

2-11-2017

Waterbewuste gemeenschappen

Eindrapportage

Projectgroep 7

VAN DE REGEN IN DE DRUP BV

Waterbewuste gemeenschappen

Eindrapportage

Opdrachtgever: Waterschap Vechtstromen

Van de regen in de drup BV (Projectgroep 7)

Auteurs:

Korbee, C. - 452329

Oude Griep, M.H. - 457459

Potman, S. - 457916

Veenbergen, K. - 455653

Wolters, R. - 457886

Plaats: Enschede

Versie 1.0

Datum: 02-11-2017

Saxion / Academie BBT / Civiele Techniek

Waterbewuste gemeenschappen, kwartiel 5

Voorwoord

Voor u ligt de eindrapportage *Waterbewuste gemeenschappen*. Deze rapportage is geschreven in opdracht van Waterschap Vechtstromen en is een deel van een groter onderzoek. Het doel van deze rapportage is het inventariseren van maatregelen tegen regenwateroverlast die momenteel beschikbaar zijn op de particuliere markt. Dit wordt uitgewerkt in een inventarisatie van de beschikbare maatregelen, een analyse met betrekking tot de werking en effectiviteit van deze maatregelen, een afweging van voor- en nadelen op basis van heldere criteria en een aansluitend advies.

Op basis van dit advies en verdere resultaten kan verder onderzoek worden gedaan om antwoord te krijgen op vragen als: *waartoe zijn bewoners bereid hun tuin klimaat- of waterbestendig te maken?*, *hoe kan kennis over dit onderwerp omgezet worden in voor de markt aantrekkelijke producten?* en *hoe kan kennis over dit onderwerp of deze producten worden ingezet bij het waterinfopunt?* Deze laatste drie vragen zullen niet behandeld worden in deze rapportage, maar zullen verder onderzocht kunnen worden met behulp van ons onderzoek.

Bij dezen willen wij graag de heer Ing. E.J. Pasman, de heer dr. Ir. T. de Bruijn, de heer MSc K. Derveaux, mevrouw drs. B.M. Koopman-Kleinherenbrink en mevrouw Ing. G.R. Steggink bedanken voor alle ondersteuning die zij ons gegeven hebben tijdens dit onderzoek. Dankzij deze ondersteuning was het mogelijk voor ons onderzoek om naar grotere hoogtes te stijgen.

Wij wensen u veel leesplezier toe.

Projectgroep 7, Van de regen in de drup BV

Enschede, 2 november 2017

Samenvatting

In dit verslag wordt geïnventariseerd welke wateroverlast beperkende maatregelen beschikbaar zijn voor particulieren en gemeenten om regenwateroverlast tegen te gaan. Deze maatregelen worden geïnventariseerd voor het Waterschap Vechtstromen. Het waterschap wil graag weten wat er al op de markt is voor particulieren, omdat er steeds vaker overlast plaatsvindt door overvloedig regenwater in de regio van het waterschap.

Er is eerst in verschillende informatiebronnen gezocht naar de beschikbare maatregelen. Hierbij is gebruik gemaakt van het internet, de bedrijven en gemeenten en de databanken. Hieruit zijn 31 maatregelen gedocumenteerd. Deze maatregelen zijn verdeeld onder zestien subtypes. Deze zestien subtypes zijn weer onderverdeeld in vier types. Deze vier types zijn *voorkomen*, *beperken*, *afkoppelen* en *voorkomen & bijsturen*.

Op basis van deze subtypes zijn er negen specificaties geformuleerd. Deze specificaties zijn *prijs*, *hergebruik regenwater*, *levensduur*, *afmetingen*, *opslagcapaciteit*, *prijs per liter opslag of infiltratie*, *mate van toepasbaarheid*, *energieverbruik* en *onderhoud*.

Deze specificaties zijn uitgewerkt en op basis van de resultaten is er een multicriteria-analyse gemaakt. Hiervoor zijn enkele criteria opgesteld. Deze criteria zijn *prijs*, *gebruiksgemak*, *effectiviteit*, *duurzaamheid* en *esthetiek*. De specificaties zijn onder de criteria verdeeld. Aan deze criteria is een weging gegeven op basis van de vergelijking tussen de criteria. Uit deze vergelijking zijn de wegen voor de criteria gekomen. *Investering* heeft een weging van 12, *gebruiksgemak* van 7, *effectiviteit* van 2, *duurzaamheid* van 2 en *esthetiek* van 2.

Bij de multicriteria-analyse heeft het subtype *Applicaties ter bewustwording* het hoogst gescoord. Dit subtype kreeg een score van 103. In de categorie *investering* is dit subtype ook het enige dat vijf punten scoort. In de categorie *effectiviteit* scoort alleen het subtype *verticale infiltratie* vijf punten. In de categorie *duurzaamheid* scoort geen subtype vijf punten. In de categorie *duurzaamheid* scoort geen subtype lager dan drie punten, dit betekent dat elk subtype goed scoort op duurzaamheid.

Uiteindelijk worden de subtypes *ondergronds infiltreren* en *harde half-verharding* het meeste aanbevolen, want die scoren individueel de hoogste score in de multicriteria-analyse in de types *afkoppelen* en *beperken*, wat de belangrijkste types zijn om wateroverlast tegen te gaan.

Inhoud

Voorwoord	2
Samenvatting.....	3
1. Inleiding en probleemstelling.....	8
2. Aanpak van het onderzoek.....	9
2.1. Strategie	9
2.2. Stakeholders	9
2.3. Wat is er niet gebeurd	9
2.4. Definities van termen	10
3. Inventarisatie wateroverlast beperkende maatregelen	11
3.1. Aanpak.....	11
3.2. Uitkomst	11
4. Categorisering	13
4.1. Types.....	13
4.2. Subtypes	14
4.3. Maatregelen	14
5. Specificaties per subtype.....	16
5.1. Overzicht specificaties	16
5.2. Verhoogd bouwen	16
5.3. Waterpasserende en -doorlatende verharding.....	17
5.4. (Tijdelijke) bovengrondse opvang	21
5.5. Groen/decoratie in de tuin.....	23
5.6. Harde half-verharding	24
5.7. Zachte half-verharding	27
5.8. Horizontale infiltratie	30
5.9. Groene daken	32
5.10. Verticale infiltratie.....	34
5.11. (Ondergronds) infiltreren	36
5.12. Handmatig te plaatsen wateropvang	37
5.13. Machinaal te plaatsen wateropvang	42
5.14. Bovengrondse afvoer	45
5.15. Applicaties ter bewustwording	46
5.16. Noodmaatregelen.....	48
6. Analyse van subtypes	51
6.1. Definieren van het puntensysteem van de multicriteria-analyse	51

6.2.	Wegen van de criteria	53
6.3.	Multicriteria-analyse	55
7.	Advies	56
7.1.	Bijzonderheden multicriteria-analyse	56
7.2.	Uiteindelijk advies	56
8.	Conclusie	57
	Verwijzingen	58
	Appendix A	1

Lijst van figuren

Figuur 1. Schematische weergaven verhoogde drempels (Frelief & Melse, 2013)	16
Figuur 2. Schematische weergave van verlagen (Frelief & Melse, 2013)	17
Figuur 3. Waterpasserende verharding op een parkeerplaats (Febestral, 2008)	18
Figuur 4. Waterdoorlatende verharding (Febestral, 2008)	19
Figuur 5. Grastegels in een berm (Firmus Products, sd)	20
Figuur 6. Een regenwatervijver in het Tuin aan Zee project in Amsterdam (Amsterdam Rainproof, sd)	21
Figuur 7. Een voorbeeld van een wadi in Enschede (Groenblauwe netwerken, sd).....	22
Figuur 8. Aangebracht reliëf in een tuin (Evergreen Gardens, 2017)	23
Figuur 9. Grindpad (Pinterest, sd)	25
Figuur 10. Steenslag in de tuin (Image Editor, sd).....	26
Figuur 11. Schelpen in de tuin (Piekobello, sd)	26
Figuur 12. Houtspaanders in de tuin (Garden Stones and Basics, sd).....	28
Figuur 13. Dennenschors als bodembedekker (Lagendijk tuinservice, sd)	29
Figuur 14. Cacaodoppen in de tuin (Nocciolo, sd)	29
Figuur 15. Een infiltratiekrat wordt in de grond aangebracht (Beuker, sd)	31
Figuur 16. De grindkoffer (Klusidee, sd)	32
Figuur 17. De wijk Hooipolder in Den Bosch was één van de eerste Nederlandse wijken met groene daken (Latiers, 2015)	33
Figuur 18. Doorsnede infiltratiekolom (Royal Haskoning DHV, 2014)	35
Figuur 19. Infiltratielij (ACO Easygarden, 2017)	36
Figuur 20. Een regenton in de achtertuin (Rondomton, sd)	38
Figuur 21. Een regenzuil die geïnstalleerd is in de achtertuin (Regenton webwinkel, sd)	39
Figuur 22. Een regenwaterschutting die aan de rest van de schutting bevestigd is (Energienulshop, sd)	40
Figuur 23. Een schematische weergave van hoe een smartdrain op het leidingnetwerk bevestigd wordt (Wavin, Put Smart Drain, sd)	40
Figuur 24. De watershells in aanbouw (Grond/weg/waterbouw, sd).....	41
Figuur 25. Een schematische weergave van een regenwatertank van ACO (ACO Easygarden, sd).....	43
Figuur 26. Een recreatieve vijver (Hovenier-Weetjes, sd).....	44
Figuur 27. Afvoergoot in een tuin (DB Online Marketing, 2017)	45
Figuur 28. De oprichters Sukhjinder Singh (links) en Robert Alt bij een TubebARRIER (Bogaarts & Horn, 2016).....	48
Figuur 29. De Aggeres Porta (Aggeres).....	49

Lijst van tabellen

Tabel 1. Omschrijving types	13
Tabel 2. Subtypes met bijbehorende types.....	14
Tabel 3. Maatregelen bij de bijbehorende subtypes	15
Tabel 4. Specificaties hoogte verschillen in bouw.....	17
Tabel 5. Specificaties waterpasserende en -doorlatende verharding.....	21
Tabel 6. Specificaties (tijdelijke) bovengrondse opvang	23
Tabel 7. Specificaties groen/decoratie in de tuin.....	24
Tabel 8. Specificaties harde half-verharding	27
Tabel 9. Specificaties zachte half-verharding	30
Tabel 10. Specificaties horizontale infiltratie	32
Tabel 11. Specificaties groene daken	34
Tabel 12. Specificaties verticale infiltratie.....	36
Tabel 13. Specificaties ondergronds infiltreren	37
Tabel 14. Specificaties handmatig te plaatsen wateropvang.....	42
Tabel 15. Specificaties machinaal te plaatsen wateropvang	44
Tabel 16. Specificaties bovengrondse afvoer	46
Tabel 17. Specificaties applicaties ter bewustwording	47
Tabel 18. Specificaties noodmaatregelen	50
Tabel 19. Vijf-puntensysteem; Investerings.....	51
Tabel 20. Vijf-puntensysteem; Gebruiksgemak	52
Tabel 21. Vijf-puntensysteem; Effectiviteit.....	52
Tabel 22. Vijf-puntensysteem; Duurzaamheid	53
Tabel 23. Vijf-puntensysteem; Esthetiek.....	53
Tabel 24. Wegen van de criteria.....	54
Tabel 25. Multicriteria-analyse.....	55

1. Inleiding en probleemstelling

Onlangs is Waterschap Vechtstromen gestart met het project Waterbewuste gemeenschappen. Het waterschap is begonnen met dit project vanwege de toenemende kans op wateroverlast en watertekort. Een effectief waterbeheer is essentieel om de risico's op wateroverlast en watertekort tegen te gaan. Vanuit onze opdrachtgevers, de heer Theo de Bruijn en mevrouw Brenda Koopman-Kleinherenbrink van Waterschap Vechtstromen, is de opdracht gekomen om te onderzoeken en te inventariseren welke maatregelen particulieren kunnen nemen om wateroverlast te voorkomen. Daarnaast is er gevraagd om de werking en effectiviteit van deze maatregelen te analyseren om een afweging van voor- en nadelen te maken en tot slot een advies te geven over deze maatregelen aan het Waterschap Vechtstromen.

In deze rapportage wordt eerst behandeld hoe het onderzoek in eerste instantie aangepakt is en hoe het uiteindelijk uitgevoerd is. Vervolgens worden de eerste globale resultaten uiteengezet. Deze worden daarna per maatregel uitgebreid behandeld en samengevat in overzichtelijke tabellen. Op basis van deze resultaten wordt een multicriteria-analyse uitgevoerd waarmee vervolgens een advies aan het Waterschap Vechtstromen wordt gevormd.

Aangezien deze rapportage slechts een onderdeel is van een veel uitgebreider onderzoek, zal er door een andere werkgroep met deze resultaten en het advies verder gewerkt kunnen worden.

2. Aanpak van het onderzoek

In dit hoofdstuk wordt duidelijk gemaakt hoe het onderzoek aangepakt is. Dit gebeurt door uit te leggen hoe alle informatie verzameld is en hoe alle informatie verwerkt wordt. Daarna wordt uitgelegd waarom er voor deze strategie gekozen is. Vervolgens wordt uitgelegd welke stakeholders betrokken zijn bij het onderzoek en welke stakeholders invloed hebben op het onderzoek. Daarna wordt er uitgelegd wat er buiten beschouwing is gelaten in het onderzoek wegens beperkte tijd en een gebrek aan informatie. Tot slot wordt er een definitie gegeven van enkele termen die in het onderzoek worden gebruikt.

2.1. Strategie

Bij dit onderzoek is ervoor gekozen om eerst alle mogelijke maatregelen te inventariseren via internet, literatuur, bedrijven en databanken. Daar is eerst een korte omschrijving bij geschreven. Dit valt te lezen in hoofdstuk 3 Inventarisatie wateroverlast beperkende maatregelen. Daarna zijn deze maatregelen onderverdeeld in kleinere groepen, die types en subtypes genoemd worden. Aan de hand van deze subtypes zijn er enkele specificaties opgesteld, waarbij in hoofdstuk 5 Specificaties per subtype de specificaties verder zijn uitgewerkt. Aansluitend is er een multicriteria-analyse toegepast op de verschillende subtypes om te testen welke subtypes het beste scoren op de verschillende criteria. Aan de hand van deze multicriteria-analyse wordt een kort advies geschreven over welke subtypes het beste scoren op de verschillende criteria en binnen het beste subtype, welke wateroverlast beperkende maatregel het beste scoort.

Er is gekozen voor deze strategie, omdat het uitgebreide informatie levert over wat de wateroverlast beperkende maatregelen inhouden en welke maatregelen er zijn. Dit is gedaan, zodat er eenvoudig een vervolgonderzoek kan plaatsvinden na dit onderzoek om te bepalen welke maatregelen in bepaalde situaties het beste toe te passen zijn.

2.2. Stakeholders

Bij het onderzoek zijn verschillende stakeholders betrokken en in deze paragraaf worden de stakeholders kort toegelicht. De belangrijkste stakeholder die betrokken is bij het onderzoek is de particulier, die wil de maatregel eventueel in zijn of haar eigen achtertuin plaatsen en heeft er belang bij dat hij of zij genoeg geïnformeerd wordt over de verschillende specificaties. Daarnaast wil de particulier weten welke maatregelen het beste passen in zijn of haar achtertuin. Ook zijn gemeentes erg belangrijk als stakeholders, want de gemeente kan maatregelen die voordelig zijn voor een hele buurt bij particulieren promoten en eventuele subsidies uitdelen als een maatregel zeer effectief blijkt te zijn en de particulier van deze maatregel gebruikmaakt.

Ook zijn de bedrijven een belangrijke stakeholder, omdat zij de eventuele producten moeten leveren aan de particulieren. Als een particulier weet dat een product van een bedrijf goed is, zal een particulier bij het bedrijf verder gaan kijken of er misschien nog meer nuttige producten zijn om regenwateroverlast tegen te gaan. Tot slot is ook de stakeholder Waterschap Vechtstromen belangrijk, want de opdracht is uitgevoerd in de naam van het waterschap, dat een duidelijk overzicht wil hebben welke maatregelen beschikbaar zijn en welke het meest geschikt zijn voor particulieren. Hiermee kunnen ze een advies geven aan de gemeentes en particulieren welke maatregelen er het beste toegepast kunnen worden.

2.3. Wat is er niet gebeurd

Door gebrek aan tijd en informatie kon niet alles gedaan worden. Zo was het niet mogelijk om een gedetailleerd advies te geven van welke maatregelen de beste zijn. Dit komt doordat in dit onderzoek

is de focus gelegd op subtypes en niet op specifieke maatregelen. Er kon niet specifiek bepaald worden welke maatregel in het algemeen het beste scoort.

Ook is het niet mogelijk geweest om bij enkele particulieren langs te gaan die al wateroverlast beperkende maatregelen hebben toegepast. Bij een volgend onderzoek zou dit een belangrijke vervolgstap kunnen zijn.

Tot slot konden de eventuele aanlegkosten van de verschillende maatregelen niet gevonden worden door een gebrek aan tijd en informatie. Hierdoor is er voor meerdere producten een grove schatting van de aanlegkosten gemaakt. Dit is gedaan op basis van hoe duur een apparaat is en hoeveel werknemers er aan het project werken.

2.4. Definities van termen

Er zijn een aantal termen in dit onderzoek die onduidelijk kunnen zijn, daarom is ervoor gekozen om deze termen te definiëren. De definities van de termen staan hieronder.

Een **particulier** is een bewoner van een huis of eigenaar van een eenmansbedrijf die geïnteresseerd is in wateroverlast beperkende maatregelen.

Wateroverlast houdt in dat particulieren problemen hebben van overvloedig regenwater.

Verschillende grondsoorten hebben een ander infiltratiecoëfficiënt. De **grondsoort** waarmee gerekend is, is fijn zand. Deze is gekozen aangezien deze het meest voorkomt in de regio Vechtstromen (Landbouw natuur en voedselkwaliteit, 2005). De infiltratiecoëfficiënt voor fijn zand is 20l/h/m^2 (Alboort, 2016).

De prijs per maatregel is **exclusief aanlegkosten**, want het was niet mogelijk om voor alle maatregelen de aanlegkosten op te zoeken. Als de aanlegkosten van een product hoger zijn dan €500,-, is er een schatting gemaakt van de aanlegkosten op basis van de kosten voor bepaalde machines en hoeveel manuren de aanleg van een product kost.

3. Inventarisatie wateroverlast beperkende maatregelen

Om antwoord te geven op de hoofdvraag van dit onderzoek *wat voor maatregelen zijn er al voor de particuliere markt?* kan het onderzoek onderverdeeld worden in vier delen. Hiervan is de inventarisatie van wateroverlast beperkende maatregelen het eerste deel. Bij de inventarisatie is gebruikgemaakt van drie verschillende informatiebronnen. De gevonden maatregelen zullen hieronder worden uitgewerkt.

3.1. Aanpak

Voordat de gevonden maatregelen worden beschreven, wordt eerst beschreven hoe deze maatregelen gevonden zijn. Het oorspronkelijke plan was om informatie te verkrijgen uit vier verschillende soorten bronnen. Dit verhoogt de betrouwbaarheid van het onderzoek. Deze vier soorten bronnen zijn internet, bedrijven & gemeenten, databanken en boeken. Tijdens het onderzoek is gebleken dat er geen concrete informatie over wateroverlast beperkende maatregelen in boeken te vinden is. Dit zal geen effect hebben op de uitkomst van het onderzoek.

De informatie die tijdens de inventarisatie gevonden is, is eerst globaal uitgewerkt. Dit is op de volgende manier genoteerd:

- Maatregel
- Bron
- Omschrijving
- Eventueel meerdere specificaties zoals prijs en afmeting

Op deze manier is duidelijk te zien wat de maatregel inhoudt en is het makkelijk om de gevonden maatregelen op een overzichtelijke manier te ordenen. Dit is weergegeven in Appendix A. Deze informatie is vervolgens verder uitgewerkt in hoofdstuk 5 Specificaties per subtype.

3.2. Uitkomst

3.2.1. Gebruikte bronnen

Internetonderzoek

De eerste bron waar informatie verkregen is, is het internet. Tijdens de zoektocht op internet zijn meerdere maatregelen gevonden, die in hoofdstuk 3.2.2 uitgewerkt worden. Er is bij elke maatregel gekeken of die vaker voorkomt bij meerdere bronnen, omdat op internet vaak bronnen staan die niet betrouwbaar zijn. Als namelijk meerdere bronnen dezelfde maatregel hebben, is de kans groter dat deze betrouwbaar is.

Contact met bedrijven & gemeenten

De tweede bron waar informatie verkregen is, is bij bedrijven en gemeenten. Hier is bewust gekozen voor beide bronnen, omdat gemeenten in het algemeen objectiever zijn over bepaalde maatregelen dan bedrijven, die hun maatregel/product zoveel mogelijk willen verkopen.

Eerst is op internet gezocht naar producten tegen wateroverlast en projecten die zijn toegepast in gemeenten. De producten die hier gevonden zijn, zijn kort beschreven. Daarna is er voor verdere informatie gebeld en gemaild naar bedrijven. Ook is er contact gezocht met verschillende gemeenten om ervaringen van bepaalde producten te verkrijgen. Dit is verwerkt in de resultaten hieronder.

Databanken

De derde bron waar informatie verkregen is, is via databanken die beschikbaar zijn op het Saxion (Databanken Saxion bibliotheek, sd). De databanken zijn een belangrijke schakel in het onderzoek,

omdat deze databanken voornamelijk bestaan uit betrouwbare bronnen. Het lastige aan zoeken in deze databanken is de grootte hiervan. Het is belangrijk om goede zoektermen te gebruiken, omdat er op de databanken veel uiteenlopende onderwerpen staan. Hierdoor wordt het makkelijker om goede informatie over dit onderwerp op te zoeken.

3.2.2. Gevonden maatregelen

Uiteindelijk zijn 31 maatregelen gevonden die wateroverlast kunnen beperken. Hiervan is het grootste gedeelte gevonden via internet. In Appendix A staan alle gevonden maatregelen met daarbij de bron en een korte omschrijving. Deze bron en omschrijving zijn gebruikt in hoofdstuk 5, bij het beschrijven van de specificaties van de maatregelen. Sommige gevonden maatregelen zijn geschrapt omdat hier te weinig specifieke informatie over te vinden was. De maatregelen die hieronder staan zijn meegenomen in het vervolg van dit onderzoek:

- Verhogen
- Verlagen
- Waterpasserende verharding
- Waterdoorlatende verharding
- Grastegels
- Regenwatervijver
- Wadi's
- Permeabele waterzakken
- Meer groen
- Grind
- Steenslag
- Schelpen
- Houtspaanders
- Dennenschors
- Cacaodoppen
- Infiltratiekratten
- Grindkoffer
- Dakgroen
- Infiltratiekolom
- Infiltratielijn
- Regenton
- Regenzuil
- Regenwaterschutting
- Smartdrain
- Watershells
- Regenwatertank
- Vijver
- Goten
- Applicaties
- Opblaasbare waterbarrière
- Noodschotten voor overstrooming

Alle maatregelen die gevonden en uitgewerkt zijn, worden in de hoofdstukken 4, 5 en 6 respectievelijk gecategoriseerd en beoordeeld, waarna de beste maatregelen worden geadviseerd. Voor deze vervolgstappen worden de specificaties en omschrijvingen gebruikt.

4. Categorisering

De wateroverlast beperkende maatregelen en producten die gevonden zijn, hebben allemaal verschillende specificaties. Om hier later een multicriteria-analyse mee uit te voeren is het handig om alle maatregelen te verdelen in types en subtypes. Zo ontstaat er een overzichtelijke lijst waarin alle maatregelen verwerkt zijn.

4.1. Types

Allereerst zijn de verschillende types bepaald door middel van een afstudeeronderzoek van Anne Melse en Madeleine Frelie (Frelie & Melse, 2013). Deze types zijn:

- Voorkomen
- Beperken
- Afkoppelen
- Herstellen & bijsturen

Voordat deze types onderverdeeld zijn in subtypes, zijn ze eerst kort omschreven. Dit is gedaan om onduidelijkheid bij het verdelen van de subtypes te voorkomen. Deze onduidelijkheid kan ontstaan doordat sommige subtypes elkaar overlappen bij de types. Zie Tabel 1.

Tabel 1. Omschrijving types

Type	Omschrijving
Voorkomen	Zekerheid dat er geen wateroverlast is. Geen enkele kans op overstromingen.
Beperken	Maatregelen die ervoor zorgen dat regenwater niet direct in het riool komt, maar die gemakkelijk overbelast kunnen worden.
Afkoppelen	Maatregelen die ervoor zorgen dat regenwaterafvoer pijpleidingen niet direct in verbinding staan met het rioolnetwerk.
Herstellen & bijsturen	Indien alle andere maatregelen niet geholpen hebben, is deze maatregel het laatste redmiddel. Daarnaast hoort bewustwording van regenwateroverlast hierbij.

Deze types zijn zo gekozen, omdat elke maatregel die gevonden is hierdoor beschreven kan worden. Daarnaast zijn deze types zo verdeeld dat ze op verschillende manieren wateroverlast tegen gaan. Deze vormen verschillen het meest in hoe betrouwbaar en hoe effectief ze zullen zijn. De types beperken en afkoppelen hebben een gedeeltelijke overlap, omdat er maatregelen zijn die aan beide omschrijvingen kunnen voldoen. De types voorkomen en herstellen & bijsturen hebben een omschrijving waaraan niet veel maatregelen voldoen. Dit heeft als reden dat deze maatregelen moeilijk toepasbaar zijn en niet veel mensen zullen aanspreken. Wel passen ze goed in deze types en ze zullen daardoor meegenomen worden in de afweging.

Ook is er in eerste instantie overwogen om in plaats van deze types, voor de types vasthouden, bergen en afvoeren te kiezen. Dit gaf problemen bij het maken van de subtypes en het onderverdelen van de maatregelen, omdat deze types minder goed aansloten op de maatregelen die onderzocht waren. Verder bleek dat het omschrijven van deze drie types moeilijker was dan het omschrijven van de huidige types. Daarom is er voor gekozen om de types voorkomen, beperken, afkoppelen en herstellen & bijsturen aan te houden.

4.2. Subtypes

Nadat de types duidelijk omschreven zijn, zijn alle types onderverdeeld in subtypes. Dit is gedaan door middel van een brainstormsessie. Alle maatregelen met meerdere overeenkomsten zijn bij elkaar gezet en daarna is er een passende benaming voor deze maatregel bedacht. Deze passende benaming staat gelijk aan het subtype en deze zijn hierna onderverdeeld onder de vier types. Zie Tabel 2.

Tabel 2. Subtypes met bijbehorende types

Type	Subtype
Voorkomen	Verhoogd bouwen
Beperken	Waterpasserende/-doorlatende verharding
	(Tijdelijke) bovengrondse opvang
	Groen/decoratie in de tuin
	Harde half-verharding
	Zachte half-verharding
	Horizontale infiltratie
	Groene daken
	Verticale infiltratie
Afkoppelen	(Ondergronds) infiltreren
	Handmatig te plaatsen wateropvang
	Machinaal te plaatsen wateropvang
	Bovengrondse afvoer
Herstellen & bijsturen	Applicaties ter bewustwording
	Noodmaatregelen

4.3. Maatregelen

Nadat de vijftien subtypes bepaald zijn, zijn de verschillende maatregelen verdeeld onder de subtypes. Hier is gekeken naar de kenmerken van elke maatregel en of deze kenmerken overeenkomen met de kenmerken van het subtype. Dit leverde de volgende resultaten op, zie Tabel 3.

Tabel 3. Maatregelen bij de bijbehorende subtypes

Subtype	Maatregel
Verhoogd bouwen	Verhogen Verlagen
Waterpasserende en - doorlatende verharding	Waterpasserende verharding Waterdoorlatende verharding Grastegels
(Tijdelijke) bovengrondse opvang	Regenwatervijver Wadi's
Groen/decoratie in de tuin	Permeabele waterzakken Meer groen
Harde half-verharding	Grind Steenslag Schelpen
Zachte half-verharding	Houtspaanders Dennenschors Cacaodoppen
Horizontale infiltratie	Infiltratiekratten Grindkoffer
Groene daken	Dakgroen
Verticale infiltratie	Infiltratiekolom
(Ondergronds) infiltreren	Infiltratielijn
Handmatig te plaatsen wateropvang	Regenton Regenzuil Regenwaterschutting Smartdrain Watershells
Machinaal te plaatsen wateropvang	Regenwatertank Vijver
Bovengrondse afvoer	Goten
Applicaties ter bewustwording	Applicaties
Noodmaatregelen	Opblaasbare water barrière Noodschotten voor overstroming

5. Specificaties per subtype

Om de subtypes goed met elkaar te kunnen vergelijken, zijn er voor elk subtype een aantal specificaties bepaald. Uit deze specificaties komen de wegingen die in de multicriteria-analyse per criterium gebruikt worden. De gebruikte specificaties zijn prijs, hergebruik regenwater, levensduur, afmetingen, opslagcapaciteit, prijs per liter opslag of infiltratie, mate van toepasbaarheid, energieverbruik en onderhoud. In dit hoofdstuk worden deze specificaties voor elk subtype vastgesteld op basis van beschikbare bronnen.

5.1. Overzicht specificaties

Deze negen specificaties zijn zo bepaald, omdat er aan elke specificatie een numerieke waarde gekoppeld kan worden. Hieronder staan alle specificaties gedetailleerder uitgewerkt.

De prijs geeft de kosten om een product aan te schaffen weer. Hierbuiten vallen de onderhouds- en aanlegkosten, alhoewel de laatste wel benoemd zullen worden als deze significant zijn. Of er regenwater wordt opgevangen en hoe goed dit dan is her te gebruiken staat in de specificatie hergebruik regenwater. Bij levensduur staat de verwachte levensduur in jaren. Bij afmetingen staan de afmetingen van het product, deze zijn belangrijk om aan te geven hoe goed een product in een tuin is toe te passen. Met de opslagcapaciteit wordt de maximale opslagcapaciteit bedoeld. Daarnaast is prijs per liter opslag of infiltratie berekend door de aanschafprijs te delen door de maximale opslagcapaciteit of het maximale infiltratiecoëfficiënt. Tot slot houdt mate van toepasbaarheid in bij welk percentage van de huizen een maatregel toegepast kan worden, houdt energieverbruik in of en hoeveel energie er gebruikt wordt in kWh/jaar en houdt onderhoud in hoe vaak er onderhoud moet worden gepleegd aan een product.

Tabel 4 tot en met Tabel 18 geven een kort overzicht van de specificaties per subtype.

5.2. Verhoogd bouwen

Het gebruik van verschillen in hoogte zal er niet voor zorgen dat er tijdens een regenbui minder belasting is op het rioolnetwerk, het zal er wel voor zorgen dat bewoners minder snel water in hun woning krijgen.

5.2.1. Verhogen

Het ophogen van drempels voor deuren en ramen zorgt er voor dat overtollig regenwater minder snel een woning binnen kan stromen. Een verhoogde drempel plaatsen brengt geen hoge kosten met zich mee. Een simpele ophoging voor een verhoogde drempel is minimaal €25,- per vierkante meter. De exacte prijs is pas te bepalen als de grootte en het materiaal van de drempel bekend is. Een voorbeeld hiervan is schematisch weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1. Schematische weergaven verhoogde drempels (Frelief & Melse, 2013)

Zoals eerder al benoemd is, zorgt deze maatregel er niet voor dat regenwater opgeslagen of geïnfiltreerd wordt, hierdoor is er geen sprake van hergebruik van regenwater, opslagcapaciteit en prijs per liter opslag/infiltratie. (Metsel-Gigant, 2017)

Een verhoogde drempel bestaat voornamelijk uit stenen en cement voor de voegen. De stenen zullen geen onderhoud nodig hebben, het voegwerk echter wel. De voegen slijten door de invloed van zon, wind en regen. Door de chemische samenstelling van de bodem is het variabel hoe vaak de voegen onderhouden moeten worden. Dit zal maximaal een keer per twintig jaar zijn. Indien de drempel onderhouden wordt, zal de drempel een erg lange levensduur kunnen hebben.

5.2.2. Verlagen

Het verlagen van de omliggende grond van een woning zorgt er net zoals het plaatsen van verhoogde drempels voor dat er minder snel regenwater in de woning stroomt. Hiervoor zijn de kosten echter een stuk hoger. Het afgraven van 1 m³ grond kost €8,75. Het afgraven van 1 m³ grond staat gelijk aan een oppervlakte van ongeveer 5 m² grond. Hoeveel grond er echter afgegraven moet worden, is afhankelijk van de wensen van de bewoner (Rijksoverheid, 2017). Deze maatregel is schematisch weergegeven in Figuur 2.



Figuur 2. Schematische weergave van verlagen (Frelie & Melse, 2013)

Tevens zorgt deze maatregel er niet voor dat regenwater opgeslagen of geïnfiltreerd kan worden, hierdoor is er geen sprake van hergebruik van regenwater, opslagcapaciteit en prijs per liter opslag/infiltratie.

Aan het afgraven van grond is geen onderhoud verbonden, ook is de levensduur hiervan niet te bepalen, dit is afhankelijk van wat er met de verlaging gedaan wordt.

Tabel 4. Specificaties hoogte verschillen in bouw

	Hoogte verschillen in bouw		
	Verhogen	Verlagen	Gemiddeld
Prijs	€25,-/m ²	€1,75/m ²	€13,38/m ²
Hergebruik regenwater	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Geen hergebruik
Levensduur	>100 jaar	>100 jaar	>100 jaar
Afmetingen	Variabel	n.v.t.	Variabel
Opslagcapaciteit	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Prijs per liter opslag / infiltratie	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Mate van toepasbaarheid	100%	100%	100%
Energieverbruik	Geen energieverbruik	Geen energieverbruik	Geen energieverbruik
Onderhoud	1x per 20 jaar	Nooit	1x per 20 jaar

5.3. Waterpasserende en -doorlatende verharding

Waterpasserende en -doorlatende verhardingen zijn allebei vormen van verharding die regenwater doorlaten in plaats van het af te voeren naar het riool. Hierdoor loopt het water langs of door de verharding naar de grond, die het vervolgens opneemt. Deze verhardingen kunnen gebruikt worden in plaats van normale verharding.

5.3.1. Waterpasserende verharding

Het wegdek, maar ook paden, opritten en terrassen in tuinen, kan worden aangelegd met bestrating waarin grotere voegen zijn verwerkt om meer water door te laten, waardoor het ter plekke in de bodem kan infiltreren. Dit wordt een waterpasserende verharding genoemd, waarvan een voorbeeld is te zien in Figuur 3. (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011)



Figuur 3. Waterpasserende verharding op een parkeerplaats (Febestral, 2008)

De aanleg van een waterpasserende verharding kost niet veel meer dan van een normale bestrating. Het prijsverschil hangt vooral af van de gebruikte fundering. In een tuin met een stevige ondergrond is geen fundering nodig. Is deze ondergrond niet aanwezig, dan moet de fundering verstevigd worden. De gemeente Deventer gaat hier, voor een rustige straat met waterdoorlatende verharding, uit van een fundering van gemiddeld 15 cm dik. Deventer rekent voor de aanleg €31,06 per m², maar dit is gebaseerd op een oppervlak van 4000 m², dat opnieuw bestraat moet worden. Hierdoor zullen de aanlegkosten voor een particulier zeer waarschijnlijk hoger liggen. Interessanter is de vergelijking met klassieke klinkerbestrating, waarvan het aanleggen 12 procent minder (€27,23/m²) kost volgens de gemeente Deventer. (Ras & Rook, Handreiking Infiltrerende verhardingsconstructies - versie 4, 2016)

Het onderhoud van waterpasserende verharding is incidenteel en alleen om ervoor te zorgen dat de voegen en/of drainageopeningen niet dichtslibben. Hoe snel dit dichtslibben gebeurt, verschilt per omstandigheid, waardoor de kosten ook uiteen kunnen lopen. De gemeente Deventer heeft berekend dat waterpasserende verharding €0,16/m² per jaar kost aan onderhoud en beheer, tegenover €0,09/m² per jaar voor klassieke klinkerverharding, wat 44% goedkoper is. Als de drainageopeningen of verbrede voegen in de verharding zijn verstopt, is er de oplossing om de voegvulling te vervangen. Dit verstoppert zal echter niet gebeuren als de bestrating twee keer per jaar geveegd wordt. (Febestral, 2008), (Ras & Rook, Handreiking Infiltrerende verhardingsconstructies - versie 4, 2016), (Loohuis, 2017)

Mits de bestrating regelmatig geveegd wordt, gaan de straatstenen minimaal twintig jaar mee. Dit soort verharding wordt veel vaker vervangen omdat de gemeente of particulieren erop uitgekeken

zijn dan dat de bestrating zelf versleten is. De bestrating is veelvuldig toe te passen voor zowel kleine paden als grote terrassen of parkeerplaatsen, omdat de bestrating uit klinkers bestaat. De grootste limiterende factor is dat waterpasserende verharding een lagere belasting aan kan dan klassieke klinkers, maar voor particulieren is dit geen probleem, tenzij er veel zwaar vervoer overheen gaat rijden. (Loohuis, 2017), (Sjauw, sd)

Aangezien het regenwater gelijk in de bodem wordt geïnfiltreerd, kan het water niet worden hergebruikt en wordt er ook geen water tijdelijk opgeslagen. De prijs per liter infiltratie is €1,55/l/h. (Sjauw, sd), (Ras & Rook, Handreiking Infiltrerende verhardingsconstructies - versie 4, 2016)

5.3.2. Waterdoorlatende verharding

Een variant op waterpasserende verharding is de waterdoorlatende variant. Dit is bestrating gemaakt van een materiaal dat goed water doorlaat, bijvoorbeeld betonstraatstenen. Deze straatstenen kunnen dan van een poreuzere betonsoort worden gemaakt dan normaal, waardoor er water doorheen kan. Een voorbeeld is in Figuur 4 te zien. (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011)



Figuur 4. Waterdoorlatende verharding (Febestral, 2008)

De aanlegkosten voor een waterdoorlatende verharding zijn nauwelijks hoger dan die voor klassieke klinkerbestrating. Het prijsverschil hangt vooral af van de gebruikte fundering. In een tuin met een geschikte grond is er bijvoorbeeld geen fundering nodig, maar voor straten vaak wel. Zo past de gemeente Deventer voor een rustige straat met waterdoorlatende verharding gemiddeld een fundering toe van 15 cm dik. Voor de aanleg rekent de gemeente gemiddeld €31,06 per m², maar dit is gebaseerd op een oppervlak van 4000 m², dat opnieuw bestraat moet worden. Hierdoor zullen de aanlegkosten voor een particulier zeer waarschijnlijk hoger liggen, omdat aanlegkosten in verhouding minder worden als er meer wordt aangelegd. Interessanter is de vergelijking met normale bestrating, want die is maar 12% goedkoper om aan te leggen met een prijs van €27,23/m². (Ras & Rook, Handreiking Infiltrerende verhardingsconstructies - versie 4, 2016)

Het onderhoud van waterdoorlatende verharding is incidenteel en alleen om ervoor te zorgen dat de poriën niet dichtslibben. Dit betekent dat de bestrating ongeveer twee keer per jaar geveegd zal moeten worden. (Loohuis, 2017) Hiertegenover staat dat er minder onkruid groeit in de voegen van waterdoorlatende verharding ten opzichte van klassieke klinkerbestrating. (Febestral, 2008) Hoe snel de poriën dichtslibben, verschilt per omstandigheid, waardoor de kosten ook uiteen kunnen lopen. De gemeente Deventer heeft berekend dat waterdoorlatende verharding €0,16/m² per jaar kost aan onderhoud en beheer, tegenover €0,09/m² per jaar voor klassieke klinkerverharding. (Ras & Rook,

Handreiking Infiltrerende verhardingsconstructies - versie 4, 2016) Als dit onderhoud gebeurt, blijft de bestrating voor decennia technisch gezien van goede kwaliteit. Wel kan het gebeuren dat met de jaren de kleuren wat valer worden. Daarom wordt deze bestrating vaak ook om esthetische redenen vervangen en niet om technische. (Loohuis, 2017)

Omdat het regenwater gelijk in de bodem wordt geïnfiltreerd, wordt het niet opgeslagen voor later gebruik. De waterdoorlatendheid van de waterdoorlatende klinkers van Morssinkhof is minimaal $194,4\text{l/s/m}^2$. Aangezien dit aanzienlijk hoger is dan de infiltratie coëfficiënt van de ondergrond, zal deze waarde niet meegenomen worden. (Sjauw, sd), (Loohuis, 2017), (Morssinkhof GWW Beton)

Omdat waterdoorlatende verharding uit losse klinkers bestaat, kan het in veel verschillende formaten worden gelegd. Hierdoor is het zowel toepasbaar voor kleine paden als voor grotere oppervlaktes, zoals een oprit of een terras. Door het zachtere beton kan de verharding alleen niet gebruikt worden voor drukke wegen of parkeerplaatsen met veel zwaar vervoer. De verharding is echter wel geschikt voor bijvoorbeeld voetpaden, opritten en terrassen. (Sjauw, sd)

5.3.3. Grastegels

De grastegels van het bedrijf Firmus zijn plastic bakken van $100\text{ cm} \times 100\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ met daarin een grasmat met een voedingsbodem, zoals te zien is in Figuur 5. Deze kunnen als tegels worden gelegd om een verharding aan te leggen die waterdoorlatend is, waardoor het regenwater direct in de bodem kan infiltreren en het niet het riool belast. Hierdoor wordt de infiltratiecoëfficiënt van de grastegels gelijk aan die van de onderliggende grond. (Firmus Products, sd)



Figuur 5. Grastegels in een berm (Firmus Products, sd)

Een grastegel van 1 m^2 kost €30,-. Hier komen nog wel de aanlegkosten bovenop. De tegels blijven minimaal twintig jaar in goede staat, mits ze goed onderhouden worden en er overdag niet te veel op wordt geparkeerd. (Medewerker van Firmus, 2017)

Grastegels kunnen niet gebruikt worden voor intensief gebruikte straten en voor parkeerplaatsen door de hogere belasting en het risico op grondvervuiling. De verharding is echter wel geschikt voor bijvoorbeeld voetpaden, opritten en andere plekken in tuinen en parken. Het onderhoud is daarnaast gelijk aan dat van normaal gras. Het zal dus af en toe gemaaid moeten worden en eventueel moet het gras water en/of bemesting krijgen. (Medewerker van Firmus, 2017)

Tabel 5. Specificaties waterpasserende en -doorlatende verharding

Waterpasserende en -doorlatende verharding				
	Waterpasserend e verharding	Waterdoorlaten de verharding	Grastegels	Gemiddeld
Prijs	€31,06/m ²	€31,06/m ²	€30,-/m ²	€30,71/m ²
Hergebruik regenwater	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Geen hergebruik
Levensduur	> 20 jaar	> 20 jaar	20 jaar	> 20 jaar
Afmetingen	Variabel	Variabel	100 x 100 x 5 cm	Variabel
Opslagcapaciteit	0 liter	0 liter	0 liter	0 liter
Prijs per liter opslag / infiltratie	€1,55/l/h	€1,55/l/h	€1,50/l/h	€1,53/l/h
Mate van toepasbaarheid	100%	100%	95%	98%
Energieverbruik	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoud	1x/6 maanden	1x/6 maanden	1x/3 maanden	1x/4 maanden

5.4. (Tijdelijke) bovengrondse opvang

Het opvangen van regenwater zorgt ervoor dat het niet direct of zelfs helemaal niet naar het riool gaat. Dit komt voor in de vorm van regenwatervijvers en wadi's. Deze maatregelen houden het regenwater vast om het later te infiltreren of verdampen.

5.4.1. Regenwatervijver

Gewone vijvers hebben al een bepaald waterniveau, echter heeft een regenwatervijver een extra stuk opslagcapaciteit, zodat het extra regenwater kan opvangen. In Figuur 6 is een voorbeeld van een regenvijver weergegeven.



Figuur 6. Een regenwatervijver in het Tuin aan Zee project in Amsterdam (Amsterdam Rainproof, sd)

Een regenwatervijver kost €7,-/m². Er kan bij een regenwatervijver wel opnieuw gebruikgemaakt worden van het regenwater, want het regenwater dat in de vijver valt, is extra water. Op een bepaald moment kan dat water eruit gehaald worden of infiltreert het. De levensduur van een

regenwatervijver is langer dan 100 jaar . De afmetingen van een regenwatervijver zijn tussen 10 & 20 procent van het aangrenzende oppervlaktegebied. De opslagcapaciteit verschilt heel erg tussen de verschillende vijvers, want er kan zelf gekozen worden hoe groot de vijver wordt, wel is de minimale eis dat de vijver minimaal 1,50 meter diep is. De prijs per liter opslag is hierdoor variabel. Een regenwatervijver is erg toepasbaar, want een vijver aanleggen in de achtertuin is betrekkelijk eenvoudig en ziet er vaak mooi uit. Om het water in de vijver te filteren, is het noodzakelijk een vijverpomp te installeren. Een vijverpomp gebruikt gemiddeld 72 kWh. Bij een regenwatervijver is wel onderhoud nodig, want een vijver is snel vervuild door onder andere blaadjes en ongedierte. (GROENBLAUW, Vijver voor het gebruik van hemelwater, sd)

5.4.2. Wadi

Een wadi is een kuil in het gras waar water tijdelijk opgevangen kan worden en wat op den duur ook water in de grond laat infiltreren. In Figuur 7 is een voorbeeld van een wadi weergegeven.



Figuur 7. Een voorbeeld van een wadi in Enschede (Groenblauwe netwerken, sd)

Een wadi kost €5,17/m². Bij een wadi is het lastig om opnieuw gebruik te maken van het regenwater, want het opgevangen regenwater in een wadi raakt al snel vervuild door de bodem die onder de wadi ligt. De levensduur van een wadi is langer dan 100 jaar. De afmetingen van een wadi zijn circa 16% van het omliggende oppervlak. De opslagcapaciteit hangt af van hoe groot het omliggende oppervlak is, maar de diepte is altijd minimaal 1,50 meter en bij voorkeur 2,00 meter. De prijs per liter opslag/infiltratie is hierdoor variabel. Een wadi is lastig toepasbaar in de tuin, want het neemt veel ruimte in. Een wadi heeft geen energieverbruik, omdat het hier een natuurlijke wateropvang betreft. Bij een wadi is er weinig onderhoud nodig, want na een bepaalde tijd is het water in de grond geïnfiltreerd. (GROENBLAUW, Wadi's, sd)

Tabel 6. Specificaties (tijdelijke) bovengrondse opvang

	(Tijdelijke) bovengrondse opvang		
	Regenwatervijver	Wadi	Gemiddeld
Prijs	€7,-/m ²	€5,17/m ²	€6,09/m ²
Hergebruik regenwater	Alleen herbruikbaar als plantenwater	Alleen herbruikbaar als plantenwater	Alleen herbruikbaar als plantenwater
Levensduur	100+ jaar	100+ jaar	100+ jaar
Afmetingen	10-20 % van totale oppervlak	16 % van totale oppervlak	15% van totale oppervlak
Opslagcapaciteit	3000 liter	2000 liter	2500 liter
Prijs per liter opslag/infiltratie	€2,00/l/h	€1,85/l/h	€1,93/l/h
Mate van toepasbaarheid	50 %	30 %	40 %
Energieverbruik	72 kWh	Niet van toepassing	36 kWh
Onderhoud	1x per jaar	1x per 30 jaar	15,5 jaar

5.5. Groen/decoratie in de tuin

Het toevoegen van meer groen in de tuin helpt regenwateroverlast tegen te gaan. Dit komt echter in veel verschillende vormen voor en daar zijn moeilijk specifieke eigenschappen voor te bepalen. Reliëf in de tuin plaatsen is daarentegen minder algemeen en kan preciezer onderzocht worden.

5.5.1. Reliëf in de tuin

Reliëf in de tuin heeft niet alleen een decoratieve functie in een tuin, maar het levert ook een groot aandeel aan het verplaatsen van water. Door het hoogteverschil dat op deze manier kunstmatig wordt aangebracht stroomt het grootste deel van het regenwater eerst naar het laagste punt van de tuin voordat het via een afvoerput in het rioleringsstelsel terecht komt. Het regenwater kan op deze manier zonder veel weerstand naar een locatie stromen waar het op een natuurlijke manier geïnfiltreerd of afgevoerd wordt.

Reliëf in een tuin kan op veel verschillende manieren aangelegd worden waardoor deze wateroverlast beperkende maatregel voor veel particulieren een aantrekkelijke optie is. Een van de vormen die reliëf in een tuin kan aannemen, is weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8. Aangebracht reliëf in een tuin (Evergreen Gardens, 2017)

Doordat reliëf aanbrengen in een tuin erg kan variëren wat betreft ontwerp, grootte en materiaal, is er een grote variatie in de kosten. Er is echter wel een grove schatting te maken indien er gebruikgemaakt wordt van een hovenier.

Gemiddeld liggen de kosten van het ontwerp rond €375,- en vervolgens liggen de kosten voor het aanleggen van een reliëf van 50m² gemiddeld rond €3.750,- hieruit volgt dat een consument voor het aanleggen van een reliëf ongeveer €4.125,- kwijt is. Dit is echter wel een grove schatting, indien een consument zelf een reliëf aanlegt zullen de kosten aanzienlijk dalen en als de consument duurdere materialen of een uitgebreider reliëf wil, zullen de kosten toenemen. (Hovenier-Weetjes, 2017)

Bij het gebruiken van een reliëf om regenwater af te voeren is het meestal niet mogelijk om het water te hergebruiken, dit komt doordat het voornamelijk verplaatst wordt en infiltreert in de grond.

De levensduur is erg afhankelijk van het onderhoud dat gedaan wordt aan het reliëf. Indien er geen onderhoud plaatsvindt, zal het reliëf binnen een jaar al een groot deel van zowel de decoratieve functie als de afvoerende functie verliezen. Indien het reliëf vrij wordt gehouden van onkruid en bladeren, kan een reliëf meer dan 25 jaar blijven functioneren. (Notenboom, 2017)

De afmetingen van een reliëf zijn erg variabel en daardoor afhankelijk van het gekozen ontwerp. De opslagcapaciteit van een reliëf is daarentegen niet variabel. Deze wateroverlast beperkende maatregel is niet voor het opslaan van regenwater te gebruiken. Daarnaast verbruikt deze maatregel geen energie.

Tabel 7. Specificaties groen/decoratie in de tuin

Groen/decoratie in de tuin		
	Reliëf	Gemiddeld
Prijs	€4.125,-	€4.125,-
Hergebruik regenwater	Geen hergebruik	Geen hergebruik
Levensduur	Meer dan 25 jaar	Meer dan 25 jaar
Afmetingen	Variabel	Variabel
Opslagcapaciteit	0L	0L
Prijs per liter opslag / infiltratie	€41,25/l/h	€41,25/l/h
Mate van toepasbaarheid	100%	100%
Energieverbruik	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoud	4x per jaar	4x per jaar

5.6. Harde half-verharding

Harde half-verharding is een alternatief voor een voetpad. Dankzij harde half-verharding is het mogelijk om regenwater te laten infiltreren in de grond, waar dit normaal niet zou kunnen, omdat de bestrating dit zou voorkomen. Het regenwater kan door de harde half-verharding heen vloeien naar de bodem waarop deze is aangelegd. Harde half-verharding komt voor in de vorm van grind, steenslag en schelpen.

5.6.1. Grind

Grind is te gebruiken als harde half-verharding en kan als vervanging worden gebruikt voor voetpaden. Grind is op het internet verkrijgbaar en kan zelf worden aangelegd. In Figuur 9 is een toepassing van grind weergegeven.



Figuur 9. Grindpad (Pinterest, sd)

Er zijn veel verschillende soorten grind met veel verschillende prijzen. Voor het mogelijk maken van infiltratie, maakt het echter niet uit welke soort grind gekozen wordt. De gemiddelde prijs van grind is ongeveer €110,- per m³. Bij het gebruiken van deze maatregel is er geen hergebruik van het regenwater. De levensduur van grind is erg lang, aangezien het stenen zijn en deze niet zomaar kapot gaan. De levensduur komt neer op ongeveer 100 jaar. Qua afmetingen is alleen de dikte van de laag grind belangrijk, welke acht centimeter is. Dit komt erop neer dat er per kubieke meter grind een oppervlakte van 12,5 m² bedekt kan worden. Bij deze maatregel is geen sprake van opslagcapaciteit, omdat het water direct geïnfiltreerd wordt in de grond. De prijs per liter infiltratie komt bij grind neer op €0,44 per liter per uur infiltratie. Grind kan toegepast worden op elk verhard gebied dat niet met regelmaat door zwaar vervoer wordt belast. Deze maatregel verbruikt geen energie, aangezien zwaartekracht ervoor zorgt dat water naar de grond zakt. Het is mogelijk dat er onkruid tussen het grind gaat groeien, wat voor onderhoud kan zorgen. Verder kan het soms geëgaliseerd worden om te garanderen dat het stevig genoeg blijft om als ondergrond te gebruiken. (Grind-split, sd)

5.6.2. Steenslag

Steenslag is te gebruiken als harde half-verharding en kan als vervanging worden gebruikt voor voetpaden. Steenslag zijn kleine stukken steen die overblijven als stenen vermalen worden. Steenslag is op het internet verkrijgbaar en kan zelf worden aangelegd. In Figuur 10 is een toepassing van steenslag weergegeven.



Figuur 10. Steenslag in de tuin (Image Editor, sd)

Er zijn veel verschillende soorten steenslag en deze soorten hebben ook andere prijzen. Voor het mogelijk maken van infiltratie maakt het echter niet uit welke soort steenslag gekozen wordt. De gemiddelde prijs van steenslag is ongeveer €118,- per m³. Bij het gebruiken van deze maatregel is geen hergebruik van het regenwater. De levensduur van steenslag is erg lang, aangezien het stukjes stenen zijn en deze niet zomaar kapot gaan. De levensduur komt neer op ongeveer 100 jaar. Qua afmetingen is alleen de dikte van de laag steenslag belangrijk, welke acht centimeter is. Dit komt erop neer dat er per kubieke meter steenslag een oppervlakte van 12,5 m² bedekt kan worden. Bij deze maatregel is geen sprake van opslagcapaciteit, aangezien het water direct infiltreert in de grond. De prijs per liter infiltratie is bij steenslag €0,47 per liter per uur infiltratie. Steenslag kan toegepast worden op elk verhard gebied dat niet met regelmaat door zwaar vervoer wordt belast. Deze maatregel verbruikt geen energie, omdat zwaartekracht ervoor zorgt dat water naar de grond zakt. Het is mogelijk dat er onkruid tussen de steenslag gaat groeien, wat voor onderhoud kan zorgen. Verder kan het geëgaliseerd worden om te garanderen dat het stevig genoeg blijft om als ondergrond te gebruiken. (Grind-split, sd)

5.6.3. Schelpen

Schelpen zijn te gebruiken als harde half-verharding en kunnen als vervanging worden gebruikt voor voetpaden. Schelpen zijn op internet verkrijgbaar en kunnen zelf worden aangelegd. In Figuur 11 is een toepassing van schelpen weergegeven.



Figuur 11. Schelpen in de tuin (Piekobello, sd)

Schelpen hebben over het algemeen dezelfde eigenschappen. Er zijn alleen een paar verschillen zoals prijs en grootte. Voor het mogelijk maken van infiltratie, zal elk van deze soorten voldoen. De gemiddelde prijs van schelpen is €106,- per m³. Bij het gebruiken van deze maatregel is er geen hergebruik van het regenwater. De levensduur van schelpen is erg lang, aangezien het enige probleem is dat ze in kleinere stukjes breken als er bijvoorbeeld over gelopen wordt. De levensduur van schelpen is ongeveer 100 jaar. Qua afmetingen is alleen de dikte van de laag schelpen belangrijk, welke acht centimeter is. Dit komt erop neer dat er per kubieke meter schelpen een oppervlakte van 12,5 m² bedekt kan worden. Bij deze maatregel is er geen sprake van opslagcapaciteit, omdat het water direct infiltreert in de grond. De prijs per liter infiltratie komt bij schelpen neer op €0,42 per liter per uur infiltratie. Schelpen kunnen toegepast worden op elk verhard gebied dat niet met regelmaat door zwaar vervoer wordt belast. Deze maatregel verbruikt geen energie, aangezien zwaartekracht ervoor zorgt dat het water naar de grond zakt. Het is mogelijk dat er onkruid tussen de schelpen gaat groeien, wat voor onderhoud kan zorgen. Verder kunnen de schelpen soms geëgaliseerd worden om te garanderen dat ze stevig genoeg blijven om als ondergrond te gebruiken. (Grindwereld, sd)

Tabel 8. Specificaties harde half-verharding

Harde half-verharding				
	Grind	Steenslag	Schelpen	Gemiddeld
Prijs	€110 per m ³	€118 per m ³	€106 per m ³	€111,33 per m ³
Hergebruik regenwater	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Geen hergebruik
Levensduur	100 jaar	100 jaar	100 jaar	100 jaar
Afmetingen	8 cm hoog	8 cm hoog	8 cm hoog	8 cm hoog
Opslagcapaciteit	0 liter	0 liter	0 liter	0 liter
Prijs per liter opslag / infiltratie	€0,44/l/h	€0,47/l/h	€0,42/l/h	€0,44/l/h
Mate van toepasbaarheid	90% van de huizen	90% van de huizen	90% van de huizen	90% van de huizen
Energieverbruik	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoud	1x per 3 maanden	1x per 3 maanden	1x per 3 maanden	1x per 3 maanden

5.7. Zachte half-verharding

Zachte half-verharding is een alternatief voor een voetpad. Dankzij zachte half-verharding is het mogelijk om regenwater te laten infiltreren in de grond, waar dit normaal niet zou kunnen, omdat de bestrating dit zou voorkomen. Het regenwater kan door de zachte half-verharding heen vloeien naar de bodem waarop deze is aangelegd. Zachte half-verharding komt voor in de vorm van houtspaanders, dennenschors en cacaodoppen.

5.7.1. Houtspaanders

Houtspaanders zijn te gebruiken als zachte half-verharding en kunnen als vervanging gebruikt worden voor voetpaden. Houtspaanders zijn kleine snippers hout, die geproduceerd worden door hout te versnipperen. Een andere naam voor houtspaanders is dan ook houtsnippers. Houtspaanders zijn op internet verkrijgbaar en kunnen zelf worden aangelegd. In Figuur 12 is een toepassing van houtspaanders weergegeven.



Figuur 12. Houtspaanders in de tuin (Garden Stones and Basics, sd)

Er zijn verschillende soorten houtspaanders. Het grote verschil tussen de soorten is de soort boom en de prijs. Echter, voor het infiltreren van water, zal elk van deze soorten voldoen. De gemiddelde prijs van houtspaanders is €94,- per m³. Bij het gebruiken van deze maatregel is geen hergebruik van het regenwater. Houtspaanders verteren langzaam naarmate ze langer op de grond liggen. De levensduur hiervan is daardoor drie jaar. Qua afmetingen is alleen de dikte van de laag houtspaanders belangrijk, welke acht centimeter is. Dit komt erop neer dat er per kubieke meter houtspaanders een oppervlakte van 12,5 m² bedekt kan worden. Bij deze maatregel is geen sprake van opslagcapaciteit, aangezien het water rechtstreeks infiltreert in de grond. De prijs per liter infiltratie is voor houtspaanders €0,38 per liter per uur infiltratie. Houtspaanders kunnen toegepast worden op elk verhard gebied dat niet met regelmaat door zwaar vervoer wordt belast. Deze maatregel verbruikt geen energie, omdat de zwaartekracht ervoor zorgt dat het water naar de grond zakt. Houtspaanders hebben zo goed als geen onderhoud nodig, behalve dat er elk jaar een kleine laag houtspaanders toe moet worden gevoegd. Ook moeten de houtspaanders soms geëgaliseerd worden om te garanderen dat ze stevig genoeg blijven om als ondergrond te gebruiken. Houtspaanders gaan de vorming van onkruid voor het grootste gedeelte tegen. (Bustotaal, sd)

5.7.2. Dennenschors

Dennenschors is te gebruiken als zachte half-verharding en kan als vervanging gebruikt worden voor voetpaden. Dennenschors wordt bij het gereedmaken van de boom, voor productie van andere objecten, verwijderd. Dennenschors is op internet verkrijgbaar en kan zelf worden aangelegd. In Figuur 13 is een toepassing van dennenschors weergegeven.



Figuur 13. Dennenschors als bodembedekker (Lagendijk tuinservice, sd)

De prijs van dennenschors varieert per verkooppunt, maar voor infiltratie maakt het niet uit welke dennenschors gebruikt wordt. De gemiddelde prijs van dennenschors is €130,- per m³. Bij het gebruiken van deze maatregel is geen hergebruik van het regenwater. Dennenschors verteert langzaam naarmate het langer op de grond ligt. De levensduur hiervan is daardoor vijf jaar. Qua afmetingen is alleen de dikte van de laag dennenschors belangrijk, welke acht centimeter is. Dit komt erop neer dat er per kubieke meter dennenschors een oppervlakte van 12,5 m² bedekt kan worden. Bij deze maatregel is geen sprake van opslagcapaciteit, omdat het water rechtstreeks infiltreert in de grond. De prijs per liter infiltratie is voor dennenschors €0,52 per liter per uur infiltratie. Dennenschors kan toegepast worden op elk verhard gebied dat niet met regelmaat door zwaar vervoer wordt belast. Deze maatregel verbruikt geen energie, aangezien de zwaartekracht ervoor zorgt dat het water naar de grond zakt. Dennenschors heeft zo goed als geen onderhoud nodig, behalve dat er elk jaar een kleine laag dennenschors toe moet worden gevoegd. Ook moet de dennenschors soms geëgaliseerd worden om te garanderen dat het stevig genoeg blijft om als ondergrond te gebruiken. Dennenschors gaat de vorming van onkruid voor het grootste gedeelte tegen. (Bustotaal, sd)

5.7.3. Cacaodoppen

Cacaodoppen zijn te gebruiken als zachte half-verharding en kunnen als vervanging gebruikt worden voor voetpaden. Cacaodoppen zijn de doppen van cacaobonen en zijn over het algemeen een afvalproduct uit de cacao-industrie. Cacaodoppen zijn op internet verkrijgbaar en kunnen zelf worden aangelegd. In Figuur 14 is een toepassing van cacaodoppen weergegeven.



Figuur 14. Cacaodoppen in de tuin (Nocciolo, sd)

De prijs van cacaodoppen is niet overal hetzelfde. Echter, dit heeft geen invloed op de infiltratie van water. De gemiddelde prijs van cacaodoppen is €150,- per m³. Bij het gebruik van deze maatregel is geen hergebruik van het regenwater. Cacaodoppen verteren langzaam naarmate ze langer op de grond zijn uitgestrooid. De levensduur hiervan is daardoor twee jaar. Qua afmetingen is alleen de dikte van de laag cacaodoppen belangrijk, welke acht centimeter is. Dit komt erop neer dat er per kubieke meter cacaodoppen een oppervlakte van 12,5 m² bedekt kan worden. Bij deze maatregel is geen sprake van opslagcapaciteit, aangezien het water direct infiltreert in de grond. De prijs per liter infiltratie is voor cacaodoppen €0,60 per liter per uur infiltratie. Cacaodoppen kunnen toegepast worden op elk verhard gebied dat niet met regelmaat door zwaar vervoer wordt belast. Deze maatregel verbruikt geen energie, omdat de zwaartekracht ervoor zorgt dat het water naar de grond zakt. Cacaodoppen hebben zo goed als geen onderhoud nodig, behalve dat er elk jaar een kleine laag cacaodoppen toe moet worden gevoegd. Ook moeten cacaodoppen soms geëgaliseerd worden om te garanderen dat ze stevig genoeg blijven om als ondergrond te gebruiken. Cacaodoppen gaan de vorming van onkruid voor het grootste gedeelte tegen. (Bustotaal, sd)

Tabel 9. Specificaties zachte half-verharding

Zachte half-verharding				
	Houtspaanders	Dennenschors	Cacaodoppen	Gemiddeld
Prijs	€94 per m ³	€130 per m ³	€150 per m ³	€124,67 per m ³
Hergebruik regenwater	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Geen hergebruik
Levensduur	3 jaar	5 jaar	2 jaar	3,3 jaar
Afmetingen	8 cm hoog	8 cm hoog	8 cm hoog	8 cm hoog
Opslagcapaciteit	0 liter	0 liter	0 liter	0 liter
Prijs per liter opslag / infiltratie	€0,38/l/h	€0,52/l/h	€0,60/l/h	€0,50/l/h
Mate van toepasbaarheid	90% van de huizen	90% van de huizen	90% van de huizen	90% van de huizen
Energieverbruik	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoud	1x per 6 maanden	1x per 6 maanden	1x per 6 maanden	1x per 6 maanden

5.8. Horizontale infiltratie

Horizontale infiltratie maakt gebruik van het feit dat grond water opneemt. Maar er is ook een limiet aan de hoeveelheid water die de grond kan opnemen, waardoor plassen in de tuin ontstaan. Bij het gebruik van horizontale infiltratie wordt het water eerst ergens anders naartoe geleidt, waarna het over een langere periode kan infiltreren, zonder dat het gevolgen heeft voor het oppervlak.

5.8.1. Infiltratiekratten

Infiltratiekratten worden in de grond aangebracht om het regenwater te infiltreren in plaats van het direct af te voeren naar het riool. Ook zorgt een infiltratiekrat ervoor dat de horizontale infiltratie verbetert. In Figuur 15 is een foto van een infiltratiekrat weergegeven die wordt geïnstalleerd.



Figuur 15. Een infiltratiekrat wordt in de grond aangebracht (Beuker, sd)

Een infiltratiekrat kost tussen de €132,97 en €500,49, afhankelijk van de opslagcapaciteit van het infiltratiekrat. Bij een infiltratiekrat is het niet mogelijk om regenwater opnieuw te gebruiken, want de infiltratiekratten worden onder de grond geïnstalleerd en zorgen daar voor geleidelijke infiltratie in de grond. De levensduur van een infiltratiekrat is gemiddeld 20 jaar. De afmetingen van een infiltratiekrat liggen tussen de 40 x 120 x 40 cm en de 240 x 120 x 40 cm. De opslagcapaciteit van het infiltratiekrat varieert van 200 liter tot 1152 liter. De prijs per liter opslag ligt tussen €0,43 en €0,66. Het is betrekkelijk eenvoudig om infiltratiekratten in de tuin aan te leggen, want de infiltratiekratten worden onder de grond aangelegd en nemen daardoor geen ruimte in. Echter, infiltratiekratten hebben wel hoge kosten. Een infiltratiekrat gebruikt geen stroom, waardoor het energieverbruik nul is. Bij een infiltratiekrat is weinig onderhoud nodig, want het moet eens in de vijf jaar schoongemaakt worden. (Wavin, Infiltratiekratten, 2017)

5.8.2. Grindkoffer

Een grindkoffer is een stuk zeil waarop grind is gelegd om de infiltratie van regenwater te verhogen. De grindkoffer wordt in de grond aangebracht en bevordert de horizontale infiltratie. In Figuur 16 is een voorbeeld van een grindkoffer weergegeven.



Figuur 16. De grindkoffer (Klusidee, sd)

Een grindkoffer kost €110,-/m³ exclusief de kosten van een zeil. Bij een grindkoffer is het niet mogelijk om regenwater opnieuw te gebruiken, want het water wordt vervuild door het grind. De levensduur van een grindkoffer is 100 jaar. De afmetingen van een grindkoffer zijn verschillend, want het hangt er vanaf hoeveel ruimte iemand in zijn tuin ervoor wil vrijmaken. Hierdoor verschilt de opslagcapaciteit van een grindkoffer ook erg. De prijs per liter infiltratie is €0,44. Het is eenvoudig om een grindkoffer in de tuin aan te leggen, want er hoeft alleen maar grind gekocht te worden en een zeil om het grind in te leggen. Echter, een grindkoffer kan wel veel ruimte in de tuin innemen, waardoor het niet heel gebruiksvriendelijk kan zijn. Een grindkoffer verbruikt geen stroom. Er is ook weinig onderhoud nodig, want het hoeft nauwelijks schoongemaakt te worden. (waterbewust, sd)

Tabel 10. Specificaties horizontale infiltratie

Horizontale infiltratie			
	Infiltratiekrat	Grindkoffer	Gemiddeld
Prijs	€316,73	€110/m ³	€213,37
Hergebruik regenwater	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Geen hergebruik
Levensduur	20 jaar	100+ jaar	60 jaar
Afmetingen	140 cm x 120 cm x 40 cm	Variabel	140 cm x 120 cm x 40 cm
Opslagcapaciteit	676 liter	Variabel	676 liter
Prijs per liter opslag/infiltratie	€0,55/l/h	€0,44/l/h	€0,50/l/h
Mate van toepasbaarheid	90 %	60 %	75 %
Energieverbruik	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoud	1x per vijf jaar	1x per tien jaar	1x per 7,5 jaar

5.9. Groene daken

Groene daken, ook wel vegetatiedaken, natuurdaken, sedumdaken en grasdaken genoemd, zijn daken waarop begroeiing is aangebracht. Deze daken worden onderverdeeld in extensieve daken en intensieve daken. De extensieve hebben een relatief dunne substraatlaag die weinig onderhoud vergt en vaak niet beloopbaar is. Meestal is dit een sedum- of graslaag. Een voorbeeld van een groen dak is te zien in Figuur 17.

Intensieve daken hebben daarentegen een dikkere substraatlaag en zijn vaak wel beloopbaar. Over het algemeen kunnen intensieve daken niet zomaar op een bestaand dak worden geplaatst door hun hoge gewicht, terwijl dit bij extensieve daken meestal wel mogelijk is zolang het dak plat is. Deze analyse zal daarom voornamelijk gaan over extensieve groene daken. (Mandema, 2008)

Naast de waterberging bieden groene daken ook andere voordelen, zoals warmte- en geluidsisolatie van het gebouw, een langere levensduur van het dak zelf en een verbeterde biodiversiteit. (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011) Ook nemen vegetatiedaken fijnstof op, waardoor de luchtkwaliteit verbetert. (Mandema, 2008)



Figuur 17. De wijk Hooipolder in Den Bosch was één van de eerste Nederlandse wijken met groene daken (Latiers, 2015)

De aanlegkosten van groene daken lopen nogal uiteen, omdat ze afhankelijk zijn van factoren als het type uitvoering, de bereikbaarheid van het dak zelf en de hoogte van het dak. Een extensief groen dak kost gemiddeld genomen tussen de €55,- en €90,- per vierkante meter; een intensief groen dak zit qua prijs tussen de €75,- en €150,- per vierkante meter. Deze prijzen zijn inclusief de aanleg van dakbedekking. Als de dakbedekking toch al moet worden vervangen, zijn de meerkosten beperkt tot respectievelijk ongeveer €45,-/m² en €120,-/m² voor een extensief en intensief groen dak. (Van Moppes & Klooster, 2008), (Mandema, 2008) Een voorbeeld uit de praktijk zijn de extensieve sedumdaken van Firmus, die €64,30/m² kosten. (Medewerker van Firmus, 2017)

De levensduur van een normaal plat dak is ongeveer twintig jaar. Groene daken gaan langer mee, omdat de dakbedekking door de begroeiing wordt beschermd tegen weersinvloeden. Hoeveel langer een groen dak precies meegaat, is moeilijk te zeggen, mede doordat er maar weinig oude groene daken in Nederland zijn. De algemene verwachting is dat een groen dak tot twee keer zo lang meegaat, dus tussen de dertig en veertig jaar. (Van Moppes & Klooster, 2008)

Volgens de fabrikant Firmus moet een groen dak in het voor- en het najaar bemest worden. Ook moet er dan onkruid uit worden geplukt. Daarnaast moet er water worden gegeven tijdens zeer lange droogtes. (Medewerker van Firmus, 2017)

De kant-en-klare sedumdaken van het bedrijf Firmus hebben een wateropslagcapaciteit van 21,6 l/m². (Firmus Products, sd) Een onderzoek voor de gemeente Rotterdam spreekt echter over 13 l/m² en 25 l/m² voor extensieve respectievelijk intensieve groene daken. (Van Moppes & Klooster, 2008)

In deze analyse wordt uitgegaan van de tweede bron, omdat deze objectiever en wetenschappelijker lijkt. Bij deze analyse wordt uitgegaan van een gemiddeld dakoppervlak van 50 m², (Nieuw dak kosten - [handig prijsoverzicht], sd) waarvan 71% een plat dak is. (Van Moppes & Klooster, 2008) De prijs per liter opslag voor extensief begroeide daken ligt dan tussen €4,23 en €6,92 en de prijs voor een nieuw dak op €2750,- tot 4500,-. Voor intensieve groene daken ligt de prijs tussen de drie en zes euro per liter met investeringskosten tussen €3750,- en €7500,-. Het opgevangen water kan slechts beperkt hergebruikt worden, omdat er onder andere meststoffen in zitten. (Mandema, 2008).

Doordat de bergingscapaciteit van met name extensief begroeide daken beperkt is en bij hevige buien tekort kan schieten, zijn groene daken alleen niet voldoende om het regenwater rondom een perceel op te vangen. Het helpt echter wel iets: volgens (Mentens, Raes, & Hermy, 2006) zou er in Brussel 2,7% minder regenwaterafvoer zijn als 10% van de daken in het gebied begroeid zijn. Daarnaast wordt de afvoer van het regenwater over een langere periode verspreid, waardoor de piek in de afvoer wordt verkleind.

Tabel 11. Specificaties groene daken

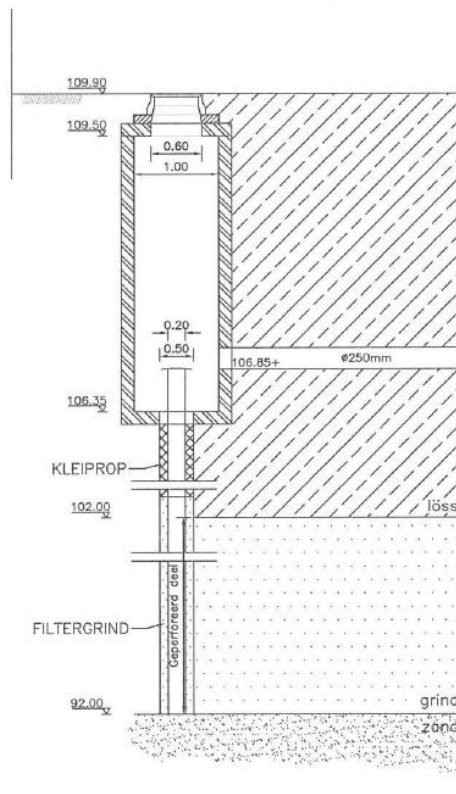
Groene daken			
	Extensieve groene daken	Intensieve groene daken	Gemiddeld
Prijs	€2700,- - €4500,-	€3750,- - €7500,-	€4000,-
Hergebruik regenwater	Alleen voor in de tuin	Alleen voor in de tuin	Alleen voor in de tuin
Levensduur	30-40 jaar	30-40 jaar	30-40 jaar
Afmetingen	Variabel	Variabel	Variabel
Opslagcapaciteit	13l/m ²	25l/m ²	17l/m ²
Prijs per liter opslag / infiltratie	€4,23/l - €6,92/l	€3,00/l - €6,00/l	€4,50/l
Mate van toepasbaarheid	Platte daken (71%)	Platte daken (71%)	Platte daken (71%)
Energieverbruik	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoud	1x/6 maanden	1x/6 maanden	1x/6 maanden

5.10. Verticale infiltratie

Verticale infiltratie beschikt over dezelfde principes als horizontale infiltratie, maar verandert de richting waarin geïnfiltreerd wordt. Dankzij deze nieuwe richting, is dit concept breder toepasbaar dan horizontale infiltratie en hoeft er minder gegraven te worden om het systeem aan te brengen. De effectiviteit van dit concept zal daarentegen wel lager zijn dan die van horizontale infiltratie, aangezien het werkvlak kleiner is.

5.10.1. Infiltratiekolom

Deze kolom bestaat uit twee delen: een opslag gedeelte waar het regenwater eerst in bewaard wordt en een buis die dieper in de grond ligt, die de infiltratie zal verzorgen. Bij een regenbui zal het water eerst opgevangen worden in de opslag en vanuit daar de buis in gaan, waarna het infiltreert in de grond. De infiltratie vindt plaats over een afstand van vijf meter en het water kan een volledige 360 graden rondom de buis infiltreren. In Figuur 18 is de doorsnede van een infiltratiekolom weergegeven.



Figuur 18. Doorsnede infiltratiekolom (Royal Haskoning DHV, 2014)

De prijs van deze maatregel is ongeveer €3000,-, afhankelijk van de precieze uitvoering. Bij deze maatregel is er geen sprake van hergebruik van het regenwater. De levensduur van dit product zal, bij regelmatig onderhoud, minimaal 25 jaar zijn. De afmetingen van een infiltratiekolom zijn niet altijd hetzelfde, maar meestal is de afmeting 1,5 meter lang, 1,5 meter breed en 15 meter hoog. De opslagcapaciteit van een infiltratiekolom is ook vaak wisselend, maar de gemiddelde waarde is 3150 liter. De prijs per liter opslag komt neer op €0,95 en de prijs per liter infiltratie op €23,44 per liter per uur. Dit laatste is vrij hoog, maar de combinatie van opslag en infiltratie zorgt ervoor dat deze waarde erg vertekend is. De mate van toepasbaarheid is zeer hoog, aangezien de oppervlakte die nodig is om deze maatregel te plaatsen erg beperkt is. Het voordeel hiervan is dat een infiltratiekolom in bijna elke tuin toepasbaar is. Deze maatregel verbruikt geen energie. Een infiltratiekolom heeft bijna geen onderhoud nodig, wel is het verstandig om het filter om de twee maanden schoon te maken. Dit om ophopingen van zand te voorkomen. Als het een tijd niet geregend heeft, is het niet per se nodig om het filter schoon te maken, maar dit wordt wel aangeraden. (Royal Haskoning DHV, 2014)

Tabel 12. Specificaties verticale infiltratie

Verticale infiltratie		
	Infiltratiekolom	Gemiddeld
Prijs	€3000 per 25 m ²	€3000 per 25 m ²
Hergebruik regenwater	Geen hergebruik	Geen hergebruik
Levensduur	25 jaar	25 jaar
Afmetingen	1,5 meter lang, 1,5 meter breed, 15 meter hoog	1,5 meter lang, 1,5 meter breed, 15 meter hoog
Opslagcapaciteit	3150 liter	3150 liter
Prijs per liter opslag / infiltratie	€0,95/liter opslag €23,44/l/h	€0,95/liter opslag €23,44/l/h
Mate van toepasbaarheid	80% van de huizen	80% van de huizen
Energieverbruik	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoud	1x per 2 maanden	1x per 2 maanden

5.11. (Ondergronds) infiltreren

Het toepassen van ondergronds infiltreren zorgt ervoor dat regenwater niet meer naar het riool afgevoerd hoeft te worden. In plaats daarvan wordt het via andere leidingen afgekoppeld en naar een ondergrondse installatie geleid, waar het vervolgens gedurende een langere tijd zal infiltreren.

5.11.1. Infiltratielijn

Een van de manieren om regenwater op te vangen en te infiltreren is met behulp van een infiltratielijn. Dit zijn langwerpige units van kunststof waarbij het regenwater eerst vastgehouden wordt en vervolgens wordt het opgevangen water binnen 24 uur na de bui langzaam aan de grond afgegeven. Doordat een infiltratielijn aan een pijpleiding gekoppeld kan worden is dit product voornamelijk te gebruiken bij het afkoppelen van een verhard oppervlak zoals een terras of een dak van een woning. In Figuur 19 is zichtbaar hoe een infiltratielijn in een tuin verwerkt kan worden. (ACO Easygarden, 2017)



Figuur 19. Infiltratielijn (ACO Easygarden, 2017)

De infiltratielijn bestaat uit meerdere units die per unit een afmeting van 100x20x60 cm hebben, waardoor de infiltratielijn in verschillende lengtes kan voorkomen. Afhankelijk van het af te koppelen oppervlakte is te bepalen hoeveel units er nodig zijn, per unit kan er een oppervlakte van 10m²

afgekoppeld worden. Een infiltratielijn kan optimaal gebruikt worden indien er niet meer dan 150m² afgekoppeld wordt. Ook is er voor optimaal gebruik van de infiltratielijn een zandvanger nodig, deze zorgt er voor dat er in de units geen ander materiaal komt dan water. De infiltratielijn kost per unit €70,-. (ACO Easygarden, 2015)

Het is niet bekend hoe lang de levensduur van een infiltratielijn is, er is echter wel een schatting te maken. Het materiaal waaruit de units van de infiltratielijn bestaan is kunststof en van kunststof leidingen is bekend dat deze minstens 60 jaar mee kunnen gaan. Indien het systeem goed onderhouden wordt kan de levensduur van een infiltratielijn hierdoor geschat worden op minstens 60 jaar. (Bureau Leiding, 2011)

Boven de infiltratielijn moet minstens 30 cm grondbedekking zitten, dit zorgt er voor dat de units goed beschermd zijn en deze kunnen zo zwaar belast worden. Hierdoor is het mogelijk om de units zelfs onder parkeerplekken te plaatsen. De variabele lengte en het beperkte oppervlakte dat de infiltratielijn inneemt zorgt er voor dat de infiltratielijn zeer goed toe te passen is.

De units hebben elk een opslagrendement van 94%, dit komt neer op een opslagcapaciteit van 112,28 liter. Een groot voordeel van deze wateroverlast beperkende maatregel is dat er nauwelijks onderhoud nodig is. Het is alleen noodzakelijk om de zandvanger te legen zodra deze vol raakt. Het verschilt per situatie wanneer dit nodig is, maar gemiddeld genomen zal dit niet veel vaker dan twee keer per jaar zijn. Een nadeel van dit product is dat het opgevangen water niet meer hergebruikt kan worden maar dat het terugstroomt in de omliggende grond. Doordat het water weg stroomt en niet weggepompt hoeft te worden is er voor het gebruik van dit product geen energie nodig.

Tabel 13. Specificaties ondergronds infiltreren

Ondergronds infiltreren		
	Infiltratielijn	Gemiddeld
Prijs	€70,- per unit	€70,- per unit
Hergebruik regenwater	Geen hergebruik	Geen hergebruik
Levensduur	Meer dan 60 jaar	Meer dan 60 jaar
Afmetingen	100 x 20 x 60 (cm)	100 x 20 x 60 (cm)
Opslagcapaciteit	112,8 liter	112,8 liter
Prijs per liter opslag / infiltratie	€0,35/l/h	€0,35/l/h
Mate van toepasbaarheid	100%	100%
Energieverbruik	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoud	1x per jaar	1x per jaar

5.12. Handmatig te plaatsen wateropvang

Er zijn veel manieren om water op te vangen, deze kunnen niet allemaal door iedereen aangelegd worden. Degene die dat wel kunnen omdat ze klein genoeg zijn of omdat er alleen wat gereedschap nodig is in plaats van graafmachines, worden in dit subtype behandeld. Het water dat wordt opgevangen kan bij een aantal van deze maatregelen ook gebruikt worden om de planten water te geven.

5.12.1. Regenton

Het meest klassieke voorbeeld van het opvangen van regenwater is natuurlijk een regenton. Regentonnen zijn in alle soorten, maten en materialen te verkrijgen. In Figuur 20 is een voorbeeld van een regenton weergegeven.



Figuur 20. Een regenton in de achtertuin (Rondomton, sd)

Een regenton kost tussen de €70,- en €235,- exclusief installatiekosten. Bij een regenton kan het regenwater wel opnieuw gebruikt worden, want er kan een kraan op aangesloten worden voor eventuele bewatering van planten. De levensduur verschilt per materiaal, maar is bij een regenton niet heel lang. De afmetingen van een regenton zijn gemiddeld 95 cm x 70 cm x 95 cm. De opslagcapaciteit ligt tussen de 50 liter en de 220 liter. De prijs per liter opslagcapaciteit is gemiddeld €1,40. Het is eenvoudig om een regenton in de achtertuin neer te zetten, want het kan zo aangesloten worden op de regenpijp en kan qua ontwerp ook opgenomen worden in de rest van de tuin. Een regenton gebruikt geen stroom. Er moet wel ieder half jaar onderhoud gepleegd worden, want anders slijbt de regenton dicht. (tegapo, sd)

5.12.2. Regenzuil

Een regenzuil is een soort van langwerpige regenton. Het enige wat anders is dan een klassieke regenton is dat de regenzuil erg lang en smal is. Daarnaast kan een regenwaterzuil rond of vierkant zijn. In Figuur 21 is een regenzuil weergegeven die geïnstalleerd is in de achtertuin.



Figuur 21. Een regenzuil die geïnstalleerd is in de achtertuin (Regenton webwinkel, sd)

Een regenzuil kost tussen de €250,- en de €300,-. Echter, hier zullen ook nog installatiekosten bovenop komen, die meer zullen zijn dan bij de regenton. Bij een regenzuil kan het regenwater wel opnieuw gebruikt worden, want er kan een slang op aangesloten worden om bijvoorbeeld de planten water te geven. Het regenwater is echter niet bruikbaar als drinkwater, tenzij er een drinkwaterfilter tussen wordt gezet. Een regenwaterzuil is gemaakt van Uv-bestendig kunststof, waardoor het een lange levensduur heeft. De afmetingen van een regenzuil zijn 135 cm x 60 cm x 60 cm als de inhoud 300 liter is en heeft een diameter van 52 cm en een hoogte van 215 cm als de inhoud 400 liter is. De opslagcapaciteit van de regenzuil is 300 liter of 400 liter. De prijs per liter opslagcapaciteit is voor de 300 liter regenzuil €1,20 en voor de 400 liter regenzuil €1,33. Een regenzuil is eenvoudig toe te passen in de tuin, want de regenzuil kan eenvoudig handmatig geïnstalleerd worden in de tuin. Ook kan een regenzuil eenvoudig aangesloten worden op de regenpijp. Een regenzuil verbruikt geen energie en heeft weinig onderhoud nodig. Eens in het halfjaar moet de regenzuil schoongemaakt worden om de regenzuil niet te laten dichtslibben. (Water, sd)

5.12.3. Regenwaterschutting

Een regenwaterschutting, ook wel de Rainwinner genaamd, is een regenton die in de schutting verwerkt is en eenvoudig op andere schuttingdelen aangesloten kan worden. In Figuur 22 is een regenwaterschutting weergegeven die tussen het huis en de rest van de schutting bevestigd is.



Figuur 22. Een regenwaterschutting die aan de rest van de schutting bevestigd is (Energienulshop, sd)

Een regenwaterschutting kost €515,- voor een driedelige regenwaterschutting. Dit is exclusief installatiekosten. Deze installatiekosten zullen niet hoog zijn, want de regenwaterschutting kan handmatig aangebracht worden, waardoor er geen manuren betaald hoeven worden en er geen machines nodig zijn om het te plaatsen. Mocht het toch door een extern bedrijf gebeuren, zullen de kosten laag zijn, want een regenschutting is binnen een paar uur geïnstalleerd. Het regenwater bij een regenschutting kan opnieuw gebruikt worden. Een regenschutting heeft net als een regenwaterzuil een lange levensduur. Een regenwaterschutting gaat ongeveer 10-20 jaar mee. De afmetingen van een regenwaterschutting zijn 22 cm x 90 cm x 180 cm. De opslagcapaciteit van een regenwaterschutting bedraagt 110 liter per segment. De prijs per liter opslagcapaciteit is €0,78 per segment. Een regenwaterschutting is eenvoudig toe te passen in de tuin, want het kan gebruikt worden in plaats van een normale schutting. Echter, het is esthetisch onverantwoord in de tuin. Een regenwaterschutting verbruikt geen energie. Er is weinig onderhoud aan een regenwaterschutting. Het moet eens per jaar schoongemaakt worden. (rainwinner, sd)

5.12.4. Smartdrain

Een smartdrain zorgt voor reiniging van het water, zodat schadelijke stoffen zoals lood en zware ijzers uit het water gehaald worden, waardoor er minder bodemverontreiniging plaatsvindt. Hierdoor kan het regenwater ook veilig naar het riool worden afgevoerd. In Figuur 23 staat een weergave van hoe een smartdrain bevestigd zit op een leidingnetwerk.



Figuur 23. Een schematische weergave van hoe een smartdrain op het leidingnetwerk bevestigd wordt (Wavin, Put Smart Drain, sd)

Een smartdrain kost ongeveer €30,- exclusief installatiekosten. Bij een smartdrain is het niet mogelijk om regenwater opnieuw te gebruiken. De levensduur van een smartdrain is gemiddeld twintig jaar, maar daar kan een diversiteit inzitten van vijf jaar. Een smartdrain is niet heel groot qua afmetingen, namelijk 4 cm x 70 cm x 4 cm. Hier valt op dat de smartdrain erg breed is. Een smartdrain heeft een zeer beperkte opslagcapaciteit. Dit komt omdat de smartdrain qua afmetingen klein is, waardoor er weinig water opgeslagen kan worden. Bovendien is een smartdrain in verhouding erg duur, want door de beperkte opslagcapaciteit is de prijs per liter opslag €1,50, wat de duurste verhouding is in de handmatig te plaatsen wateropvang.

Een smartdrain is erg lastig toe te passen, want de smartdrain moet in de grond verwerkt worden, wat veel werk met zich meebrengt. Echter, een smartdrain is qua aanschafprijs goedkoop in vergelijking met de andere maatregelen in deze categorie, waardoor het wel toepasbaar is. Een smartdrain verbruikt geen energie, maar de smartdrain moet wel elk jaar gereinigd worden, waardoor het niet heel erg onderhoudsvriendelijk is. (Wavin, Put Smart Drain, sd)

5.12.5. Watershells

Watershells zijn kleine opslagmogelijkheden onder de grond, nadat het regenwater in de grond is geïnfiltreerd. Deze watershells moeten na verloop van tijd wel leeggepompt worden, waardoor er bijvoorbeeld een waterslang op aangesloten kan worden om in de tuin te gebruiken. In Figuur 24 is een foto weergegeven van de aanbouw van de watershells.



Figuur 24. De watershells in aanbouw (Grond/weg/waterbouw, sd)

De watershells kosten in totaal €600,-. Bij deze €600,- is van een standaard component van tien delen uitgegaan. Deze €600,- is exclusief installatiekosten. Bij watershells is het niet mogelijk om regenwater opnieuw te gebruiken, want de watershells zitten onder de grond en zullen het regenwater in verloop van tijd in de bodem laten infiltreren. De levensduur van een deel is twintig jaar. Het kan een aantal jaar verschillen, afhankelijk van het materiaal. De afmetingen van een deel van de watershells is klein, want een watershell is maar 20 cm x 20 cm x 20 cm. Watershells hebben in totaal, als het uit tien delen bestaat, een opslagcapaciteit van 500 liter, wat neerkomt op 50 liter per deel. De prijs per liter opslagcapaciteit van watershells is €1,20.

Een watershell is lastig toe te passen, want het moet in de grond aangebracht worden, wat extra kosten met zich meebrengt. Daarentegen is het wel zo dat de watershells geen ruimte in de tuin

innemen, waardoor er meer ruimte is voor andere wateroverlast beperkende maatregelen. Watershells verbruiken geen energie. Het onderhoud voor watershells is relatief laag, want het hoeft maar eens in de tien jaar een onderhoudsbeurt te hebben. Dat is het grote voordeel van watershells ten opzichte van bijvoorbeeld de smartdrain. (Waterblock BV, sd)

Tabel 14. Specificaties handmatig te plaatsen wateropvang

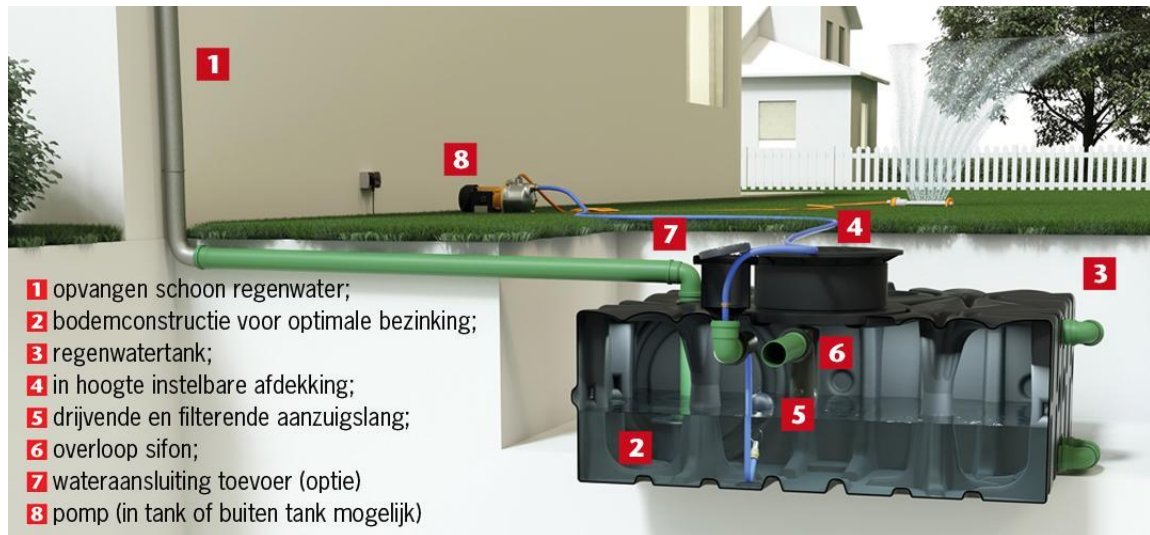
	Handmatig te plaatsen wateropvang					
	Regenton	Regenzuil	Regenwater -schutting	Smartdrain	Watershells	Gemiddeld
Prijs	€152,50	€275,-	€171,66 per segment	€30,-	€600,-	€314,50
Hergebruik regenwater	Herbruikbaar als grijs water	Herbruikbaar als grijs water	Kan hergebruikt worden als grijs water	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Herbruikbaar als grijs water
Levensduur	20 jaar	30 jaar	30 jaar	20 jaar	20 jaar	24 jaar
Afmetingen	95 cm x 70 cm x 95 cm	135 cm x 60 cm x 60 cm	22 cm x 90 cm x 90 cm	4 cm x 70 cm x 4 cm	20 cm x 20 cm x 20 cm per deel	55,2 cm x 62 cm x 53,8 cm
Opslagcapa- citeit	135 liter	350 liter	110 liter per segment (330 liter voor de €515 versie)	20 liter	500 liter	267 liter
Prijs per liter opslag/infil- tratie	€1,40/l/h	€1,27/l/h	€0,78/l/h	€1,50/l/h	€1,20/l/h	€1,23/l/h
Mate van toepasbaar- heid	100 %	100 %	100 %	40 %	30 %	74 %
Energiever- bruik	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen	Geen
Onderhoud	1x per half jaar	1x per half jaar	1x per jaar	1x per jaar	1x per tien jaar	2,6 jaar

5.13. Machinaal te plaatsen wateropvang

De machinaal te plaatsen wateropvang hebben een grote ingreep in de tuin nodig om gerealiseerd te worden. Hiervoor zijn vaak ook machines nodig, omdat het simpelweg te veel tijd zou kosten om dit allemaal met de hand te doen. Het zijn over het algemeen dure maatregelen die over het algemeen ook hoge installatiekosten met zich mee dragen.

5.13.1. Regenwatertank

Een regenwatertank is een tijdelijke opslag van regenwater dat via de regenpijp niet afgevoerd kan worden. Via een leidingnetwerk kan het water van de regenpijp naar de regenwatertank stromen en daar opgeslagen worden. In Figuur 25 wordt een regenwatertank van ACO schematisch weergegeven.



Figuur 25. Een schematische weergave van een regenwatertank van ACO (ACO Easygarden, sd)

De aanschafprijs van een regenwatertank is minimaal €2000,-. De 1500 liter versie kost €2000,- euro. De duurste regenwatertank kost €8000,- euro. Deze kosten zijn nog exclusief installatiekosten en die zullen erg hoog zijn. Er kan verwacht worden dat er nog minimaal €1000,- bij komt aan installatiekosten. Het regenwater uit een regenwatertank kan opnieuw gebruikt worden als autowaswater, want in een regenwatertank wordt het regenwater niet gemengd met zand en andere viezigheden. Er kan een slang op de regenwatertank aangesloten worden, waardoor het water eruit getapt kan worden. De levensduur van een regenwatertank is 30 jaar. Hierdoor is het ook rendabel om een regenwatertank in de grond aan te leggen, omdat het langdurig gebruikt kan worden. De afmetingen van een tank van 1500 liter zijn 223 cm x 123 cm x 85 cm. De opslagcapaciteit is zoals eerder vermeld minimaal 1500 liter. Ze zijn ook groter te verkrijgen, maar er is uitgegaan van een tank van 1500 liter. De prijs per liter opslag van een regenwatertank is €1,33.

De mate van toepasbaarheid van een regenwatertank is laag, want er zijn veel machines nodig om de regenwatertank in de grond aan te brengen. Ook is er erg veel ruimte onder de grond nodig, waardoor het ook lastig toe te passen is, want niet iedereen heeft zoveel ruimte onder zijn of haar tuin en/of huis. Een regenwatertank verbruikt veel stroom, omdat er een filter inzit die constant op energie draait en omdat er regenwater omhoog gepompt kan worden. Een regenwatertank heeft weinig onderhoud nodig, namelijk om de 20 jaar. (ACO Easygarden, sd)

5.13.2. Vijver

Een vijver is hetzelfde als een regenwatervijver, alleen dan zonder de extra opslagcapaciteit voor een intensieve regenbui. In Figuur 26 is een vijver weergegeven die geïntegreerd is in de tuin.



Figuur 26. Een recreatieve vijver (Hovenier-Weetjes, sd)

Een vijver kost tussen de €7,-/m² en de €30,-/m² om aan te leggen. Bij de vijver is ervan uitgegaan van een prijs van €7,-/m². Dit is exclusief de installatiekosten. Deze komen waarschijnlijk rond de €700,- uit. Het regenwater in een vijver kan alleen hergebruikt worden als water voor de planten, want in een vijver wordt het regenwater vermengd met zand en andere viezigheiden, waardoor het water niet geschikt is voor het wassen van een auto. De levensduur van een vijver is lang, namelijk minimaal 100 jaar. Hierdoor is een vijver een erg duurzaam product. De afmetingen van een vijver zijn logischerwijs variabel, want dat hangt af van hoe groot iemand de vijver wilt hebben en hoeveel ruimte er in de tuin is voor een vijver. Doordat de afmetingen variabel zijn, zijn de opslagcapaciteit en de prijs per liter opslag ook variabel.

De mate van toepasbaarheid van een vijver is gemiddeld, want het is bovengronds aan te brengen en het is esthetisch verantwoord. Daarentegen neemt een vijver wel veel ruimte in de tuin in en moet de vijver met machines uitgegraven worden, waardoor de installatiekosten van een vijver hoog zijn. Het energieverbruik van een vijverpomp is 72 kWh. Een vijver moet vaak onderhouden worden, want een vijver raakt al snel verontreinigd en moet vaak gefilterd worden. Het onderhoud van een vijver is gemiddeld eens per jaar. (Hornbach, sd)

Tabel 15. Specificaties machinaal te plaatsen wateropvang

	Machinaal te plaatsen wateropvang		
	Regenwatertank	Vijver	Gemiddeld
Prijs	€2000,-+	€7,-/m ²	€1012,-/m ³
Hergebruik regenwater	Herbruikbaar als autowaswater	Alleen herbruikbaar als plantenwater	Alleen herbruikbaar als plantenwater
Levensduur	30 jaar	100+ jaar	60 jaar
Afmetingen	223 cm x 123 cm x 85 cm	Variabel	223 cm x 123 cm x 85 cm
Opslagcapaciteit	1500 liter	Variabel	1500 liter
Prijs per liter opslag/infiltratie	€1,33/l/h	Variabel	€1,33/l/h
Mate van toepasbaarheid	15 %	50 %	32,5 %
Energieverbruik	100 kWh	72 kWh	86 kWh
Onderhoud	1x per 20 jaar	1x per jaar	10,5 jaar

5.14. Bovengrondse afvoer

Bovengrondse afvoer zorgt voor een beter verloop van het vervoer van het regenwater, terwijl het tegelijkertijd een aanvulling kan zijn voor hoe de tuin eruit ziet. Ondanks dat deze maatregel op zich niet helpt tegen wateroverlast, kan het zeker een goed hulpmiddel zijn om dit met andere maatregelen wel te doen.

5.14.1. Afvoergoten door de tuin heen richting opslag/irrigatielocatie

Een afvoergoot is op zichzelf staand geen maatregel die wateroverlast kan beperken. Het is echter wel een product die gebruikt kan worden om regenwater van een regenpijp naar een locatie waar het water opgeslagen of geïrrigeerd kan worden te verplaatsen. Op deze manier hoeft een consument geen pijpleiding in te graven om regenwater te verplaatsen.

Deze maatregel heeft, net zoals reliëf in een tuin, niet alleen een water vervoerende functie, maar ook een decoratieve functie, een voorbeeld hiervan is weergegeven in Figuur 27. (Notenboom, 2017)



Figuur 27. Afvoergoot in een tuin (DB Online Marketing, 2017)

De kosten voor het aanleggen van een afvoergoot zijn afhankelijk van het formaat van de goot. De kosten per vierkante meter van een goot zijn €50,-, deze prijs kan lager zijn indien de consument de goot zelf aanlegt en dit niet door een aannemer laat doen. Ook is de prijs afhankelijk van het materiaal dat gebruikt wordt. (Hovenier-Weetjes, 2017)

Bij deze maatregel is het mogelijk om het regenwater her te gebruiken, alleen bepaalt de manier van opslag of het water enkel her te gebruiken is om de tuin te besproeien of dat het ook te gebruiken is in een grijs-water systeem. Het water zou dan wel eerst gefilterd moeten worden doordat het door een goot gestroomd is die niet afgedekt is.

Net zoals reliëf in een tuin, kunnen de afmetingen van een afvoergoot erg variëren per ontwerp. Doordat de afmetingen van een goot variabel zijn, is het een maatregel die in alle tuinen toegepast kan worden, onder de voorwaarde dat er een wateropslag aanwezig is.

Een afvoergoot is er enkel om regenwater te verplaatsen en niet om het op te slaan, ook is er geen stroom nodig omdat er gebruikgemaakt wordt van de vloeibaarheid van water.

Een afvoergoot is een decoratieve toevoeging aan een tuin, doordat het echter midden in een tuin ligt en het een afvoerende functie heeft, neemt de waterstroom ook plantenresten mee waardoor de goot deels verstopt kan raken. Ook is het mogelijk dat er onkruid of algen ontstaan, deze zullen verwijderd moeten worden. Een goot heeft hierdoor ongeveer een keer per seizoen onderhoud nodig. Indien een afvoergoot goed onderhouden wordt, kan deze langer dan 25 jaar meegaan. (Notenboom, 2017)

Tabel 16. Specificaties bovengrondse afvoer

Bovengrondse afvoer		
	Afvoergoten	Gemiddeld
Prijs	€50,- per m ²	€50,- per m ²
Hergebruik regenwater	Ja, afhankelijk van de manier opslag	Ja, afhankelijk van de manier opslag
Levensduur	Langer dan 25 jaar	Langer dan 25 jaar
Afmetingen	Variabel	Variabel
Opslagcapaciteit	0 liter	0 liter
Prijs per liter opslag / infiltratie	€2,50/l/h	€2,50/l/h
Mate van toepasbaarheid	100%	100%
Energieverbruik	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoud	4x per jaar	4x per jaar

5.15. Applicaties ter bewustwording

Dit soort applicaties zullen voor het grootste deel vanuit de overheid ontwikkeld worden. De overheid wil garanderen dat de riolen sporadisch overstromen, omdat dit veel overlast en werk geeft. Door ervoor te zorgen dat de bevolking zich meer bewust wordt van de gevolgen van een grote regenbui en de zaken die zij kunnen doen om dit als het voorkomt te voorkomen, zijn dit soort applicaties erg geschikt. Dankzij de technologie van tegenwoordig kunnen bijvoorbeeld kaarten worden gemaakt met neerslagvoorspellingen. Als deze informatie gekoppeld wordt met simulaties die laten zien wat zo'n regenbui zou doen aan de leefomgeving van de bevolking, dan zal dit stimulatie geven om dit te voorkomen.

5.15.1. App voor hemelwaterafvoer

Deze app zal te downloaden zijn op elke smartphone en inzicht geven in regenbuien. Een kaart wordt afgebeeld met daarin de leefomgeving van de gebruiker met de neerslag die dit gebied de komende tijd te wachten staat. Vanuit deze app kunnen aanbevelingen gedaan worden om deze regenbuien aan te kunnen. Deze aanbevelingen kunnen gekoppeld worden aan gegevens over bijvoorbeeld de grondsamenstelling en de grondwaterstand zodat de beste maatregelen weergegeven worden. Hierdoor weten mensen niet alleen wat ze kunnen doen, maar ook wat de meest effectieve keuze is.

Deze maatregel zal waarschijnlijk gratis zijn. Dit komt doordat de overheid mensen wil stimuleren om gebruik te maken van deze app en dit wordt moeilijker als ze ook nog moeten betalen voordat ze het kunnen gebruiken. Bij deze maatregel is geen sprake van het hergebruik van regenwater. Ook is er geen opslagcapaciteit bij deze maatregel. De prijs per liter opslag of infiltratie zal doordat de maatregel waarschijnlijk gratis is, €0,- zijn. De mate van toepasbaarheid van deze app is zeer hoog aangezien iedereen deze app kan gaan gebruiken. Als deze app openbaar wordt gemaakt, zal dit ervoor zorgen dat iedereen wanneer hij of zij maar wil, deze app kan gebruiken om beter inzicht te

krijgen in hoe hij of zij kan helpen wateroverlast tegen te gaan. Deze maatregel zal bijna geen energie gebruiken, aangezien de energie die het kost om de app te gebruiken verwaarloosbaar klein is en het draaiende houden van de servers ook niet veel energie kost. Qua onderhoud zal alleen de eigenaar van de app één keer in de zoveel tijd een software update moeten uitbrengen. Ook zal hij de fysieke servers moeten onderhouden.

5.15.2. Smart Scanner for Water Resilient Cities

Dit programma kan simulaties maken van steden die getroffen worden door een regenbui. Door te kijken naar de voorspelling van neerslag kan dit programma een beeld maken van de gevolgen van zo'n regenbui. Als de gebruiker deze gevolgen daadwerkelijk voor zich ziet, is de kans dat hij hierop gaat reageren groter. De gebruiker kan nog aanpassingen maken aan zijn tuin of huis om ervoor te zorgen dat de gevolgen minder hevig zullen zijn, omdat wat de gebruiker ziet gebaseerd is op toekomstige neerslag.

Deze maatregel zal waarschijnlijk gratis zijn. Dit komt doordat de overheid mensen wil stimuleren om gebruik te maken van dit programma en dit wordt moeilijker als ze ook nog moeten betalen voordat ze het kunnen gebruiken. Bij deze maatregel is geen sprake van hergebruik van regenwater. Ook is er geen opslagcapaciteit bij deze maatregel. De prijs per liter opslag of infiltratie zal doordat de maatregel waarschijnlijk gratis is, €0,- zijn. De mate van toepasbaarheid van dit programma is zeer hoog aangezien iedereen dit programma kan gaan gebruiken. Als dit programma openbaar wordt gemaakt, zal dit ervoor zorgen dat iedereen, wanneer hij of zij maar wil, dit programma kan gebruiken om beter inzicht te krijgen in hoe hij of zij kan helpen wateroverlast tegen te gaan. Deze maatregel zal bijna geen energie gebruiken, aangezien de energie die het kost om dit programma te gebruiken verwaarloosbaar klein is en het draaiende houden van de servers ook niet veel energie kost. Qua onderhoud zal alleen de eigenaar van dit programma één keer in de zoveel tijd een software update moeten uitbrengen. Ook zal hij de fysieke servers moeten onderhouden.

Tabel 17. Specificaties applicaties ter bewustwording

	Applicaties ter bewustwording		
	App voor hemelwaterafvoer	Smart Scanner for Water Resilient Cities	Gemiddeld
Prijs	Als het programma door de overheid wordt gefinancierd waarschijnlijk gratis	Als het programma door de overheid wordt gefinancierd waarschijnlijk gratis	Als het programma door de overheid wordt gefinancierd waarschijnlijk gratis
Hergebruik regenwater	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Geen hergebruik
Levensduur	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Afmetingen	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Opslagcapaciteit	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Prijs per liter opslag / infiltratie	Gegeven de prijs waarschijnlijk niets	Gegeven de prijs waarschijnlijk niets	Gegeven de prijs waarschijnlijk niets
Mate van toepasbaarheid	100% van de huizen	100% van de huizen	100% van de huizen
Energieverbruik	Zeer laag	Zeer laag	Zeer laag
Onderhoud	1x per 2 maanden	1x per 2 maanden	1x per 2 maanden

5.16. Noodmaatregelen

Er bestaat de mogelijkheid dat geen enkele van de bovenstaande maatregelen genoeg zijn om het regenwater op te vangen of af te voeren. In zo'n extreem geval kunnen noodmaatregelen nog gebruikt worden om het water tegen te houden. Echter, meer dan tegenhouden doen deze maatregelen niet, waardoor het water alsnog via andere wegen afgevoerd moet worden.

5.16.1. Opblaasbare waterbarrière

De TubebARRIER (Figuur 28) is een tijdelijke waterkering die eenvoudig zonder elektriciteit kan worden geïnstalleerd bij uitzonderlijk hoog water. Dit gebeurt door de eenheden van tien meter lang uit te vouwen en aan elkaar te bevestigen met ritsen en klittenband. De barrière blijft liggen doordat ze zich vanzelf vult met water. Door de relatief eenvoudige installatie is de TubebARRIER een alternatief voor zandzakken. (RASS International BV, sd)



Figuur 28. De oprichters Sukhjinder Singh (links) en Robert Alt bij een TubebARRIER (Bogaarts & Horn, 2016)

De TubebARRIER kost ongeveer €370,- per meter. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de barrière in eenheden van tien meter lang wordt verkocht. De prijs per eenheid ligt rond de €3700,-. Deze eenheden zijn 70 cm hoog, maar op verzoek kan dit worden vergroot naar 100 cm. Als de barrière wordt opgeslagen kan het als een harmonica in elkaar worden gevouwen tot een pakket van 100 bij 120 bij 120 centimeter. (Bogaarts & Horn, 2016), (RASS International BV, sd)

Aangezien het product pas een paar jaar op de markt is, is de levensduur puur een voorspelling. De producent zelf gaat uit van “zeker 15 tot 20 jaar” met de kanttekening dat het afhankelijk is van hoe de barrière wordt opgeslagen en hoe vaak ze wordt ingezet. Het enige onderhoud dat eraan moet gebeuren is het schoonspoelen en laten drogen na gebruik. (RASS International BV, sd), (RASS International BV, sd)

Hoewel de TubebARRIER zich vult met water, kan dit niet als bergingscapaciteit worden gezien, aangezien hij zich maar langzaam vult met het water van de overstroming. Er moet dus al een overstroming zijn voordat de TubebARRIER gevuld raakt met water. Hierdoor is het ook echt een noodmaatregel. Hierdoor, en door de eenheden van tien meter lang, is de TubebARRIER slechts beperkt inzetbaar voor particulieren. Daarnaast is de barrière vrij duur, waardoor ze voor

woningeigenaren niet echt interessant is. Voor belangrijke fabrieken, gemeenten of waterschappen zou het echter wel nuttig kunnen zijn. (Bogaarts & Horn, 2016)

5.16.2. Noodschotten voor overstroming

Noodschotten zijn in korte tijd te plaatsen schotten die het water tegenhouden bij een overstroming, zoals is te zien in Figuur 29. Deze schotten zijn vooral geschikt voor (deur)openingen in de buitenmuren van huizen en andere gebouwen. Vaak moet er vooraf wel een rail of scharnier worden bevestigd aan de muur, maar bij andere systemen is dit niet nodig. Een belangrijke voorwaarde is wel dat de rest van de gevel waterdicht is. Anders stroomt er namelijk alsnog water het huis in via andere kieren en onvolkomenheden. Een ander aandachtspunt is de druk die door het water op de gevel komt te staan. Vanaf een verwachte waterhoogte van 60 cm wordt dit een aandachtspunt, zeker bij oudere woningen. (Aggeres, sd), (Lexport, sd), (Vlaamse Mileumaatschappij, 2015)



Figuur 29. De Aggeres Porta (Aggeres)

Prijzen lopen zeer uiteen. Een handmatig te plaatsen schot als de Waterstopper kost €389,- exclusief btw. Deze is dan standaard 41 cm hoog en hooguit 104 cm breed. (Lexport, sd). Geavanceerdere, automatische systemen gaan al snel over de €1500,- heen. (Vlaamse Mileumaatschappij, 2015)

Aangezien de schotten zo goed als geen onderhoud behoeven en gemaakt zijn van metaal en/of stevig kunststof, hebben ze een zeer lange levensduur. Het kan wel zijn dat de rubbers na een aantal jaren vervangen moeten worden. Daarnaast is het een goed idee om na elke overstroming de schotten schoon te maken. (Vlaamse Mileumaatschappij, 2015)

Handmatig te plaatsen schotten zijn vaak niet langer dan anderhalve meter omdat ze bij grotere lengtes niet meer goed te hanteren zijn. Ook verbruiken ze geen stroom, in tegenstelling tot sommige automatische systemen. (Aggeres), (Vlaamse Mileumaatschappij, 2015)

Tabel 18. Specificaties noodmaatregelen

Noodmaatregelen			
	Waterbarrière	Noodschotten	Totaal
Prijs	€370,-/m	€600,-/m	€485,-/m
Hergebruik regenwater	Geen hergebruik	Geen hergebruik	Geen hergebruik
Levensduur	> 15-20 jaar	> 15-20 jaar	> 15-20 jaar
Afmetingen	10m lang en 70 cm hoog	Meestal tot ± 150 cm	Verschillend
Opslagcapaciteit	Niet van toepassing	Niet van toepassing	Niet van toepassing
Prijs per liter opslag / infiltratie	Niet van toepassing	Niet van toepassing	Niet van toepassing
Mate van toepasbaarheid	Vrijstaande woningen: 23% (CBS, 2016)	Mate van toepasbaarheid	Vrijstaande woningen: 23% (CBS, 2016)
Energieverbruik	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Onderhoud	1x/3 jaar	1x/3 jaar	1x/3 jaar

6. Analyse van subtypes

Om een advies te kunnen geven zijn de specificaties van de vijftien subtypes door middel van een multicriteria-analyse met elkaar vergeleken. Er is hierbij voor gekozen om een aantal van de specificaties samen te voegen zodat er uiteindelijk vijf criteria ontstaan. Deze zijn:

- Investerings
- Gebruiksgemak
- Effectiviteit
- Duurzaamheid
- Esthetiek

In paragraaf 6.1 wordt per criterium uiteengezet welke specificaties er bij horen en hoe de wegingen zijn verdeeld. Ook wordt hier uiteengezet wat de scores per specificatie zijn. In paragraaf 6.2 worden de onderlinge waarden van de criteria bepaald. Tot slot wordt in paragraaf 6.3 per subtype de score per criteria in een multicriteria-analyse ingevoerd.

6.1. Definieren van het puntensysteem van de multicriteria-analyse

Per subtype worden de vijf criteria afzonderlijk beoordeeld, dit gebeurt door middel van een vijf-puntensysteem. Dit houdt in dat elk subtype per categorie een score van 1 tot en met 5 kan halen. De grenzen van deze scores zijn hieronder per criterium uitgewerkt. Bij de criteria waar meer dan één specificatie een rol speelt, wordt de uiteindelijke score bepaald door het afgeronde gemiddelde van de verschillende specificaties te nemen.

6.1.1. Investerings

Bij het criterium *Investerings* spreekt er voor zich welke specificatie nodig is om een beoordeling over alle subtypes op te stellen, dit is de prijs van de wateroverlast beperkende maatregel.

De wateroverlast beperkende maatregelen zijn echter niet gelijk van formaat waardoor er een ongelijke vergelijking zou ontstaan, daarom worden de kosten gebruikt die nodig zijn om een oppervlakte van 50m² te overspannen. Dit staat weergegeven in Tabel 19.

Tabel 19. Vijf-puntensysteem; Investerings

Score	Prijs (P)
1	$P > \text{€}2000,-$
2	$\text{€}1000,- < P \leq \text{€}2000,-$
3	$\text{€}500,- < P \leq \text{€}1000,-$
4	$\text{€}100,- < P \leq \text{€}500,-$
5	$P \leq \text{€}100,-$

6.1.2. Gebruiksgemak

Het criterium *Gebruiksgemak* is gebaseerd op twee specificaties, dit zijn onderhoud en de mate van toepasbaarheid. De onderhoudsgevoeligheid is onderverdeeld in tijdintervallen die oplopen tot minder dan eens in de vijf jaar.

De mate van toepasbaarheid van de wateroverlast beperkende maatregelen is weergegeven in een percentage van de tuinen waarin de maatregel goed toepasbaar is. Hierbij wordt voornamelijk rekening gehouden met de afmetingen en de vorm van zowel de maatregel als de tuin.

Het vijf-puntensysteem van *Gebruiksgemak* is weergegeven in Tabel 20.

Tabel 20. Vijf-puntensysteem; Gebruiksgemak

Score	Onderhoud (O)	Toepasbaarheid (T)
1	$O \leq 1x$ per mnd.	$0\% < T \leq 20\%$
2	$1x$ per mnd. $< O \leq 1x$ per 6mnd.	$20\% < T \leq 40\%$
3	$1x$ per 6mnd. $< O \leq 1x$ per jr.	$40\% < T \leq 60\%$
4	$1x$ per jr. $< O \leq 1x$ per 5jr.	$60\% < T \leq 80\%$
5	Nooit	$80\% < T \leq 100\%$

6.1.3. Effectiviteit

Onder het criterium *Effectiviteit* vallen ook twee specificaties, dit zijn de kosten per opslag/infiltratie per uur en de maximale opslagcapaciteit. Deze twee specificaties vallen hieronder zodat de subtypes niet alleen op de totale kosten worden vergeleken maar ook op de kosten per afgevoerde liter. In combinatie met de opslagcapaciteit is op deze manier goed de effectiviteit van een subtype weer te geven. Dit staat weergegeven in Tabel 21

Tabel 21. Vijf-puntensysteem; Effectiviteit

Score	Prijs/capaciteit (P)	Opslagcapaciteit (C)
1	$P > \text{€}2,00/\text{l/h}$	$0\text{l} \leq C \leq 50\text{l}$
2	$\text{€}1,50/\text{l/h} < P \leq \text{€}2,00/\text{l/h}$	$50\text{l} < C \leq 150\text{l}$
3	$\text{€}1,00/\text{l/h} < P \leq \text{€}1,50/\text{l/h}$	$150\text{l} < C \leq 300\text{l}$
4	$\text{€}0,50/\text{l/h} < P \leq \text{€}1,00/\text{l/h}$	$300\text{l} < C \leq 1000\text{l}$
5	$\text{€}0,00/\text{l/h} < P \leq \text{€}0,50/\text{l/h}$	$1000\text{l} < C$

6.1.4. Duurzaamheid

Onder het criterium *Duurzaamheid* vallen een hoop verschillende aspecten, deze worden echter niet allemaal meegenomen in dit onderzoek. Van de specificaties die wel onderzocht zijn vallen er drie onder de categorie duurzaamheid, dit zijn het hergebruik van het opgeslagen water, de levensduur van de wateroverlast beperkende maatregel en of de maatregel wel of geen stroom verbruikt.

Het energieverbruik is de enige specificatie die niet gebruikmaakt van een vijf-puntensysteem, dit komt doordat er vrij weinig subtypes zijn die gebruikmaken van stroom. Het gebruik van verschillende schalen in energieverbruik leidde op deze manier bij vrijwel alle subtypes tot een vrij hoge score op energieverbruik, waardoor er minder zicht was op de levensduur van een product of het hergebruiken van regenwater. Om deze reden wordt er bij energieverbruik gebruikgemaakt van een twee-puntensysteem. De puntenverdeling van duurzaamheid staat weergegeven in Tabel 22.

Tabel 22. Vijf-puntensysteem; Duurzaamheid

Score	Hergebruik regenwater	Levensduur (L)	Energieverbruik
1	Geen hergebruik	$L \leq 1$ jr.	Wel energieverbruik
2	Alleen herbruikbaar als plantenwater	$1 \text{ jr.} < L \leq 10$ jr.	Geen energieverbruik
3	Herbruikbaar om de auto wassen	$10 \text{ jr.} < L \leq 25$ jr.	-
4	Herbruikbaar voor in een grijswater-circuit	$25 \text{ jr.} < L \leq 100$ jr.	-
5	Te gebruiken als drinkwater	$L > 100$ jr.	-

6.1.5. Esthetiek

Het criterium *Esthetiek* is als enige criterium niet gebonden aan een specificatie. Echter, esthetiek is daardoor niet een onbelangrijke factor in het keuzeprocess van een consument. Doordat het niet mogelijk is om een meetbare factor aan esthetiek te binden, is hier een verdeling in het vijf-puntensysteem gebruikt waarbij het voornamelijk gaat over of het voorwerp wel of niet zichtbaar is. In dit systeem is wel rekening gehouden of de maatregelen bedoeld zijn om een esthetische toevoeging aan de tuin te geven of niet, omdat er wel een aantal wateroverlast beperkende maatregelen zijn waarbij deze ook een decoratieve functie hebben. Dit staat weergegeven in Tabel 23.

Tabel 23. Vijf-puntensysteem; Esthetiek

Score	Esthetiek
1	Voorwerp is zichtbaar en doet afbreuk aan de tuin
2	Voorwerp is zichtbaar maar kan verborgen worden
3	Voorwerp is zichtbaar maar doet geen afbreuk aan de tuin
4	Voorwerp is niet zichtbaar
5	Voorwerp is zichtbaar maar is een toevoeging aan de tuin

6.2. Wegen van de criteria

Het ene criterium speelt niet dezelfde rol in het keuzeprocess van een consument als het andere criterium. Hierdoor is het van belang dat de criteria een onderlinge waarde krijgen.

Dit houdt in dat alle criteria tegen elkaar afgewogen zijn en er bepaald is hoe veel belangrijker het ene criterium is dan het andere.

In Tabel 24 zijn verschillende afkortingen met een getal gebruikt, de letter staat voor het criterium dat belangrijker is en het getal er achter geeft aan hoe veel belangrijker het ene criterium is dan het andere. Indien de criteria even belangrijk zijn dan staan beide afkortingen zonder getal weergegeven.

De volgende verhoudingen zijn gebruikt:

1. De criteria zijn even belangrijk
2. Het opgeschreven criterium is iets belangrijker dan het andere criterium
3. Het opgeschreven criterium is belangrijker dan het andere criterium
4. Het opgeschreven criterium is veel belangrijker dan het andere criterium

Tabel 24. Wegen van de criteria

	Investering	Gebruiksgemak	Effectiviteit	Duurzaamheid	Esthetiek
Investering	-	I-2	I-3	I-3	I-4
Gebruiksgemak		-	G-2	G-3	G-2
Effectiviteit			-	Ef-D	Ef-Es
Duurzaamheid				-	D-Es
Esthetiek					-

Vervolgens worden de waardes uit Tabel 24 per criterium bij elkaar opgeteld, dit geeft de uiteindelijke onderlinge waardes weer.

$$Investering = 3 + 2 + 3 + 4 = 12$$

$$Gebruiksgemak = 2 + 3 + 2 = 7$$

$$Effectiviteit = 1 + 1 = 2$$

$$Duurzaamheid = 1 + 1 = 2$$

$$Esthetiek = 1 + 1 = 2$$

De punten die die subtypes scoren worden vervolgens vermenigvuldigd met de waarde van het criterium. In de multicriteria-analyse, Tabel 25, staat zowel het gescoorde aantal punten van de subtypes per criteria als het gescoorde aantal punten vermenigvuldigd met de waarde van het criterium, het laatst genoemde staat tussen haken weergegeven.

6.3. Multicriteria-analyse

Tabel 25. Multicriteria-analyse

	Investering	Gebruiksgemak	Effectiviteit	Duurzaamheid	Esthetiek	Totaal
Waarde criterium	12	7	2	2	2	
Verhoogd bouwen	3 (36)	5 (35)	0	3 (6)	2 (4)	81
Waterpasserende en -doorlatende verharding	2 (24)	4 (28)	2 (4)	2 (4)	3 (6)	66
(Tijdelijke) bovengrondse opvang	4 (48)	3 (21)	3 (6)	3 (6)	5 (10)	91
Groen/decoratie in de tuin	1 (12)	4 (28)	1 (2)	2 (4)	5 (10)	56
Harde half-verharding	4 (48)	4 (28)	3 (6)	3 (6)	3 (6)	94
Zachte half-verharding	4 (48)	4 (28)	3 (6)	2 (4)	3 (6)	92
Horizontale infiltratie	4 (48)	3 (21)	4 (8)	2 (4)	4 (8)	89
Groene daken	1 (12)	3 (21)	3 (6)	3 (6)	5 (10)	55
Verticale infiltratie	1 (12)	4 (28)	5 (10)	3 (6)	4 (8)	64
(Ondergronds) infiltreren	4 (48)	4 (28)	3 (6)	2 (4)	4 (8)	94
Handmatig te plaatsen wateropvang	4 (48)	4 (28)	3 (6)	3 (6)	2 (4)	90
Machinaal te plaatsen wateropvang	2 (24)	4 (28)	4 (8)	2 (4)	5 (10)	74
Bovengrondse afvoer	2 (24)	4 (28)	1 (2)	3 (6)	5 (10)	70
Applicaties ter bewustwording	5 (60)	5 (35)	3 (6)	1 (2)	0	103
Noodmaatregelen	1 (12)	4 (28)	0	2 (4)	1 (2)	46

7. Advies

Nu de multicriteria-analyse is uitgevoerd, is duidelijk welk subtype en maatregel het beste scoren. In dit hoofdstuk wordt uitgelegd wat de bijzonderheden zijn bij de multicriteria-analyse en welk subtype en maatregel worden geadviseerd om regenwateroverlast tegen te gaan.

7.1. Bijzonderheden multicriteria-analyse

Het subtype *Applicaties ter bewustwording* heeft de hoogste score. Toch is dit niet het beste subtype om wateroverlast tegen te gaan. Dit komt omdat de applicaties een overzicht geven van verschillende maatregelen en tips geven aan particulieren als er kans is op regenwateroverlast. Deze applicaties staan zo hoog doordat ze goed scoren op de criteria *investering en gebruiksgemak*, omdat ze in verhouding met de andere subtypes veel goedkoper en makkelijker te gebruiken zijn. Hierdoor scoren de applicaties bij het criterium *investering* al twaalf punten meer dan andere subtypes. Dit zijn de twaalf punten waardoor ze de hoogste totaalscore behalen.

Een andere bijzonderheid is er bij het criterium *effectiviteit*. Hier scoort maar één subtype, *verticale infiltratie*, het maximale aantal punten. Dit betekent dat dit subtype een grote opslagcapaciteit heeft en niet duur is per liter die geïnfiltreerd wordt. Daarnaast kan dit subtype enorme hoeveelheden water opslaan, wat er voor zorgt dat dit effectief gebruikt kan worden bij zeer extreme regenval.

Verder valt op dat er geen enkel subtype is dat meer dan drie punten scoort op het criterium *duurzaamheid*. De belangrijkste reden hiervoor dat de duurzaamheid bepaald wordt door het hergebruik van het water. Om het regenwater her te gebruiken in een grijswater-circuit (vier punten) of als drinkwater (vijf punten) moet er gebruikgemaakt worden van verschillende filters en technieken. Dit is niet haalbaar voor particulieren, omdat dit lastig toepasbaar is in tuinen. Daarentegen zal dit wel het duurzaamst zijn.

Tot slot is het opvallend dat geen enkel subtype minder dan drie punten scoort bij het criterium *gebruiksgemak*. Hieruit is op te maken dat alle subtypes in het algemeen goed toepasbaar zijn bij particulieren en weinig onderhoud vergen.

7.2. Uiteindelijk advies

De subtypes die uiteindelijk geadviseerd worden zijn de subtypes *ondergronds infiltreren* en *harde half-verharding*. Deze subtypes vallen respectievelijk onder de types *afkoppelen* en *beperken*, wat in dit geval ook de belangrijkste twee types zijn om regenwateroverlast tegen te gaan. De maatregelen / producten die hierbij horen zijn: infiltratielijn, grind, steenslag en schelpen. Daarom wordt geadviseerd voor particulieren om bestrating in de tuin te vervangen door harde half-verharding en de bodem daaronder te voorzien van infiltratielijnen die de afvoer van regenwater afkoppelen van het riool en het laten infiltreren in de grond. Dit is goed toe te passen in een gemiddelde tuin van een particulier, omdat deze aanpassingen makkelijk en op hetzelfde moment uitgevoerd kunnen worden.

De kosten van deze aanpassingen zitten ongeveer rond de €111,33 per m³ (hiermee kan een oppervlakte van 12,5 m² bedekt worden) voor de harde half-verharding en €70,- per unit voor de infiltratielijn.

8. Conclusie

Deze rapportage bevat een lijst met maatregelen die er voor de particuliere markt beschikbaar zijn om overlast van overtollig regenwater tegen te gaan. Ook zijn deze maatregelen op een systematische manier met elkaar vergeleken en is er op basis daarvan een advies gegeven, namelijk om harde half-verharding en infiltratielijnen toe te passen. Echter, de beste oplossing blijft per woning verschillend, waardoor de multicriteria-analyse niet perfect is voor elke afzonderlijke particulier. Zo is infiltratie veel effectiever in zandgronden dan in kleigronden. Om toch een vergelijking te kunnen maken, zijn er echter versimpelingen nodig, waardoor er in de analyse is uitgegaan van een zandgrond. Daarnaast hebben de applicaties ter bewustwording het hoogst gescoord, terwijl deze het minste direct doen tegen wateroverlast. Tot slot blijft het ook een kwestie van smaak, gevoel en trends welke maatregelen burgers willen toepassen op hun perceel.

Echter, er is wel een overzicht gekomen van de sterke en zwakke punten per subtype, waardoor de particulier nu beter een keuze kan maken. Hopelijk levert dit verslag een goede bijdrage aan het project 'Waterbewuste gemeenschappen' en is het verslag een mooi startpunt voor vervolgonderzoeken om ook de behoefte vanuit de consument in kaart te brengen. Zodat de maatregelen in de toekomst beter aan de consumenten gekoppeld kunnen worden.

Verwijzingen

- ACO BV. (sd). *Infiltratieplaten*. Opgeroepen op september 19, 2017, van ACO BV: <http://www.aco-easygarden.nl/nl/tuinafwatering/producten/infiltratie/infiltratieplaten/>
- ACO BV. (sd). *Regenwaterbuffertank*. Opgeroepen op september 19, 2017, van ACO BV: <http://www.aco-easygarden.nl/nl/tuinafwatering/producten/regenwatergebruik/>
- ACO Easygarden. (2015, Januari). *ACO Easygarden Infiltration Line*. Opgeroepen op Oktober 11, 2017, van ACO Watermanagement voor uw tuin: http://www.aco-easygarden.nl/fileadmin/aco_easygarden/documents/ACO-EasyGarden-infiltrationLine-leaflet-01-2015.pdf
- ACO Easygarden. (2017, Januari). *Afkoppelen*. Opgeroepen op Oktober 11, 2017, van ACO Easygarden: http://www.aco-easygarden.nl/fileadmin/aco_easygarden/documents/ACO_EasyGarden_brochure.pdf
- ACO Easygarden. (2017). *InfiltrationLine*. Opgeroepen op Oktober 24, 2017, van Tuinafwatering: <http://www.aco-easygarden.nl/nl/tuinafwatering/producten/infiltratie/infiltrationline/>
- ACO Easygarden. (sd). *Regenwatergebruik*. Opgeroepen op Oktober 22, 2017, van ACO Easygarden: <http://www.aco-easygarden.nl/nl/tuinafwatering/producten/regenwatergebruik/>
- Aggeres. (sd). *Aggeres Porta*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Aggeres: <http://www.aggeres.com/wp-content/uploads/2013/10/Agg  res-Porta-NL-digitaal-1.pdf>
- Aggeres. (sd). *Deur bescherming*. Opgeroepen op september 18, 2017, van Aggeres: <http://www.aggeres.com/nl/product-category/private-bescherming/deur-bescherming/>
- Aggeres. (sd). *Deur Bescherming Aggeres*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Aggeres: <http://www.aggeres.com/nl/product-category/private-bescherming/deur-bescherming/>
- Aggeres. (sd). *Pneumatische kleppenkering*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Aggeres: <http://www.aggeres.com/wp-content/uploads/2014/07/Agg  res-Pneumatische-kleppenkering-NL-1.pdf>
- Alboort, J. (2016, augustus 18). *Waterbewust bouwen*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Stap voor stap berekening van een infiltratievoorziening: <http://www.waterbewustbouwen.be/artikel/23/stap-voor-stap-berekening-van-een-infiltratievoorziening/>
- Amsterdam Rainproof. (sd). *Groene daken*. Opgeroepen op september 25, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/extensieve-groene-daken>
- Amsterdam Rainproof. (sd). *Harde half-verharding*. Opgeroepen op september 25, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/node/191>
- Amsterdam Rainproof. (sd). *Infiltratiekratten*. Opgeroepen op september 25, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/node/166>
- Amsterdam Rainproof. (sd). *Minder tegels, meer groen*. Opgeroepen op september 25, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/tegels-eruit-groen-erin>

- Amsterdam Rainproof. (sd). *Opslagtanks*. Opgeroepen op september 25, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/regenwatergebruik-bij-woningen>
- Amsterdam Rainproof. (sd). *Regenton*. Opgeroepen op september 25, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/regenton>
- Amsterdam Rainproof. (sd). *Regenwaterschutting*. Opgeroepen op september 25, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/regenwaterschutting>
- Amsterdam Rainproof. (sd). *Regenwatervijvers*. Opgeroepen op september 25, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/regenwatervijvers>
- Amsterdam Rainproof. (sd). *Tuin aan Zee*. Opgeroepen op Oktober 30, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/tuin-aan-zee>
- Amsterdam Rainproof. (sd). *Waterpasserende verharding*. Opgeroepen op september 25, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/waterpasserende-verharding>
- Amsterdam Rainproof. (sd). *Zachte half-verharding*. Opgeroepen op september 25, 2017, van Amsterdam Rainproof: <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/zachte-half-verharding>
- Beuker. (sd). *Infiltratiekratten*. Opgeroepen op Oktober 30, 2017, van Beuker kunststof leidingsystemen: <http://www.beuker-bkl.com/producten/infiltratie/infiltratiekratten/>
- Bleijko. (sd). *Waterpasserende bestrating*. Opgeroepen op september 19, 2017, van Bleijko: <https://www.bleijko.nl/projecten/een-perfecte-combinatie-tegen-wateroverlast>
- Bogaarts, R., & Horn, M. (2016, januari 28). *Tube Barrier | Wassend water bestrijden met een waterbarrière*. Opgehaald van Het Financieele Dagblad: <https://fd.nl/morgen/1137136/tube-barrier-wassend-water-bestrijden-met-een-waterbarriere>
- Bureau Leiding. (2011). *Kennisdossier Duurzaam; Kunststof Leidingsystemen*. Opgeroepen op Oktober 18, 2017, van http://www.pdr.nl/documenten/BureauLeiding/Boekje_Duurzaamheid_07.pdf
- Bustotaal. (sd). *Boomschors*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Bustotaal: <https://www.bustotaal.nl/boomschors>
- Bustotaal. (sd). *Deco Houtsnippers*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Bustotaal: <https://www.bustotaal.nl/deco-houtsnippers-big-bag-1m3>
- Databanken Saxion bibliotheek. (sd). Opgehaald van Saxion bibliotheek: <https://saxionbibliotheek.nl/>
- DB Online Marketing. (2017). *Achtertuinten*. Opgeroepen op Oktober 24, 2017, van Ik woon fijn: <https://www.ikwoonfijn.nl/portfolio/achtertuinten/>
- Deltares. (2016, november 04). *Koning Willem-Alexander lanceert nieuwe Deltares tool 'Smart Scanner for Water Resilient Cities'*. Opgeroepen op november 02, 2017, van Deltares: <http://www.waterschapapp.nl/nieuws/app-voor-hemelwaterafvoer>
- Dirven-van Breemen, E., Hollander, A., & Claessens, J. (2011). *Klimaatverandering in het stedelijk gebied*. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).

Energienulshop. (sd). *Rainwinner / Regenwaterschutting*. Opgeroepen op Oktober 30, 2017, van Energienulshop: <https://www.energienulshop.nl/nl/rainwinner-/291-rainwinner-regenwaterschutting.html>

Evergreen Gardens. (2017). *Hoogteverschillen*. Opgeroepen op Oktober 24, 2017, van Evergreen Gardens: <http://www.evergreengardens.nl/168/tuin-met-trap-2/>

Febestral. (2008). *Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen*. Brussel.

Firmus Products. (sd). *Grastegel FirmusGRASS*. Opgeroepen op oktober 12, 2017, van Firmus Products: <http://www.firmusproducts.eu/nl/grastegels/firmusgrass-grastegel/>

Firmus Products. (sd). *Grastegels*. Opgeroepen op oktober 12, 2017, van Firmus Products: <http://www.firmusproducts.eu/nl/fotos/grastegels/>

Firmus Products. (sd). *Sedum Dak FirmusSEDUM*. Opgeroepen op oktober 13, 2017, van Firmus Products: <http://www.firmusproducts.eu/nl/sedum-dakgroen/firmusedum-cassette/>

Frelie, M., & Melse, A. (2013). *Water op straat! Is de stad klaar voor de stortbui?* Velp: Hogeschool van Hall Larenstein.

Garden Stones and Basics. (sd). *Deco chips houtsnippers*. Opgeroepen op oktober 30, 2017, van Garden Stones and Basics: <http://www.peterepetuinhout.nl/nieuws/22/deco-chips-houtsnippers>

Grind-split. (sd). *Ardenner split*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Grind-split: <http://www.grind-split.nl/grind-split/ardenner-split>

Grind-split. (sd). *Betongrind*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Grind-split: <http://www.grind-split.nl/grind-split/betongrind>

Grindwereld. (sd). *Gewassen schelpen*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Grindwereld: <https://www.grindwereld.nl/grind-en-split/gewassen-schelpen>

GROENBLAUW, A. (sd). *Vijver voor het gebruik van hemelwater*. Opgeroepen op Oktober 22, 2017, van groenblauwe netwerken: <http://www.groenblauwenetwerken.nl>

GROENBLAUW, A. (sd). *Wadi's*. Opgeroepen op Oktober 22, 2017, van Groenblauwe netwerken: <http://www.groenblauwenetwerken.com/measures/bioswales/>

Groenblauwe netwerken. (sd). *Regenwatervijvers, een combinatie van buffering, zuivering en infiltratie*. Opgeroepen op september 27, 2017, van Groenblauwe netwerken: <http://www.groenblauwenetwerken.com/measures/rainwater-ponds/>

Groenblauwe netwerken. (sd). *Wadi's*. Opgeroepen op Oktober 30, 2017, van Groenblauwe netwerken: <http://www.groenblauwenetwerken.com/measures/bioswales/>

Grond/weg/waterbouw. (sd). *Ondergrondse infiltratiekelder Stein vermijdt wateroverlast*. Opgeroepen op Oktober 30, 2017, van gww-bouw: <http://www.gww-bouw.be/ondergrondse-infiltratiekelder-stein-vermijdt-wateroverlast/>

Haarlemmermeer waterproof. (sd). *Regenton in de tuin*. Opgeroepen op september 27, 2017, van Haarlemmermeer waterproof: <http://www.haarlemmermeerwaterproof.nl/projecten/regenton-in-de-tuin/>

- Het Rullen. (sd). *Grootste Voordelen Van Een Groene Tuinaanleg*. Opgeroepen op september 27, 2017, van Het Rullen: <http://hetrullen.nl/tuinontwerp/tuin-inspiratie/ideeen/grootste-voordelen-van-een-groene-tuinanleg/>
- Hommel, S., Franssen, R., Dirven, L., & Mastop, J. (2016). *Klimaatbestendige tuinen en daken*. Deltares.
- Hornbach. (sd). *Vijvers*. Opgeroepen op Oktober 22, 2017, van Hornbach: <http://www.hornbach.nl/cms/nl/nl/projecten/tuin/vijvers/vijvers.html>
- Hovenier-Weetjes. (2017). *Hovenier kosten*. Opgeroepen op Oktober 16, 2017, van Hovenier-Weetjes: <https://www.hovenier-weetjes.nl/hovenier-kosten/>
- Hovenier-Weetjes. (2017). *Stratenmaker kosten*. Opgeroepen op Oktober 18, 2017, van Hovenier-Weetjes: <https://www.hovenier-weetjes.nl/hovenier-kosten/stratenmaker-kosten/>
- Hovenier-Weetjes. (sd). *Vijver*. Opgeroepen op Oktober 30, 2017, van Hovenier-weetjes: <https://www.hovenier-weetjes.nl/tuinanleg/vijver/>
- Huisje, boompje, beter. (sd). *Grindstroken*. Opgeroepen op september 27, 2017, van Huisje, boompje, beter: <https://www.huisjeboompjebeter.nl/acties/grindstrook/?regenbestendig>
- Hydrorock. (sd). *Hydrorock productoverzicht*. Opgeroepen op september 18, 2017, van Hydrorock: <https://www.hydrorock.nl/productoverzicht/>
- Image Editor. (sd). *Plum Slate Chippings 20mm Decorative Aggregates - Blue Granite 40mm Landscaping Gravel*. Opgeroepen op oktober 30, 2017, van Media Pallada: <https://media.pallada.org/edit?keyword=Blue%20Granite%2040mm%20Landscaping%20Gravel&title=Plum%20Slate%20Chippings%2020mm%20Decorative%20Aggregates&image=https://unique-landscape.com/resources/assets/upload/2017/2/plum-slate-chippings-20mm-decorative-aggr>
- Ketwich, M. v. (2016, oktober 25). *Afvoer hemelwater problematisch door verstening? Niet nodig!* Opgeroepen op september 18, 2017, van Straatbeeld: <https://www.straatbeeld.nl/product/251016/afvoer-hemelwater-problematisch-door-verstening-niet-nodig>
- Klusidee. (sd). *Grindkoffer*. Opgeroepen op Oktober 30, 2017, van Klusidee: <https://www.klusidee.nl/Forum/grindkoffer-werkt-niet-t101144.html>
- Lagendijk tuinservice. (sd). *Renovatie voortuin Ten boer*. Opgeroepen op oktober 30, 2017, van Lagendijk tuinservice: <https://www.lagendijktuinservice.nl/renovatie-voortuin-ten-boer/>
- Landbouw natuur en voedselkwaliteit. (2005, december). *Grondsoortenkaart Nederland*. Opgeroepen op november 2, 2017, van hetInvloket: <http://www2.hetInvloket.nl/mijndossier/grondsoortenkaart/GRONDSOORTEN10.HTML>
- Latiers, B. (2015). *Waardevol Hemelwater: Bewust omgaan met hemelwater op het particulier perceel*. Breda: NHTV.
- Lexport. (sd). *De Waterstopper, de bescherming tegen dijksoorbraken en overstromingen*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Waterstopper: <http://www.waterstopper.nl>

- Lexport. (sd). *Over de Waterstopper*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Waterstopper: <http://www.waterstopper.nl/waterstopper.html>
- Loohuis, C. (2017, oktober 19). Telefoongesprek. (R. Wolters, Interviewer)
- Mandema, F. (2008). *Ecologische daken: Daknatuur in de binnenstad van Groningen*. Groningen: Rijksuniversiteit Groningen, Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen.
- Medewerker van Firmus. (2017, september 25). Telefoongesprek. (S. Potman, Interviewer)
- Mentens, J., Raes, D., & Hermy, M. (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century? *Landscape and Urban Planning* 77, 217-226.
- Metsel-Gigant. (2017). *Metselen kosten*. Opgeroepen op Oktober 18, 2017, van Metsel-Gigant: <https://www.metsel-gigant.nl/metselen-kosten/>
- Milieu centraal. (sd). *Tuintips tegen wateroverlast*. Opgeroepen op september 27, 2017, van Milieu centraal: <https://www.milieucentraal.nl/in-en-om-het-huis/tuinieren/tuinontwerp/tuintips-tegen-wateroverlast/>
- Morssinkhof groep. (sd). *Bestratingsproducten*. Opgeroepen op september 18, 2017, van Morssinkhof Groep: <http://www.morssinkhof-groep.nl/nieuws.aspx?nieuws=233>
- Morssinkhof GWW Beton. (sd). *UNI-Priora Aqua*. Opgeroepen op oktober 19, 2017, van Morssinkhof Groep: <http://www.morssinkhof-groep.nl/images1/Productbladen/PB%20UPA%20LR.pdf>
- Nieuw dak kosten - [handig prijsoverzicht]*. (sd). Opgehaald van HomeDeal: <https://www.homedeaal.nl/prijsgidsen/nieuw-dak-kosten/>
- Nocciolo. (sd). *Alternatief voor*. Opgeroepen op oktober 30, 2017, van Nocciolo: <http://www.nocciolo.nl/alternatief-voor/cacaodoppen>
- Notenboom, N. (2017, Oktober 1). Hovenier. (C. Korbee, Interviewer) Zetten.
- Piekobello. (sd). *Strandtuin Kijkduin*. Opgeroepen op oktober 30, 2017, van Piekobello: <http://www.piekobello.nl/voorbeeld17.php>
- Pinterest. (sd). *Pinterest*. Opgeroepen op oktober 30, 2017, van Pinterest: <https://nl.pinterest.com/pin/129760032988394937/>
- PVCKopen. (sd). *Bestel uw infiltratiekrat*. Opgeroepen op september 27, 2017, van PVCKopen: <https://www.pvckopen.nl/1/infiltratiekratten>
- Rainwinner. (2017, september 27). *De Rainwinner® - sunny side of rain*. Opgehaald van Rainwinner: <http://www.regenwateropvangsystemen.nl/>
- rainwinner. (sd). *De Rainwinner - Sunny side of rain*. Opgeroepen op Oktober 22, 2017, van rainwinner: <http://www.rainwinner.nl>
- Ras, M., & Rook, J. (2016, januari 01). *Eisen bij infiltratievoorzieningen*. Opgeroepen op september 27, 2017, van openbare ruimte Deventer: <https://pveopenbareruimte.deventer.nl/water-nuts/riolering/eisen-bij-infiltratievoorzieningen>
- Ras, M., & Rook, J. (2016). *Handreiking Infiltrerende verhardingsconstructies - versie 4*. Deventer: Gemeente Deventer.

- RASS International BV. (sd). *Onderhoud van onze tijdelijke waterkering is goedkoper dan de zandzak*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van TubebARRIER: <https://tubebARRIER.nl/onderhoud/>
- RASS International BV. (sd). *Specificaties van de nieuwste tijdelijk waterkering tegen overstromingen*. Opgeroepen op oktober 13, 2017, van TubebARRIER: <https://tubebARRIER.nl/specificaties-en-eigenschappen/>
- RASS International BV. (sd). *Veelgestelde vragen over de TubebARRIER, onze tijdelijke waterkering*. Opgeroepen op oktober 13, 2017, van TubebARRIER: <https://tubebARRIER.nl/veelgestelde-vragen/>
- Regenton webwinkel. (sd). *Regenzuil Kilian 400 liter*. Opgeroepen op Oktober 30, 2017, van Kunststofregenton: <http://www.kunststofregenton.nl/regenzuil-kilian-water-400-liter-detail>
- Regenwateropslagsystemen. (sd). *Regenwater opvangen en hergebruiken*. Opgeroepen op september 27, 2017, van Regenwateropslagsystemen: <http://www.regenwateropvangsystemen.nl/>
- Rijksoverheid. (2017). *Open ontgraven, Kosten verwijderen grond*. Opgeroepen op Oktober 18, 2017, van Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit: <https://www.bodemrichtlijn.nl/Bibliotheek/bodemsaneringstechnieken/c-grondverzet/c2-open-ontgraven/open-ontgraven-kosten-verwijderen-grond>
- Rondomton. (sd). *Van 10 liter tot aan regenton 100 liter en 150 liter*. Opgeroepen op Oktober 30, 2017, van Rondomton: <https://rondomton.nl/regentonnen/hout-kleiner-dan-200l/>
- Royal Haskoning DHV. (2014). *Ontwikkeling Aviation Valley Hemelwatervoorzieningen*. Haskoning DHV. Opgeroepen op oktober 15, 2017
- Sjauw, A. (sd). *Waterdoorlatende verhardingsmaterialen*. Opgeroepen op oktober 12, 2017, van Groenblauwe Netwerken: <http://www.groenblauwenetwerken.nl/measures/porous-paving-materials/>
- tegapo. (sd). *Regenton*. Opgeroepen op Oktober 22, 2017, van kunststof regenton: <http://www.kunststofregenton.nl/aansluiten>
- TubebARRIER. (sd). *TubebARRIER*. Opgeroepen op september 19, 2017, van Rass International BV: <https://tubebARRIER.nl/>
- Van Moppes, D., & Klooster, J. (2008). *Groene daken Rotterdam: maatschappelijke kosten-batenanalyse*. Rotterdam: Arcadis Nederland BV.
- Vlaamse Milieumaatschappij. (2015, mei). *Fiches preventieve maatregelen overstromingen: schotten plaatsen*. Opgeroepen op oktober 15, 2017, van Vlaamse Milieumaatschappij: https://www.vmm.be/water/overstromingen/hoe-je-woning-beschermen/fiche_6_schotten.pdf/view
- Water, K. (sd). *De regenzuil*. Opgeroepen op Oktober 22, 2017, van Regenzuil: <http://www.regenzuil.nl>
- waterbewust. (sd). *Grindkoffer*. Opgeroepen op Oktober 22, 2017, van Waterbewust: <http://www.waterbewust.nl/verlagingplusgrindkoffer.html>

Waterblock BV. (sd). *Watershell 4 cm*. Opgeroepen op Oktober 22, 2017, van Waterblock:
<http://waterblock.nl/index.php>

Waterschap Drents Overijsselse Delta. (2016, december 01). *App voor hemelwaterafvoer*.
Opgeroepen op november 02, 2017, van het Waterschap:
<http://www.waterschapapp.nl/nieuws/app-voor-hemelwaterafvoer>

WaterWise. (sd). *Regenwater oplossingen*. Opgeroepen op september 19, 2017, van WaterWise BV:
<http://www.waterwise.nu/35971/Regenwater-oplossingen>

Wavin. (2017, Oktober 22). *Infiltratiekratten*. Opgehaald van Wavin:
<http://nl.wavin.com/infiltratiekratten.htm?gclid=CjwKCAjw7MDPBRAFEiwAppdF9PU7j6PS1kRuk>

Wavin. (sd). *Infiltratiekratten*. Opgeroepen op september 27, 2017, van Wavin:
http://nl.wavin.com/infiltratiekratten.htm?gclid=CjwKCAjw0qLOBRBUeIwAMG5xMMbcM0U5XtlhLognA2WsC67yrakPKBBAelvJfl_n12E1MFoh6o7RQBoCWBYQAvD_BwE

Wavin. (sd). *Put Smart Drain*. Opgeroepen op Oktober 22, 2017, van Wavin:
<http://nl.wavin.com/web/oplossingen/put-smart-drain.htm>

Appendix A

De inventarisatie is het eerste deel van het onderzoek. In dit stadium van het onderzoek is er in verschillende soorten bronnen naar zo veel mogelijk maatregelen gezocht. Deze maatregelen staan hieronder uitgewerkt. Aangezien er in verschillende soorten bronnen is gezocht, zijn er ook meerdere omschrijvingen bij dezelfde maatregel. Deze informatie is vervolgens zo verwerkt dat er rekening is gehouden met de betrouwbaarheid en de werking. Hierdoor zijn niet al deze maatregelen meegenomen in het onderzoek. Tijdens de verdere uitwerking zijn er ook nog andere maatregelen gevonden en uitgewerkt.

Waterpasserende verharding

- Bronnen: (Amsterdam Rainproof, sd), (Ras & Rook, Handreiking infiltrerende verhardingsconstructies, 2016)
- Omschrijving: Tegels of klinkers waar, in plaats van een voeg, lege ruimte tussen zit. Deze ruimte ontstaat door de noppen aan de zijkant van de tegels. Dankzij deze open ruimtes kan het water tussen de tegels door de grond in lopen.

Regenwatervijvers

- Bronnen: (Amsterdam Rainproof, sd), (Groenblauwe netwerken, sd), (Milieu centraal, sd)
- Omschrijving: Vijver met extra capaciteit om regenwater op te vangen en dit water later weer af te voeren. Dit kan bijvoorbeeld met een automatisch besturingssysteem dat gekoppeld is aan de weersverwachting. Hierdoor zal het regenwater op een rustig moment afgevoerd worden, zodat het rioleringsysteem niet overbelast.

Minder tegels, meer groen

- Bronnen: (Amsterdam Rainproof, sd), (Milieu centraal, sd), (Het Rullen, sd)
- Omschrijving: Veel tuinen zijn voor een groot gedeelte ingevuld met verharding, maar door deze verharding kan het water nergens heen. Door minder verharding, zoals tegels en klinkers, te gebruiken, maar meer groen in de tuin aan te leggen, kan het regenwater de grond in en wordt het op een natuurlijke manier afgevoerd.

Harde half-verharding

- Bronnen: (Amsterdam Rainproof, sd), (Milieu centraal, sd), (Huisje, boompje, beter, sd)
- Omschrijving: Harde half-verharding is een alternatief voor voetpaden die anders bedekt zouden worden met tegels of klinkers. Voorbeelden hiervan zijn: grind, steenslag en schelpen. Door harde half-verharding kan het regenwater weglopen, de grond in. Hierdoor is er een betere natuurlijke afvoer van water, wat ervoor zorgt dat er minder water in het rioleringsysteem komt.

Zachte half-verharding

- Bronnen: (Amsterdam Rainproof, sd)
- Omschrijving: Zachte half-verharding is een alternatief voor voetpaden die anders bedekt zouden worden met tegels of klinkers. Voorbeelden hiervan zijn: houtspaanders, dennenschors en cacaodoppen. Dankzij zacht half-verharding kan het regenwater tussen deze materialen door weglopen, de grond in. Hierdoor is er een betere natuurlijke afvoer van water, wat ervoor zorgt dat er minder water in het rioleringsysteem komt.

Infiltratiekratten

- Bronnen: (Amsterdam Rainproof, sd), (PVCKopen, sd), (Wavin, sd)
- Omschrijving: Infiltratiekratten worden ingegraven in de grond, over het algemeen circa 70 centimeter diep. Water wordt opgevangen en afgevoerd naar deze kratten, die het water vervolgens gedurende een lange tijd afgeeft aan de bodem. Door infiltratiekratten wordt het regenwater eerst opgeslagen en op een natuurlijke manier afgevoerd. Ook nemen ze bovengronds geen ruimte in en zijn ze bovengronds niet zichtbaar.

Groene daken

- Bronnen: (Amsterdam Rainproof, sd), (Milieu centraal, sd)
- Omschrijving: Groene daken zijn daken waarop vegetatie is geplant. Ze hebben een dunne substraatlaag en een sedumbegroeiing. In sommige gevallen kan er zelfs een soort van parkje van het dak gemaakt worden. Deze planten nemen water op en houden er ook een gedeelte van vast, waardoor er minder water via de regenpijp naar het rioleringsysteem gaat.

Regenton

- Bronnen: (Amsterdam Rainproof, sd), (Milieu centraal, sd), (Haarlemmermeer waterproof, sd)
- Omschrijving: Een regenton wordt aangesloten op een regenpijp. Deze regenton wordt daardoor met regenwater gevuld. Dit water kan door een kraantje uit de regenton gehaald en kan daarna bijvoorbeeld gebruikt worden om de tuin te besproeien. Een regenton heeft over het algemeen een inhoud van circa 200 liter.

Regenwaterschutting

- Bronnen: (Amsterdam Rainproof, sd), (Rainwinner, 2017)
- Omschrijving: De regenwaterschutting is een opslagplaats voor regenwater. De huidige schutting kan verwijderd worden en vervangen door deze. De schutting wordt aangesloten op een regenpijp en daarna gevuld wordt met regenwater. Dit water kan later weer gebruikt worden om bijvoorbeeld de tuin te besproeien of je auto te wassen. Er zit een bevestigingsstuk aan voor een tuinslang, waardoor er veel mogelijkheden zijn voor het opgeslagen water. Verder bestaat deze schutting uit meerdere modules, waardoor de opslagcapaciteit uitgebreid kan worden, als dit nodig is.

Opslagtanks

- Bronnen: (Amsterdam Rainproof, sd), (Regenwateropslagsystemen, sd)
- Omschrijving: Dit zijn grote opslagtanks die ondergronds worden geplaatst. Hierin wordt een zeer groot gedeelte van het regenwater opgevangen en opgeslagen. Het voordeel van dit systeem is dat het water beter gefilterd wordt en het water daardoor breder inzetbaar is. Deze tanks kunnen aangesloten worden op het watersysteem van het huis, waarna het water in huis gebruikt kan worden. Voorbeelden hiervan zijn: het doorspoelen van het toilet of het gebruik van water voor de wasmachine.

App voor hemelwaterafvoer

- Bronnen: (Waterschap Drents Overijsselse Delta, 2016)
- Omschrijving: In deze app staat een plattegrond waarop te zien is of er al een gescheiden riool aanwezig is op de locatie van de woning. Op deze manier kan er gekeken worden of het afkoppelen van regenwater nuttig is. In het geval dat er al een gescheiden riool is zal dit namelijk geen nut hebben. Ook kan de app tips geven bij wateroverlast of hittestress.

Smart Scanner for Water Resilient Cities

- Bronnen: (Deltares, 2016)
- Omschrijving: Dit is een programma waarin in een 3D-omgeving de effecten van wolkbreuken en overstromingen kan worden weergegeven. Maatregelen kunnen in het programma worden gezet en de effectiviteit daarvan kan in de resultaten vergeleken worden. Dit programma kan worden gebruikt om informatie te vergaren, vooral in het geval van overlast door regenwater.

Waterdoorlatende grastegels

- Bron: Firmus
- Omschrijving: Deze grastegels bestaan uit gras dat verstevigd is met een rooster. Hierdoor is het mogelijk om over de tegels heen te rijden of om op te parkeren. Het voordeel van deze tegels is dat ze waterdoorlaten, waardoor het water niet gelijk doorstroomt naar het riool.
- Prijs: €30,00 per m²

Sedum dakgroen

- Bron: Firmus
- Omschrijving: In plaats van zwart geteerde daken een stuk groen dat in de zomer mooi bloeit en bij regenval ervoor zorgt dat het water opgevangen blijft en niet gelijk doorstroomt naar het riool. Daarnaast is het een goede isolatie in zowel de winter als in de zomer.
- Prijs: €64,30 per m²

Infiltratielijnen

- Bron: (ACO BV, sd)
- Omschrijving: Deze infiltratielijnen worden ingebouwd in de grond en kunnen op deze manier grote hoeveelheden regenwater opvangen. Het water wat hierin is opgevangen wordt na een regenbui rustig afgegeven aan de bodem. Dit zorgt ervoor dat het regenwater niet direct doorspoelt naar het riool. Inhoud van deze infiltratielijnen is 140 liter.
- Prijs: €70 per unit (hierbij zijn nog goten en aansluithulpstukken benodigd)

Regenwaterbuffertank

- Bron: (ACO BV, sd)
- Omschrijving: Regenwater wordt opgevangen via een dakgoot in een kunststof opslagtank die onder de grond verborgen zit. Voor het water de tank binnen loopt, wordt het eerst gefilterd om viezigheid eruit te krijgen. Daarna belandt het water in een tank die, als er teveel water in staat, kan overlopen naar het riool. Het water wat in de tank zit kan later, als het weer droog is, gebruikt worden om bijvoorbeeld het water te sproeien. De regenwaterbak heeft een inhoud van 2000 liter.
- Prijs: €2000+

Regenwatersysteem

- Bron: (WaterWise, sd)
- Omschrijving: Het regenwatersysteem zorgt ervoor dat het regenwater gefilterd en opgevangen wordt in een tank. Nadat het opgeslagen is kan het voor verschillende doeleinden gebruikt worden zoals bijvoorbeeld het sproeien van de tuinWaterpasserende bestrating
- Bron: (Bleijko, sd); (Ketwich, 2016)
- Omschrijving: Tussen deze bestrating zitten kleine gleufjes die ervoor zorgen dat het regen infiltreerd in de bodem. Dit zorgt ervoor dat er minder water doorstroomt naar het riool.

Waterpasserende stenen / waterdoorlatende stenen

- Bron: (Morssinkhof groep, sd)

- Omschrijving: Bestrating waartussen kleine gleuven zitten en bestrating waar het regenwater doorheen kan 'lopen'. Dit zorgt ervoor dat er minder regenwater regelrecht het riool instroomt.

Drain molgoot

- Bron: (Morssinkhof groep, sd)
- Omschrijving: Een goot langs wegen of parkeerplaatsen die ervoor zorgt dat het regenwater bovengronds wordt afgevoerd naar bijvoorbeeld een regenwatervijver of een wadi.

Infiltratiesystemen

- Bron: (Hydrorock, sd)
- Omschrijving: Deze infiltratiesystemen slaan regenwater op en laten het infiltreren in de grond. Dit zorgt ervoor dat er minder regenwater direct doorstroomt naar het riool. Zie
- Prijs: Regenwaterbuffer - € 29,95 per stuk
Infiltratieput + rooster - €79,95 per stuk

Opblaasbare waterbarrière

- Bron: (TubebARRIER, sd)
- Omschrijving: Een tijdelijke waterkering die als alternatief kan dienen voor zandzakken. De tijdelijke kering kan makkelijk opgezet worden.

Noodkleppen voor overstromingen

- Bron: (Aggeres, sd)
- Omschrijving: Kleppen die omhoog schuiven bij overstromingen en ervoor zorgen dat huizen van droog blijven bij overstromingen.

Regenwaterschutting

- Bron: Rainwinner
- Omschrijving: Deze bovengrondse tank is verwerkt in de vorm van een schutting. Regenwater van de daken kan worden opgevangen in deze tank en later, als het droger is of er watertekorten zijn gebruikt worden.
- Prijs: Rainwinner set van 6 delen van 110 liter (660 liter): €945,00
 - Rainwinner set van 3 delen van 110 liter (330 liter): €515,00

Groene daken

- Bron: (Mandema, 2008) ; (Mentens, Raes, & Hermy, 2006) ; (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011) ; (Hommes, Franssen, Dirven, & Mastop, 2016)
- Omschrijving: Groene daken, ook wel vegetatiedaken, natuurdaken, sedumdaken en grasdaken genoemd, zijn daken waarop begroeiing is aangebracht. Deze daken worden onderverdeeld in extensieve daken en intensieve daken. De extensieve hebben een relatief dunne substraatlaag die weinig onderhoud vergt en vaak niet beloopbaar is, terwijl intensieve daken een dikkere substraatlaag hebben en vaak wel beloopbaar zijn. Over het algemeen kunnen intensieve daken niet zomaar op een bestaand dak worden geplaatst door hun hoge gewicht, terwijl dit bij extensieve daken vaak wel mogelijk is.

Infiltratiesystemen

- Bron: (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011)
- Omschrijving: Infiltratiesystemen infiltreren opgevangen regenwater van bijvoorbeeld daken of straten in de bodem. Naast de waterberging bieden infiltratiesystemen ook andere voordelen. Zo kan een infiltratiesysteem een verlaging van het waterpeil tegengaan. Infiltratiesystemen werken alleen goed als de grondwaterstand laag genoeg is. Het deel van het systeem dat onder water staat, kan namelijk niet gebruikt worden als berging. Ook neemt de infiltratiecoëfficiënt af als het deels onder de grondwaterstand staat. Daarnaast

moet worden beseft dat eventuele vervuiling in het water of de leidingen terechtkomt in het grondwater. (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011)

Infiltratiekratten

- Bron: (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011)
- Omschrijving: Infiltratiekratten bergen overtollig water tot de bodem niet langer verzadigd is met water. Dan infiltreert het water in het krat langzaam de bodem in. Infiltratiekratten kunnen onder verharde oppervlakten worden aangelegd, zoals een straat; de gemeente Goude doet dit bijvoorbeeld.

Infiltratiekolom

- Bron: (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011)
- Omschrijving: Een infiltratiekolom werkt in principe hetzelfde als een infiltratiekrat, behalve dat het een kolomvorm heeft. Bovendien is een kolom meestal gemaakt door een gat te boren en dit te bekleden met filterdoek en dan op te vullen met materiaal met een hoge waterdoorlatendheid, zoals gewassen grind, lava en silex. Door de druk van het eigen gewicht van het water zal de infiltratiesnelheid hoger liggen dan in een krat. Ook kan er bovenop de kolom een put worden geplaatst om de buffercapaciteit te vergroten.

Waterpasserende verharding

- Bron: (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011)
- Omschrijving: Het wegdek, maar ook paden, opritten en terrassen in tuinen, kunnen worden aangelegd met bestrating waarin grotere voegen zijn verwerkt om meer water door te laten, waardoor het ter plekke in de bodem kan infiltreren. Dit wordt een waterpasserende verharding genoemd.

Waterdoorlatende verharding

- Bron: (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011)
- Omschrijving: Een variant hierop is waterdoorlatende verharding. Dit is bestrating gemaakt van een materiaal dat goed water doorlaat, bijvoorbeeld betonstraatstenen. Deze straatstenen kunnen dan van een poreuzere betonsoort worden gemaakt dan normaal, waardoor er water doorheen kan. Een nadeel aan dit systeem is dat deze betonsoorten slecht bestand zijn tegen vorst, omdat ze sneller kapotvriezen.

Smartdrain

- Bron: (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011)
- Omschrijving: Bij infiltratie en afvoer naar oppervlaktewater moet er altijd gelet worden op de kwaliteit van het water, om te voorkomen dat er vervuilende materialen, zoals lood, in het bodem- en oppervlaktewater komen. Om dit te voorkomen, kan een smartdrainsysteem uitkomst bieden. Dit systeem scheidt de eerste, vervuilde lading regenwater van de volgende, schonere stroom. Hierdoor kan de eerste lading veilig worden afgevoerd worden via het riool, terwijl de pieken in de regenval op andere manieren worden opgevangen als infiltratie of berging.

Groene tuinen

- Bron: (Dirven-van Breemen, Hollander, & Claessens, 2011) ; (Hommes, Franssen, Dirven, & Mastop, 2016)
- Omschrijving: Naast dakgroen kan er ook in tuinen worden gezorgd voor meer groen, waardoor het regenwater op natuurlijke wijze in de grond kan infiltreren. Bij de inrichting van een tuin kunnen daarom maatregelen worden overwogen zoals een vijver of een wadi. Bij groene tuinen wordt 15% van het hemelwater afgevoerd naar het riool, terwijl dit bij volledig bestrate tuinen 85% is.