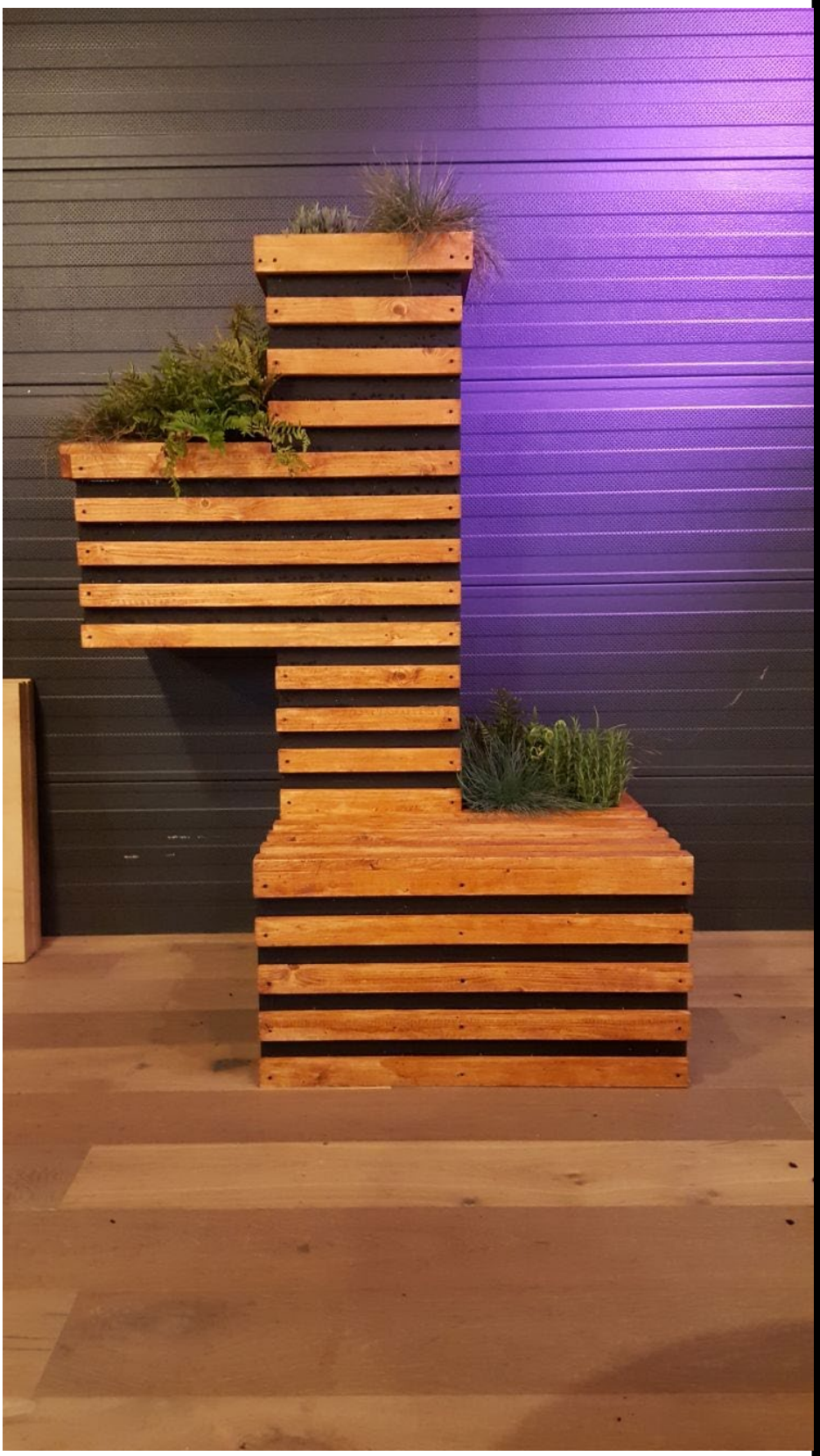
Adviesrapport voor de Stadsspons



GREEN ART SOLUTIONS

AERES HOGESCHOOL

Luuk Drykoningen, Steven van Eijk, Per Hettema, Nick Kuulman, Tom Massar, Bas Moonen, Mieke Rotteveel, Imre Schuitemaker

Aeres Hogeschool

28-1-2018

Adviesrapport voor de inrichting van de Stadsspons voor stedelijke omgeving

Auteurs: Luuk Drykoningen, Steven van Eijk, Per Hettema, Nick Kuulman, Tom Massar, Bas Moonen, Mieke Rotteveel, Imre Schuitemaker.

Onder begeleiding van Dr. Roos van Maanen

In opdracht van Eduard van Vliet van Green Art Solutions

In samenwerking met Jeroen Meulenkamp student Product Design aan de Hogeschool van Amsterdam

Semester 1 - Jaar 3 tot Semester 2 - Jaar 3 – Toegepaste Biologie – Module Intergraal project

Aeres Hogeschool Almere

Voorwoord

Dit adviesrapport is geschreven in het kader van HIPR -een schoolproject binnen de opleiding Toegepaste Biologie aan de Aeres Hogeschool- waarin wij in teamverband leerden als bedrijf te functioneren om een opdracht vanuit het bedrijfsleven ten uitvoer te brengen. Deze opdracht kwam vanuit Eduard van Vliet van Green Art Solutions, met de hulpvraag door het leveren van informatie en advies bij te dragen aan de ontwikkeling van 'de Stadsspons'.

Het was zeer uitdagend en leerzaam om met acht studenten zo'n groot project soepel te laten verlopen, om efficiënt te communiceren en onderwijl het overzicht over de voortgang te behouden. Dit werd enigszins vergemakkelijkt doordat alle studenten uitermate geïnteresseerd waren in de problematiek die aan de opdracht ten grondslag lag en gemotiveerd waren zich er in te verdiepen om oplossingen te vinden. Ook was het interessant samen te werken met een student van een geheel andere discipline, namelijk Jeroen Meulenkamp.

Dit adviesrapport heeft als doel informatie uiteen te zetten en daarbij advies uit te brengen over toepassing van die informatie bij de ontwikkeling en het latere gebruik van de Stadsspons. Ten behoeve van de leesbaarheid is een deel van de informatie in de bijlagen opgenomen.

Met behulp van dit rapport kan Eduard van Vliet de ontwikkeling en uiteindelijke toepassing van zijn product optimaliseren en keuzes in dit proces gedegen afwegen. Indien het rapport in de toekomst openbaar gemaakt zou worden, zou het ten dienste kunnen staan van individuen of bedrijven die aan gelijkaardige uitdagingen werken.

Wij willen graag Eduard van Vliet hartelijk bedanken voor het bieden van deze kans en Jeroen van Meulenkamp voor het uitwisselen van ideeën en informatie. En ten slotte Roos van Maanen voor haar kundige begeleiding op procesmatig en inhoudelijk vlak, welke essentieel was voor de totstandkoming van dit adviesrapport.

Almere, Januari 2018

Inhoudsopgave

Voorwoord 3
Inhoudsopgave 4
Samenvatting 6
H1. Inleiding 7
H1.1 Doel project 9
H2. Materiaal en methode 10
H.2.1 Werkwijze 10
H.2.1.1 Fase één 10
H2.1.2 Fase twee 10
H2.1.3 Fase drie 11
H2.1.4 Fase vier 11
H2.1.5 Fase vijf 11
H2.1.6 Fase zes 11
H3. Resultaten 12
H3.1.1 Uitdagingen 12
H3.1.2 Waterretentie: Planten 12
H3.1.3 Waterretentie: Substraten 13
H3.1.4 Waterretentie: Opslagcapaciteit 14
H3.2 Waterzuivering 15
H3.2.1 Uitdagingen 15
H3.2.2 Zuivering: planten 15
H3.2.3 Zuivering: bacteriën 16
3.2.4 Zuivering: substraten 17
H3.2.5 Zuivering: additionele apparaten 18
H3.2.6 Zuivering: Conclusie 20
H3.2.7 Verontreinigingen: via hemelwater 20
H3.2.8 Verontreinigingen: Pathogene micro-organismen 21
H3.2.9 Verontreinigingen: Overige 22
H3.3 Sociale functies 24
H3.3.1 Uitdagingen 24
H3.3.2 Sociale cohesie 24
H3.3.3 Sociale functies 25

H3.3.4 Overige bijdrage Stadsspons 25
H3.3.5 Sociale functies: conclusie 26
H4. Discussie 28
H5. Conclusie en aanbeveling 31
H5.1 Advies voor de inrichting van de Stadsspons 31
Literatuurlijst 33
Bijlage I: Uitwerking planten 40
Bijlage II: Vochtkarakteristieken Steenwol 46
Bijlage III: Berekening inhoud Stadsspons in liters 47
Bijlage IV: Waterwaarden UV-filter 48
Bijlage V: Opties elektrische pompen en handpompen 49
Bijlage VI: Vervuilingen en de bronnen van vervuiling 52
Bijlage VII: Risico beschrijving biologische contaminaties 54
Bijlage VIII: Gemeentelijke subsidies 57

Samenvatting

Klimaatverandering in combinatie met verstedelijking heeft tot gevolg dat riolering de hevige regenval steeds minder goed aankan, wat voor toenemende overlast zorgt. Om dit tegen te gaan is Eduard van Vliet met behulp van Jeroen Meulenkamp een product, genaamd 'de Stadsspons', aan het ontwikkelen dat in stedelijke omgeving bijdraagt aan waterretentie van hemelwater en daarnaast gezuiverd water aanbiedt aan omwonenden, waarbij het simultaan sociale functies vervult. Dit rapport dient om advies te geven over op welke manieren die functies het beste ingevuld kunnen worden voor de ontwikkeling en het latere gebruik van de Stadsspons.

Bij de keuze voor de substraatsoorten is gekeken naar waterretentiecapaciteit, het faciliteren van nuttige bacteriegroei, de adsorptie van vervuilingen en de beïnvloeding van de pH-waarde. Uit de literatuurstudie bleek dat in de bovenste bak het beste fijn zand vermengd vermiculiet, steenwol en zeoliet kunnen worden gebruikt. Voor de lagergelegen bakken is gekozen voor fijn zand vermengd met vermiculiet, steenwol en Hydrokorrels.

De planten die geadviseerd worden voor in de drie bakken van de Stadsspons zijn geselecteerd op hun water zuiverende, -door het faciliteren van bacteriegroei bij hun wortelstelsel-, praktische en esthetische eigenschappen. Aangeraden wordt om Gewone waternavel en Zegge in de bovenste bak te plaatsen, vanwege bepaalde zuiverende werkingen van deze planten. De planten Beekpunge, Bont riet, Gele lis, Grote kattenstaart, Kalmoes, Mattenbies, Moerashyacint en Naaldwaterbies kunnen willekeurig in de overige plantenbakken ingedeeld worden, dit zou niet ten kosten gaan van de zuiverende werking en belevingswaarde.

De substraten en de planten in het systeem faciliteren de groei van bacteriën die organische en anorganische verontreinigingen uit het water verwijderen. Nitrificatie, de afbraak van organische deeltjes zal vooral in de bovengrondse delen van de Stadsspons plaatsvinden. Of denitrificatie plaats zal vinden in de ondergrondse delen valt nog te bezien.

Om te voorkomen dat gebruikers van het water ziek worden wordt aangeraden een UV-filter te installeren, met indien de waterwaarden daarvoor te slecht zijn ook een sediment- en actieve koolstoffilter.

De structurele buffercapaciteit van de Stadsspons is afhankelijk van de hoeveelheid water dat door omwonenden opgepompt wordt. Door o.a. deze onzekere factor is de structurele buffercapaciteit niet meegenomen in de berekeningen. Bij een gemiddelde piekbui die op een gemiddeld dakoppervlak ik Nederland valt, zal de Stadsspons 38 minuten –614 liter- van die piekbui op kunnen slaan.

De Stadsspons biedt omwonenden een esthetische ontmoetingsplek waar water gehaald kan worden voor allerlei doeleinden, zoals in oude tijden de waterput diende als sociaal centrum van het dorp. Het voegt groen toe aan de omgeving (hiermee het algemeen welzijn bevorderend), stimuleert bewustzijn over duurzaam watergebruik en zorgt voor verkoeling en vermindering van de hoeveelheid fijnstof in de lucht.

H1. Inleiding

De wereld is steeds meer aan het verstedelijken. In Nederland woont al 40% van de bevolking in de 36 grootste steden (Rovers, Bosch, & Albers, 2014). Uit onderzoek van The United Nations (2001) is voorspeld dat 83% van de mensen in Europa in 2030 in steden zal wonen. Dit terwijl de leefomgeving in de stad verslechtert. Enkele problemen zijn een slechte luchtkwaliteit, geluidsoverlast, hitte en overstromingen. Daarnaast is het oppervlak aan groen in steden relatief laag, en dit betekent een lage biodiversiteit (Spijker, 2001). Ook klimaatverandering geeft steeds meer uitdagingen. Door de klimaatverandering wordt namelijk het algemeen bekende Urban Heat Island (UHI) effect versterkt, waardoor het in steden nog warmer wordt dan al het geval is (McCarthy, Best, & Betts, 2010; EPA, 2016). Daarnaast heeft de klimaatverandering ook een grote invloed op de neerslagintensiteit in Nederland. Tussen 1910 en 2013 is de jaarlijkse neerslag met maar liefst 26% toegenomen. Doordat het warm is in de stad wordt de intensiteit van de regenbui nog heviger. Uit gegevens van de KNMI blijkt namelijk dat bij de meest extreme buien, per graad opwarming, de hoeveelheid neerslag met 12% per uur toeneemt (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut , z.d.).

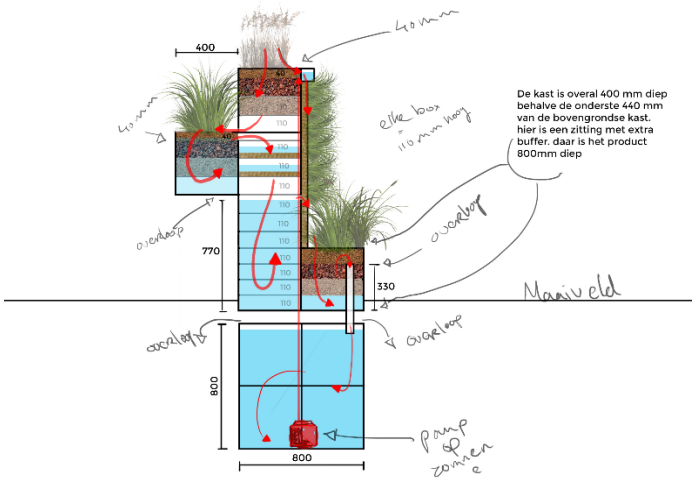
Doordat de stad nu voor het grootste gedeelte uit verharde oppervlakten bestaan, kan het hemelwater voor maar 25% geabsorbeerd worden (5% infiltreert in het grondwater en 15% wordt opgenomen door vegetatie), terwijl dit in een bos ongeveer 95% is (Scholz–Barth, 2001). Hierdoor moet het hemelwater afgevoerd worden via de riolering. Het rioolstelsel is gebouwd om een bepaalde hoeveelheid regen over een bepaalde tijd af te voeren en kan grote hoeveelheden in de vorm van piekbuien niet aan (Stichting RIONED, z.d.). Dit veroorzaakt wateroverlast en is in ruim 90% van de gemeentes in Nederland al het geval (Luijtelaar, 2008). Wateroverlast kan zorgen voor meer verkeershinder, uitval van infrastructuur en inzet van hulpdiensten, wat leidt tot toename van materiële en financiële schade (Rovers et al*.,* 2014). Dit is zorgelijk, maar door het vervangen van verharde oppervlakten voor groene oppervlakten kunnen de negatieve effecten van klimaatverandering op de stad verminderd worden (Bowler, Buyung-Ali, Knight, & Pullin*,* 2010; Rovers *et al.,* 2014).

Verschillende methodes om groen toe te passen in de stad zijn het creëren van stadsbossen/parken, het plaatsen van bomen in de straat en het aanleggen van privé groen in tuinen en groene daken of façades (Schmidt, 2006). Bomen in de straat zorgen bijvoorbeeld voor een verminderde afspoeling van 62% van hemelwater naar de riolen (Armson*,* Stringen, & Ennos, 2013) en groene daken kunnen de jaarlijkse afspoeling van hemelwater van daken met 60% tot 70% verminderen (Köhler, Schmidt, & Grimme, 2013). Hierdoor zal de kans op overstromingen in de stad worden verminderd. Naast het opvangen van hemelwater, zorgt groen in de stad ook voor verkoeling (Whitford*, Ennos, & Handley,* 2001; Bolund & Hunhammer, 1999). Zo zorgt het plaatsen van bomen voor schaduw en evapotranspiratie (verdamping vanuit bodem, bladerdek en oppervlaktewater), wat beide verkoelend werkt en dus het UHI effect tegen gaat (Bowler *et al.,* 2010). Dit is belangrijk, want door een warmer klimaat worden piekbuien juist versterkt. (KNMI, z.d.).

In Nederland zijn veel steden nu bezig met het aanleggen van groene oppervlakten om hun stad leefbaarder te maken en op de toekomst voor te bereiden. Amsterdam heeft bijvoorbeeld het beleidsplan "Groene Agenda Amsterdam" opgesteld, hierin wordt aangegeven wat de stad wil doen om te verduurzamen (van der Veur en Wijten, 2015). In het oude gedeelte van de stad is er een gemengd riool. Hierdoor kan het voorkomen dat tijdens piekbuien het riool overstroomt waardoor rioolwater in de grachten terecht komt. Dit leidt tot zuurstofloosheid en vissterfte (Waternet, z.d.). Het toepassen van de hierboven genoemde methodes om de stad te vergroenen kan dit probleem verkleinen. Het aanleggen van groen in de stad is alleen niet altijd mogelijk. Het creëren van groene daken kan bijvoorbeeld alleen op daken die voldoende gewicht per vierkante meter kunnen dragen, het plaatsen van bomen kan alleen als er genoeg ruimte in de grond is voor het wortelsysteem en het aanleggen van stadsbossen/parken

gaat ten koste van veel ruimte. Daarnaast gaan er ook veel onkosten gepaard met het aanleggen en onderhouden van deze groenvoorzieningen.

J. Meulenkamp, vierdejaars student Product Design aan de Hogeschool van Amsterdam heeft een oplossing bedacht om deze negatieve punten zo klein mogelijk te houden. Deze oplossing is de Stadsspons gaan heetten (zie figuur 1). Dit idee is in eerste instantie gebaseerd op de manier waarop helofytenfilters werken. Er zijn ook meerdere vormen van helofytenfilters bekend die water zuiveren maar het concept dat Meulenkamp heeft bedacht is nieuw (Masi & Martinuzzi, 2006). Meulenkamp werkt aan dit project in opdracht van E. van Vliet. Meulenkamp en van Vliet zijn werkzaam in de Startup Village te Amsterdam. Deze Stadsspons heeft als hoofddoel het opvangen en het vertraagd afvoeren van hemelwater om de belasting van het stadsriool te verlagen. Het bijzondere aan dit ontwerp in vergelijking met bijvoorbeeld regentonnen, ondergrondse opslag of een groen dak is dat de Stadsspons kan fungeren als een sociale cohesie vormer. Regenwater zal worden gefilterd tot bruikbaar water, zodat buurtbewoners dit af kunnen tappen en voor verschillende doeleinden kunnen gebruiken. Het is alleen nog onduidelijk hoe de Stadsspons wordt ingericht qua planten en substraat om voor een maximale waterretentie (vertraging) te zorgen. Ook is nog onduidelijk hoe de Stadsspons wordt ingericht zodat schoon bruikbaar water kan worden afgetapt. Dit in het kader van de sociale functie die de Stadsspons kan bieden.



Figuur *1. Ontwerp en afmetingen Stadsspons (Meulenkamp, 2018)*

De hoofdvraag die zal worden beantwoord is; In hoeverre kan de Stadsspons bijdragen aan zowel een maximale waterretentie, als aan een sociale functie in de buurt? Er zijn een aantal deelvragen opgesteld om antwoord te geven op de hoofvraag, deze zijn:

- Welke combinatie van planten en substraten is geschikt om in de Stadsspons water te filteren en zuiveren?
- Welke additionele apparaten/onderdelen zouden nodig zijn om het gebufferde water voor alternatieve doeleinden –afgezien van gebruik als drinkwater- beschikbaar te kunnen stellen?
- In hoeverre kan één Stadsspons het riool ontlasten door water te bufferen?
- Op welke manieren kan de Stadsspons dienen als sociaal punt?

Naast het beantwoorden van de deelvragen in een schriftelijk verslag, wordt er ook een proefopstelling gebouwd bij de Hogeschool van Amsterdam.

De verwachting is dat er door literatuurstudie, het houden van interviews en verkrijgen van informatie van onder anderen de opdrachtgever en andere contacten een product wordt vormgegeven die in de gemeente van Amsterdam geplaatst kan worden. Deze zal naar verwachtingen bijdragen aan waterretentie en daarnaast een sociale functie in de stad bieden.

H1.1 Doel project

De opdrachtgever heeft een grote interesse in de mogelijkheden die een helofytenfilter, zoals de Stadsspons, kan bieden in een stedelijke omgeving. De opdrachtgever ziet mogelijkheden om dit product te gaan gebruiken in Amsterdam om daar voor verschillende doeleinden te gaan zorgen. Topics waar gemeente Amsterdam namelijk interesse in heeft. De retentie van water, en het verduurzamen van de stad sluiten goed aan bij de diensten die dit product leveren kan. Antwoord op de vragen die spelen tijdens de ontwikkeling van dit product wil de opdrachtgever graag in de vorm van een rapport en een gebouwde proefopstelling. Dit rapport zal een adviesrapport worden over de inrichting van de Stadsspons, zodat deze optimaal kan bijdragen aan waterretentie en aan een sociale functie in de stad.

Naast het maken van dit adviesrapport, is er ook een maquette gebouwd welke is gepresenteerd op 16 januari in de Startup Village. Op de voorpagina staat een afbeelding van deze gebouwede maquette.

H2. Materiaal en methode

H.2.1 Werkwijze

De uitvoering van het project ‘de Stadsspons’ is opgedeeld in twee onderdelen. Ten eerste is er een literair onderzoek verricht voor het schrijven van het adviesrapport. Dit met als doel om te kijken welke positieve mogelijkheden de Stadsspons kan bieden bij een aantal problemen binnen de gemeente Amsterdam. Het tweede gedeelte bestond uit het opleveren van een maquette die gepresenteerd zou worden op het Startup Village, gelegen naast de Hogeschool van Amsterdam. Na het aannemen en het omkaderen van het project, heeft ieder project-lid vooronderzoek gedaan om zich in te lezen in het onderwerp van helofytenfilters. Naast de samenwerking met de opdrachtgever (Eduard van Vliet, Green Art Solutions) voor het opleveren van een adviesrapport is er gekeken naar een mogelijk design voor de Stadsspons. Dit is in overleg gebeurd met J. Meulenkamp, vierdejaars student Industrieel Product Design aan de HVA. Aan de hand van de opgestelde onderzoeksvragen is er gericht literatuuronderzoek gestart. Ook is er gekeken naar welke expertise er ingeschakeld konden worden om meer inzicht te geven in verschillende onderwerpen.

Tijdens het onderzoek zijn er verschillende fasen doorlopen die leidden tot het uiteindelijke product. Hieronder worden de verschillende fasen puntsgewijs weergegeven.

- Voorbereiding, na het aannemen van het project
- Het opstellen van de werkpakketten
- Het verzamelen van de literatuur
- Het inwinnen van expertise
- Het schrijven van het rapport
- Bouwen van maquette

H.2.1.1 Fase één

Na het aannemen van het project 'de Stadsspons' is er in overleg met de opdrachtgever Eduard van Vliet en designer Jeroen Meulenkamp de omkadering van het project opgesteld. Hierbij is er gekeken welke onderwerpen binnen de scope van de opdracht vielen en welke niet. Daarvoor zijn vragen gesteld als 'Wat wordt er van ons verwacht (kijkend naar de originele opdracht)? Wat valt binnen de scope van het project en wat is haalbaar? Hoeveel uren zijn hiervoor beschikbaar? Hoe wordt het resultaat aangeleverd en welke middelen worden beschikbaar gesteld om een goed schaalmodel (maquette) te kunnen leveren?' Vervolgens is er op basis van de omkadering vooronderzoek uitgevoerd door ieder project-lid. Dit is gebeurd door het lezen van relevante artikelen die betrekking hadden tot kleinschalige helofytenfilters. hieruit is de inleiding geschreven, wat diende als projectcontract. Als laatste zijn de onderzoeksvragen opgesteld gesteund door de omkadering van het project en de opgedane informatie middels het vooronderzoek.

H2.1.2 Fase twee

Op basis van de onderzoeksvragen en de omkadering van het project ‘de stadsspons’ zijn er werkpakketten opgesteld waarin de projectleden werden opgedeeld. Zo werd het werk evenredig opgedeeld. De werkpakketten bestonden uit: waterzuivering, waterretentie, sociale functies en de bouw van de maquette (vond later in het projectproces plaats).

H2.1.3 Fase drie

Vervolgens na het schrijven van de indeling is er literair onderzoek uitgevoerd voor het verkrijgen van informatie relevant tot zijn of haar onderwerp. Bij het verzamelen van de informatie is er vooral gebruik gemaakt van online informatiebibliotheken zoals: Google Scholar, ScienceDirect, Wiley Online Library, Springer, overheidsrapporten etc. Naast wetenschappelijke bronnen is er gebruik gemaakt van online artikelen en non-wetenschappelijke websites van bedrijven en organisaties. De relevantie en kwaliteit van de gevonden informatie is beoordeeld. Ook is, waar nodig, de originele bron van de informatie nagegaan.

H2.1.4 Fase vier

Hierin zijn de gevonden informatie leemtes onder de loep genomen. Er is op basis van de ontbrekende kennis gezocht naar experts die over ervaring/informatie beschikten. Hierop zijn experts benaderd die over de ervaring/kennis beschikten bij het bergen van water, het zuiveren van water middels planten (helofyten) of het bouwen van helofytenfilters. Hierna is het de volledige informatie verwerkt in een lopende tekst met een eindadvies.

Bij het verzamelen van informatie middels de experts is er gebruik gemaakt van onderstaande bedrijven.

- Johannes Kuyvenhoven, CreatiePh b.v.
- Gemeente Amsterdam
- Rietland b.v.b.a (ontwerpt helofytenfilters)
- Reinder Torenbeek, docent aquatische ecologie Aeres Hogeschool
- Informatie verkregen van medewerker werkend bij Vitens, Lelystad

De verkregen informatie is opgedaan via interviews, gesprekken, E-mails en telefooncontact.

H2.1.5 Fase vijf

Alle verzamelde literatuur inclusief de bruikbare informatie verkregen door de geraadpleegde experts is verwerkt tot een goed lopend adviesrapport. Hierin is rekening gehouden met de schrijftaal, het overzicht en de mate van taalgebruik zodat het rapport voor iedereen leesbaar is. De bronnen die als referentie zijn gebruikt in het rapport zijn overzichtelijk weergegeven in de literatuurlijst en genoteerd volgens de APA-richtlijnen.

H2.1.6 Fase zes

Het bouwen van de maquette. Via de richtlijnen en het gegeven design door Jeroen Meulenkamp is er op schaal van 1:1 een maquette gebouwd van de Stadsspons. Deze is als apart werkpakket opgenomen en is als extra opdracht verdeeld onder de projectleden. Het doel is deze maquette te gebruiken als visualisatiemiddel tijdens de presentatie die zal plaatsvinden op 16 januari bij het Startup Village.

H3. Resultaten

De onderdelen waarnaar gekeken worden volgens de werkwijze in het projectplan staan hieronder beschreven. Er is eerst gekeken naar de bijdrage van de Stadsspons op het gebied van waterretentie. Als tweede is er uitgezocht met welke zuiverende onderdelen de Stadsspons ingericht kan worden en welke onderdelen van de Stadsspons bepaalde vervuilingen uit het water kunnen zuiveren. Als laatste zijn de verschillende sociale en overige functies van de Stadsspons uiteengezet.

H3.1 Waterretentie

In dit hoofdstuk worden de oplossingen aangedragen die de Stadsspons zal bieden op het gebied van wateroverlast in Amsterdam. Het probleem van deze overlast wordt kort toegelicht waarop vervolgens de oplossingen die de Stadspons biedt en hoe deze optimaal kunnen worden uitgevoerd uitgebreid, worden beschreven.

H3.1.1 Uitdagingen

Zoals in de inleiding beschreven staat zorgt klimaatverandering en het 'Urban Heat Island'-effect voor meer piekbuien in de stedelijke gebieden, wat leidt tot overlast. Tijdens piekbuien valt er minimaal 30 millimeter per uur, dit kan het riool niet aan (Stichting RIONED, z.d.). Door de Stadsspons hierop in te richten, zal deze optimaal bijdragen aan waterretentie en zo verlichting voor het riool bieden.

Hieronder wordt er besproken welke substraten en planten bijdragen aan het vasthouden van water. Ook wordt de maximale buffercapaciteit van de Stadsspons berekend.

H3.1.2 Waterretentie: Planten

Planten hebben als eigenschap dat ze water opnemen en transpireren via de huidmondjes (Wikipedia, 2017). Hierdoor zullen de planten water opnemen, vasthouden en verdampen, waardoor dit water niet afgevoerd wordt naar het riool. Door planten in de Stadsspons te plaatsen, draagt dit bij aan een verminderde afvoer van hemelwater op het riool. De planten die geschikt zijn om in de Stadsspons te plaatsen zijn helofyten. Helofyten zijn moerasplanten die gedeeltelijk onder water staan (Wikipedia, 2017-a). Helofyten die vaak in helofytenfilters gebruikt worden en die dus ook geschikt kunnen zijn voor de Stadsspons staan in tabel 1 weergegeven (Informatie over oeverplanten, z.d.; Onderhoud van een moerasfilter of helofytenfilter, z.d.; Moerasplanten of helofyten, z.d.; Reinder Torenbeek, persoonlijk contact, 2018; Johannes Kuyvenhoven, persoonlijk contact, 2018). Deze planten kunnen allen in de Stadsspons geplaatst worden om bij te dragen aan waterretentie. Hierbij kunnen de planten willekeurig in de plantenbakken geplaatst worden, want de plaatsing van de planten zal geen effect hebben op de mate van waterretentie. In bijlage I (tabel 4) is meer informatie te over de planten, hun functies en het onderhoud.

Tabel 1. Helofyten geschikt voor waterretentie in de Stadsspons

Nederlandse naam	Latijnse naam
Beekpunge	(*Veronica beccabunga*)
Bont riet	(*Phragmites australis*)
Dwerglisdodde	(*Typha minima*)
Gele lis	(*Iris pseudacorus*)
Gewone kalmoes	(*Acorus calamus*)

Gewone waternavel	(*Hydrocotyle vulgaris*)
Grote kattenstaart	(*Lythrum salicaria*)
Mattenbies	(*Schoenoplectis lacustris*)
Moerashyacint	(*Pontederia cordata*)
Naaldwaterbies	(*Eleocharis acicularis*)
Pitrus	(*Juncus effusus*)
Watercrassula	(*Crassula helmsii*)
Zegge	(*Carex*)
Zenegroen	(*Ajuna reptans*)

H3.1.3 Waterretentie: Substraten

Er zijn een aantal substraten die goed water kunnen vasthouden en hierdoor zorgen voor waterretentie. Door substraten die het beste water vast kunnen houden te plaatsen in de Stadsspons, zal deze zo weinig mogelijk water doorlaten naar het riool. De onderstaande drie substraten kunnen de functie van waterrettentie verzorgen in de Stadsspons.

Vermiculiet

Een substraat die als eigenschap heeft veel water vast te kunnen houden is vermiculiet. Vermiculiet is een natuurlijk gesteente dat uitzet door het snel te verhitten. Daardoor neemt het 16 tot 20 keer in volume toe (Wikipedia, 2017-c; Hamer & Hamer, 2004). Hierdoor krijgt het sponsachtige eigenschappen met een groot oppervlakte van tot wel 7,7 m2 per gram (The Vermiculite Association, z.d.). Dit zorgt voor een wateropnamecapaciteit van bijna 500 ml water per liter 'super fine grade'-vermiculiet (Hamer & Hamer, 2004).

Steenwol

Steenwol heeft ook een positief effect op de waterretentie van de Stadsspons. Steenwol wordt in de tuinbouw op grote schaal gebruikt omdat het bekend staat om de multifunctionele voordelen ten opzichte van organisch substraat. Zo heeft het als eigenschap dat het tot 50 procent van het eigen volume aan water kan opnemen, zonder daarbij veel op te zwellen (Straver, 1988). Daarnaast is het ideaal voor plantwortels. De reden hiervoor is dat steenwol een stevig wortelpunt is en zelfs onder zeer vochtige omstandigheden zorgt voor een goede luchthuishouding rondom de plantwortels (Wikipedia, 2017-b). Steenwol granulaat bindt het water iets sterker dan steenwol. Ook na een periode van droogte is de capillaire opstijging van steenwol granulaat hoger dan die van steenwol (van Noordwijk & Brouwer, 1983). In bijlage II (tabel 5) staan de vochtkarakteristieken weergegeven van 4 soorten steenwol. Hieruit kan worden opgemaakt dat het Nederlandse Grodan het meeste vocht vasthoudt. Voor de Stadsspons is het dan ook aan te raden om Nederlandse Grodan te gebruiken.

Hydrokorrels
Als laatste substraat dat invloed heeft op waterretentie wordt het gebruik van Hydrokorrels besproken. Eén van de vele positieve eigenschappen van Hydrokorrels is dat deze veel water kunnen vasthouden. Dit draagt bij aan de waterberging van de Stadsspons. De waterretentie capaciteit van Hydrokorrels ligt op 0,3 % van het totale volume bij submersie tussen 15 en 25 centimeter (Spomer, 1998). Hydrokorrels zijn goedkoop en verkrijgbaar bij elk tuincentrum of planten groothandelaar. Mede hierdoor zijn Hydrokorrels uitermate geschikt als substraat voor de Stadsspons. De korrels hebben een gemiddelde grootte tussen de 8 en de 16 millimeter (Home Meets Nature, 2018).

H3.1.4 Waterretentie: Opslagcapaciteit

De Stadsspons kan een grote bijdrage leveren bij het ontzien van het riool tijdens een piekbui. Gedurende een piekbui in Nederland valt er minimaal 30 millimeter per uur. In 2011 in Herwijnen viel er zelfs 94 millimeter in 70 minuten (Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat, 2017). Een gemiddeld dak in Nederland is 75 vierkante meter (Gemiddelde oppervlakte woning, 2017). Dit houdt in dat als er op een plat dak met aan twee kanten een regenpijp tijdens een piekbui gemiddeld 30 millimeter per uur valt, er 2250 liter per uur op het dak valt (zie bijlage III). Op een plat dak in Nederland blijft er gemiddeld minimaal 15 procent van het gevallen water liggen (Amsterdam Rainproof, 2018). Dit betekent dat er op het gemiddelde dak wat droog is 337,5 liter water blijft liggen. Als er van symmetrische dak afwatering wordt uitgegaan betekent dit dat er 956,25 liter water per uur naar beneden komt door de regenpijp aan een kant van het dak. Dit houdt in dat er 15,93 liter water per minuut de Stadsspons instroomt.

De Stadsspons heeft een water opslagreservoir welke, zonder daarbij de wateropslag van het substraat mee te tellen, 614,32 Liter water kan opslaan (zie bijlage III). Omdat het een onbekende factor is hoeveel water er steeds uit het filter gehaald zal worden voor gebruik door de buurt, wordt er vanuit gegaan dat er in de zomer een verbruik van 80 procent van al het in de Stadsspons opgeslagen water zal zijn. Meer dan 80 procent kan er niet worden verbruikt omdat de inlaat van de aftappomp in het reservoir op een hoogte zit dat er altijd minimaal 20 procent van de totale opvangcapaciteit aan water aanwezig blijft in de Stadsspons.

Dit betekent dat er bij de bovengenoemde verbruiksgegevens tijdens een piekbui gemiddeld ongeveer 491 liter water kan worden opgeslagen door de Stadsspons (zie bijlage III). Dit houdt in dat bij een piekbui van een uur waarbij 956,25 liter water valt, de Stadsspons het wateraanbod van ongeveer 38 minuten volledig kan opslaan. Dit zorgt voor een grote ontlasting voor het riool terwijl de Stadsspons niet veel ruimte inneemt. Daarnaast kan het filter door middel van een overflow zorgen voor een vertraagde afgifte van water aan het riool, het oppervlak of het oppervlaktewater.

Een combinatie van de bovengenoemde planten en substraten in samenwerking met de ondergrondse buffering zal voor een optimale waterretentie zorgen in de Stadsspons. Met deze optimale hemelwaterbuffering zal de Stadsspons aan het onderdeel waterretentie voldoen. Er zijn echter verschillende combinaties mogelijk en aangezien de Stadsspons meerdere functies bezit zal een optimale substraat en planten keuze worden gemaakt in het hoofdstuk conclusie.

H3.2 Waterzuivering

Naast dat de Stadsspons zorgt voor een waterretentie zoals beschreven staat in het vorige hoofdstuk, is het idee van de Stadsspons dat deze ook water kan zuiveren. Het gezuiverde water kan dan voor de sociale functies gebruikt worden (beschreven in H3.3). In dit hoofdstuk wordt eerst kort het probleem toegelicht waarna er uitleg volgt over welke soorten planten, bacteriën, substraten en additionele apparaten zorgen voor het zuiveren van water in de Stadsspons. Hierover volgt een korte conclusie. Daarna wordt er uiteengezet welke verschillende vervuilingen er in de Stadsspons terecht kunnen komen en door welke onderdelen (planten, bacteriën, substraten en additionele apparaten) van de Stadsspons dit dan gezuiverd kan worden.

H3.2.1 Uitdagingen

Het Nederlandse hemelwater bevat, onder andere door industrie en landbouw, verschillende componenten die als vervuilend getypeerd kunnen worden. Ook de afspoeling van stoffen die zich op het dak bevinden kunnen vervuilend zijn. Deze bestaan uit mogelijke pathogenen, organische en anorganische verbindingen die effect kunnen hebben op mens en natuur. Het gebruik van helofyten, substraten en bacteriën kunnen dit water filtreren en zuiveren.

H3.2.2 Zuivering: planten

Veelgebruikte planten in een plantenfilter zijn helofyten. Onderzoek heeft aangetoond dat helofyten heel efficiënt water kunnen zuiveren. De zuiverende werking van een dergelijk filter is zelfs vergelijkbaar aan kleinschalige zuiveringsinstallaties (Tondera, 2017). De werking van het helofytenfilter berust met name op de activiteiten in de ondergrondse plantendelen. Tijdens de ontwikkeling van het wortelstelsel nemen de planten niet alleen voedingstoffen en verontreinigingen op uit de bodem en het water, ook nemen ze zuurstof op uit de buitenlucht en transporteren dat naar hun wortels. Rondom deze wortels ontstaat zuurstofrijk water waarin een ontwikkeling van bacteriën plaatsvindt. Deze bacteriën hebben een symbiotische relatie met de planten waar op deze groeien. In paragraaf 3.2.3 Zuivering: bacteriën wordt verder uitgelegd welke functie deze bacteriën vervullen.

Elke plant is weer anders en filtert andere verontreinigingen uit het water. Zo neemt Beekpunge veel nitraten op uit het water en verwijdert Gewone waternavel veel zware metalen. Kalmoes is een fosfaat verbruikende soort die stoffen uitscheidt welke water kunnen ontsmetten en de ontwikkeling van Salmonella en andere ziektekiemen tegengaat. Naaldwaterbies is een goed zuiverende plant die naast veel mineralen, ook koolzuurgassen uit het water haalt en zorgt voor veel zuurstof in het water. Zeggesoorten (geslacht *Carex*) zijn planten die grote delen uit het water kan filteren, zoals zand en stof (Zhu, Huang, Ho, Wang & Yang, 2017). Naast dat deze planten geschikt zijn om de bovengenoemde stoffen uit het water te filteren, filteren de planten ook de mineralen uit het water (Braamtuinen, z.d.).

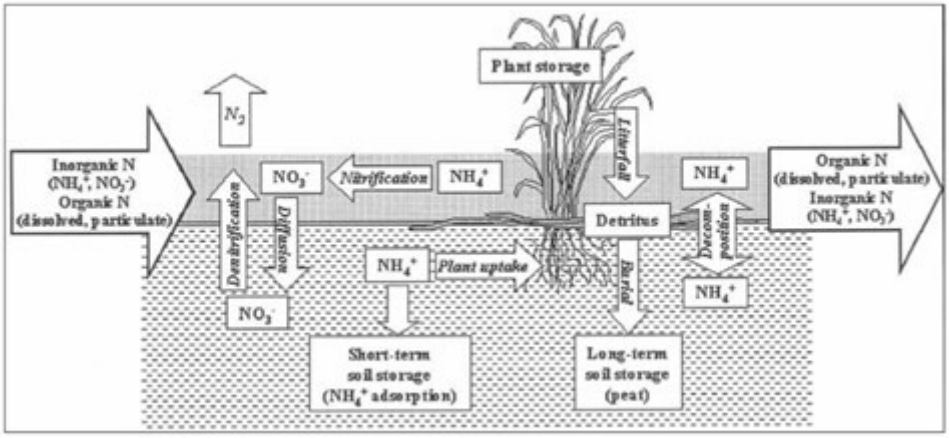
Optimale zuivering

Het grootste gedeelte van deze planten kunnen op willekeurige plekken in de Stadsspons geplaatst worden (bovenste (1), middelste (2) of onderste (3) plantenbak). Dit omdat de standplaatsfactoren als hoeveelheid licht en water in elke plantenbak gelijk zal zijn. Ook wordt het verontreinigde water rondgepompt (paragraaf 3.2.5) langs de verschillende plantenbakken. Hierdoor is zuivering door de gehele Stadsspons mogelijk. Twee planten die wel op een aangewezen plek in de plantenbak geplaatst moeten worden zijn Gewone waternavel en Zeggesoorten. Deze twee planten moeten voor een optimale waterzuivering in de bovenste plantenbak (1) geplaatst worden. Dit omdat deze planten verontreinigd water filteren wat voornamelijk afkomstig is via afspoeling van het dak (zand, stof en zware metalen) en dus door de regenpijp als eerste bij de bovenste plantenbak terecht komt.

H3.2.3 Zuivering: bacteriën

In filters zoals een Stadsspons zijn er een aantal biologische processen die helpen bij de afbraak van een exces aan nutriënten of opname van andere stoffen zoals zware metalen. Zo produceren planten door middel van fotosynthese zuurstof en suikers. Een deel van deze producten worden naar de rhizosfeer (wortels) getransporteerd en daar uitgescheiden (in de vorm van wortelexudaten). Deze zuurstof en suikers dragen bij aan de groei van bacteriën rond de wortels en in het substraat. Deze bacteriën zijn essentieel voor het aerobe nitrificatieproces (Wastewater Gardens, z.d.). Voor deze zogenoemde "nitrificerende bacteriën" is het belangrijk dat er voldoende zuurstof in het water zit en dat de pH rond de 7 is (De natuur in huis, z.d.).

Van deze bacteriën zijn er meerdere soorten die deze rol op zich kunnen nemen in de Stadsspons. Deze bacteriën verschillen in de manier waarop zij ammoniak, ammonium, nitriet en nitraat oxideren en omzetten. Een voorbeeld hiervan is de bacterie '*Candidatus Nitrospira inopinata*' (Daims et al., 2015). Bacteriën uit het genus *Nitrospira* zorgen (voor zover onderzocht) alleen voor het oxideren en het omzetten van nitriet in nitraten. De soort *Ca. N. inopinata* bezit naast dit proces ook nog de eigenschappen voor het oxideren en het omzetten van de anorganische stof ammonium (Daims et al., 2015). Dit betekent dat *Ca. N. inopinata* beide stappen in het nitrificatieproces kan uitvoeren (zie figuur 2.).



Figuur *2. Stikstofkringloop (Daims et al., 2015*)

Na het nitrificatieproces kan er onder anaerobe omstandigheden denitrificatie plaatsvinden. In dit proces worden eerder geoxideerde stoffen zoals ammonium omgezet van nitraat naar stikstofgas (N_2) (Wastewater Gardens, z.d.). Dit gas is verder niet opneembaar voor de aanwezige planten en zal langzaam uit het water diffunderen. Een van de bacteriën die met dit proces betrokken is, is *Paracoccus denitrificans* (Carlson, & Ingraham, 1983).

Naast het omzetten van ammonium onder aerobe omstandigheden is het ook mogelijk om onder anaerobe omstandigheden ammonium te 'oxideren' tot stikstofgas ($NH_4^+ + NO_2^- \rightarrow 2\ H_20 + N_2$). In dit proces wordt nitriet als elektrondonor gebruikt (Wiegant, Haskoning, & Van Betuw, 2009). Deze anaerobe oxidatie kan onder andere gebeuren door bacteriën uit het genus van *Brocardia* (van Kessel et al., 2015). Alle bovengenoemde bacteriën kunnen dus ieder onder verschillende omstandigheden voor de afbraak zorgen van deze (anorganische/organische) nutriënten die een mogelijke bron van vervuiling zijn in het regenwater.

Voor het ontstaan van anaerobe omstandigheden is het ontbreken van beluchting van het water en de aanwezigheid van organische stoffen nodig. Dit laatste zorgt voor afbraak door micro-organismen,

die snel de aanwezige zuurstof gebruiken en hiermee het water zuurstofloos maken. Aangezien het water rondgepompt wordt (besproken in paragraaf 3.2.5 Zuivering: Additionele apparaten) zal er min of meer constant licht belucht water aangevoerd worden. De input van het systeem is regenwater en dus nutriëntenarm. Daarnaast is het water al door filterende lagen gevoerd wordt voordat het in het ondergrondse bassin komt. Het is daarom aan te nemen dat er geen anaerobe gedeelten in de Stadsspons zullen ontstaan en daarmee dat er ook geen denitrificatie plaats zal vinden. Nitrificatie zal voornamelijk in de bovengrondse delen van de Stadsspons plaatsvinden.

Wanneer een Stadsspons voor het eerst in werking wordt gesteld kan het water ge-ent worden met BioBacter (Aquarium Onderdelen, z.d.). Deze vloeistof bevat een mix van nitrificerende en denitrificerende bacteriën die zich aan het substraat en de plantwortels zullen hechten en zo de zuiverende werking van het filter versneld zullen starten. Ook wanneer door ongewone omstandigheden (zoals het uitvallen van de waterpomp) vermoed wordt dat de bacteriepopulaties afgestorven zijn, is het raadzaam een dergelijke innoculant te gebruiken.

3.2.4 Zuivering: substraten

Substraten zijn een belangrijk deel van de water zuiverende werking van een helofytenfilter. Deze substraten halen door verschillende mechanismes zoals ‘slow sand filtration’ stoffen waar onder zware metalen en biologische vervuilingen uit het water (Ellis, 1985; Collins & Graham, 1994). Slow sand filtration heeft geen effect op fysieke factoren zoals geleidbaarheid en temperatuur en op chemische factoren zoals pH en nitraatgehalte (Os, Kuik, Runia, & Buuren, 1993). Het substraat wat hiervoor gebruikt wordt is zand. Er zijn drie typen zand; grof 0,5-1,6 mm; middel 0,2-0,8 mm en fijn 0,15-0,35 mm. Fijn zand werkt het beste voor filtratie van drinkwater (Ellis, 1985; Collins en Graham, 1994). Het fijne zand (0,15-0,35mm) heeft het grootste oppervlak en filtreert het beste. Hierdoor is dit het beste zand voor de Stadsspons.

Ook door middel van de ‘cation exchange capacity’, oftewel de capaciteit van een substraat om positief geladen ionen te wisselen met het water, kan het substraat het water zuiveren en adsorberen (Malandrino, Abollino, Giacomino, Aceto, Mesntasti, 2006; Panuccio, Sorgona, Rizzo, Cacco, 2009; Wikipedia, 2017-c; Bourliva, Michailidis, Trontsios, 2004; Hamer & Hamer, 2004). Door de 'cation exchange capacity' kan het substraat ammonia, ammonium en zware metalen uit het water filteren (Wang & Peng, 2010). Deze capaciteit is niet oneindig groot waardoor de substraten met deze eigenschap na verloop van tijd vervangen moet worden (Wikipedia, 2017-c). De substraten die deze eigenschap hebben zijn zeoliet en vermiculiet (Malandrino, et al., 2006; Lenntech, z.d.-c). Vermiculiet wordt in verschillende deelgrootten geleverd. Kleine deeltjes zorgen voor een groter oppervlakte per massaeenheid (en dus meer adsorptie en bacteriegroei) en een grotere wateropnamecapaciteit (Hamer & Hamer, 2004). Om een evenwicht tussen deze eigenschappen en het faciliteren van voldoende beluchting van het water te vinden, zou gekozen kunnen worden voor bijvoorbeeld de 'medium grade'-vermiculiet. Zeoliet brokken (1 tot 10 cm diameter) die verkocht worden voor gebruik in vijvers en aquaria kunnen in de Stadsspons goed ammonium en ammonia uit het water filtreren (Zeolite products, z.d.).

Ook hebben een aantal substraten een positief effect op de groei van bacteriën die ook een positief effect hebben op de waterzuivering, zoals is besproken in hoofdstuk 3.2.3 Zuivering: bacteriën. Zeoliet, Hydrokorrels en vermiculiet faciliteren bacteriegroei door hun oppervlaktestructuur (Fazeli, Emtziani, 2016; Wen, Wu, Ren, Gao, 2016; Zeolite store, z.d). Geëxpandeerde kleikorrels ook Hydrokorrels genoemd, worden momenteel al toegepast in bestaande helofytenfilters. Door de vorm

van de Hydrokorrels kan lucht makkelijk tussen de korrels doorstromen en kan er makkelijk zuurstof bij de zuiverende bacteriën komen (Kuyvenhoven, persoonlijke communicatie, 2018).

H3.2.5 Zuivering: additionele apparaten

Om er van verzekerd te zijn dat omwonenden niet ziek worden van met de handpomp opgepompt water zijn van de twee meest gebruikte waterfilters (UV en actieve koolstof) de eigenschappen en toepassingsmogelijkheden onderzocht. Het belangrijkste is dat pathogene micro-organismen verwijderd of geïnactiveerd worden. Hieronder worden de twee typen filters eerst apart behandeld, waarna een advies over toepassing in de Stadsspons gegeven wordt. Als laatste wordt het nut van het plaatsen van een waterpomp in de Stadsspons besproken.

UV-filters

De werking van UV-filters is gebaseerd op het principe dat UV-C-straling met een golflengte van tussen de 240 en 280 nanometer door de nucleïnezuren in het DNA van micro-organismen geabsorbeerd wordt, waardoor mutaties optreden die het functioneren en de vermeerdering van het organisme verhinderen (Oram, z.d.). Het werkt tegen bacteriën, schimmels, virussen, protozoa, cysten en sporen (University of New Hampshire, z.d.).

De efficiëntie van desinfectie hangt af van een aantal factoren. In het water aanwezige mineralen, stikstofverbindingen, sulfaatverbindingen en vaste deeltjes verhinderen de transmissie van de Uv-straling door het water (Oram, z.d.). Een hoge waterhardheid (hoeveelheid opgeloste calcium- en magnesium-ionen) kan daarnaast zorgen voor opbouw van mineralen op de buitenkant van de lamp, waardoor deze regelmatig schoongemaakt zou moeten worden. Wanneer de hoeveelheid gesuspendeerde deeltjes (in de EU doorgaans weergegeven als FNU-waarde) in het water te hoog is, is een prefilter noodzakelijk (Mone, z.d.).

Ook is de sterkte van de UV-lamp een factor die invloed heeft op de efficiëntie van desinfectie. Voor drinkwaterproductie is een lampsterkte van minimaal 40 mJ/cm^2 vereist (Oram, z.d.). Dit soort lampen vallen onder de A-classificatie. Een voorbeeld van zo'n type UV-lamp is een lage druk mercury lamp die een golflengte van 254 nm UV-C uitstoot in een intensiteit van tussen de 50 en 150 mJ/cm^2 (Oram, z.d.). Een dergelijke lamp verbruikt rond de 60 watt (Apec Water, z.d.).

De doorstroomsnelheid van het water heeft ook invloed op de sterkte van desinfectie. De doorstroomsnelheid is omgekeerd gecorreleerd met de efficiëntie van de desinfectie (Water Anywhere, z.d.). Wanneer toch een snelle doorstroomsnelheid vereist is kan ter compensatie gekozen worden voor een sterkere lamp. De lengte van de lamp en de diameter van het purificatiecompartiment beïnvloeden ook de benodigde doorstroomsnelheid van het water (Water Anywhere, z.d.).

De straling-output van een UV-lamp vermindert over tijd, waardoor afhankelijk van het type lamp en de gebruiksintensiteit de lamp om de 6 tot 24 maanden vervangen moet worden (HydroTense, persoonlijke communicatie, 2018). Door een UV-filter te gebruiken waarvan de lamp slechts gaat branden wanneer het water opgepompt wordt kan de levensduur van de lamp aanzienlijk verlengd worden. Daarnaast is het aan te raden een UV-filter te nemen dat zelf aangeeft (of de doorstroming blokkeert) wanneer de lichtintensiteit onder de vereiste waarden is gevallen (ESP Water Products, z.d.). Ook is het raadzaam een UV-filter te nemen dat de doorstroomsnelheid afremt tot de juiste snelheid voor goede desinfectie (ESP Water Products, z.d.).

Actieve koolstoffilters

Actieve koolstof is een poreus materiaal met een oppervlakte van 24-60 hectare per 454 gram (WaterProfessionals, z.d.). Door middel van adsorptie bindt het vooral organische verbindingen zoals geur- en smaakstoffen, petroleum-gebaseerde verontreinigingen, sommige gewasbestrijdingsmiddelen, maar ook bijvoorbeeld chloride, natrium, radon, lood en cysten van protozoa (Dvorak & Skipton, 2013). Actieve koolstof zelf filtert de meeste soorten micro-organismen, nitraten, metalen en anorganische verontreinigingen niet. Wanneer colloïdaal zilver aan een actieve koolstoffilter is toegevoegd kan deze wel micro-organismen inactiveren (Lemley, Wagenet, Kneen, 1995). Contact met het zilver verandert de DNA-structuur van het micro-organisme waardoor deze zich niet meer kan vermenigvuldigen (Shrestha, Dangol, & Spuhler, z.d.). Over het algemeen geldt bij ACF's (activated carbon filters) dat hoe minder sterk geladen een molecuul is, hoe beter het geadsorbeerd wordt (Mazille & Spuhler, z.d.). Hoe efficiënt specifieke verontreinigingen uit water verwijderd worden hangt daarnaast af van de oppervlaktegrootte, de poriëngrootte, de precieze chemische compositie van het oppervlak, de dichtheid van de gebruikte actieve koolstof en de snelheid waarmee het water door het filter stroomt (Water Professionals, z.d.). Om het juiste filter te kiezen is het dus onder andere nodig de kwaliteit van het water dat behandeld te kennen, om te weten welke verontreinigingen verwijderd moeten worden.

ACF's worden gecategoriseerd op basis van hun poriëngrootte, waarvan de kleinste 0,5 micron betreft (Filter Water, z.d.). Hoe kleiner de poriëngrootte, hoe efficiënter en completer de filtratie. Maar dit heeft als keerzijde dat het materiaal veel sneller dichtslibt, waardoor de cartridge in het filter vaker vervangen moet worden (Franks, 2017). Wanneer voor een kleine poriëngrootte gekozen wordt is het raadzaam een prefilter te installeren om de levensduur van het actieve koolstof te verlengen. De noodzaak tot periodieke vervanging van het filtermateriaal (en de kosten die dit met zich meebrengt) is dan ook een van de voornaamste nadelen bij gebruik van een ACF (Mazille & Spuhler, z.d.). Hoe vaak dit onderhoud nodig is, is afhankelijk van de kwaliteit van het te behandelen water, de gemiddelde hoeveelheid water die er per tijdseenheid door zal stromen en de kwaliteit van het filter. Om toch een indicatie te geven: een gebruikelijke vervangingsinterval is eens in elke zes maanden (Extension, z.d.). Een voordeel van ACF's is dat ze geen stroom verbruiken (Franks, 2017).

Aangezien een UV-filter het meest effectief is tegen pathogene micro-organismen en minder onderhoud vergt dan een actieve koolstoffilter, is dat de meest voor de hand liggende keuze voor de Stadsspons. Wanneer het opgepompte water niet aan de in bijlage IV (tabel 6) weergegeven waarden voldoet is een 5 micron prefilter en optioneel een actieve koolstoffilter vereist (Water Anywhere, z.d.). Wanneer voor een alles-in-een-waterfilter gekozen wordt (UV-, sediment- en actieve koolstoffilter), zou bijvoorbeeld voor de UV-1 EcoCompact gekozen kunnen worden (zie figuur 3). Die heeft een doorstroomsnelheid van 4 liter per minuut en verbruikt slechts 10 Watt (Hydrotense, 2018).

Figuur 3. UV-1 EcoCompact alles-in-een-waterfilter (Hydrotense, 2018)

Waterpomp

In de Stadsspons pompt de elektrische pomp het water uit het ondergrondse bassin weer naar het bovenste gedeelte van de stellage. Dit voorkomt stilstaand water (en daarmee pathogenen), uitdroging van de planten en draagt bij aan de beluchting van het water. Ook zorgt het voor thermische stabilisatie in de bovengrondse delen van de Stadsspons aangezien het water in het ondergronds bassin (van waaruit het water omhoog gepompt wordt) in de winter warmer en in de zomer koeler is dan de bovengrondse temperatuur zal zijn. Hierdoor worden bevriezing in de winter en te hoge watertemperaturen (wat kans op pathogenengroei zou geven) in de zomer voorkomen.

De elektrische pompen die gebruikt worden zijn fontein pompen. Dit omdat deze stil zijn en weinig elektriciteit gebruiken. Het is namelijk niet belangrijk dat een grote hoeveelheid wordt rondgepompt. Alleen dat het water niet stil staat. Om ervoor te zorgen dat de pomp niet de gehele dag aan hoeft te staan kan een eb- en vloedsysteem aangelegd kunnen worden. Hierbij wordt het water na een bepaalde tijd rondgepompt. Voor de elektrische pomp is het belangrijk dat het water hoog genoeg gepompt kan worden. In bijlage V staan een aantal opties met hun specificaties.

H3.2.6 Zuivering: Conclusie

De beschreven mogelijkheden in de bovenstaande paragrafen tonen aan hoe met behulp van planten, bacteriën, substraten en additionele apparaten er kan worden gezorgd voor een optimale waterzuivering door de Stadsspons. Deze verschillende onderdelen vormen samen de beste manier om te voldoen aan de doelstelling waterzuivering. Om aan alle doelstellingen te voldoen is er in het hoofdstuk “conclusie en aanbevelingen” een overzicht gemaakt van de verschillende keuzes.

H3.2.7 Verontreinigingen: via hemelwater

Voordat het water in de Stadsspons komt, vinden er eerst verontreinigen in de lucht plaats wat ervoor zorgt dat het hemelwater verontreinigd is. Dit hemelwater is lichtzuur met een pH van 6-7. Het hemelwater is al lichtelijk zuur, omdat stoffen zoals koolstofdioxide (CO_2), stikstofoxiden (NO_x) en zwaveldioxide (SO_2) in de lucht zitten (chemische feitelijkheden, z.d.). Bij het oplossen van deze verbindingen in het hemelwater worden het zuren (Vymazal, 2006). Het hemelwater komt door waterpartijen (wolken) ook in aanraking met andere verontreinigingen. Dit wordt 'in-cloud scavenging' genoemd. Deze verontreinigingen zijn onder anderen roet, zand en (fijn)stof. De andere manier waarop (verontreinigde) stoffen worden opgenomen door hemelwater, heet 'below-cloud scavenging'. Dit houdt in dat als het hemelwater op de weg van de hemel naar het aardoppervlakte

is, het eveneens in aanraking komt met roet, zand en (fijn)stof (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Millieu, 2010). De EC-waarde van regenwater is bijna 0 µS/cm (Inagro, z.d.).

Andere stoffen die een rol spelen in de samenstelling van het regenwater in Nederland zijn onder te verdelen in twee groepen. De grote verbindingen zoals ammonium (NH4), ammoniak (NH3), sulfaat (SO4), nitraat (NO3), fosfaat (PO4), fluor (F), chloor (Cl), natrium (Na), kalium (K), magnesium (Mg) en calcium (Ca) vormen een groep. De tweede groep bestaat uit zware metalen zoals vanadium (V), chroom (Cr), ijzer (Fe), kobalt (Co), nikkel (Ni), koper (Cu), zink (Zn), lood (Pb), arsenicum (As) en cadmium (Cd). Uit het rapport van het RIVM (2010), met betrekking tot de samenstelling van het Nederlands regenwater in de periode 2001-2004 komen bovengenoemde stoffen naar voren als een bron van verontreiniging in het hemelwater. In bijlage VI (tabel 7) zijn de bronnen van de vervuilingen terug te vinden.

Wanneer het hemelwater op het dak valt, zal dit vervuilingen als zand, stof en roet meenemen tijdens de afspoeling naar de regenpijp.

De planten, zuiverende bacteriën en substraten dragen bij aan het zuiveren van de verontreinigingen die zijn gevonden in hemelwater. De substraten zorgen voor een verhoging van het pH en voor het zuiveren van het roet, zand, (fijn)stof en zware metalen. De verschillende planten zorgen voor opname van roet, zand, (fijn)stof, grote verbindingen (ammonium, ammoniak, sulfaat, etc.) en zware metalen. De bacteriën zetten een deel van de grote verbindingen om in mineralen voor de planten.

H3.2.8 Verontreinigingen: Pathogene micro-organismen

De Stadsspons komt buiten te staan, waardoor deze blootgesteld wordt aan dieren die pathogene micro-organismen kunnen verspreiden. Dieren die voorkomen in de stad en daar ziektes kunnen verspreiden zijn onder meer verschillende soorten vogels en zoogdieren.

Gevogelte

Ziektes verspreid door de vogels, met in het bijzonder de stadsduif, worden vaak verspreid door zijn feces. Een individuele duif is in staat per jaar ongeveer 14 kilo feces te produceren. Er is aangetoond dat er verschillende varianten van Salmonella, Listeria en E. Coli gevonden kunnen worden in deze uitwerpselen. Deze bacteriën kunnen zorgen voor acute maag- en darmproblemen bij mensen. Daarnaast zijn Protozoën zoals Toxoplasma (veroorzaker Toxoplasmose) en virussen waaronder het Paramyxovirus en Arhovirus (de veroorzakers van Newcastle Disease en hersenvliesontsteking) aangetroffen in deze uitwerpselen. Daarnaast kunnen deze vogels verschillende ziekteverwekkers meedragen in het verenkleed waaronder teken en mijten die ook weer zelf ziektes bij zich kunnen dragen (Otten & den Hertog, z.d.).

Zoogdieren (ratten, muizen, vossen en katten)

Andere stadsbewoners die ziektes kunnen verspreiden zijn zoogdieren zoals ratten en vossen. In de uitwerpselen van deze dieren kunnen verschillende soorten pathogenen voorkomen zoals bacteriën en virussen. Het hantavirus en de leptospirose bacterie, die de ziekte van Weil veroorzaakt en ook toxoplasma zijn voorbeelden daarvan (Hantavirus, z.d.; Leptospirose, z.d.; Toxoplasmose besmetting, z.d.). Deze pathogenen kunnen ernstige ziektebeelden bij de mens veroorzaken en worden verspreid door de urine van de dieren. Katten en vossen kunnen ook drager zijn van toxoplasmose en deze verspreiden via hun uitwerpselen. Specifiek voor deze dieren is echter de vossenlintworm (Vossenlintworm, z.d.). Deze pathogenen kunnen ernstige ziekteverschijnselen bij de mens veroorzaken. Door middel van de hemelwaterafvoer kan de urine van deze dieren in de Stadsspons komen.

Overige verspreiding pathogene micro-organisme

In tabel 2 worden de overige endemische ziekteverspreiders weergegeven. In bijlage VII staat een uitgebreide en onderbouwde uitleg behorend bij tabel 2.

Tabel 2. Overige endemische ziekteverspreiders

	Bron en verspreiding	**Severiteit en implicaties**	**Risico**
Niet pathogeen			
Bacteriën			
Ralstonia solanacearum	Besmet plantenmateriaal	Veroorzaakt bruinrot in teeltgewassen. Quarantaine ziekte.	laag
Pathogeen			
Bacteriën			
Legionella	Endemisch in stilstaand water	Inademing als aerosol kan bij risicogroepen tot ernstige klachten leiden.	laag
Clostridium botulinum	Endemisch in stilstaand warm water	Botulinetoxine is ernstig giftig, besmetting is dodelijk.	laag tot gemiddeld
Tetanus	In sporenvorm op veel oppervlakte aanwezig	Spierkrampen met levensbedreigende gevolgen.	laag tot gemiddeld
Campylobacter	Maagdarmstelsel van warmbloedige dieren	Diarree en uitdroging, risicogroepen lopen gevaar bij besmetting.	laag
Virussen			
Adeno virus	Overdracht besmet individu naar individu en naar water	Meerdere soorten infecties, risicogroepen lopen gevaar.	laag
Protisten			
Giardia	Ontlasting besmette personen en cysten	Buikgriep achtige symptomen, lage severiteit.	laag
Naegleria	Endemisch op de bodem van warme waterlichamen	Overgeven tot beroertes complicaties kunnen dodelijk zijn.	laag

Het toepassen van substraten, planten, een UV-filter en een waterpomp zorgen er voor dat de pathogene micro-organismen uit het water gezuiverd worden. De waterpomp zorgt ervoor dat het water niet stil komt te staan, waardoor sommige pathogenen geen kans krijgen om te groeien. De UV-filter aan het einde van het zuiveringsproces zal ervoor zorgen dat de pathogenen die niet zijn gezuiverd door de substraten en planten, geen kans krijgen om in het bruikbare water terecht te komen.

H3.2.9 Verontreinigingen: Overige

Algen

Algen kunnen hevig gaan groeien in stilstaand water. Dit zorgt voor een slechte waterkwaliteit en kan leiden tot verstoppingen (Royal Brinkman, z.d.).

Door het gebruik van een waterpomp zal het water in de Stadsspon niet stil komen te staan. Ook laat de bekisting van de Stadsspons geen licht door, de leidingen zullen niet doorzichtig zijn en er zit boven de bovengrondse waterspiegels nog een laag substraat waardoor er geen zonlicht in het water zal schijnen. Door deze toepassingen van de Stadsspons is de kans op algengroei vrijwel uitgesloten.

Mineralen

Naast dat er mineralen via het hemelwater in de Stadsspons terecht komen, kunnen de verschillende substraten mineralen loslaten. De planten zullen deze mineralen opnemen en gebruiken als voedingsstoffen.

H3.3 Sociale functies

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe sociale cohesie bijdraagt aan een leefbare stad en welke sociale functies de Stadsspons heeft die bij kunnen dragen aan de sociale cohesie. Eerst worden kort de uitdagingen toegelicht. Daaropvolgend zijn de functies beschreven die de Stadsspons zal vervullen in sociale context.

H3.3.1 Uitdagingen

Sociale cohesie in steden is een belangrijke geluksfactor voor veel stedelingen. Vereenzaming van ouderen is een voorbeeld van een sociaal probleem dat door sociale cohesie kan worden verholpen. Het vergroten van dit gevoel zal dus bijdragen aan beter leefbare stedelijke omgevingen.

Hieronder wordt er besproken hoe de Stadsspons in werking kan worden gesteld om bij te dragen aan deze sociale cohesie en hoe hij in andere sociale context kan worden ingezet.

H3.3.2 Sociale cohesie

Naast dat de Stadsspons bijdraagt aan waterretentie, heeft het maatschappelijke potenties zoals het bijdragen aan sociale cohesie in een buurt. De mate waarin mensen in de samenleving zijn verbonden en zich verbonden voelen met elkaar, refereert aan sociale cohesie (de Kam en Needham, 2003). Er zijn meerdere voordelen aan hoe sociale cohesie bijdraagt aan een verbeterde leefomgeving in een buurt.

Sociale cohesie is een middel om bijvoorbeeld overlast in een buurt te voorkomen (Flap & Völker, 2005). Zo is gebleken dat de veiligheid en de veiligheidsbeleving van buurtbewoners sterk samenhangt met aspecten van sociale cohesie en integratie (Wittebrood & van Dijk, 2007). Daarnaast heeft sociale cohesie een aandeel in de deelname van burgers aan de samenleving (Evenblij, 2007). Door als bewoners in contact te blijven met elkaar zal de leefbaarheid in de desbetreffende buurt toenemen, mensen voelen zich meer thuis in hun buurt. Gezamenlijke verantwoordelijkheden zoals beheer van de buurt zal hierdoor minder inspanning vergen of een beter resultaat zal worden behaald met gelijke inspanning (de Kam & Needham, 2003). Daarnaast zal een ontmoetingspunt of een plek waar bewoners elkaar tegenkomen in de buurt een positief effect kunnen hebben op eenzaamheid van mensen die bijvoorbeeld alleen wonen.

Punten die invloed hebben op de mate van sociale cohesie in een buurt, zijn onder andere het aantal mogelijkheden tot ontmoeting in een buurt en de laagdrempeligheid van de contacten tussen bewoners. De Stadsspons kan bijdragen aan deze twee punten. Door een Stadsspons te plaatsen in een buurt vergroot je het aantal plekken waar bewoners elkaar kunnen ontmoeten. Ook is het ontmoeten van een medebewoner niet het hoofddoel, maar het gebruik van het water. Ook het onderhouden van de Stadsspons kan bijdragen aan sociale cohesie. Door een gezamenlijke verantwoordelijkheid en al dan niet belang, zijn buurtbewoners samen bezig en wordt contacten onderhouden eenvoudiger.

H3.3.3 Sociale functies

In dit hoofdstuk wordt beschreven welke functies de Stadsspons in de buurt heeft. Dit wordt onderverdeeld in functies voor de bewoners en functies voor de gemeente. Deze functies zullen bijdragen aan de sociale cohesie tussen de stedelingen.

Voor bewoners

Om de sociale cohesie in de buurt te bevorderen zal er bruikbaar water afgetapt kunnen worden uit de Stadsspons. Dit bruikbare water kan gebruikt worden voor al dan niet dagelijkse activiteiten. In dit hoofdstuk zullen een aantal manieren worden besproken waarvoor dit water gebruikt kan worden. Het gaat om kleine activiteiten die een verschil kunnen maken als het gaat om waterverbruik van mensen. De stedelingen kunnen gratis bij dit water en zullen dus dit water gebruiken voor activiteiten waar anders drinkwater voor gebruikt wordt. Het water kan opgepompt en afgetapt worden vanuit de Stadsspons met een handpomp. Het gebruik van een handpomp is voordeliger dan het gebruik van een elektrische pomp. Dit omdat het elektriciteit scheelt, wat past in het kader duurzaamheid. Het water dat uit de Stadsspons wordt afgetapt, kan worden gebruikt voor de volgende handelingen.

Het water kan worden gebruikt voor het wassen van een verscheidenheid aan zaken zoals auto's en andere persoonlijke eigendommen of huisdieren. Het water kan worden afgetapt in bijvoorbeeld een gieter en zo kunnen mensen (binnen) planten of hun gehele tuin water geven. In de zomermaanden kan het gefilterde water voor verschillende activiteiten worden gebruikt. Het huidige idee is om regenwater met de Stadsspons te filteren tot bruikbaar water. In de toekomst, wanneer mogelijk en wanneer meer onderzoek wordt gedaan, zou het afgetapte water gebruikt kunnen worden als drinkbaar water. Dit is echter een futuristisch idee en hier wordt dan ook niet verder op in gegaan in dit rapport.

Voor gemeente

Naast het nut voor de buurtbewoners van het bruikbare regenwater, kan gemeente Amsterdam ook een aantal dingen doen met dit water uit de Stadsspons. Zo kan de gemeente in droge periodes het opgeslagen water gebruiken om groenvoorzieningen in de stad te onderhouden, zoals perken en plantenbakken. Ook kan de Stadsspons zo gemaakt worden, dat de ondergrondse opslagbakken het opgevangen hemelwater langzaam laat wegsijpelen in de grond. Dit is voor sommige plekken in Amsterdam erg relevant, aangezien hier de grondwaterstand laag staat. Dit heet grondwateronderlast en kan leiden tot het rotten van palen en fundering. In gemeente Amsterdam staan veel huizen op houten palen, dus dit is een probleem voor de stad. Door de Stadsspons dan te plaatsen op plekken waar er sprake is van grondwateronderlast kan dit verbeterd worden. Er zijn juist ook plekken in Amsterdam waar de grondwaterstand hoog is, dit kan leiden tot vochtigheid van de kelder en een drassige tuin (Waternet, z.d.). Hier zou dan een Stadsspons geplaatst kunnen worden die het hemelwater opvangt en niet afgeeft aan het grondwater. Dit opgevangen water kan dan gebruikt worden voor sociale functies in de wijk die hierboven besproken zijn.

H3.3.4 Overige bijdrage Stadsspons

Belevingswaarde

In H3.1.4 (tabel 1) staan veertien verschillende helofyten die geschikt zijn om in de Stadsspons te plaatsen. Van deze veertien verschillende helofyten zijn er zes soorten die bijdragen aan de belevingswaarde voor stadsbewoners. Deze zijn de Mattenbies, Beekpunge, Moerashyacint, Gewone waternavel, Grote kattenstaart en Gele lis. De belevingswaarde van een plant wordt bepaald door zijn sierlijkheid (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, 2001). Door meer biodiversiteit in de

Stadsspons te creëren wordt ook de belevingswaarde van de Stadsspons verhoogd (Hop, 2011). Een aantal helofyten die bijvoorbeeld een verscheidenheid aan zowel ernstige als niet bedreigde nachtvlinders aantrekt zijn Bont riet, Gele lis, Mattenbies en Zeggesoorten (Ellis et al., 2013; Robinson, Ackery, Kitching, Beccaloni & Hernández, 2010; Waring & Towsend, 2017). Ook zullen de planten waterkevers aantrekken en zullen de bloeiende planten insecten aantrekken die hier afhankelijk van zijn (Reinder Torenbeek, persoonlijk contact, 2018). Doordat er een verscheidenheid aan planten in de Stadsspons worden geplaatst, verhoogt dit ook de biodiversiteit. Zo heeft de Stadsspons een positieve invloed op de belevingswaarde van stadsbewoners.

Bevordering duurzaam gedrag

In H3.1.4 is de buffercapaciteit berekend. De Stadsspons kan maximaal 491 liter water opslaan voor gebruik. Dit water kan gebruikt worden voor de activiteiten die in H3.3.3 besproken zijn. Hoewel er veel water opgeslagen kan worden in de Stadsspons, kan het echter voorkomen dat er te weinig water in de Stadsspons zit waardoor het niet voor gebruik opgepompt kan worden. Dit komt dan door te intensief gebruik of door te weinig regenval. Dit vraagt de gebruikers om bewust om te gaan met het water. Ook zal de Stadsspons de stedelingen laten zien dat hemelwater als bruikbaar water gezien kan worden. Dit zal leiden tot een bewustere omgang met water.

De mogelijkheid tot het nuttig toepassen van gereinigd regenwater in dichtbevolkt gebied biedt perspectieven voor milieuverbetering en waterkwaliteit. Bij afkoppeling van de regenpijp van het riool is een van de voordelen dat het regenwater niet meer in het riool geloosd wordt en zo vermengd wordt met verontreinigd water. Ook zal het riool ontlast kunnen worden tijdens periodes van hevige regenval (piekregens) (Lemmen & Oomens, 2001). De gemeente biedt subsidies omtrent het onderwerp regenwater (zie bijlage VIII, tabel 8). Doordat sommige gemeentes subsidies verlenen voor het afkoppelen van regenwater, zal dit bewoners stimuleren om duurzamer te handelen. Gemeente Amsterdam heeft subsidies voor groene daken en groene gevels maar momenteel nog niet voor een innovatie als de Stadsspons. Door het onderbouwen van het product en het voeren van gesprekken met de gemeente is dit in de toekomst wel een mogelijkheid.

Groen in de stad

De Stadsspons zorgt voor groenvoorziening door middel van de planten die aanwezig zijn. Deze groenvoorziening kan bijdragen aan de leefbaarheid in de stad door bijvoorbeeld luchtzuivering. Luchtzuivering is voor Amsterdam belangrijk, want in Amsterdam zijn er de meeste plekken die de Europese norm overschrijden op het gebied van luchtverontreiniging (Milieudefensie, 2016). Meer groen in de stad zou hierbij kunnen helpen. Planten houden fijnstof vast, nemen gassen die de lucht verontreinigen op, geleiden de luchtstroming en kunnen hiermee de luchtkwaliteit beïnvloeden (Kuypers & de Vries, 2007).

Ook is verkoeling een belangrijk voordeel dat groen in de stad met zich meebrengt, dit om het Urban Heat Island effect te verminderen. Planten zorgen voor de verkoeling van de omgeving door evapotranspiratie en schaduw. Het toepassen van groen in de stad leidt tot een verkoeling van 1-3 graden Celsius (Duarte, Shinzato, & dos Santos Gusson, 2015). De Stadsspons biedt schaduw en is beplant, dus de leefbaarheid van de stad wordt verhoogd door dit ontwerp. Er is ook uit onderzoek gebleken dat groen in de omgeving een positief effect heeft op de algemene gezondheid van mensen (lichamelijk en psychisch) en sterfte vermindert (van den Berg et al., 2015).

H3.3.5 Sociale functies: conclusie

De Stadsspons kent veel verschillende implementaties wanneer het aankomt op sociale context. De bijdrage die hij kan leveren aan zowel de sociale cohesie als de beleving van duurzaamheid en de

bevordering daarvan maken de Stadsspons divers inzetbaar. Met deze onderbouwing voldoet de Stadsspons aan de doelstelling “sociale functies”.

H4. Discussie

De Stadsspons is gecreëerd met het oog op verschillende functies binnen een stedelijke omgeving. Tijdens het onderzoek is er gekeken naar deze implementatie en de verschillende onderdelen die hierbij van belang waren. Deze zijn uitgezet in de deelonderwerpen waterretentie, waterzuivering en sociale functies.

Een bestaand probleem in stedelijke gebieden is wateroverlast. Uit de literatuuronderzoek bleek dat gedurende een “piekbui” er gemiddeld 2250 liter water op het dak valt. Ook is het nodig om hemelwater te zuiveren voordat het gebruikt kan worden. Dit omdat er verontreinigingen zoals zware metalen en biologische verontreinigingen voor komen in hemelwater. De Stadsspons lost deze problemen op door middel van de zuiverende en watervasthoudende werking van de onderzochte substraten en planten.

Substraten hebben een belangrijke functie binnen de Stadsspons. Uit het onderzoek is gebleken dat een aantal substraten een sterkere zuiverende werking hebben. Ook bleek dat een aantal substraten meer werking hadden op de waterretentie. De drie substraten die relevant zijn voor waterretentie zijn vermiculiet, steenwol en Hydrokorrels. De substraten die een sterke zuiverende werking hebben zijn zand, zeoliet, vermiculiet. Ook faciliteren de substraten zeoliet, Hydrokorrels en vermiculiet de groei van bacteriën.

Het gebruik van helofyten is ook zorgvuldig onderzocht. Er is uitgezocht welke planten het beste bijdragen aan waterretentie, aan waterzuivering en aan sociale functies. Voor de waterretentie zijn er geen specifieke planten welke zorgen voor een optimale waterretentie. Voor de waterzuivering zijn er wel een aantal helofyten die specifieke stoffen goed kunnen zuiveren. Het plaatsen van deze planten zal er dan ook voor zorgen dat de zuivering van het water optimaal zal zijn. Deze planten zijn Beekpunge, Gewone waternavel, Kalmoes, Naaldwaterbies en Zeggesoorten. Aangezien alle helofyten een gelijke werking hebben op de waterretentie zijn helofyten die in de Stadsspons geplaatst worden voor waterzuivering ook voor waterretentie geschikt. Ook zijn er een aantal planten die zorgen voor een optimale beleving onder stadsbewoners. Dit zijn de Mattenbies, Beekpunge, Moerashyacint, Gewone waternavel, Grote kattenstaart en Gele lis. Door deze planten in de Stadsspons te plaatsen, zal dit bijdragen aan de sociale functie van de Stadsspons. Een groot deel van deze planten komt overheen met planten die zorgen voor waterzuivering en voor waterretentie. Het is dus mogelijk om deze drie aspecten van de Stadsspons te combineren door middel van de planten.

De denitrificerende werking van bacteriën bleek een bijdrage te kunnen leveren aan de waterzuivering. Deze bacteriën zorgen voor de oxidatie van onder andere nitraat en nitriet. Een enting met BioBacter in het water zal de Stadsspons een goede start geven om aan deze bacteriën te komen. De substraten, helofyten en het rondpompen van lucht bevorderen deze bacteriën.

Sociale doeleinden zijn onderzocht vanwege de stedelijke plaatsing. De verbetering van de leefomgeving en sociale cohesie vormden hierbij een uitgangspunt. Ook kan het door de Stadspons opgeslagen water voor verschillende doeleinden worden gebruikt. Enkele doeleinden voor bewoners zijn bijvoorbeeld de schoonmaak van auto en andere gebruiksvoorwerpen en het watergeven van planten. Voor de gemeente kan de Stadsspons in drogere periodes gebruikt worden voor de groenvoorziening in de stad met het water uit zijn opslagtank. Daarnaast is de afgifte van het opgeslagen water aan omliggende grond gunstig voor een lage grondwaterstand die voor schade kan zorgen door bijvoorbeeld de wegrotting van houten fundering.

Tijdens het kiezen van planten en substraten die in de Stadsspons geplaatst worden moet worden afgewogen op welke van de functies waterretentie, zuivering en de sociale functies nadruk wordt gelegd. Aangezien de nadruk bij de Stadsspons bij waterretentie ligt is het belangrijk dat de planten en substraten worden gekozen op basis van deze functie. Ook hebben een aantal substraten en planten meerdere functies binnen de Stadsspons. Hierdoor kunnen deze substraten en planten meer voor de Stadsspons bieden**.**

De Stadsspons levert meerdere functies die soortgelijk zijn aan innovaties die de laatste jaren opkomen op het gebied van waterrettentie, waterzuivering en sociale functies. Het opslaan van hemelwater voor waterrettentie en hergebruik is één van deze innovaties. Het Amsterdamse Rainproof is expert op het gebied van waterrettentie. Zij geven informatie en proberen verschillende instanties en bedrijven met elkaar samen te brengen. Een methode die zij aanschrijven is de ondergrondse waterberging in een opslagtank. Dit water kan vervolgens worden hergebruikt voor verschillende doeleinden binnenshuis en werkt tevens als waterberging (Rainproof, z.d.). De vergelijking met de Stadsspons is hier snel mee te trekken. Door de ondergrondse bergingsbak en de opvang van hemelwater zijn deze producten vergelijkbaar. Het grootste verschil tussen de waterberging van Rainproof en de Stadsspons naast waterretentie ook nog een zuiverende en sociale functie heeft. De Stadspons levert een ecologische filtratie van verschillende organische en anorganische stoffen, iets dat mist bij het door Rainproof beschreven product. Ook is de zichtbaarheid van de Stadsspons een belangrijke factor die meespeelt bij het creëren van een duurzaamheidsbelevenis in stedelijke omgeving.

Dakbegroeiing, in de volksmond ook wel een groen dak genoemd, is tevens een innovatief product met verschillende duurzame functies. Volgens de experts van Groendak.info kan een sedumdak (Vetplanten) water vasthouden en vertraagd afvoeren. Aangezien er met planten wordt gewerkt vindt er ook natuurlijke waterzuivering plaats maar dit is vaak niet het hoofddoel van een groen dak. Het hoofddoel van een groen dak is het verlagen van de omgevingstemperatuur door het verkleinen van warmte opnemende oppervlakte en het opslaan van water. Naast sedum bestaan er meerdere soorten groendaken waaronder zogeheten natuurdaken en heide daken. Het sedumdak is echter het meest gangbaar en veel steden en gemeenten bieden subsidie aan voor deze ontwikkeling. Het vertragen van water en de zuivering hiervan zijn ook twee van de hoofdoelen van de Stadsspons. Een belangrijke factor voor het creëren van natuurbesef is echter ook de zichtbaarheid van duurzame ontwikkelingen. Hierin heeft de Stadsspons een streep voor op groene daken. De sociale functies die de Stadsspons kan brengen zijn niet terug te vinden bij een groen dak. Hoewel de Stadspons en de groene daken erg op elkaar lijken in verschillende functies die zij bezitten voldoet de Stadsspons aan de voor hem opgestelde doelen. Voornamelijk de sociale functies die de Stadsspons bezit maken hem hierin uniek. Voor de toekomstige implementatie van de Stadsspons zal subsidie een belangrijke rol gaan spelen. De Stadsspons combineert dus de functionaliteit van de Rainproof en de groene daken waardoor het een efficiënter product is.

Aangezien er enkel theoretisch onderzoek is uitgevoerd zijn er punten die nog extra aandacht verdienen in de vorm van praktijkonderzoek. In de onderstaande tekst staan onderwerpen voor vervolgonderzoek.

De hoeveelheid neerslag in Nederland kan lokaal zeer verschillen, onder andere door het 'urban heat island'-effect. De gegevens die gebruikt zijn in het rapport leggen de focus op gemeente Amsterdam. Als de Stadsspons op een locatie buiten Amsterdam geplaatst wordt zullen deze gegevens afwijken. Eenzelfde opmerking is er te maken over de chemische samenstelling van het regenwater. Ook zijn

bij de berekeningen voor de hoeveelheid neerslag bij een piekbui en de hoeveelheid regen op één dak veel gemiddelden gebruikt. Dit kan in de praktijk afwijken. Biologische activiteit verschilt per seizoen. Dit verschil zal effect hebben op de zuiverende werking van de Stadsspons. Daarnaast is er bij extreem lage temperaturen (ondanks dat stilstaand water in de Stadsspons niet voorkomt) kans op ijsvorming. Bij het bevriezen van water zet het uit, waardoor de kans bestaat dat er beschadigingen optreden aan het materiaal waaruit de Stadsspons is opgebouwd. Daarnaast kan dooi mogelijk resulteren in overstroming van de Stadsspons doordat er een verschil bestaat in de ijsvorming op een dak en in de Stadsspons. Hoewel aerobe omstandigheden in het filter ruimschoots aanwezig zijn door het rondpompen van zuurstofrijk water, is het niet zeker of er anaerobe omstandigheden voorkomen. In bepaalde delen van de Stadsspons zal een opbouw van organische resten (stoffen) moeten plaatsvinden om een anaerobe omgeving te creëren waar deze bacteriën in gedijen. Hiermee kan het denitrificatieproces dan optimaal plaatsvinden. Ook moeten een aantal onderdelen zoals het UV- en koolstoffilter en een aantal substraten na een bepaalde tijd vervangen worden om hun functionaliteit te behouden.

Met de resultaten die zijn voortgekomen uit het onderzoek is de Stadsspons op biologische wijze en maatschappelijke wijze verantwoord onderbouwd. Door middel van deze gegevens is de realisatie en implementatie van dit product dichter bij de werkelijkheid gekomen. In de toekomst zal praktijkonderzoek naar verschillende in deze discussie belichte thema's bijdragen aan een completer product. Op dit moment toont de biologische onderbouwing van de Stadsspons zijn capaciteiten aan en bevestigt dit de mogelijkheden voor stedelijke implementatie. De Stadspons zal bijdragen aan een groenere en duurzamere leefomgeving en zal een positieve impact hebben op de sociale cohesie in stedelijke context.

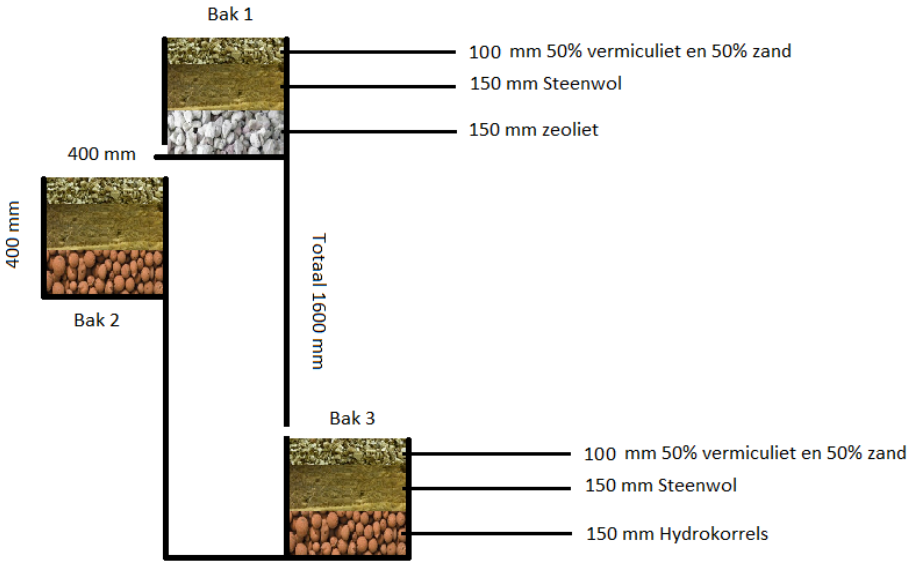
H5. Conclusie en aanbeveling

Er zijn een aantal aspecten onderzocht om antwoord te kunnen geven op de vraag 'In hoeverre kan de Stadsspons bijdragen aan zowel een maximale waterretentie, als aan een sociale functie in de buurt'. Hierbij werd er gekeken naar de keuzes die gemaakt konden worden om een zo optimaal mogelijk werkende Stadsspons in te richten, die bijdraagt aan waterretentie en fungeert als sociale functie in de buurt. Hierin zijn verschillende afwegingen gemaakt om de beste combinatie te kunnen aanbevelen. Deze afwegingen zijn in de discussie besproken. In dit hoofdstuk wordt de beste combinatie van substraten, planten en additionele apparaten voor in de Stadsspons beschreven, zodat deze aan zowel waterretentie als aan sociale functie in de buurt bijdraagt.

H5.1 Advies voor de inrichting van de Stadsspons

Substraten

Om bij te dragen aan zowel een optimale waterretentie, als aan een optimale waterzuivering wordt er geadviseerd om de Stadsspons per bak op de volgende manier in te richten. In bak 1 (de bovenste bak) komen de volgende substraten van boven naar beneden: Fijn zand gemengd met vermiculiet (100mm), steenwol (150mm) en zeoliet (150mm). In bak 2 (de middelste bak) komen de substraten van boven naar beneden: Fijn zand gemengd met vermiculiet (100mm), steenwol (150mm) en Hydrokorrels (150mm). In bak 3 (de onderste bak) komen de substraten op dezelfde manier als in bak 2. In figuur 4 wordt de combinatie van de verschillende substraten nog eens duidelijk gevisualiseerd weergegeven.



Figuur *4. Substraatinrichting Stadsspons*

Planten

De keuze van de planten is voornamelijk gebaseerd op de zuiverende werking en op de belevingswaarde van de planten. De verhoogde belevingswaarde van de planten zullen bijdragen aan de sociale functies van de Stadsspons. De planten die geadviseerd worden om in de bakken te plaatsen zijn: Beekpunge, Bont riet, Gele lis, Gewone waternavel, Grote kattenstaart, Kalmoes, Mattenbies, Moerashyacint, Naaldwaterbies en Zeggesoorten. Hierbij moeten de planten Gewone waternavel en Zeggesoorten in de bovenste plantenbak (1) worden geplaatst voor de waterzuivering. De andere planten kunnen willekeurig in de plantenbakken geplaatst worden, omdat de standplaatsfactoren van de verschillende plantenbakken vrijwel gelijk zijn. Planten die optioneel in de bakken geplaatst kunnen worden, mocht er nog ruimte zijn, zijn: Dwerglisdodde, Gewone kalmoes, Pitrus, Watercrassula en Zenegroen. Nadere informatie over de functie van de verschillende plantsoorten en het onderhoud per soort is te vinden in bijlage I (tabel 4). Zodra de planten een goed wortelsysteem hebben ontwikkeld, zullen de bacteriekolonies optimaal bijdragen aan de zuivering van het water. Daarnaast zullen de planten naarmate ze groeien, meer water opnemen. Dit draagt bij aan de waterretentie. Om een beeld te geven over hoe de Stadsspons ingericht kan worden is er in tabel 3 een voorbeeld gegeven. Bij deze inrichting is er rekening gehouden met de hoogtes van de planten. De rood gekleurde planten zijn de planten die aanwezig moeten zijn voor een optimale zuivering en belevingswaarde.

Tabel 3. Planteninrichting Stadsspons

Plantenbak 1	**Plantenbak 2**	**Plantenbak 3**
Beekpunge	Dwerglisdodde	Bont riet
Gewone waternavel	Gewone kalmoes	Gele lis
Watercrassula	Naaldwaterbies	Kattenstaart
Zegge	Moerashyacint	Mattenbies
Zenegroen	Pitrus	

Overige toevoegingen

Er zijn een aantal apparaten die gebruikt kunnen worden om bij te dragen aan een sociale functie en aan de zuivering. Om het water uit de Stadsspons te pompen voor gebruik, wordt er aangeraden om een rotatie handpomp te monteren aan de Stadsspons. Om te zorgen dat de Stadsspons niet droogvalt is het advies om de inlaat van de handpomp welke water uit de Stadsspons haalt zo te plaatsen dat er altijd 20 procent van het maximaal op te vangen niveau aan water in de Stadsspons blijft. Voor een optimale zuivering van het water is het gebruik van een UV-filter aan te raden. Wanneer uit een wateranalyse blijkt dat de waterkwaliteit niet voldoet aan de parameters die in bijlage IV (tabel 6) staan weergegeven, zal er een tweede filter geplaatst moeten worden. Tussen het ondergrondse bassin en de handpomp kan er dan een 5 micron prefilter (met optioneel nog een actieve koolstoffilter) voor de UV-filter geplaatst worden. Als derde is er een pomp nodig welke het water rondpompt binnen de Stadsspons om de planten en de bacteriën van zuurstofrijkwater te voorzien. Een fonteinpomp is hierbij het meest efficiënt en wordt dan ook aangeraden. Als laatste is het aan te raden om het water dat in de Stadsspons zit te enten met BioBacter, dit om de groei van de zuiverende bacteriën te bevorderen.

Literatuurlijst

Adenovirusinfecties (z. d). Geraadpleegd op 28 januari 2018, http://www.rivm.nl/Onderwerpen/A/Adenovirusinfecties

Amsterdam Rainproof (2018). *Water afvoeren.* Geraadpleegd op 18 januari 2018, https://www.rainproof.nl/thema/water-afvoeren

Armson, D., Stringer, P., & Ennos, A. R. (2013). The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. *Urban Forestry & Urban Greening*, 12(3), 282-286. Doi: 10.1016/j.ufug.2013.04.001

Apec Water (z.d.). *Pros & cons of UV water filtration.* Geraadpleegd op 18 december 2017, http://www.freedrinkingwater.com/whole-house/water-filter-knowledge-base/how-does-ultraviolet-water-purification-work.htm

Aquarium Onderdelen (z.d.). *Aquatic nature bio bacter 2 in 1 formula 300 ml.* Geraadpleegd op 18 december 2017, https://aquariumonderdelen.nl/bio-bacter-300

Braamtuinen (z.d.). *Aanleg zwemvijver met helofytenfilter (1).* Opgehaald van http://www.braamtuinen.nl/zwemvijver.html op 28 januari, 2018

Bolund, P., & Hunhammer, S. (1999). Ecosystem services in urban areas. Ecological Economics, *29*, 293-301.

Botulism (z. d). Geraadpleegd op 5 december 2017, http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs270/en/

Boot Plus (2017). *COMPAC 50 HANDPOMP -HENDERSON-*. Geraadpleegd op 28 december 2018, https://bootplus.nl/handpompen/1699-compac-50-handpomp-henderson.html

Bourliva, A., Michailidis, C., & Trontsios, G. (2004). Removel of lead (Pb2+) and zinc (Zn2+) from aqueous solutions by adsorption on vermiculote from askos area in Macedonia (Northern Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 36.

Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and urban planning*, 97, 147-155.

Carlson, C. A., Ingraham, J. L. (1983). *Comparison of denitrification by Pseudomonas stutzeri, Pseudomonas aeruginosa, and Paracoccus denitrificans.* Applied Environmental Microbiology, 45(4), 1247-1253.

Collins, M. R. en Graham M. J. D. (1994). *Slow sand filtration. An international compilation of recent scientific and operational developments.* American Water Works Association.

Campylobacter (2017). Geraadpleegd op 4 december 2017, : http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs255/en/

Daims, H., Lebedeva, E. V., Pjevac, P., Han, P., Herbold, C., Albersten, M., Jehmlich N., Palatinszky, M., Vierheilig, J., Bulaev, A., Kirkegaard, R. H., von Bergen, M., Rattei, T., Bendinger, B., Nielsen, P. H., Wagner, M. (2015). *Complete nitrification by Nitrospira bacteria.* Nature.

De Natuur in Huis., (z.d.). *Opstarten van een aquarium: Alles over bacteriën, ammonia, nitrite en nitraat.* Geraadpleegd op 12 december 2017, : http://www.denatuurinhuis.nl/wp/2011/12/25/opstarten-van-een-aquarium-alles-over-bacterien-ammonia-nitriet-en-nitraat/

Duarte, D. H., Shinzato, P., dos Santos Gusson, C., & Alves, C. A. (2015). The impact of vegetation on urban microclimate to counterbalance built density in a subtropical changing climate*. Urban Climate*, *14*, 224-239.

Dvorak, B. I., & Skipton, S. O. (2013). *Drinking water treatment: activated carbon filtration.* Geraadpleegd op 18 december 2017, http://extensionpublications.unl.edu/assets/pdf/g1489.pdf

Ellis, K. V. (1985). Slow Sand Filtration*. CRC critical Reviews in Environmental control*, 15, 315-354.

Ellis, W. N., Groenendijk, D., Groenendijk, M. M., Huigens, M. E., Jansen, M. G. M., Meuken, J. van der, Nieukerken, E. van, & Vos, R. de (2013). *Nachtvlinders belicht: dynamisch, belangrijk, bedreigd.* Wageningen: De Vlinderstichting en Werkgroep Vlinderfaunistiek.

ESP Water Products (z.d.). *UV system buyers guide.* Geraadpleegd op 18-12-2017, https://www.espwaterproducts.com/uv-system-buyers-guide/

Evenblij, M. (2007). *Respect! Onderzoek naar sociale cohesie in Nederland.* Deel 11 uit NWO-reeks Sociale Cohesie. Aksant, Amsterdam.

Extension (z.d.). *Drinking water treatment – activated carbon filter.* Geraadpleegd op 18-12-2017, http://articles.extension.org/pages/31567/drinking-water-treatment-activated-carbon-filter

Fazeli, B., & Emtziani, G. (2016). The conversion of nitrate in water to diatomic nitrogen gas by immobilized Pseudomonas stutzeri on vermiculite*. Iranian Journal of Environmental Technology*, 2-9

Filter Water (z.d.). *Activated carbon and carbon block water filters.* Geraadpleegd op 18 december 2017, http://www.filterwater.com/c-26-carbon-filters.aspx

Flap, H. & Völker, B. (2005). *Gemeenschap, informele controle en collectieve kwaden in de buurt. In; Völker, B. (ed.), 2005. Burgers in de buurt. Samenleven in wijk, buurt en verenigingen.* Boekuitgave Mens en Maatschappij, Amsterdam: University Press.

Franks, G. (2017). *Carbon filtration: What it does, What it doesn't.* Geraadpleegd op 18-12-2017, http://www.purewaterproducts.com/articles/carbon

Gemeente Apeldoorn (2018). *Subsidie voor afkoppelen regenwater*. Geraadpleegd op 14 januari 2018, https://www.apeldoorn.nl/subsidie-afkoppelen-regenwater

Gemeente Deventer (2018). *Afkoppelen regenwater, subsidie*. Geraadpleegd op 17 december 2017, https://www.deventer.nl/loketten/digitaal-loket/afkoppelen-regenwater-subsidie

Gemeente Eindhoven (2018). *Subsidieregeling stimulering afkoppelen gemelwaterafvoer van verhard oppervlak.* Geraadpleegd op 15 december 2017, https://www.eindhoven.nl/sites/default/files/2017-06/Gemeenteblad%202014.064%20subsidieregeling%20stimulering%20afkoppelen%20hemelwater.pdf

Gemeente Utrecht (2018). *Regenwater*. Geraadpleegd op 3 december 2017, https://www.utrecht.nl/wonen-en-leven/milieu/water/regenwater/

Gemiddelde oppervlakte woning (z.d.). Geraadpleegd op 28 januari 2018, https://gemiddeldgezien.nl/gemiddelde-oppervlakte-woning

Giardiasis (z.d). Geraadpleegd op 20 januari 2018, http://www.rivm.nl/Onderwerpen/G/Giardiasis

Hamer, F., & Hamer, J. (2004). *The Potter's Dictionary of Materials and Techniques*. *Pennsylvania:* University of Pennsylvania Press.

Gordan., (2017), *Gordan slab*. Opgehaald op 15 januari 2018, https://www.kweekhuis.nl/bestel/grodan-slab?gclid=EAIaIQobChMIhbTQ98f61wIVWmcZCh2RaAe0EAkYAiABEgLCOPD_BwE

Hantavirus (z. d). Geraadpleegd op 1 december 2017, http://www.rivm.nl/Onderwerpen/H/Hantavirusinfectie

Helofytenfilters (2017). *Wikipedia: helofytenfilters.* Geraadpleegd op 26 november 2017, https://nl.wikipedia.org/wiki/Helofytenfilter

Home Meets Nature (2018, Januari 14). *Hydrokorrels*. Geraadpleegd op 5 januari 2018, https://www.homemeetsnature.nl/hydrokorrels-kopen

Hop, M.E.C.M. (2011). *Vaste planten in openbaar groen.* Geraadpleegd op 14 januari 2018, http://edepot.wur.nl/164009

Hydrotense (2018). *UV-1 EcoCompact 220V/12V*. Geraadpleegd op 17 januari 2018, https://www.hydrotense.eu/epages/491664435.sf/nl_NL/?ObjectPath=/Shops/491664435/Products/SYS1-EC220V

Inagro (z.d.). *Geleidbaarheid (EC)*. Geraadpleegd op 20 december 2017, http://www.watertool.be/interface/Pagina_Opvragen.aspx?parameterID=12

Informatie over oeverplanten (z.d.). Geraadpleegd op 10 januari 2018, http://www.vijverflora-hellendoorn.nl/plantsoort/oeverplanten/

Jansen Pompen- & Watertechniek (2017). *Fluxinos Economy 30*. Geraadpleegd op 29 december 2017, https://www.pompentechniek.nl/product/Economy-30/

Kam, G. de, & Needham, B. (2003). *Een hele opgave. Over sociale cohesie als motief bij stedelijke herstructurering.* Nijmegen, DGW/NETHUR Partnership 24.

Kessel van, Speth, D. R., Albertsen, M., Nielsen P. H., op den Camp, H.J., Jetten. M. S., Lücker, S. (2015). *Complete nitrification by a single microorganism*. Nature 14(2), 61.

Köhler, M., Schmidt, M., Grimme, F. W., & Laar, M. (2002). Green roofs in temperate climates and in the hot-humid tropics—far beyond the aesthetics. *Environment and Health*, *13*, 382-391.

solar (z.d.). *Uitleg over regenintensiteit.* Geraadpleegd op 29 november 2017, https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/regenintensiteit

Kuypers, V. H. M., & Vries, E. A. de (2007). *Groen voor lucht: van theorie naar groene praktijk, toepassingen om lucht te zuiveren*. Alterra.

Legionella (z. d). Geraadpleegd op 10 januari 2018, http://www.rivm.nl/Onderwerpen/L/Legionella

Lemley, A., Wagenet, L., & Kneen, B. (1995). *Activated carbon treatment of drinking water*. Geraadpleegd op 18 december 2017, http://waterquality.cce.cornell.edu/publications/CCEWQ-03-ActivatedCarbonWtrTrt.pdf

Lenntech (z.d.-a). *Zware metalen.* Geraadpleegd op 12 januari 2018, https://www.lenntech.nl/schadelijke-stoffen/zware-metalen.htm

Lenntech (z.d.-b). *Noodzaak desinfectie van (drink)water*. Geraadpleegd op 1 december 2017, https://www.lenntech.nl/processen/desinfectie/noodzakelijkheid/noodzaak-desinfectie-water.htm

Lenntech, (z.d.-c). *Substrance removal by zeolites*. Geraadpleegd op 17 januari 2018, https://www.lenntech.com/zeolites-removal.htm

Leptospirose (z. d). Geraadpleegd op 10 januari 2018, http://www.rivm.nl/Onderwerpen/L/Leptospirose

Luijtelaar, H. (2008). *Regenwateroverlast in de bebouwde omgeving Inventariserend onderzoek onder gemeenten.* Ede: Stichting RIONED, 3-43.

Malandrino, M., Abollino, O., Giacomino, A., Aceto, M., & Mesntasti, E. (2006). Adsorption of heavy metals on vermiculite: Influence of pH and organic ligands. *Journal of colloid and interface science*, 299, 537-546.

Masi, F., & Martinuzzi, N. (2006). Constructed wetlands for the Mediterranean countries: hybrid systems for water reuse and sustainable sanitation*. Desalination*, *215*, 44-55. Doi: 10.1016/j.desal.2006.11.014

Mazille, F., & Spuhler, D. (z.d.). *Adsorption (activated carbon)*. Geraadpleegd op 18 december 2017, van https://www.sswm.info/content/adsorption-activated-carbon

McCarthy, M. P., Best, M. J., & Betts, R. A. (2010). Climate change in cities due to global warming and urban effects. *Geophysical Research Letters*, *37*, 1-5.

Meulenkamp. J. (2017). Persoonlijke communicatie.

Milieudefensie (2016). *Amsterdam meest vervuilde stad van Nederland.* Geraadpleegd op 15 december 2017, https://www.parool.nl/amsterdam/amsterdam-meest-vervuilde-stad-van-nederland~a4298283/

Moerasplanten of helofyten (z.d.). Geraadpleegd op 5 december 2017, http://www.schonevijver.nl/contents/nl/d49_moerasplanten.html

Mone, J. (z.d.). *Everything you need to know about ultraviolet water purification*. Geraadpleegd op 18 december 2017, http://www.harvesth2o.com/uv.shtml

Nationaal Kennis- en innovatie programma Water en Klimaat (2017). *Hevige buien: het rioolstelsel voorbij.* Geraadpleegd op 10 januari 2018, https://waterenklimaat.nl/onderzoekslijnen/klimaatbestendige-stad/kenniskrant-klimaatbestendige-stad/natte-krant/hevige-buien-het-rioolstelsel-voorbij/

Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (z.d.-a). *Bruinrot*. Geraadpleegd op 2 december 2017, https://www.nvwa.nl/onderwerpen/plantenziekten-en-plagen/bruinrot/symptomen

Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (z.d.-b). *symptomen.* Geraadpleegd op 18 december 2017, https://www.nvwa.nl/onderwerpen/plantenziekten-en-plagen/bruinrot/regelgeving

Noordwijk, M., & Brouwer, G. (1983). *Kwaliteit van steenwol is eenvoudig te meten.* Tuinderij.

Onderhoud van een moerasfilter of helofytenfilter (z.d.). Geraadpleegd op 18 december 2017, http://www.schonevijver.nl/contents/nl/d71_moerasfilter-onderhoud.html

Oram, B. (z.d.). *UV disinfection drinking water.* Geraadpleegd op 18 december 2017, http://www.water-research.net/index.php/water-treatment/water-disinfection/uv-disinfection

Os, E. A., Kuik, F. J., Runia, W. T., & Buuren, J. v. (1993). *Prospects of slow sand filtration to eliminate pathogens from recirculating nutrient solutions*. Agricultural and Environmental Engineering, 377-382.

Otten, G., & den Hertog, D. (z. d). *Duiven, Columba livia domestica L.* Geraadpleegd op 7 januari 2018, http://www.plaagdierbeheersing.nl/plaagdieren/vogels/duiven/

Panuccio, M. R., Sorgona, A., Rizzo, M., & Cacco, G. (2009). Cadmium adsorption on vermiculite, zeolite and pumice: batch experimental studies*. Journal of Environmental Management*. 90. 364-374.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Millieu (2010*). The Dutch National Precipitation Chemistry Monitoring Network over the period 1992-2004*. Geraadpleegd op 15 december 2017, http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/680704009.pdf

Robinson, G. S., Ackery, P. R., Kitching, I.J., Beccaloni, G. W. & Hernández, L. M. (2010). *HOSTS – A databae of the World Lepidopteran Hostplants.* Natural History Museum, London. Geraadpleegd op 20 januari 2018, http://www.nhm.ac.uk/hosts

Rovers, V., Bosch, P., & Albers, R. (2014). *Einrapport Climate Proof Cities 2010-2014.* Geraadpleegd op 7 december 2017, http://edepot.wur.nl/319234

Royal Brinkman (z.d.). *Hoe voorkom en bestrijd je algen in het bassin?* Geraadpleegd op 21 januari 2018, https://royalbrinkman.nl/kennisbank-gewasbescherming/voorkomen-bestrijden-algen-in-bassin

Schmidt, M. (2006). *The contribution of rainwater harvesting against global warming*. Technische Universität Berlin, IWA Publishing, London, UK, 9.

Scholz-Barth, K. (2001). Green roofs: Stormwater management from the top down. *Environmental Design & Construction*, *4*, 63-70.

Shrestha, G. L., Dangol, B., & Spuhler, D. (z.d.). *Colloidal silver filter*. Geraadpleegd op 18 december 2017, https://www.sswm.info/category/implementation-tools/water-purification/hardware/point-use-water-treatment/colloidal-silver

Spomer, A. (1998). *Water retention of light expanded clay amendment.* Urbana: Department of natrual resources and envoironmental sciences, university of illinois.

Stichting RIONED (z.d.). *Hoosbuien.* Geraadpleegd op 1 december 2017, https://www.riool.info/hoosbuien

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (2001). *Ecologisch beoordelingssysteem voor stadswateren; gebruikershandleiding.*

Straver, N. (1988). *Vergelijking van drie substraten en twee cultivars bij Anthurium andreanum.* Aalsmeer: Proefstation voor de bloemisterij.

Tetanus (z.d.). Geraadpleegd op 13 januari 2018, http://www.rivm.nl/Onderwerpen/T/Tetanus

Tetanus (2017). Geraadpleegd op 13 januari 2018, http://www.who.int/immunization/diseases/tetanus/en/

The Vermiculite Association, (z.d.). *Vermiculite Data.* Geraadpleegd op 14 januari 2017, https://www.vermiculite.org/wp-content/uploads/2014/09/Vermiculite_Data1.pdf

Tondera, K. (2017). Evaluating the performance of constructed wetlands for the treatment of combined sewer overflows. Geraadpleegd op 2 januari 2018, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857417305670

Toxoplasmose besmetting., (z.d.). Geraadpleegd op 13 januari 2018, http://www.rivm.nl/Onderwerpen/T/Toxoplasmose/Besmetting

United Nations (2001). *World Urbanisation Prospects: The 1999 Revision.* New York. Urban Observatory and Statistics Unit.

University of New Hampshire (z.d.). *Design of UV disinfection systems for drinking water.* Geraadpleegd op 18 december 2017, http://www.unh.edu/wttac/WTTAC_Water_Tech_Guide_Vol2/uv_pdf_files/UT_Web_Site_UV_Design_Module.PDF

Valkenpower (2017). *Aluminium handpomp*. Geraadpleegd op 28 december 2017, https://valkenpower.com/aluminium-handpomp-voor-diesel.html

Van den Berg, M., Wendel-vos, W., van Poppel, M., Kemper, H., van Machelen, W., & Maas, J. (2015). Health benefits of green spaces in the living environment: A systematic review of epidemiological studies*. Urban Forestry & Urban Greening*. 14. 806-816.

Vymazal, J. (2007). Removal of nutrients in various types of constructed wetlands*. Elevier.* 380, 48-65.

Vossenlintworm (z.d.). Geraadpleegd op 13 januari 2018, : http://www.rivm.nl/Onderwerpen/E/Echinokokkose/Echinococcus_multilocularis

Wang, S., & Peng, Y. (2010). Natural zeolites as effective adsorbents in water and wastewater treatment. *Chemical Engeneering Journal*, 156(1), 11-24, https://doi.org/10.1016/j.cej.2009.10.029

Waring, P., & Towsend, M. (2017). *Nachtvlinders*. Utrecht: Kosmos Uitgevers.

Wastewater Gardens (z.d.). Geraadpleegd op 10 december 2017, : http://www.wastewatergardens.com/pdf/WWG_English.pdf

Water Anywhere (z.d.). *Sizing Ultraviolet water desinfection systems (UV systems)*. Geraadpleegd op 18 december 2017, http://www.wateranywhere.com/index.php?cPath=562

Waternet (z.d.). *Gemengd riool*. Geraadpleegd op 1 december 2017, https://www.waternet.nl/ons-water/rioolwater/gemengd-riool/

Waternet (z.d.). *Grondwaterstand.* Geraadpleegd op 14 december 2017, https://www.waternet.nl/ons-water/grondwater/

Water Professionals (z.d.). *Activated carbon filters.* Geraadpleegd op 18 december 2017, van http://www.waterprofessionals.com/learning-center/activated-carbon-filters/

Water Servicepunt Nijmegen (2018). *Subsidie afkoppelen*. Geraadpleegd op 14 januari 2018, http://www.waterbewust.nl/afkoppelen.html

Waterschap Limburg (2018). *Subsidie voor afkoppelen regenpijn pin je tuin*. Geraadpleegd op 14 januari 2018, https://www.waterschaplimburg.nl/vaste-onderdelen/zoeken/@4948/subsidie-afkoppelen/

Wen, Z. D., Wu, W. M., Ren, N. Q., & Gao, D. W. (2016). Synergistic effect using vermiculite as media with a bacterial biofilm of Arthrobacter sp. for biodegradation of di-(2-ethylhexyl) phthalate*. Journal of Hazardous Materials,* 304, 118-25. Doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.10.060

Whitford, V., Ennos, A. R., & Handley, J. F. (2001). "City form and natural process"—indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK. *Landscape and urban planning*, *57*, 91-103.

Wiegant, W., van Betuw, W., Kruit J., Uijterlinde, C. (2009). *Duurzame deelstroombehandeling voor stikstofverwijdering op rwzi heft de toekomst.*

Wikipedia (2017-a). *Macrophyte.* Geraadpleegd op 28 januari 2018, https://en.wikipedia.org/wiki/Macrophyte

Wikipedia (2017-b). *Transpiratie (biologie)*. Geraadpleegd op 19 januari 2017, https://nl.wikipedia.org/wiki/Transpiratie_(biologie)

Wikipedia (2017-c). *Vermiculite*. Geraadpleegd op 12 december 2017, https://en.wikipedia.org/wiki/Vermiculite

Wikipedia (2017-d). *Waterkringloop.* Geraadpleegd op 11 december 2017, https://nl.wikipedia.org/wiki/Waterkringloop

Wittebrood, K., & Dijk, T van. (2007). *Aandacht voor de wijk. Effecten van herstructurering op de leefbaarheid en veiligheid.* Den Haag: Sociaal Cultureel Planbureau.

Zeolite Store (z.d.). *Water.* Geraadpleegd op 17 januari 2017, http://www.zeolitestore.com/en/leau

Zeolite Products (z.d.). *Zeopond: zeoliet voor vijver en aquarium*. Geraadpleegd op 17 januari 2017, http://www.zeolite-products.com/pages/particulier/zeoliet-voor-vijver-en-aquarium.php

Zhu, S., Huang, X., Ho, S. H., Wang, L., & Yang, J. (2017). Effect of plant species compositions on performance of lab-scale constructed wetland through investigating photosynthesis and microbial communities. *Bioresource technology*, *229*, 196-203.

Ziektes verspreidt door water (z.d.). Geraadpleegd op 13 januari 2018, https://www.lenntech.nl/processen/desinfectie/deseases/watergedragen-ziektes.htm#ixzz51FgiJ8ko

Bijlage I: Uitwerking planten

Tabel 4 informatie planten

Plant	Wetenschappelijke naam	Beschrijving	Beheer/onderhoud	Formaat	Foto
Beekpunge (ereprijs)	*Veronica beccabunga*	Kruipende oeverplant met kleine vlezige bladeren en kleine blauwe bloemen. Het is een bodembedekker die veel nitraat kan opnemen. In de winter zal de plant terugnemen in formaat.	In het voorjaar eventueel afgestorven loof of bladeren verwijderen. Deze kunnen gaan schimmelen en de planten verstikken.	Tussen de 10 en 20 cm hoog	
Dwerglisdodde	*Typha minima*	Dwerglisdodde is een klein blijvende lisdodde variant. De planten zijn winterhard en blijven het gehele jaar groen. De plant heeft smalle bladeren en geeft tijdens de bloei bruine kolven. De wortels vormen na verloop van tijd een geheel netwerk die veel water filteren.	Deze soort kan gaan overwoekeren. Als de soort eens per jaar flink teruggesnoeid wordt zal dat wel meevallen.	Tussen de 30 en 50 cm hoog	

Gele lis	*Iris pseudacorus*	Dit is een oeverplant die graag in ondiep water of op een natte oever groeit. De plant heeft lange bladeren heeft tijdens de bloei gele bloemen. De gele lis vormt een dicht en oppervlakkig wortelstel waar nuttige bacteriën graag huisvesten.	Door in het najaar oude wortelstokken weg te halen zal de plant niet gaan woekeren.	Tussen de 80 en 90 cm hoog	
Gewone waternavel	*Hydrocotyle vulgaris*	Deze plant heeft een hoge groeikracht en filtert dus veel voedingstoffen uit het water tijdens de groei. Bovendien verwijdert waternavel zware metalen. Hij vormt ronde bladeren met bladsteel in het midden en bloeit met onopvallende bloemen. Deze soort groeit graag in zo'n 5 cm diep water.	Door de hoge groeikracht kan de soort flink gaan woekeren. Zal 2 keer per jaar moeten worden gesnoeid. Het water waar het in groeit moet rustig blijven stromen om bacterie- en algengroei te voorkomen.	Tussen de 1 en 10 cm hoog	

Watercrassula	*Crassula helmsii*	Deze plant behoort tot de vetplantenfamilie maar heeft zich aangepast tot leven in het water. De soort kan snel groeien en woekeren. De soort blijft s'winters gewoon doorgroeien. Kan niet tegen bevriezing.	In het najaar dode takken weghalen en plant terugsnoeien.	Tussen de 10 en 20 cm hoog	
Gewone kalmoes en Dwerg kalmoes	*Acorus calamus*	Kalmoes is een soort die veel gebruikt wordt bij de zuivering van vijvers. De plant zuivert het water en de bodem van fosfaten. Bovendien scheiden deze planten stoffen uit die water ontsmetten en de ontwikkeling van salmonella en andere ziektekiemen tegengaan. Sterke smalle bladeren die in de winter groen blijven. Dwergkalmoes is een klei	Gedurende het jaar af en toe dode bladeren verwijderen. 1 keer in het jaar oude wortelstokken verwijderen en jonge delen van de plant achterlaten. Zo blijft er een sterk en gezond gewas over.	Gewone kalmoes tussen de 60 en 80 cm hoog. Dwerg kalmoes tussen de 20 en 30 cm hoog	

		blijvende soort maar zal ook minder stoffen uit het water filteren.			
Mattenbies	*Schoenoplectus lacustris*	Mattenbies is een decoratieve snelgroeiende soort die tot wel 2 meter hoog kan worden. De plant heeft hele sterke wortels. De wortels zijn zo sterk dat ze schade kunnen verrichten aan de opstelling. Mattenbies woekert snel.	De wortels moeten 2 keer per jaar gesnoeid worden. 1 keer per jaar dode bladeren verwijderen en de plant terugsnoeien.	Tussen de 80 en 200 cm hoog, wortels tussen de 10 en 50 cm diep	
Moerashyacinth of snoekkruid	*Pontederia cordata*	Mooie waterplant met glanzend groene hartvormige bladeren en paars-blauwe bloeit in augustus en september. De plant staat graag met zijn wortels onder water.	Jaarlijks dode bladeren weghalen, snoeien waar nodig.	Tussen de 40 en 60 cm hoog	

Naaldwaterbies	*Eleocharis acicularis*	Naaldwaterbies is een goed zuiverende plant. De plant filtert naast veel voedingstoffen ook koolzuurgassen uit het water en zorgt voor veel zuurstof in het water. De plant staat graag in een licht zuur klimaat. Wordt makkelijk overwoekerd.	Jaarlijks verdorde en oude delen van de plant verwijderen.	Tussen de 10 en 20 cm hoog	
Bont riet	*Phragmites australis*	Deze plant groeit snel en wordt beschouwd als een sterk zuiverende plant. Nadelen van de plant is dat de wortels van de plant erg sterk zijn, ze kunnen zelfs door beton en polyester groeien.	2 keer per jaar dode takken en bladeren verwijderen en flink terugsnoeien. Wanneer de plant niet wordt onderhouden zal de plant woekeren en er rommelig uit gaan zien.	Tussen de 80 en 200 cm hoog	
Zwarte Zegge	*Carex nigra*	Deze Zegge soort blijft klein en compact. De wortels vormen een groot netwerk die niet alleen	Eens per jaar dode bladeren weghalen en terugsnoeien.	Tussen de 30 en 60 cm hoog	

		mineralen uit het water filteren, ook halen de planten grotere deeltjes uit het water zoals zand en stof.			
Zenegroen	*Ajuna reptans*	Zenegroen is een kruipend plantje met een vochtige standplaats. Het plantje werd vroeger gebruikt als geneeskruid bij snij- en schaafwonden. De wortels blijven dicht aan het oppervlak.	Eens per jaar dood blad verwijderen en oude delen van de plant verwijderen.	Tussen de 5 en 10 cm hoog	

Bijlage II: Vochtkarakteristieken Steenwol

Tabel 5. Karakteristieken van vier type steenwol blokjes van 10 x 10 x 6,5 cm3 (Grodan, 2017)

		Deense Grodan n = 5*		Nederlandse Grodan n=10			Zwitserse Basolan n=5		Franse Culitilene n=5
	Gem.	Var-Coëff**	Gem.	Var-Coëff	Gem.		Var-Coëff	Gem.	Var-Coëff
Volumegewicht g cm^{-3}	0,0072	1,4	0,0068	3,0		0,0067	2,9	0,075	1,2
Verzadigd vochtgehalte %	90,0	2,1	93,8	1,0		88,0	2,8	90,2	1,8
% vochtgehalte bij -20 cm H_2o	32,9	4,9	54,0	14,0		23,7	27	10,2	11
Cappilaire opstijging vertical (cm)	2,2	8,5	2,6	15		1,66	13,0	1,54	5,4
Cappilaire opstijging Horizontaal (cm)	2,04	9,5	1,99	10,0		1,08	30,0	1,6	5,8

* n= aantal metingen

** De variatiecoëfficiënt is de standaardafwijking gedeeld door het gemiddelde, weergegeven als percentage

Bijlage III: Berekening inhoud Stadsspons in liters

Berekening watercapaciteit bovenste reservoir:
Het bovenste reservoir bestaat uit meerdere water reservoirs. Het eerste reservoir heeft afmetingen van 40,0 cm x 11,0 cm x 40,0 cm

Als hier de simpele som lengte keer breedte keer hoogte op wordt losgelaten is het antwoord 17600 cm^3

De afmetingen van het tweede reservoir bedragen 73,15 cm x 40 cm x 40 cm

Als hier de simpele som lengte keer breedte keer hoogte op wordt losgelaten is het antwoord 117040 cm^3

De afmetingen van het derde reservoir bedragen 11,0 cm x 40 cm x 40 cm

Als hier de simpele som lengte keer breedte keer hoogte op wordt losgelaten is het antwoord 17600 cm^3

Alle reservoirs bij elkaar hebben dus een inhoud van 17600 cm^3 + 117040 cm^3 + 17600 cm^3 = 152240

Om het aantal liters te kunnen bepalen dient dit te worden omgerekend naar kubieke decimeter.

152240/1000=152.240 dm^3

Dut betekent dat er een opslag capaciteit van 152.240 liter is.

Berekening watercapaciteit onderste reservoir:
De afmetingen van het ondergrondse reservoir bedragen 76,0 cm x 80,0 cm x 80,0 cm. De 76 cm is te verklaren doordat er een overloop systeem is ingebouwd in het reservoir. Deze overloop is geplaatst op 95 procent van het maximale waterniveau.

Als hier de simpele som lengte keer breedte keer hoogte op wordt losgelaten is het antwoord 486400 cm3

Om het aantal liters te kunnen bepalen dient dit te worden omgerekend naar kubieke decimeter.

Hiervoor dient het antwoord te worden gedeeld door duizend dus 486400/1000=486.40 dm3

Dit betekent dat de het ondergrondse reservoir een opslag capaciteit van 486.40 liter heeft. Nu zijn de kratten waarvan het ondergrondse reservoir gebouwd zijn niet helemaal hol van binnen. Er moet een correctie van 5% van het totaal aan opslagcapaciteit worden afgehaald.

486.40 / 100 = 4.864 x 5 = 24,32

486.40 - 24.32 = 462.08 liter

De totale opslag capaciteit van het ondergrondse reservoir is 462.08 liter

Bijlage IV: Waterwaarden UV-filter

Tabel 6. Maximum parameters van de waterkwaliteit (Water Anywhere, z.d.)

Parameter	Effect	Maximale waarden
UVT (UV-transmissie)	Gemeten als mate van UV-absorbtie op een bepaalde afstand van de lamp	>75% UVT at 254mm
Ijzer	kan UVT verminderen en aanslag op lamphoes veroorzaken	<0,3 ppm (0,3mg/L)
Waterhardheid	Kan aanslag op lamphoes veroorzaken	<120 ppm (7 gpg)
Troebelheid	Achter gesuspendeerde deeltjes kunnen pathogenen Schuilen voor de straling	<1 NTU
Tanninen	Kan UVT en systeem functioneren verminderen	<0,1 ppm (0,1 mg/L)

Bijlage V: Opties elektrische pompen en handpompen

Een pomp die werkt op zonenergie
(Bijvoorbeeld Esotec Solar 101766 Bachlaufsystem Adria)
Deze pomp werkt op zonnenergie. Deze pomp helpt met het verhogen van de hoeveelheid zuurstof in het water. Dit kan algengroei tegengaan. Omdat deze pomp op zonenergie werkt zal deze zeer ecologisch verantwoord zijn en is het niet nodig de Aquamultibox aan te sluiten met stroom. Een nadeel is wel is dat deze pomp duurder is dan een pomp die niet op zonenergie loopt. Ook zal deze pomp gedurende de nacht en wintermaanden minder goed werken. Deze pomp heeft een maximale hoogte van 300 meter waardoor het hoog genoeg is voor de Stadsspons. Deze pomp (zie figuur 5) kan 3400l/u pompen *(Solarverstand, z.d.)*.

Figuur *5. Pomp op zonnenergie (Solarverstand, z.d.)*

Optie 2
Pomp aan het netstroom
(Bijvoorbeeld Aquarius Universal Premium Eco 3000)
Een andere optie is om een simpele pomp te gebruiken die wel op het netstroom aangesloten moet worden. Het voordeel hiervan is dat deze pomp (zie figuur 6) gedurende het hele jaar en gedurende dag en nacht kan draaien. Ook zal deze pomp relatief goedkoop zijn. Een groot nadeel is wel dat de Aquamultibox aangesloten moet worden aan het netstroom of aan een andere bron van energie. Deze pomp heeft een maximale hoogte van 3,2 meter en een capaciteit van 3000l/u *(Oase-livingwater, z.d.).*

Figuur 6. Pomp met externe energiebron (Oase-livingwater, z.d.)

Hand pompen

Fluxinos Economy 30 (vleugelpomp, zie figuur 7)
Deze vleugelpomp is een dubbelwerkende zelf aanzuigende zuig-pers pomp voor vloeistoffen. De Fluxinos is vervaardigd uit roestvrij staal en is hierdoor een duurzaam product welke lang mee gaat.

Door goede technische specificaties is een hoge opbrengst gegarandeerd. Ondanks dat het gewicht van deze pomp maar gering is, is de pompcapaciteit hoog. Deze pomp werkt ook met vloeistoffen waar vaste deeltjes in zitten (Jansen Pompen- & Watertechniek, 2017).

Technische specificaties:

Maximale capaciteit = 30 ltr/min

Koppelingen (nylon) = Ø 40/50 mm

Gewicht = 5 kg

Figuur *7. Vleugelpomp (Pomptechniek, z.d.)*

Rotatie handpomp

Dit soort pompen wordt voornamelijk gebruikt om vloeistoffen als olie en benzine uit vaten te pompen. Ook is dit soort pomp geschikt voor het oppompen van water. Het voordeel van dit soort pompen is dat het een makkelijk systeem is voor de gebruiker, ook voor kinderen is dit een goede pomp aangezien deze soepel draait en niet met grote kracht doordraait. De vloeistof wordt heel geleidelijk opgepompt. De pomp (zie figuur 8) is vervaardigd uit aluminium en het handvat is van hout (Valkenpower, 2017).

Technische specificaties:

Maximale capaciteit = 1 liter per omwenteling

Gewicht = 1,9 kg

Figuur 8. Rotatie handpomp (Valkenpower, z.d.)

Compact 50 Handpomp

Deze pomp (zie figuur 9) is een snel te installeren onderhoudsvriendelijke handpomp. De in- en uitlaat kunnen op 8 posities worden gedraaid. Het pomphuis kan 360 graden worden gedraaid waardoor elke positie van de hendel, hoek, en pomprichting gerealiseerd kan worden. Door de rubberen ringen is deze pomp tevens zeer weer en water bestendig (Boot Plus, 2017).

Technische specificaties:

Maximale capaciteit = 45 liter bij 1 meter tot 0,5 meter zuiglengte en bij 60 slagen per minuut.

Materialen = Glas gevuld polypropylene body, nylon 66 (ultra-violet bestendig), acetal copolymer, rvs steel, nitrile rubber kleppen en membraam

Gewicht = 0,90 kg

Figuur *9, Compact handpomp (Boot Plus, 2017)*

Bijlage VI: Vervuilingen en de bronnen van vervuiling

Tabel 7. Vervuilingen en de bronnen van vervuilingen

Component	Afkomst
NH_4	NH_3 uitstoot van dierlijke mest en minerale kunstmeststoffen
NO_3	NO_x uitstoot afkomstig uit verbranding van fossiele brandstoffen zoals olie en diesel. Ook afkomstig uit de chemische industrie.
SO_4	SO_2 uitstoot afkomstig uit verbranding van fossiele brandstoffen zoals steenkool. Voornamelijk afkomstig uit raffinaderijen en elektriciteitsopwekking; ook afkomstig uit de zee, een grote natuurlijke bron van SO4 (verdamping/verstuiving van zeewater).
PO_4	Afkomstig uit de kunstmestindustrie, verbranding van steenkool en uit de bodem
F	Industrie, verdamping/verstuiving van zeewater
Cl	Verdamping/verstuiving van zeewater
Na	Verdamping/verstuiving van zeewater
K	Verdamping/verstuiving van zeewater
Mg	Verdamping/verstuiving van zeewater en bodem
Ca	verdamping/verstuiving van zeewater, industrie en bodem
V	Brandstof verbranding
Cr	Brandstof verbranding, ijzen en staal productie, cement productie en uit de bodem (indirect door historische emissies)
Fe	Ijzer indrustie en bodem
Co	Brandstof verbranding
Ni	Brandstof verbranding, ijzer en staal productie, cementproductie, verbranding van branstoffen, iijzer en staal productie, cement productie, non-ferro metaalproductie, bodem (indirect door historische emissies)
Cu	Verkeer, Vervoer en consumenten
Zn	Metaalindustrie en bodem
As	Brandstof verbranding, ijzer, staal en metaal productie, verkeer, cementproductie, vuilverbranding, industrie, bodem (indirect door historische emissies)
Cd	Brandstof verbranding, ijzer en staal productie, bodem, verontreiniging in mineralen kunstmest (indirect door historische emissies)
0,5Pb	Ijzer en staal productie, brandstofverbranding, cementproductie, non-ferro metaalproductie, afval

	verbranding, voorgaande brandstoffen zoals petroleum

Bijlage VII: Risico beschrijving biologische contaminaties

Micro-organismen met complicaties voor de teelt

Er bestaan meerdere soorten contaminaties met bacteriën die niet een gevaar voor de volksgezondheid hebben maar wel van invloed zijn op verschillende soorten planten. Deze soorten worden meestal verspreid door besmet plantenmateriaal of water zoals bij bijvoorbeeld *Ralstonia solanacearum. Ralstonia solanacearum* is een bacterie die grote gevolgen kan hebben voor de teeltbouw in Nederland. Deze bacterie veroorzaakt bruinrot in gewassen zoals de aardappel, tomaat en aubergine (Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, z.d.). Daarom wordt deze bacterie als een van de quarantaine ziekten beschouwd (Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, z.d.). Dit betekend dat onmiddellijke bestrijding is vereist ter voorkoming van verspreiding (Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit, z.d.).

Risico: Laag

Het voordeel van een (ondergrondse) gescheiden opslag van bijvoorbeeld hemel- en oppervlaktewater is dat deze beide vormen van water uit elkaar houdt. Met deze gescheiden opslag creëer je een relatief 'schone' (hemel)waterbuffer die niet in aanraking komt met mogelijk besmet oppervlaktewater. Door deze scheiding van water wordt zo de kans op verspreiding van pathogenen verkleind (Lenntech, z.d.-a).

Bacteriën & virussen

Endemische pathogene bacteriën kunnen een gevaar vormen wanneer zij in bloei geraken. Bloei wil zeggen dat de omgevingsomstandigheden optimaal zijn voor de populatie groei van een specifieke bacterie. Deze omstandigheden kunnen gerelateerd zijn aan aerobe/anaerobe omstandigheden, temperatuur, de aanwezigheid van bio film of verschillende biologische of chemische componenten. Het voorkomen van virussen in de Stadsspons is eenzelfde soort risico. Echter zijn veel virussen afhankelijk van directe verspreiding tussen een besmet en niet besmet persoon. Hieronder staan verschillende ziekteverwekkers beschreven.

Legionella

Legionella (veteraneziekte) is een endemische bacterie in zoet water. Bij mensen kan deze bacterie, wanneer hij als aerosol ingeademd wordt, zorgen voor ernstige klachten. Echter zijn de omstandigheden voor bloei specifiek. De temperatuur voor het water waarin de bacterie voorkomt moet boven de 25 graden Celsius zijn. Stilstaand, zuurstofrijk water is daarnaast een belangrijke factor voor de groei van deze bacterie (Legionella, z.d.).

Risico: Laag

Hoewel uitsluiting van het voorkomen van deze bacterie niet mogelijk is zal er geen verdere aandacht aan worden besteed. Het risico van deze bacterie is laag aangezien zijn bloeiomstandigheden specifiek zijn. Stilstaand water wordt voorkomen in de Stadsspons en daarmee ook temperaturen boven de 25 graden Celsius. Het ondergrondse compartiment zorgt daarnaast ook voor het tegengaan van hoge temperaturen van het gefilterde water.

Clostridium Botuline: Botulisme

Botulisme is het ziektebeeld dat wordt gevormd door toxines van de *Clostridium botulinum* bacterie. De toxines van deze bacterie zijn levensgevaarlijk, botulinetoxine wordt ook wel het meest potente

gif genoemd. Na ingestie treedt de dood binnen een week op De populatie groei van deze bacterie staat in verband met enkele omgevingsomstandigheden. Zuurstofloosheid en een pH die niet onder de 4.6 komt zijn belangrijk voor deze groei. Voedselrijkheid in de vorm van bijvoorbeeld stikstof speelt ook mee (Botulism, z.d.).

Risico: Laag tot gemiddeld
De groei van deze bacterie zal niet snel oplopen tot een niveau waarop de toxines een gevaar beginnen te vormen voor de kwaliteit van het gefilterde water. Zuurstofloosheid wordt door de constante beweging van het water zoveel mogelijk voorkomen en daarnaast worden temperaturen getracht laag te houden door het ondergrondse compartiment. Voedselrijkheid in het water is daarnaast laag doordat toevoer van nutriënten ontbreekt. In de bovenste lagen van de filter zullen deze worden vastgehouden, hier is door de constante waterstroming veel zuurstof aanwezig.

Tetanus
Tetanus komt in vorm van sporen voor op veel verschillende oppervlakte. Deze sporen zijn resistent tegen veel omgevingsomstandigheden. Blootstelling aan sporen in een open wond kan een infectie opleveren. De anaerobe omstandigheden in zo'n wond kan ervoor zorgen dat de tetanus actief wordt (Tetanus, z.d.).

Risico: Laag tot gemiddeld
Het voorkomen van tetanus is niet uit te sluiten en het verwijderen van de sporen is nagenoeg onmogelijk. In Nederland wordt er echter actief gevaccineerd bij jonge kinderen en de meest kwetsbare groepen waardoor de ziekte enkel sporadisch voorkomt (Tetanus, 2017).

Campylobacter
Deze bacterie groep is verantwoordelijk voor veel gevallen van diarree. Het voorkomen is voornamelijk terug te leiden naar het maagdarmstelsel van warmbloedige dieren en kan worden verspreid door ontlasting. Contaminatie is mogelijk door inname van dit water (Campylobacter, 2017).

Risico: Laag
Door de filtratie van in de Stadsspons is de kans op besmetting erg laag. Daarnaast zal de UV-filter de bacterie wanneer hij wel voorkomt effectief bestrijden. Het water wordt dan ook niet gebruikt voor menselijke consumptie.

Adeno virus
Adeno zijn virussen die bekend staan om het hebben van een dubbele DNA streng. Voornamelijk kinderen zijn gevoelig voor infecties. Luchtweginfecties als kroep en bronchitis, longontsteking, ooginfecties en gastro-enteritis. Daarnaast is een zwak immuunsysteem een factor die meespeelt bij de ernst van de infectie. Er zijn negenenveertig van deze virussen bekend. Overdracht door water is mogelijk voor en overleving van het virus buiten zijn gastheer kan lang duren door het rust stadia dat de virussen kennen (Adenovirusinfecties, z.d.).

Risico: Laag
Infectie vindt over het algemeen plaats door direct contact van besmette personen met niet besmette personen. Daarnaast wordt het virus overgedragen via de ontlasting. Het is hoogst onwaarschijnlijk dat de ontlasting van een besmet persoon in de opslagtank van de Stadsspons terecht komt.

Protozoa
Protozoa zijn eencellige complexere organismen die voorheen niet onder bekende taxa konden

worden geschaard. Tegenwoordig zijn deze organismen ingedeeld in supergroepen. Voor de beschrijving van de pathogenen is echter de naamgeving protist een makkelijke methode om het overzicht te bewaren.

Giardia
Giardia is een zweepvormige protozoën parasiet. Deze parasiet veroorzaakt bij mensen “buikgriep” achtige symptomen. De bacteriën worden verspreid door ontlasting van besmette personen in de vorm van een cyste. Deze cystes zijn bestand tegen verschillende extreme omstandigheden. Deze cysten zijn ook resistent tegen UV licht en desinfectiemiddelen. Doormiddel van filtratie zijn zij wel uit het water te filteren (Giardiasis, z.d.).

Risico: Laag
Het is erg onwaarschijnlijk dat deze protist in de Stadsspons een probleem zal vormen. Ontlasting van geïnfecteerde personen zal hoogst onwaarschijnlijk de opslagtank van de Stadsspons bereiken. Hoewel uitbraken niet onbekend zijn in westerse landen is een uitbraak van dit pathogeen in de Stadsspons zeer onwaarschijnlijk.

Naegleria
De Neagleria amoebe is wereldwijd endemisch. De soort *Neagleria fowleri* is voor mensen infectieus. De soort komt voornamelijk voor op de bodem van warme meren, rivieren maar ook zwembaden. Infectie vindt plaats wanneer er besmet water via de neus het lichaam binnentreedt. Symptomen zijn breed, van overgeven tot beroertes. Wanneer een besmet persoon niet direct behandeld wordt heeft de infectie de dood tot gevolg (Ziektes verspreid door water, z.d.)**.**

Risico: Laag
In de opslagtank is de kans dat deze amoebe zich ontwikkeld laag. De temperatuur wordt laag gehouden doordat de tank zich onder de grond bevindt en door het actieve rondpompen wordt het stilstaan van water tegen gegaan. Daarnaast helpt de filtratie om deze organismen tegen te houden en zal een installatie als een UV-lamp deze organismen doden.

Bijlage VIII: Gemeentelijke subsidies

Tabel 8. Gemeentelijke subsidies

Gemeente	Subsidies
Rotterdam	Geen afkoppelsubsidie
Amsterdam	(Nog) geen subsidie voor het afkoppelen van de regenpijp op het riool
Den Haag	Geen afkoppelsubsidie
Utrecht	Subsidie voor groene daken, afkoppeling van regenpijp op het riool, en waterdoorlatende bestrating. (Gemeente Utrecht, 2018)
Eindhoven	Subsidie gescheiden waterafvoer. Afkoppeling van regenpijp van gemengd riool. In combinatie met groen dak is de subsidie € 25,- per m2 bij een schoon oppervlak. (Gemeente Eindhoven, 2018)
Tilburg	Geen subsidie
Almere	Geen afkoppelsubsidie
Nijmegen	Afkoppelsubsidie: Bij ondergrondse filtratie € 5,- per m2 afgekoppeld oppervlak, bij bovengrondse infiltratie € 10,- per afgekoppelde m2 (Water Servicepunt Nijmegen, 2018)
Tiel	Afkoppelsubsidie
Doetinchem	Afkoppelsubsidie
Apeldoorn	Afkoppelsubsidie bij een dak van tenminste 30 m2 bij gebouwen gebouwd voor 2012. (Gemeente Apeldoorn, 2018)

Deventer	Afkoppelsubsidie voor woningen en bedrijven. (Gemeente Deventer, 2018)
Regio Zuid-Midden-Limburg (15 gemeenten)	Subsidie op afkoppeling regenpijp van het riool door middel van: Bovengrondse wateropvang, Ondergrondse wateropvang, Waterdoorlatende bestrating. Subsidies verschillen per gemeente. (Gemeente Limburg, 2018)