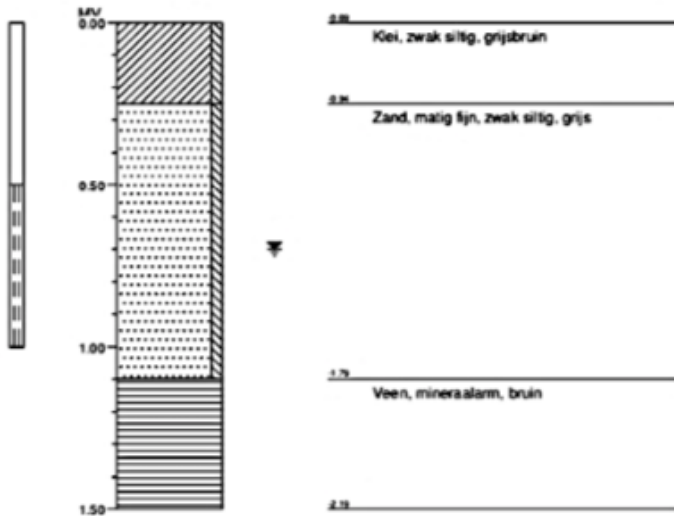
Excel-model

Op de achtergrond

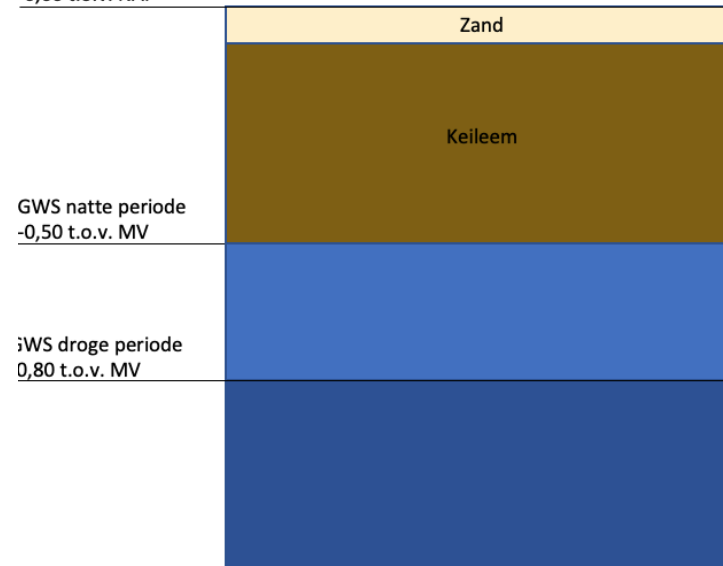
Boring: HB6(P6)

Uitvoeringsdatum: 05-12-2016

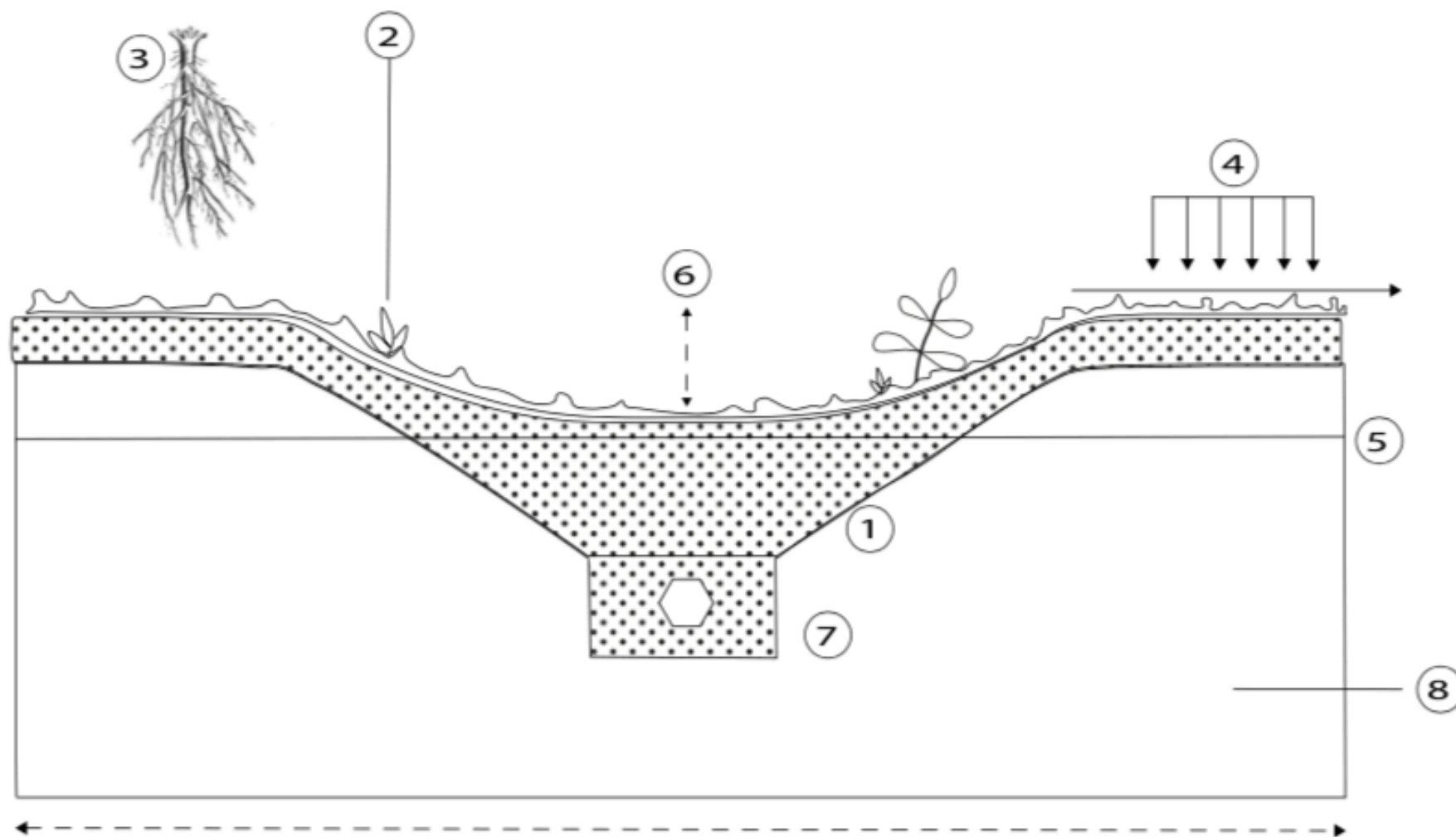
GWS: 70 cm-mv Maaiveldhoogte: -0.69 m t.o.v. N.A.P. X-coörd.: 117457 Y-coörd.: 488404



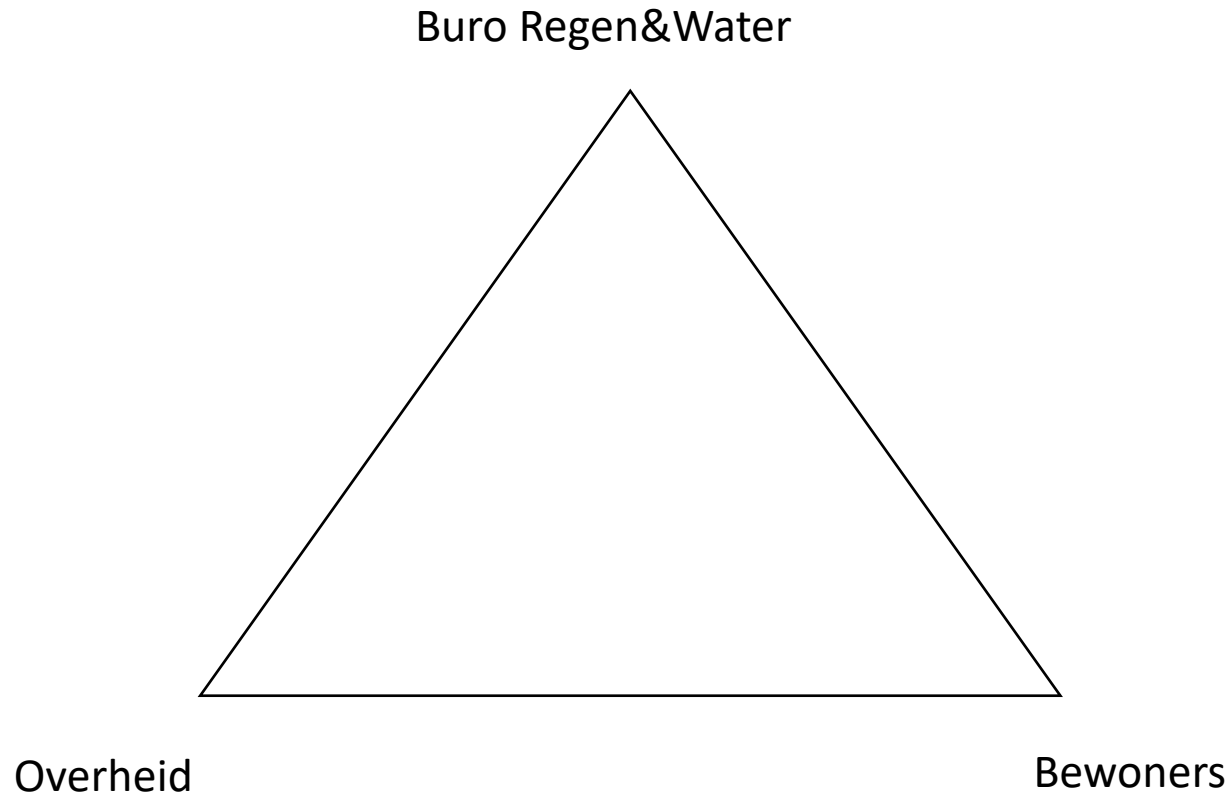
Maaiveld
-0,66 t.o.v. NAP



Wadi-ontwerp



Het ontwerpproces



- Bemiddelaar
- Stakeholders
- Participatie
- Transparantie

Grotere vraag binnen stedelijk gebied

