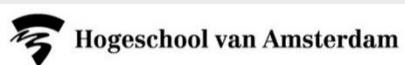


# WP4: ANALYSE EN MARKTSTRATEGIE

RAAK MKB project: De Infiltrerende Stad

WIODS / Urban Technology / Faculteit Techniek  
2020



# WP4: ANALYSE EN MARKTSTRATEGIE

RAAK MKB project: De Infiltrerende Stad

## AUTEURS

Ted Veldkamp  
Rutger de Graaf (Hogeschool Rotterdam)  
Jeroen Klück

## AFDELING

WIODS / Urban Technology / Faculteit Techniek

## DATUM

18 december 2020

## TYPE PROJECT

RAAK MKB

## VERSIE

1.0

© 2019 Copyright Hogeschool Amsterdam

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door print-outs, kopieën, of op welke manier dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Hogeschool Amsterdam.

# Samenvatting

Infiltrerende verharding als klimaatadaptatiemaatregel om wateroverlast in het stedelijk gebied te beperken is geen standaard keuze. Door onzekerheid omtrent de (kosten)effectiviteit loopt de markt achter bij de verwachtingen van MKB-ondernemingen gericht op dit type innovaties.

In het project De Infiltrerende Stad is een antwoord gezocht op de vraag: *“Hoe kunnen MKB-ondernemingen met innovaties het vertrouwen van de markt zodanig versterken dat de markt (weer) kiest voor meer toepassing van infiltrerende verhardingen?”*. Daartoe is binnen werkpakket 4 van dit project een marktanalyse uitgevoerd met aandacht voor de perceptie van de eindgebruiker over de (kosten)effectiviteit van infiltrerende verharding. Aanvullend is een overzicht geschetst van de daadwerkelijke maatschappelijke kosten en baten van infiltrerende verharding in de praktijk. Op basis van deze resultaten is een marktstrategie geformuleerd met hulpmiddelen en argumenten om de markt te overtuigen vaker te kiezen voor de toepassing van infiltrerende verharding als klimaatadaptatiemaatregel in de praktijk. Het project De Infiltrerende Stad is uitgevoerd met ondersteuning van een RAAK-MKB subsidie en is een samenwerking tussen de Hogeschool Rotterdam (penvoerder), Hogeschool van Amsterdam, Hanzehogeschool Groningen, Aquaflo BV, Bufferblock BV, Building Changes, Drainvast bv, Germieco, Water Innovation Consulting (Hemels water), Markus BV, EWB, Van Gelder Aannemingsbedrijf, Gemeente Bergen, Gemeente Groningen, Gemeente Rotterdam en het Hoogheemraadschap van Delfland.

Een verkenning van de markt voor infiltrerende verharding laat zien dat diverse sleutelfactoren een rol spelen in de keuze voor infiltrerende verharding, zoals het vertrouwen tussen de samenwerkende partijen (systeemniveau), betrouwbaarheid van de technologie (technologieniveau), en kosten van aanleg, beheer en onderhoud (technologieniveau). Dit vraagt om maatregelen gericht op het vergroten van het positieve beeld van kansen die infiltrerende verharding biedt voor de organisatie van de eindgebruiker en het bieden van meer inzicht in de werking en betrouwbaarheid van de technologie en bijbehorende kosteneffectiviteit. Door het doen van metingen en de analyse van een groot aantal casussen en technieken heeft het project De Infiltrerende Stad in eerdere werkpakketten (WP1-3) hieraan een bijdrage geleverd.

(Beoogde) Kosteneffectiviteit speelt echter een vaak doorslaggevende rol spelen bij het maken van een keuze voor klimaatadaptatie in de praktijk. Zo ervaren MKB-ondernemingen dat gemeenten, ondanks de (bewezen) effectiviteit van infiltrerende verharding in de praktijk, niet snel geneigd zijn te kiezen voor deze innovatie vanwege de vigerende opvatting dat infiltrerende verharding niet kosteneffectief is.

Een maatschappelijke kosten-baten analyse, ter illustratie uitgevoerd in dit project voor diverse wijktypologieën met behulp van de MKBA-toolbox “Het klimaat past ook in uw straatje”, geeft meer inzicht in de daadwerkelijke maatschappelijke kosten en baten van infiltrerende verharding, ten opzichte van andere maatregelen, en biedt een overzicht van de kosten en baten van diverse onderhoudsstrategieën. Hieruit blijkt dat infiltrerende verharding als maatregel om wateroverlast door extreme neerslag te beperken kosteneffectief zijn, mits juist gedimensioneerd. Een vergelijking van diverse beheer- en onderhoudsstrategieën maakt bovendien duidelijk dat grondig beheer en onderhoud loont: het verlengen van de levensduur levert een verlaging van de aanlegkosten op welke opweegt tegen de jaarlijkse meer-kosten van grondig beheer en onderhoud.

Veel (grotere) gemeenten hebben aparte uitvoeringsinstanties voor ontwerp en aanleg en beheer en onderhoud, met gescheiden budgetten, financieringsstromen en planningssystemen. Omdat de totale kosteneffectiviteit van klimaatadaptatiemaatregelen zoals infiltrerende verharding staat of valt met de vraag of ontwerpkeuzes samenvallen met beslissingen op het gebied van beheer en onderhoud, bevelen we aan beide aspecten integraal mee te nemen in het ontwerp en de besluitvorming rondom de implementatie van infiltrerende verharding als klimaatadaptatiemaatregel in de praktijk.

Klimaatadaptatie is maatwerk en er bestaat geen one-size-fits-all. Online platforms zoals de [climatescan.nl](https://climatescan.nl) én flexibele rekentools zoals de MKBA-toolbox “Het klimaat past ook in uw straatje” bieden zowel eindgebruiker als MKB'er de kans om de (kosten)effectiviteit van infiltrerende verhardingen op locatie op een betere wijze in te schatten, dragen op die wijze bij aan het versterken van het vertrouwen van de markt in het potentiële succes van infiltrerende verharding in de praktijk, en vergroten daarmee op de langere termijn de toepassing van infiltrerende verharding in de praktijk.

# Inhoudsopgave

<b>1.</b>	<b>Inleiding.....</b>	<b>6</b>
1.1	Aanleiding.....	6
1.2	Doelstelling.....	7
1.3	Leeswijzer .....	7
1.4	Acknowledgements .....	7
<b>2.</b>	<b>Marktverkenning infiltrerende verhardingen.....</b>	<b>8</b>
2.1	Introductie.....	8
2.2	Theoretisch kader.....	8
2.3	Aanpak .....	9
2.4	Resultaten en discussie .....	10
2.5	Conclusie.....	12
<b>3.</b>	<b>Maatschappelijke kosten en baten .....</b>	<b>13</b>
3.1	Inleiding .....	13
3.2	Inzicht in maatschappelijke kosten en baten middels de MKBA-toolbox.....	14
3.3	Aanpak .....	16
3.4	Resultaten en discussie .....	20
3.5	Conclusie.....	26
<b>4.</b>	<b>Marktstrategie .....</b>	<b>28</b>
4.1	Van analyse naar strategie .....	28
4.2	Hulpmiddelen ter overtuiging van nut en noodzaak infiltrerende verharding in de praktijk .....	29
	<b>Literatuurlijst .....</b>	<b>30</b>
	<b>Bijlage A: Kosten en baten inrichtingsvarianten .....</b>	<b>32</b>
	<b>Bijlage B: Kosten en baten beheersvarianten .....</b>	<b>33</b>

# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Klimaatverandering en veranderend landgebruik zetten het leefklimaat en het watersysteem in de stad steeds meer onder druk (VNG, 2016). Als gevolg van het Deltaplan Ruimtelijke Adaptatie, dat eind september 2017 is gepresenteerd in Den Haag, moeten alle gemeenten vanaf 2020 bij herinrichting rekening houden met de klimaatveranderingen en de stad klimaatbestendig inrichten. Met het Deltaplan moet Nederland zo goed mogelijk worden voorbereid op de gevolgen van klimaatverandering.

Eén van de manieren om klimaatbestendiger te worden is ervoor te zorgen dat meer regenwater in de bodem infiltreert en minder hoeft te worden afgevoerd via het rioolstelsel. Dit beperkt problemen met wateroverlast, hitte en verdroging. Enige jaren geleden hebben we in Nederland daarom voor het stedelijke waterbeheer ingezet op het meer infiltreren van regenwater in de bodem in plaats van het afvoeren van regenwater naar het rioolstelsel. Dit heeft voordelen als minder wateroverlast, minder belasting van de riolerings-, zuiverings- en oppervlaktewatersystemen, en bovendien gaat het verdroging tegen. In diverse gemeenten zijn dan ook infiltrerende verhardingen aangelegd als alternatief voor een regenwaterriool om het regenwater vast te houden, te bergen en daarna pas af te voeren.

Door de opkomst van doorlatende verhardingen heeft de afgelopen tien jaar een groot aantal MKB-ondernemingen zich toegelegd op het aanbieden van infiltrerende verhardingen. Het gaat hierbij met name om innovaties op het gebied waterpasserende (verharding met vergrote voegen waardoor het water passeert) en waterdoorlatende (verharding van poreus bestratingsmateriaal dat regenwater doorlaat) verhardingen<sup>1</sup>. Door problemen met de afname van infiltratiesnelheid, en onduidelijkheid over beheer en onderhoud zakt de markt momenteel in. Vele gemeenten besluiten na enkele praktijkmetingen de aanleg van doorlatende verharding sterk te verminderen en of hiermee geheel te stoppen. Dit is echter vaak gebaseerd op een beperkt aantal (onnauwkeurige) metingen en zonder onderscheid voor de verschillende soorten infiltrerende verharding en innovaties. De MKB-ondernemingen zitten met de vraag hoe ze hun doorlatende verharding zo kunnen aanpassen dat gemeenten en andere inrichters van straten erin blijven geloven en het aan blijven leggen. Ze willen daartoe meer inzicht in het functioneren van de doorlatende verharding op de lange termijn uitgevoerd door onafhankelijke onderzoekers van hogescholen. Hiermee kunnen zij het product optimaliseren alsmede het beheer en onderhoud ervan. Dit zijn essentiële ingrediënten om naar hun klanten overtuigend over hun goed functionerende systemen te kunnen vertellen. Er bestaat een duidelijke noodzaak voor meer inzicht, innovatie, en richtlijnen voor beheer en onderhoud.

Het project De Infiltrerende stad heeft als doel het kennishiaat van de effectiviteit van infiltrerende verharding aanpakken ten behoeve van de innovatieve MKB-ondernemingen. Hierbij gaat het om het verkrijgen van meer inzicht in het korte en lange termijn functioneren van hun producten. Daarnaast betreft het de opbouw van inzicht omtrent het nut van en de noodzaak tot beheer en onderhoud om de effectiviteit op lange termijn te waarborgen.

Het consortium, bestaande uit een unieke samenwerking van 3 hogescholen, 9 MKB-ondernemingen met verschillende en overlappende disciplines en een tweetal organisaties die MKB-ondernemingen op dit vakgebied ondersteunen, hebben de handen ineens geslagen om infiltrerende verharding te monitoren en

---

<sup>1</sup> <https://www.riool.net/waterdoorlatende-en-waterpasserende-verharding>

kennis te ontsluiten voor de opgave waar steden voor staan: de transformatie naar een veerkrachtige en op een toekomstig klimaat aangepaste gebouwde omgeving.

De overkoepelende onderzoeksvraag die is geformuleerd vanuit het project 'Infiltrerende stad' luidt daarmee als volgt:

### **Hoe kunnen MKB-ondernemingen met innovaties het vertrouwen van de markt zodanig versterken dat de markt (weer) kiest voor meer toepassing van infiltrerende verhardingen?**

Via een systeemanalyse (werkpakket 1, WP1), een onderzoek naar het functioneren van infiltrerende verhardingen in de praktijk (werkpakket 2, WP2), het testen van innovaties en onderzoek op testlocaties (werkpakket 3, WP3), en een analyse van de marktvrage en formulering van de marktstrategie (werkpakket 4, WP4) is een antwoord gezocht op bovengenoemde onderzoeksvraag.

## 1.2 Doelstelling

Dit rapport betreft de rapportage van WP4 uit het project 'Infiltrerende stad'. In WP4 draait het om een analyse van de marktvrage en het formuleren van een marktstrategie. Daartoe is binnen WP4 eerst de perceptie van de eindgebruiker over de effectiviteit, kosten en baten van infiltrerende verhardingen geïnventariseerd. Daaropvolgend is in WP4 een overzicht geschetst van de daadwerkelijke maatschappelijke kosten en baten van infiltrerende verhardingen in de praktijk en het onderhoud van deze verhardingen in vergelijking met reguliere maatregelen en/of onderhoudsstrategieën. Tenslotte is een marktstrategie geformuleerd met hulpmiddelen en argumenten om de markt, en/of de eindgebruiker, te overtuigen om vaker te kiezen voor de toepassing van infiltrerende verhardingen als klimaatadaptatiemaatregel in de praktijk.

## 1.3 Leeswijzer

Deze rapportage is opgebouwd als volgt. Hoofdstuk 2 beschrijft de marktverkenning. Hoofdstuk 3 behandelt de maatschappelijke kosten en baten van infiltrerende verhardingen en diverse varianten van beheer en onderhoud. Hoofdstuk 4 vat de belangrijkste resultaten samen en formuleert op basis van de uitkomsten een marktstrategie.

## 1.4 Acknowledgements

Het project De Infiltrerende Stad wordt uitgevoerd met ondersteuning van een RAAK-MKB subsidie en is een samenwerking tussen de Hogeschool Rotterdam (pervoerder), Hogeschool van Amsterdam, Hanzehogeschool Groningen, Aquaflow BV, Bufferblock BV, Building Changes, Drainvast bv, Germieco, Water Innovation Consulting (Hemels water), Markus BV, EWB, Van Gelder Aannemingsbedrijf, Gemeente Bergen, Gemeente Groningen, Gemeente Rotterdam en het Hoogheemraadschap van Delfland.

## 2. Marktverkenning infiltrerende verhardingen

### 2.1 Introductie

Als onderdeel van het RAAK MKB onderzoek De Infiltrerende Stad is onderzocht welke factoren bepalen of infiltrerende verhardingen door opdrachtgevers wordt toegepast. Hierbij is gebruik gemaakt van het theoretisch kader van “Receptivity” (Jeffrey en Seaton, 2003) dat eerder werd gebruikt in het kader van een proefschrift om het transitiepotentieel van de Nederlandse watersector te onderzoeken (De Graaf, 2009). De transitie in het Nederlandse waterbeheer beweegt zich al enige tijd van “vechten tegen water” naar “leven met water”. Deze transitie is eerder beschreven door Van der Brugge et al. (2005) en meer recent door Dunn et al. (2017). De transitie kenmerkt zich door een meer integrale, multi-functionele en klimaatadaptieve aanpak van het waterbeheer. Hierbij worden waterbeheer en ruimtelijke ontwikkeling in samenhang aangepakt en is er meer aandacht voor ecologische aspecten. Dit is onder andere te zien in de opkomst van zogenaamde “groen-blaue infrastructuur” (Alves et al., 2019). Als onderdeel van deze transitie worden de afgelopen jaren steeds meer klimaatadaptieve innovaties toegepast zoals groene daken, stedelijke waterberging en systemen om binnen het stedelijk gebied regenwater te infiltreren. Deze innovaties worden ook wel groenblauwe maatregelen genoemd. Waterpasserende en waterdoorlatende verharding (verzamelnaam: infiltrerende verharding) zijn bijzondere vormen van verhard oppervlak die het hemelwater dat op de verharding valt in de ondergrond infiltreren (Rioned, 2020). In dit hoofdstuk wordt beschreven verkennen we welke factoren voor de eindgebruiker van deze innovaties van belang zijn.

### 2.2 Theoretisch kader

De bepalende factoren voor toepassing van infiltrerende verharding zijn in dit onderzoek op twee niveaus onderzocht, namelijk op systeemniveau en op technologieniveau.

#### Systeemniveau

Bij innovatie in het waterbeheer gaat het in de kern om een verandering van werken in de waterbeheer praktijk. Deze verandering uit zich in nieuwe systemen en innovaties binnen het stedelijk waterbeheer. Jeffrey en Seaton (2003) beschreven dit als “ontvankelijkheid” of “receptivity” voor innovaties. Zij hebben onderzocht onder welke vier voorwaarden deze verandering in de dagelijkse professionele praktijk van waterbeheerders kan optreden in het zogenaamde 4A-kader.

1. *Awareness (kennis en bewustzijn)*: Overtuigd zijn van nut en noodzaak van veranderingen, kennis van het huidige systeem en alternatieve opties.
2. *Association (draagvlak en commitment)*: Een positief beeld van de kansen die een innovatieve oplossing biedt voor de eigen organisatie en een visie en cultuur die dat ondersteunt. Bereidheid tot samenwerking indien nodig.
3. *Acquisition (capaciteiten en vaardigheden)*: Het bezit van vaardigheden als procesmanagement, onderhandelingscapaciteiten en bekendheid met experimenteren, leren en evalueren. Maar bijvoorbeeld ook ontwerpvaardigheden en vertrouwen tussen de partijen en ervaring.
4. *Application (juridische en financiële stimulansen)*: Dit zijn de stimulansen die ervoor zorgen dat partijen het ook echt gaan toepassen. Bijvoorbeeld subsidies, normen, regels, commerciële haalbaarheid.

Voor het voorgenoemde onderzoek naar transitie potentieel in het Nederlands stedelijk waterbeheer (De Graaf et al, 2009) werden deze 4 voorwaarden verder opgesplitst naar 20 sleutelfactoren.



Tabel 1: Twintig sleutelfactoren op systeemniveau voor toepassing van infiltrerende verharding.

<b>Kennis en bewustzijn</b>		<b>Draagvlak en commitment</b>	
1	Beschikbare lokale gebiedskennis bij projecten in het stedelijk waterbeheer	11	Enthousiasme en doorzettingsvermogen van individuen in projectteams in het stedelijk waterbeheer
2	Kennis van waterbeheer bij alle betrokken partijen	12	Draagvlak en commitment bij bestuurders
3	Betrouwbare wetenschappelijke kennis over het stedelijk watersysteem	13	De betrokkenheid van burgers bij projecten
4	Beschikbare kennis over technische innovaties bij projecten	14	De cultuur binnen mijn organisatie
5	Beschikbare bestuurlijke en juridische kennis bij projecten	15	De beschikbaarheid van een overkoepelende lange termijn visie op nationaal niveau
<b>Capaciteiten en vaardigheden</b>		<b>Juridische en financiële stimulansen</b>	
6	Vertrouwen tussen de samenwerkende partijen bij projecten	16	Financiële ondersteuning en subsidie vanuit de nationale overheid
7	Ervaring met het koppelen van ruimtelijke ordening en stedelijk waterbeheer binnen mijn organisatie	17	Vastleggen van verantwoordelijkheden tussen organisaties die betrokken zijn bij projecten in het stedelijk waterbeheer
8	De beschikbaarheid van samenwerkingsvormen en netwerken tussen de betrokken partijen in	18	Een flexibele interpretatie van de regelgeving
9	De kwaliteit van ontwerpvaardigheden in projectteams	19	De commerciële haalbaarheid van technische oplossingen voor private partijen in het stedelijk waterplan
10	De kwaliteit van onderhandelingsvaardigheden in projectteams	20	Bindende normen op het gebied van waterkwantiteit en waterkwaliteit

### Technologieniveau

Naast bovengenoemde sleutelfactoren voor veranderingen op systeemniveau binnen het stedelijk waterbeheer is er binnen het project De Infiltrerende Stad ook interesse wat bepalende factoren zijn op technologieniveau. Hierbij gaat het om de vraag wat de factoren zijn die voor de eindgebruiker bepalen of een technologie wordt toegepast of niet. Hierbij worden 12 sleutel factoren onderscheiden op basis van het eerdere onderzoek naar transitiepotentieel (De Graaf et al.,2011).

Tabel 2: Twaalf sleutelfactoren op technologie niveau voor toepassing van infiltrerende verharding.

1	Verwachte investeringskosten	7	Verwachte betrouwbaarheid van de technologie
2	Verwachte kosten voor beheer en onderhoud	8	Verwachte benodigde implementatie tijd
3	Verwachte effecten op de volksgezondheid	9	Verwachte acceptatie ervan bij de burger
4	Verwachte effecten op het milieu	10	Verwachte beschikbaarheid van subsidies
5	Verwachte effecten op de ruimtelijke inrichting en ruimtelijke ordening	11	Aanwezige ervaring met deze oplossing bij waterbeheerders
6	Verwachte pr en promotie effecten	12	Verwachte ontvankelijkheid van de conventionele oplossing

## 2.3 Aanpak

Het consortium van het onderzoeksproject De Infiltrerende Stad bestaat uit MKB ondernemers, onderzoekers, docenten en beleidsmakers op het gebied van infiltrerende verhardingen. Het consortium kan beschouwd worden als een expertgroep. De deelnemers hebben veel expertise en ervaring op het gebied van infiltrerende verharding en/of veel interesse en een belang in deze technologie. Op 12 December 2019 werd een Masterclass gehouden over dit thema op de Waterstraat, GreenVillage TU Delft met het consortium en overige geïnteresseerden. Onderdeel van de Masterclass was de *Workshop Bepalende Factoren in de Keuze voor Infiltrerende Verharding en Onderliggende Systemen*. Op 11 December 2019 werd dezelfde workshop gegeven voor de *Community of Practice (CoP) Waterinfiltrerende Verharding*. De doelen van deze community zijn o.a. Informatie delen, het inventariseren van waterinfiltrerende verharding, het opstellen handreikingen en richtlijnen, extra informatie verzamelen en het leren van elkaars ervaringen. Net als het consortium "Infiltrerende Stad" kan de CoP beschouwd worden als een expertgroep op het gebied van infiltrerende verharding. In beide workshops werd de deelnemers gevraagd aan te geven (1) welke factoren op systeemniveau in hun ogen

het meeste en het minste prioriteit verdienen om de toepassing van infiltrerende verharding te versnellen en (2) welke factoren op technologieniveau bepalend zijn om wel of niet voor een bepaalde innovatie te kiezen. Door middels van stickers konden de deelnemers positieve punten en negatieve punten uitdelen aan deze factoren. In totaal werden in beide workshops samen 65 stemmen uitgebracht. Het gezamenlijke resultaat van beide workshops wordt hieronder gepresenteerd

## 2.4 Resultaten en discussie

De resultaten van de workshops zijn wederom gesplitst naar systeemniveau en technologieniveau. Daarnaast is er een kritische reflectie op de resultaten en wordt de rol van het project De Infiltrerende Stad in relatie tot de uitkomsten beschouwd.

### Uitkomsten systeemniveau

Op systeemniveau werden tien sleutelfactoren het belangrijkste gevonden (Tabel 3). Vertrouwen tussen de samenwerkende partijen wordt duidelijk als de belangrijkste factor gezien, gevolgd door enthousiasme en doorzettingsvermogen van individuen in het waterbeheer. Draagvlak en commitment bij bestuurders eindigt op een gedeeld tweede plaats. Interessant is om deze resultaten te vergelijken met de uitkomsten van het landelijk onderzoek naar het transitiepotentieel in het stedelijk waterbeheer uit 2009 (De Graaf et al., 2009). Dat onderzoek vond meer dan 10 jaar geleden plaats en was meer gericht op beleidsmakers dan ondernemers, die juist in het huidige onderzoek goed vertegenwoordigd zijn. Ook was het landelijk onderzoek gericht op een veel breder pakket van innovaties en is het huidige onderzoek specifiek gericht op infiltrerende verharding. Desondanks staan er bij beide onderzoeken drie dezelfde factoren in de top 5 van cruciale sleutelfactoren. Dit zijn: vertrouwen tussen de samenwerkende partijen bij projecten; draagvlak en commitment bij bestuurders en beschikbare lokale gebiedskennis bij projecten in het stedelijk waterbeheer. Factoren die de workshop deelnemers urgent vinden maar dit in het vorige onderzoek niet als zodanig naar voren kwamen zijn: enthousiasme van individuen en technische kennis van innovaties. De eerste factor werd in 2009 weliswaar belangrijk gevonden, maar tegelijkertijd werd aangegeven dat de kwaliteit van deze factor al op een hoog niveau was. De tweede factor werd niet belangrijk gevonden.

Tabel 3: Tien belangrijkste sleutelfactoren op systeemniveau voor toepassing van infiltrerende verharding.

Ranking	Sleutelfactor	Punten
1	Vertrouwen tussen de samenwerkende partijen bij projecten	12
2	Enthousiasme en doorzettingsvermogen individuen in projectteams in het stedelijk waterbeheer	9
3	Draagvlak en commitment bij bestuurders	9
4	Beschikbare lokale gebiedskennis bij projecten in het stedelijk waterbeheer	7
5	Beschikbare kennis over technische innovaties bij projecten	6
6	De beschikbaarheid overkoepelende lange termijn visie op nationaal niveau	6
7	De betrokkenheid van burgers bij projecten	5
8	De cultuur bij waterbeheer organisaties	2
9	De commerciële haalbaarheid van technische oplossingen	2
10	Kennis van waterbeheer bij alle betrokken partijen	1

De resultaten geven ook inzicht in welke van de vier componenten van Receptivity het meest belangrijk worden gevonden. Door de positieve stemmen (factor heeft meeste prioriteit) en negatieve stemmen (factor heeft minste prioriteit) op te tellen en per Receptivity component te clusteren levert dit het resultaat op als aangegeven in tabel 4. Deze tabel laat zien dat van de 4 hoofdcomponenten van Receptivity alleen

Association als prioriteit wordt gezien. Volgens de workshop deelnemers zouden interventies op systeemniveau zich dus vooral moeten richten op het vergroten van het positieve beeld van kansen die infiltrerende verharding biedt voor de organisatie van de eindgebruiker.

Tabel 4: Sleutelfactoren op systeemniveau geclusterd per receptivity component.

Ranking	Receptivity component	Punten
1	Association	25
2	Acquisition	-1
3	Awareness	-1
4	Application	-19

#### Uitkomsten technologieniveau

Op technologieniveau werd op een vergelijkbare manier onderzocht wat de bepalende factoren zijn om wel of niet voor een specifiek technologie, in dit geval infiltrerende verharding, te kiezen. Tabel 5 toont de uitkomsten. Volgens de deelnemers aan de workshops is de meest bepalende factor de betrouwbaarheid van de technologie. In het landelijk onderzoek naar transitiepotentieel kwam deze factor ook als belangrijkste uit de bus. De tweede belangrijkste factor is de verwachte effecten op het milieu. Op de derde plaats staat verwachte kosten van beheer en onderhoud. Ook in dit geval stemmen 3 van de 5 factoren van de beide onderzoeken overeen. Naast betrouwbaarheid zijn dit investeringskosten en verwachte effecten op het milieu. Twee factoren die door de workshop deelnemers als belangrijk worden ervaren kwamen in 2009 niet als belangrijk uit de bus (De Graaf et al, 2011). Dit zijn de kosten voor beheer en onderhoud en de verwachte effecten op de volksgezondheid. Dit zijn thema's waar juist de laatste jaren veel over wordt gesproken. In het onderzoek "Infiltrerende Stad" is beheer en onderhoud een belangrijk thema. Daarom is het niet verwonderlijk dat deze factor hoog scoort.

Tabel 5: Tien belangrijkste sleutelfactoren op technologieniveau voor toepassing van infiltrerende verharding.

Ranking	Sleutelfactor	Punten
1	Verwachte betrouwbaarheid van de technologie	17
2	Verwachte effecten op het milieu	14
3	Verwachte kosten voor beheer en onderhoud	12
4	Verwachte effecten op de volksgezondheid	6
5	Verwachte investeringskosten	5
6	Verwachte ontoreikbaarheid van de conventionele oplossing	6
7	Verwachte effecten op de ruimtelijke inrichting en ruimtelijke ordening	3
8	Verwachte acceptatie bij de burger	1
9	Verwachte PR en promotie effecten	2
10	Verwachte benodigde implementatie tijd	0

#### Reflectie op de resultaten

Hoewel de groep van deelnemers aan beide workshops relatief klein is en niet geschikt is voor een gedetailleerde statistische analyse, bieden de resultaten wel een uniek zicht op de perceptie van een zeer goed ingevoerde groep betrokkenen bij deze technologie. De resultaten dienen dan ook niet beschouwd te worden als beoogd representatief voor de watersector, zoals het onderzoek uit 2009, maar juist als een expert opinion van een unieke groep mensen die zich vaak al jarenlang intensief bezighoudt met infiltrerende verharding en daarom over waardevolle ervaringskennis beschikt. Opmerkelijk is dat

ondanks de grote verschillen tussen dit onderzoek en het landelijk onderzoek uit 2009, er toch grotendeels dezelfde factoren uit de bus komen.

#### Rol van het onderzoeksproject De Infiltrerende Stad

Het project De Infiltrerende Stad beoogt bij te dragen aan een aantal van de genoemde factoren. Met name de betrouwbaarheid van de technologie is een belangrijk aspect in het onderzoek. Door het doen van metingen, de analyse van een groot aantal casussen en technieken en door het verspreiden van kennis, probeert het Consortium de betrouwbaarheid voor de eindgebruiker te vergroten. Ook beheer en onderhoud is een zeer belangrijk thema in het onderzoeksproject.

## 2.5 Conclusie

In twee workshops is onder een groep van experts en geïnteresseerden in infiltrerende verharding onderzocht wat hun perceptie van de ontvankelijkheid van de markt is voor deze technologie. Hierbij is op systeemniveau en technologieniveau onderzoek gedaan naar sleutelfactoren die de toepassing van deze innovaties kan versnellen. Op systeemniveau verdienen de volgende factoren de meeste prioriteit: (1) vertrouwen tussen de samenwerkende partijen, (2) enthousiasme en doorzettingsvermogen van individuen in het waterbeheer en (3) draagvlak en commitment bij bestuurders. Van de vier hoofdcomponenten van Receptivity, verdient het versterken van “Association” prioriteit om de ontvankelijkheid van de eindgebruiker voor infiltrerende verharding te vergroten. Maatregelen op systeemniveau moeten zich dus vooral moeten richten op het vergroten van het positieve beeld van kansen die infiltrerende verharding biedt voor de organisatie van de eindgebruiker. Op technologieniveau zijn de volgende factoren bepalend: (1) betrouwbaarheid van de technologie, (2) effecten op het milieu en (3) kosten van beheer en onderhoud. De uitkomsten van dit onderzoek kunnen worden gebruikt door beleidsmakers om innovatieve toepassingen van infiltrerende verharding te versnellen. Voor ondernemers bieden de uitkomsten inzicht welke factoren benadrukt moeten worden richting de eindgebruiker om hen van de voordelen van infiltrerende verharding te overtuigen.

## 3. Maatschappelijke kosten en baten

### 3.1 Inleiding

Bij het maken van een keuze voor een klimaatadaptieve inrichting van de openbare ruimte kunnen maatschappelijke kosten en baten een doorslaggevende rol spelen omdat deze vaak gunstiger uitpakken dan alleen de projectkosten (Kluck et al., 2017a,b). Uit hoofdstuk 2 blijkt inderdaad dat de verwachte betrouwbaarheid van de technologie (baten), de verwachte kosten voor beheer en onderhoud (kosten), en de verwachte investeringskosten (kosten) als belangrijke sleutelfactoren op technologieniveau worden genoemd voor de toepassing van infiltrerende verhardingen in de praktijk.

Om te komen tot een goed besluit weegt, een gemeente, idealiter verschillende klimaatadaptieve maatregelen in een maatschappelijke kosten en baten analyse (MKBA) tegen elkaar af (Kluck et al., 2016). Hierin maakt zij bij de keuze voor een voorkeursvariant een beoordeling op basis van kosten (e.g. aanleg, beheer en onderhoud), en baten (e.g. vermeden schadekosten en groenbaten). Wanneer geen volledig beeld kan worden geschetst, of een verkeerd beeld bestaat, van de kosten en baten van klimaatmaatregelen bestaat het risico dat suboptimale inrichtingskeuzes worden gemaakt (Kluck et al., 2017a,b). Zo ervaren MKB-ondernemingen bijvoorbeeld dat gemeenten, ondanks de (bewezen) effectiviteit van infiltrerende verhardingen in de praktijk, niet snel geneigd zijn te kiezen voor deze innovatie vanwege opvatting dat infiltrerende verhardingen relatief duur zijn in aanleg en onderhoud en daarnaast relatief weinig baten genereren. Kortom de vigerende opvatting dat infiltrerende verharding geen kosteneffectieve oplossing is ten opzichte van andere klimaatadaptieve maatregelen, weerhoudt gemeenten implementatie van infiltrerende verharding in de praktijk.

In dit hoofdstuk geven we middels gebruik van een MKBA toolbox, zoals ontworpen in het project 'De Klimaatbestendige stad' (Kluck et al., 2017a,b) en verder doorontwikkeld in het project De Infiltrerende Stad, allereerst een overzicht van de maatschappelijke kosten en baten van infiltrerende verhardingen in de praktijk. Ten tweede beoordelen we de kosteneffectiviteit van ontwerpen met infiltrerende verhardingen ten opzichte van de uitgangssituatie en twee andere klimaatadaptatiemaatregelen gericht op het omgaan met wateroverlast door extreme neerslag (bergen van water op straat, aanleg van een wadi). Ten derde analyseren we voor infiltrerende verharding in de praktijk de kosteneffectiviteit van grondig beheer en onderhoud in vergelijking met regulier beheer en onderhoud.

De maatschappelijke kosten en baten, evenals de kosteneffectiviteit, van infiltrerende verhardingen in de praktijk, alsook de kosteneffectiviteit van diverse beheers- en onderhoudsstrategieën, zijn afhankelijk van de dimensionering van het watersysteem op locatie (bijvoorbeeld: grootte van het onderzoeksgebied, de verhouding dak, verhard, en onverhard oppervlak op locatie, ruimte op straat voor implementatie van klimaatadaptatiemaatregelen) en daarmee locatie-specifiek. In dit hoofdstuk is, om de spreiding in uitkomsten voor diverse locaties te tonen, voor diverse wijktypologieën de maatschappelijke kosten en baten, en de kosteneffectiviteit van infiltrerende verharding bepaald. Dit betreffen illustratieve berekeningen voor kenmerkende wijktypen. Resultaten van soortgelijke analyses, uitgevoerd op een ander wijktype of voor locaties met andere gebiedskenmerken, kunnen van deze uitkomsten afwijken.

In paragraaf 3.2 volgt een verdere toelichting op de MKBA en introductie op de MKBA-toolbox "Het klimaat past ook in uw straatje". Daarnaast wordt toegelicht op welke wijze de bestaande MKBA-toolbox is uitgebreid voor de analyses binnen het project De Infiltrerende Stad. Paragraaf 3.3 schetst de aanpak van dit onderzoek met daarin aandacht voor de verschillende wijktypen waarvoor de analyses zijn

uitgevoerd en een overzicht van scenario's dat is opgesteld om allereerst de kosteneffectiviteit van infiltrerende verharding ten opzichte van andere klimaatadaptatiemaatregelen te beoordelen, en ten tweede de kosteneffectiviteit van grondig beheer en onderhoud ten opzichte van regulier beheer en onderhoud van infiltrerende verharding in de praktijk te evalueren. Paragraaf 3.3 toont en bespreekt de belangrijkste resultaten. Paragraaf 3.4 vat het onderzoek samen in de conclusie.

## 3.2 Inzicht in maatschappelijke kosten en baten middels de MKBA-toolbox

### 3.2.1 Maatschappelijke Kosten-Baten Analyse

Een maatschappelijke kosten-baten analyse (MKBA) is een afwegingsinstrument dat de gebruiker in staat stelt de financiële effecten van maatregelen of een project over een langere periode van tijd (100 jaar) in kaart te brengen en waar mogelijk te voorzien van een financiële waardering (Kluck et al., 2017a). In een MKBA wordt geprobeerd alle relevante (maatschappelijke) kosten en baten in te schatten en wordt in beeld gebracht hoe deze kosten en baten zich door de tijd heen ontwikkelen. Toekomstige kosten en baten worden daarbij naar het heden teruggerekend (verdisconteerd). Op deze wijze kunnen investeringen voor aanleg die worden gedaan aan de start van het project of bij inrichting van de maatregel, op transparante wijze worden vergeleken met eventuele baten en uitgaven voor beheer en onderhoud die plaatsvinden gedurende de levensduur van het project of de maatregel. De keuze voor een inrichtingsvariant of maatregel wordt daarbij gebaseerd op de kosten die gemaakt worden en de baten die het oplevert gedurende de gehele levensduur (of langer) van het project of de maatregel.

### 3.2.2 De MKBA-toolbox 'Het klimaat past ook in uw straatje'

De MKBA-toolbox "Het klimaat past ook in uw straatje" is door onderzoekers van o.a. de Hogeschool van Amsterdam ontwikkeld als onderdeel van het project "De Klimaatbestendige stad" (Kluck et al., 2017b,c). De MKBA-toolbox is ontwikkeld om onderzoekers, beleidsmakers, ontwerpers, en beheerders in staat te stellen diverse varianten van een klimaatbestendige inrichting van een straat door te rekenen en onderling te vergelijken. Meekoppelen is daarbij binnen de MKBA-toolbox een voorwaarde (Kluck et al., 2017b,c). Een straat in Nederland is gemiddeld elke 30 jaar aan vervanging toe terwijl een rioolstelsel gemiddeld ongeveer 60 jaar meegaat (Stichting RIONED, 2015: Leidraad Riolerings D1100). De MKBA-toolbox gaat er vanuit dat gebruik gemaakt wordt van deze vervangingscyclus en wordt gekozen voor een klimaatbestendige herinrichting van een straat op het moment dat de straat open gaat voor het reguliere onderhoud.

De gebruikte MKBA-toolbox gaat uit van schattingen en aannames (kengetallen) van kosten en baten, nu en in de toekomst). De MKBA is daarmee niet bedoeld als rekenmethode om een inschatting te maken van de exacte hoogte van het eindbedrag, maar stelt de gebruiker in staat onderlinge verschillen tussen inrichtingsvarianten of maatregelen in beeld te brengen.

De MKBA-toolbox is ontwikkeld in Excel 2016 en is opgebouwd uit verschillende tabbladen waarin door de gebruiker de kenmerken van een klimaatbestendige inrichting kunnen worden ingevuld (tabblad Invoer), waarin door de MKBA-toolbox automatisch (achtergrond)berekeningen worden uitgevoerd (tabblad (Achtergrond)Berekeningen), waarin resultaten worden getoond (tabblad Resultaten), en waarin kengetallen met kosten voor de inrichting en onderhoud zijn opgenomen (tabblad Inrichtingskosten, Onderhoudskosten).

Onder het tabblad "Invoer" kan de gebruiker de benodigde gegevens met betrekking tot gebiedskenmerken van de projectlocatie, een uitgangssituatie, en een specificatie van de verschillende

inrichtingsvarianten gericht op klimaatadaptatie invullen. Door deze invoer te koppelen aan de database van kosten-kengetallen voor aanleg, beheer en onderhoud berekent de MKBA-toolbox voor de opgegeven projectlocatie, de te verwachte kosten en baten van de verschillende inrichtingsvarianten, ten opzichte van de uitgangssituatie, over een periode van 100 jaar.

Onder het tabblad “Resultaten” kan na doorrekening door de MKBA-toolbox de ingevoerde inrichtingsvarianten onderling worden vergeleken op basis van de:

- **Inrichtingskosten:** Jaarlijkse kosten voor aanleg, vervanging, en verwijdering;
- **Onderhoudskosten:** Jaarlijkse kosten voor beheer en onderhoud;
- **Waterschadekosten:** Jaarlijkse waterschadekosten, berekend op basis van een inschatting van bij welke hoeveelheid neerslag (en dus met welke frequentie) het water niet meer in het straatprofiel past en tegen de gevel komt te staan, zodat waterschade mogelijk is;
- **Groenbaten:** Baten afhankelijk van de hoeveelheid groen in het projectgebied, bestaande uit vermeden zorgkosten, een stijging van de woningwaarde, baten ten behoeve van de waterhuishouding zoals vermindering van de afvoerkosten en afkoppelen van het verhard oppervlak.

De MKBA-toolbox rekt de kosten en baten voor een periode van 100 jaar. Daardoor zijn er meerdere momenten waarop het projectgebied opnieuw wordt ingericht. De tool gaat uit van 2 momenten waarop de openbare ruimte én de riolering (looptijd 60 jaar) wordt vernieuwd en twee momenten waarop alleen de openbare ruimte wordt vernieuwd (iedere 30 jaar). Met behulp van een methodiek voor contante waarde berekening, worden alle kosten en baten over de looptijd van 100 jaar teruggerekend naar het startjaar van het project. De discontovoet die hierbij wordt gebruikt is 3% (zoals vastgesteld door de Nederlandse Overheid in 2015). Deze contante waarde wordt vervolgens gepresenteerd als gemiddelde jaarlijkse kosten en baten

Resultaten kunnen door de gebruiker verder worden uitgesplitst naar stakeholder. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt in de kosten en baten die terecht komen bij gemeenten, waterschappen, verzekeraars, bewoners/woningeigenaren, en Het Rijk. De gedetailleerde MKBA-methodiek is uitgebreid beschreven in Kluck et.al. (2017a,c)

### 3.2.3 Uitbreidingen op de MKBA-toolbox voor De Infiltrerende stad

De MKBA-toolbox zoals ontworpen voor gebruik in het project “De Klimaatbestendige Stad” heeft als uitgangssituatie dat voor de klimaatadaptatiemaatregel infiltrerende verharding grondig beheer en onderhoud (in de vorm van een ZOAB-cleaner) op frequente basis wordt uitgevoerd en dat hiermee een levensduur van infiltrerende verharding gewaarborgd blijft op 30 jaar. De ervaring leert echter dat in veel gevallen in de praktijk er geen sprake is van grondig beheer- en onderhoud van infiltrerende verharding (bijvoorbeeld middels een ZOAB-cleaner), en zeker niet op frequente basis (Veldkamp et al., 2020). Onderzoeksresultaten laten daarbij zien dat de infiltratiesnelheid van infiltrerende verhardingen terugloopt door de tijd, met ~70 mm/uur per jaar (Veldkamp et al., 2020). Bij afwezigheid van grondig beheer en onderhoud van infiltrerende verharding in de praktijk kan een levensduur van 30 jaar dus niet worden gewaarborgd en zal de inrichting op frequentere basis moeten worden vervangen.

Als onderdeel van het project De Infiltrerende stad is de MKBA-toolbox uitgebreid met de mogelijkheid dit scenario te evalueren. Daarbij is de mogelijkheid ingericht om te kiezen voor verschillende beheers- en onderhoudsopties (regulier/grondig) in combinatie met de optie tot aanpassing van de levensduur van 5 tot 30 jaar.

### 3.3 Aanpak

#### 3.3.1 Maatschappelijke kosten en baten voor diverse wijktypen

Om de maatschappelijke kosten en baten van infiltrerende verharding en van gronding beheer en onderhoud van infiltrerende verharding inzichtelijk te maken en hun kosteneffectiviteit te bepalen ten opzichte van andere maatregelen voor verschillende typen straten met variërende kenmerken maken we gebruik van een indeling in wijktypologieën. Een onderscheid in verschillende wijktypologieën wordt meestal gemaakt op basis van bouwjaar, bebouwingsvorm en de verdeling van de buitenruimte in publieke en private delen en in groene en verharde delen. In binnensteden is de ruimte bijvoorbeeld vaak beperkt waardoor technische, ondergrondse oplossingen noodzakelijk zijn. Bloemkoolwijken en naoorlogse tuinsteden zijn, vanwege het vele publieke groen, minder kwetsbaar voor wateroverlast door extreme regenval. Dit kan een ander palet aan eisen en voorwaarden opleveren en resulteert mogelijk in andere keuzes als het gaat om klimaatbestendige inrichtingsvarianten van de straat. De onderverdeling in straat/wijktypologieën zoals in dit project gebruikt is gebaseerd op Kleerekoper (2016). Kluck et al. (2016, 2017b,c) geeft daarnaast een uitgebreide beschrijving van de diverse typologieën en de kansen voor klimaatadaptatie. Tabel 6 en figuur 1 tonen de wijktypologieën die zijn gebruikt in dit onderzoek. Dit zijn het Vooroorlogs bouwblok, Tuindorp, Naoorlogse woonwijk, Naoorlogse tuinstad laagbouw, Naoorlogse tuinstad hoogbouw, Bloemkoolwijk, en het Stedelijk bouwblok. Tabel 6 geeft daarbij een aantal gebiedskenmerken voor de verschillende wijktypologieën weer die worden gebruikt als invoer in de MKBA-toolbox.

Tabel 6: Gebiedskenmerken van de zeven gebruikte wijktypologieën in de MKBA van infiltrerende verharding en grondig beheer en onderhoud. De kenmerken met een \* zijn berekend op basis van de gebiedskenmerken.

	Vooroorlogs bouwblok	Tuin- dorp	Naoorlogse woonwijk	Naoorlogse tuinstad laagbouw	Naoorlogse tuinstad hoogbouw	Bloemkool- wijk	Stedelijk bouwblok
Straatlengte (m)	362	154	229	44	300	89	110
Afstand tussen gevels (m)	25	20	20	30	25	20	20
% verhard openbare ruimte (%)	90%	100%	100%	68%	53%	90%	100%
Aantal woningen begane grond (#)	55	48	27	12	0	13	30
Aantal inwoners (#)	308	240	54	57	902	28,6	216
Totaal oppervlak (m2)*	12020	5432	5633	1668	12174	2547	3820
Dakoppervlak (m2)*	2970	2352	1053	348	4674	767	1620
Verhard oppervlak (m2)*	11115	5432	5633	1246	8649	2369	3820
Straatoppervlak (m2)*	6697	2233	3321	656	2325	1113	1595
Groenoppervlak openbare ruimte (m2)*	905	0	0	422	3525	178	0





Figuur 1: Zeven wijktypologieën gebruikt in de MKBA van infiltrerende verharding en grondig beheer en onderhoud.

### 3.3.2 Beoordelen van maatschappelijke kosten en baten infiltrerende verhardingen

Vier inrichtingsvarianten zijn ter illustratie in deze rapportage geformuleerd met als uitgangspunt een herhalingskans op wateroverlast van één op 100 jaar. Deze inrichtingsvarianten zijn in de MKBA per wijktype beschouwd op hun maatschappelijke kosten en baten:

- **Uitgangssituatie:** In de uitgangssituatie wordt uitgegaan van de mogelijkheid tot het bergen van 20 mm regenwater op straat afkomstig van het totale oppervlak. Afvoer van (regen)water afkomstig van het verhard oppervlak vindt plaats via het hemelwaterriool met een capaciteit van 22 mm/uur, wat een benadering is van een veel voorkomende situatie in Nederland (STOWA, 2019). Er is dus niet afgekoppeld. Er vindt geen afvoer plaats van regenwater afkomstig van het verhard oppervlak via extra regenwatervoorzieningen en de bergingscapaciteit van regenwater afkomstig van het verhard oppervlak is 0 mm. De infiltratiecapaciteit van onverhard/groen oppervlak kan variëren tussen 10 en 300 mm/uur<sup>2</sup>

<sup>2</sup> <https://www.riool.net/onverhard-oppervlak>

en is in deze en volgende varianten vastgesteld op 20 mm/uur. De kosten voor aanleg- en onderhoud in deze variant hebben betrekking op het reguliere vervangingsregime van straat en riolering.

- **Variant Bergen op straat:** In de variant Bergen op straat wordt aan het straatoppervlak extra ruimte gecreëerd om regenwater tijdelijk te bergen. In deze variant is er voor gekozen om 40 mm regenwater afkomstig van het totale oppervlak tijdelijk op straat te bergen. Er wordt niet afgekoppeld dus afvoer van (regen)water afkomstig van het verhard oppervlak vindt plaats via het hemelwaterriool met een capaciteit van 22 mm/uur (zie uitgangssituatie). In deze variant vindt geen afvoer plaats van regenwater afkomstig van het verhard oppervlak via extra regenwatervoorzieningen. Extra bergingscapaciteit middels regenwatervoorzieningen is afwezig. De infiltratiecapaciteit van onverhard/groen oppervlak is gesteld op 20 mm/uur (zie uitgangssituatie). De kosten voor aanleg- en onderhoud in deze variant hebben betrekking op het reguliere vervangingsregime van straat en riolering en het creëren van extra bergruimte voor de tijdelijke opslag van regenwater aan het straatoppervlak.

- **Variant Infiltrerende verharding (1 – 100% van het straatoppervlak):** In de variant Infiltrerende verharding wordt infiltrerende verharding over 1 – 100% van het straatoppervlak aangelegd om de infiltratie van regenwater afkomstig van het verhard oppervlak te bevorderen. De afvoer/bergingscapaciteit van de infiltrerende verharding is gelijk aan 20 mm/uur en heeft betrekking op de afvoer/berging van regenwater afkomstig van het verhard oppervlak. Om deze afvoer/bergingscapaciteit te kunnen behalen wordt van verschillende oppervlakten infiltrerende verharding een verschillend infiltrerend vermogen vereist. Bijvoorbeeld: In het geval van het Vooroorlogs Bouwblok is het verhard oppervlak 11115 m<sup>2</sup> (tabel 6). Het straatoppervlak is 6697 m<sup>2</sup>. Om een afvoer-/bergingscapaciteit van 20 mm/uur gebaseerd op het totale verhard oppervlak te kunnen behalen moet bij aanleg van een infiltrerende verharding over 100% van het straatoppervlak de infiltratiecapaciteit tenminste 33,2 mm/uur zijn (berekening:  $20 \text{ mm/uur} * 11115 / 6697 = 33,2 \text{ mm/uur}$ ). Bij aanleg van een infiltrerende verharding over 50% van het straatoppervlak moet de infiltratiecapaciteit tenminste 66,4 mm/uur zijn. Ook in de variant Infiltrerende verharding wordt aan het straatoppervlak extra ruimte gecreëerd om regenwater tijdelijk te bergen (40 mm). In deze variant wordt het hemelwaterriool afgekoppeld. De infiltratiecapaciteit van onverhard/groen oppervlak is 20 mm/uur (zie uitgangssituatie). De kosten voor aanleg- en onderhoud in deze variant hebben betrekking op afkoppelen van het hemelwaterriool (hierna zijn geen onderhoudskosten meer nodig), het creëren van extra bergruimte aan het straatoppervlak voor de tijdelijke opslag van regenwater, en de aanleg van infiltrerende verharding en een verbindingsleiding op/onder de straat.

- **Variant Wadi (1-10% van het straatoppervlak):** In de variant Wadi wordt een centrale wadi met afmetingen met een oppervlak van 1-10% van het straatoppervlak aangelegd om de infiltratie van regenwater afkomstig van het verhard oppervlak te bevorderen. De afvoer/bergingscapaciteit van de wadi is gelijk aan 20 mm/uur en heeft betrekking op de afvoer/berging van regenwater afkomstig van het verhard oppervlak. Ook in de variant Wadi wordt aan het straatoppervlak extra ruimte gecreëerd om regenwater tijdelijk te bergen (40 mm). In deze variant wordt het hemelwaterriool afgekoppeld. De infiltratiecapaciteit van onverhard/groen oppervlak is 20 mm/uur (zie uitgangssituatie). De kosten voor aanleg- en onderhoud in deze variant hebben betrekking op afkoppelen van het hemelwaterriool (hierna zijn geen onderhoudskosten meer nodig), het creëren van extra bergruimte aan het straatoppervlak voor de tijdelijke opslag van regenwater, en de aanleg van de centrale wadi in combinatie met drainage en een molgoot. Waar mogelijk wordt de wadi aangelegd in bestaand openbaar groen. Indien het bestaand openbaar groen in m<sup>2</sup> ontoereikend is voor aanleg van de wadi wordt voetpad/plein omgezet in groen.

In de analyse wordt eerst per wijktypologie een vergelijking gemaakt tussen de verschillende varianten. Hierbij fungeert de uitgangssituatie als referentiepunt. Aanvullend wordt, ter illustratie, voor één wijktype (vooroorlogs bouwblok) gekeken naar de relatieve opbouw van kosten per variant en wordt voor dit wijktype per variant een uitsplitsing gemaakt naar de kosten per stakeholder.

### 3.3.3 Beoordelen van maatschappelijke kosten en baten grondig beheer en onderhoud

Om de kosteneffectiviteit van verschillende beheer- en onderhoudsstrategieën voor infiltrerende verharding te kunnen beoordelen is een aantal varianten die verschillen in beheer en onderhoud ontwikkeld waarover een MKBA met behulp van de MKBA-toolbox is uitgevoerd. Deze varianten zijn in opzet gelijk voor alle gebruikte wijktypologieën. In alle varianten wordt uitgegaan van de aanleg van een infiltrerende verharding met een dekking van 5% van het straatoppervlak. De benodigde infiltratiecapaciteit die de infiltrerende verharding moet hebben om een afvoer/bergingscapaciteit van 20 mm/uur te behalen die betrekking heeft op de afvoer/berging van regenwater afkomstig van het verhard oppervlak varieert hierbij van 664 mm/uur tot 1488 mm/uur. Het hemelwaterriool wordt in alle varianten afgekoppeld en extra ruimte aan het straatoppervlak wordt gecreëerd om regenwater tijdelijk te kunnen bergen (40 mm). De varianten verschillen op het type beheer en onderhoud dat wordt gepleegd aan de infiltrerende verharding, de frequentie waarmee de infiltrerende verharding moet worden vervangen (de levensduur), en de benodigde vervanging (straatwerk of gehele systeem) noodzakelijk om de infiltrerende verharding weer naar behoren te laten functioneren.

- **Variant Regulier B&O levensduur 30 jaar:** In de variant Regulier B&O (levensduur 30 jaar) wordt uitgegaan van het regelmatig plegen van regulier beheer en onderhoud aan de infiltrerende verharding met behulp van een veegzuigwagen (4x per jaar). Aanvullend wordt de infiltrerende verharding 1x per 6 jaar grondig gereinigd en wordt de voegvulling aangevuld. Voor grondige reiniging wordt een ZOAB-reiniger ingezet. Het gebruik van de ZOAB-reiniger kan in de MKBA-toolbox vervangen worden door andere vormen van grondig beheer en onderhoud met een gelijkwaardige effectiviteit. In de uitgangssituatie wordt aangenomen dat deze beheer- en onderhoudsstrategie een levensduur van de infiltrerende verharding van 30 jaar waarborgt. Veldkamp et al. (2020) laten echter zien dat, bij afwezigheid van grondig beheer- en onderhoud van infiltrerende verharding, een aangenomen levensduur van 30 jaar geen realistische aanname is.

- **Variant Regulier B&O levensduur 10 jaar:** In de variant Regulier B&O (levensduur 10 jaar) wordt uitgegaan van het regelmatig plegen van regulier beheer en onderhoud aangevuld met aanvullend grondig beheer en onderhoud, conform de strategie benoemd in de uitgangssituatie. Dit betreft 4x per jaar reiniging met behulp van een veegzuigwagen en 1x per 6 jaar grondige reiniging van de infiltrerende verharding middels een ZOAB-reiniger (of methodiek met gelijksoortige effectiviteit) en aanvullen van de voegvulling. In deze variant wordt aangenomen dat deze beheer- en onderhoudsstrategie een levensduur van de infiltrerende verharding van 10 jaar waarborgt. Deze aanname is gebaseerd op eerdere onderzoeksresultaten uit het project De Infiltrerende Stad die laten zien dat bij afwezigheid van grondig beheer en onderhoud de infiltratiesnelheid van infiltrerende verharding terugloopt door de tijd, met ~70 mm/uur per jaar (Veldkamp et al., 2020). Na 10 jaar is de infiltratiesnelheid van de infiltrerende verharding dusdanig teruggelopen dat de verharding geheel (straatwerk en onderliggend systeem) of gedeeltelijk (straatwerk) moet worden vervangen.

- **Variant Grondig B&O levensduur 30 jaar:** In de variant Grondig B&O wordt uitgegaan van het regelmatig plegen van regulier beheer en onderhoud aan de infiltrerende verharding met behulp van een veegzuigwagen (4x per jaar). Aanvullend wordt de infiltrerende verharding 1x per jaar grondig gereinigd

en wordt de voegvulling aangevuld. Voor grondige reiniging wordt een ZOAB-reiniger ingezet. In deze variant wordt aangenomen dat deze beheer- en onderhoudsstrategie een levensduur van de infiltrerende verharding van 30 jaar waarborgt (Veldkamp et al., 2020).

In de analyse wordt eerst per wijktypologie een vergelijking gemaakt tussen de varianten met verschillende beheers- en onderhoudsstrategieën. Hierbij fungeert de Ausgangssituatie (straat zonder infiltrerende verharding, zie paragraaf 3.2.2) als referentiepunt. Aanvullend wordt, ter illustratie, voor één wijktype (het vooroorlogs bouwblok) gekeken naar de relatieve opbouw van kosten en baten per variant en wordt voor dit wijktype per variant een uitsplitsing gemaakt naar de kosten en baten per stakeholder.

## 3.4 Resultaten en discussie

### 3.4.1 Maatschappelijke kosten en baten van infiltrerende verhardingen

#### 3.4.1.1 Kosteneffectiviteit infiltrerende verhardingen

Infiltrerende verharding in combinatie met ruimte voor waterberging op straat is – mits juist gedimensioneerd - voor de meeste wijktypologieën een kosteneffectieve maatregel om wateroverlast op straat te beperken, in vergelijking met de Ausgangssituatie en in relatie tot andere klimaatadaptatiemaatregelen zoals berging op straat en de aanleg van een wadi. Tabel 7 toont voor de gebruikte wijktypologieën de relatieve kosten waarbij de Ausgangssituatie als referentiepunt fungeert. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt in het type kosten (aanleg, beheer, of schadekosten). Tabel 7 laat zien dat het creëren van additionele berging op straat voor alle wijktypologieën leidt tot een terugloop in kosten in verhouding tot de Ausgangssituatie.

De aanleg van infiltrerende verharding is voor alle wijktypologieën kosteneffectief ten opzichte van de Ausgangssituatie mits de aanleg van infiltrerende verharding wordt beperkt tot maximaal 25% van het straatoppervlak. De aanleg van een groter aandeel infiltrerende verharding (meer dan 25-50% van het straatoppervlak) levert geen extra reductie in schadekosten op maar zorgt tegelijkertijd wel voor relatief hoge aanleg- en onderhoudskosten. Een verdere verkleining van het infiltrerend oppervlak (tot aanleg van 1% van het straatoppervlak) zorgt in potentie voor een verdere reductie van de kosten (tot 71%), veroorzaakt door een afname in aanleg- en onderhoudskosten. Hierbij moet worden opgemerkt dat een verkleining van het infiltrerend oppervlak vraagt om een vergroting van de benodigde infiltratiecapaciteit van de infiltrerende verharding (Bijlage A). Infiltrerende verharding met een infiltrerend oppervlak ter grootte van 1% van het straatoppervlak vereist bijvoorbeeld een infiltratiecapaciteit die varieert over de wijktypologieën van 3319 mm/uur tot 7440 mm/uur. Infiltrerende verharding met een infiltrerend oppervlak ter grootte van 5% van het straatoppervlak vereist een infiltratiecapaciteit die varieert van 664 mm/uur tot 1488 mm/uur. Bij aanleg van infiltrerende verharding – met deze combinaties van oppervlak en infiltratieoppervlak, worden de schadekosten teruggebracht tot 0,1 – 3,3% van de totale kosten, daarnaast is de herhalingskans op wateroverlast relatief laag (eens per 87 tot 1558 jaar). Daarnaast zijn er additionele baten ten gevolge van de infiltrerende verharding door het afkoppelen van de woningen en verwijdering van het hemelwaterriool.

Ook de aanleg van wadi's is voor alle wijktypologieën kosteneffectief ten opzichte van de Ausgangssituatie. De aanleg van wadi's, met afmetingen gelijk aan 1% tot 10% van het straatoppervlak, leidt tot een reductie van de kosten tot 61 – 89% in vergelijking met de Ausgangssituatie. Ook hier geldt dat rekening gehouden moet worden met een omgekeerd evenredige relatie als het gaat om het infiltrerend oppervlak en bergingscapaciteit van de wadi en de benodigde infiltratie- en bergingscapaciteit in mm/uur van de

voorziening. De reductie in schadekosten en herhalingskans van wateroverlast is bij aanleg van wadi's op basis van de gekozen combinatie gelijkwaardig aan de reductie in schadekosten en herhalingskans van wateroverlast bij aanleg van infiltrerende verharding. De aanleg van een wadi levert onder verschillende wijktypologieën relatief veel additionele (groen)baten op voor een straat. Hierbij moet worden opgemerkt dat er binnen de verschillende wijktypologieën niet altijd ruimte voorhanden is om openbaar groen in te zetten of steen om te zetten in groen en op die manier de voorwaarden te scheppen om een wadi te creëren. Potentiële (groen)baten kunnen in dat geval niet altijd worden gerealiseerd.

Tabel 7 toont tenslotte dat voor de wijktypologieën Tuindorp, Naoorlogse woonwijk, Naoorlogse tuinstad laagbouw, en Stedelijk bouwblok geldt dat de aanleg van infiltrerende verharding (bij aanleg van 1-5% van het straatoppervlak) de meest kosteneffectieve maatregel is om wateroverlast tegen te gaan. Effectiever dan het creëren van 'alleen extra berging op straat' of de 'aanleg van een wadi met een gelijkwaardig infiltrerend oppervlak'. Voor het wijktipe Bloemkoolwijk zijn de aanleg van een wadi en de aanleg van infiltrerende verharding gelijkwaardig aan elkaar als het gaat om kosteneffectiviteit. Voor het wijktipe Naoorlogse tuinstad hoogbouw komt in deze analyse een wadi als meest kosteneffectieve klimaatadaptatiemaatregel naar voren.

Infiltrerende verharding komt uit dit onderzoek naar voren als relatief kosteneffectief. Dit was ook de conclusie uit eerdere studies die zijn uitgevoerd met behulp van deze MKBA-toolbox naar de kosteneffectiviteit van infiltrerende verharding ten opzichte van andere klimaatadaptatiemaatregelen en in relatie tot een traditionele herinrichting (Kluck et al., 2016, 2017b,c). Een mogelijke verklaring hiervoor is dat in de huidige studie bewust is gezocht naar een optimum tussen enerzijds het beperken van de schadekosten middels de aanleg van infiltrerende verharding en anderzijds het beperken van de kosten voor aanleg en onderhoud en het voorkomen van overcapaciteit aan infiltrerend vermogen. Verhoudingsgewijs wordt hierdoor op een relatief klein aandeel van het straatoppervlak infiltrerende verharding aangelegd met relatief kosteneffectieve uitkomsten tot gevolg.

Tabel 7: Overzicht van de relatieve kosten per wijktypologie voor verschillende varianten van een klimaatbestendige straatinrichting.

	Vooroorlogs bouwblok	Tuindorp	Naoorlogse woonwijk	Naoorlogse tuinstad laagbouw	Naoorlogse tuinstad hoogbouw	Bloem koolwijk	Stedelijk bouwblok
<i>Uitgangssituatie</i>	100 (%)	100 (%)	100 (%)	100 (%)	100 (%)	100 (%)	100 (%)
Berging op straat zonder afkoppelen	93	85	94	92	99	94	87
Infiltrerende verharding – 100% straatoppervlak	158	132	155	136	124	140	133
Infiltrerende verharding - 50% straatoppervlak	118	100	116	106	104	109	101
Infiltrerende verharding - 25% straatoppervlak	98	84	96	92	94	92	85
Infiltrerende verharding - 10% straatoppervlak	87	74	84	83	87	84	77
Infiltrerende verharding 5% straatoppervlak	83	71	80	80	86	82	73

Infiltrerende verharding 1% straatoppervlak	75	69	77	80	84	78	71
Wadi – 10% straatoppervlak	89	76	87	84	65	85	79
Wadi – 5% straatoppervlak	85	74	84	83	62	81	76
Wadi – 1% straatoppervlak	83	72	81	81	61	78	74

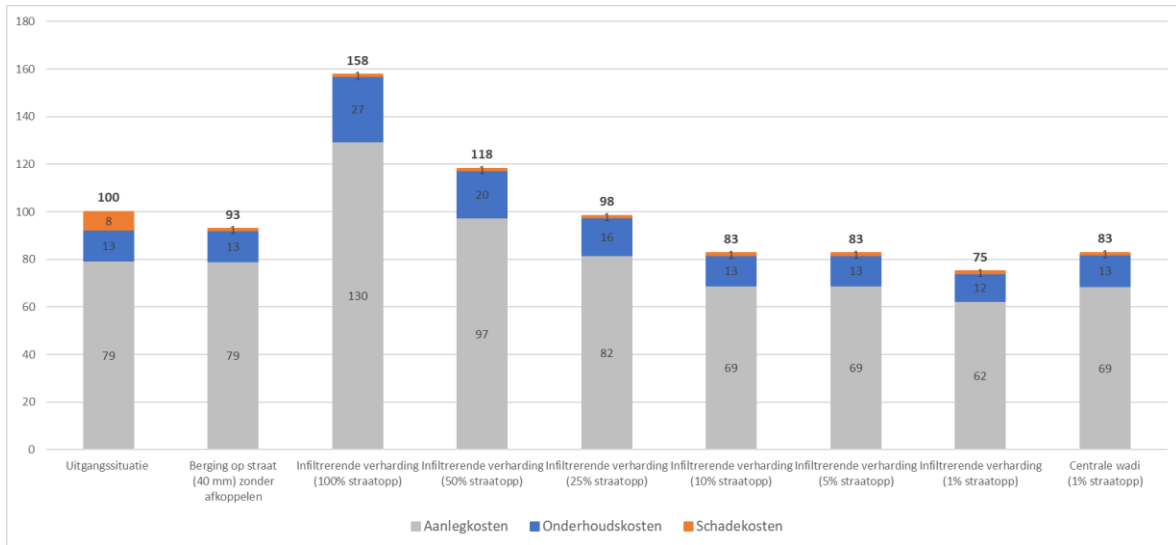
### 3.4.1.2 Verdeling van kosten

Niet alleen de totale kosten en baten spelen een rol in de keuze voor een klimaatadaptatiemaatregel. Ook de verdeling van kosten (en baten) per variant. In deze paragraaf tonen we voor het wijktype vooroorlogs bouwblok en voor verschillende klimaatadaptatiemaatregelen de verdeling van de kosten, uitgesplitst naar kosten voor aanleg, beheer, en waterschade (figuur 2). Deze verdeling vergelijken we met de uitgangssituatie. Bijlage A toont de verdeling van kosten voor andere wijktypologieën.

Figuur 2 toont dat voor het wijktype Vooroorlogs Bouwblok de aanlegkosten een relatief groot aandeel innemen van de totale kosten geschat met behulp van de MKBA-toolbox. Dit geldt niet alleen voor de uitgangssituatie maar ook voor alle beoordeelde varianten (berging op straat, infiltrerende verharding, wadi). Deze aanlegkosten komen voort uit de reguliere vervangingsopgave van het straatwerk en het riool in combinatie met eventuele kosten voor aanleg van klimaatadaptatiemaatregelen (extra berging op straat, infiltrerende verharding, wadi). De aanleg van infiltrerende verharding, met name als een relatief groot deel (50 -100%) van het straatoppervlak wordt bestraat, is relatief duur ten opzichte van andere maatregelen. Bij een kleiner oppervlak aanleg van infiltrerende bestrating (<25%) zijn kosten marktconform of zelfs lager dan de uitgangssituatie. Dit komt doordat de reguliere vervangingsopgave van het hemelwaterriool in de straat vervalt wanneer wordt gekozen voor deze klimaatadaptatiemaatregel in combinatie met afkoppelen van het hemelwaterriool.

Onderhoudskosten maken een relatief klein aandeel uit van de totale kosten (13-17%), zowel voor de varianten als voor de uitgangssituatie. Relatief gezien maken de onderhoudskosten een groter aandeel uit van de totale kosten in het geval van infiltrerende verharding en een wadi. Specifieke technologieën hebben relatief meer beheer en onderhoud nodig om ze goed te kunnen laten functioneren. In het geval van infiltrerende verharding gaat het om het open houden van het infiltrerend oppervlak met behulp van een veegzuigwagen, een ZOAB-cleaner, en/of het hervullen van de voegen. In het geval van een wadi gaat het om het verbeteren van de bodem en toplaag, maaien, verticuleren en beluchten, en het verwijderen van vuil.

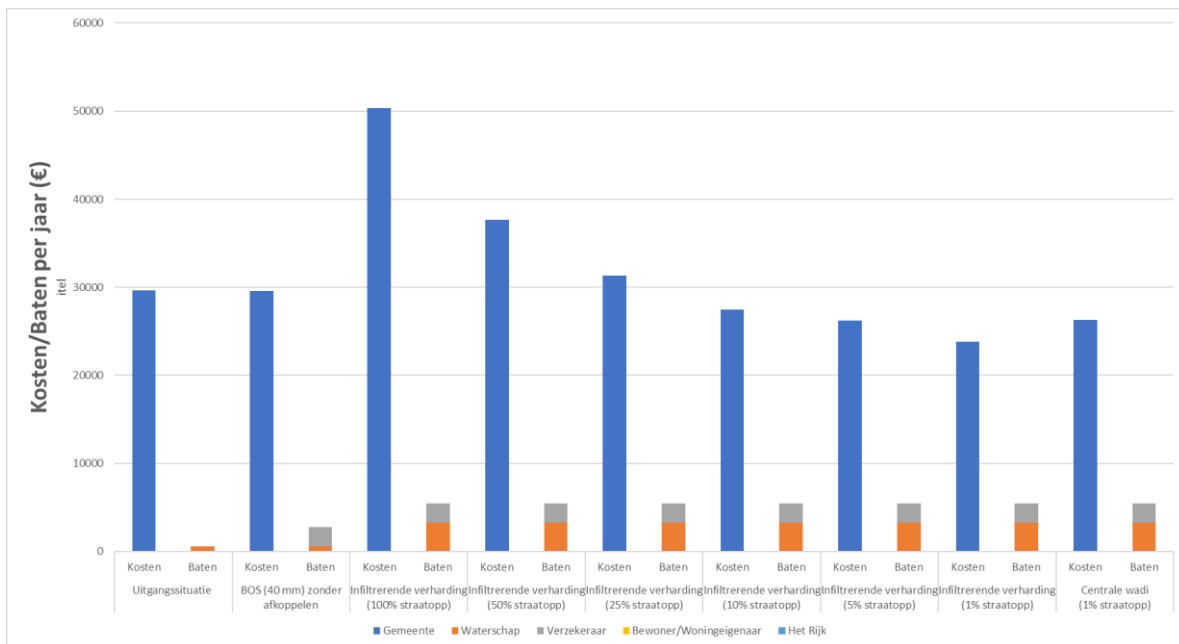
Schadekosten door wateroverlast vormen in alle gevallen de kleinste component van de totale kosten, 8% van de totale kosten in de uitgangssituatie. Het introduceren van berging op straat, infiltrerende verharding, en/of een wadi zorgt voor een reductie van de schadekosten tot 1% (infiltrerende verharding, wadi) – maar daar is dan ook op ontworpen.



Figuur 2: Verdeling van kosten per inrichtingsvariant voor het wijktype Vooroorlogs Bouwblok.

### 3.4.1.3 Verdeling van kosten en baten per stakeholder

Bij het nemen van klimaatadaptatiemaatregelen komen de kosten en baten over het algemeen niet evenredig verdeeld bij verschillende stakeholders terecht. In figuur 3 tonen we voor het wijktype Vooroorlogs Bouwblok de verdeling van kosten en baten over de stakeholders gemeente, het waterschap, de bewoners/woningeigenaren, de verzekeraar, en Het Rijk. Figuur 3 toont daarbij dat de kosten grotendeels bij de gemeente terecht komen. Dit zijn de kosten voor aanleg en onderhoud. Eventuele baten van de diverse inrichtingsvarianten komen voornamelijk bij het waterschap en de verzekeraars terecht. Baten voor het waterschap hebben betrekking op een afname van de benodigde zuiveringscapaciteit als gevolg van aanleg van onverhard of groen en het afkoppelen van woningen. Baten voor de verzekeraars hebben betrekking op vermeden schadekosten door wateroverlast.



Figuur 3: Verdeling van kosten en baten over stakeholders per inrichtingsvariant voor het wijktype Vooroorlogs Bouwblok.

### 3.4.2 Maatschappelijke kosten en baten van grondig beheer en onderhoud

Bij het beoordelen van de kosteneffectiviteit van infiltrerende verharding (paragraaf 3.4.1) is aangenomen dat door middel van regulier beheer en onderhoud (4x veegzuigwagens per jaar, 1x per 6 jaar ZOAB-reiniger) de levensduur van infiltrerende verharding kan worden gewaarborgd op 30 jaar. In de praktijk blijkt echter dat de infiltratiesnelheid van infiltrerende verharding terugloopt met ~70 mm/uur per jaar wanneer alleen regulier beheer en onderhoud wordt uitgevoerd (Veldkamp et al., 2020). Onder deze omstandigheden is het aannemelijk te veronderstellen dat de beoogde levensduur van 30 jaar niet wordt behaald. In plaats daarvan is het beter te rekenen met een verkorte levensduur, bijvoorbeeld van 10 jaar. Na 10 jaar moet in dat geval het gehele (straatwerk en onderliggend systeem) of gedeeltelijke (straatwerk) systeem worden vervangen om de infiltratiesnelheid weer terug te brengen naar het originele niveau. In geval van grondig beheer en onderhoud (4x veegzuigwagens per jaar, 1x per jaar ZOAB-reiniger) kan worden verondersteld dat de levensduur van de infiltrerende verharding kan worden gewaarborgd op 30 jaar. Het uitvoeren van grondig beheer en onderhoud, ten opzichte van regulier beheer en onderhoud, kan dus de levensduur verlengen en is daarmee in potentie over de gehele looptijd een kosteneffectieve beheersvariant. In deze paragraaf beoordelen we voor de verschillende wijktypologieën wat de maatschappelijke kosten en baten van diverse beheersvarianten zijn en welke beheersvariant het meest kosteneffectief is.

Tabel 8 toont voor de gebruikte wijktypologieën de relatieve totaalkosten (niet uitgesplitst naar aanleg, beheer, of schadekosten) waarbij de uitgangssituatie als referentiepunt fungeert. Alle varianten met infiltrerende verharding hebben lagere kosten dan de uitgangssituatie. We vergelijken hier beheer/onderhoudvarianties op de variant met doorlatende verharding op 5% van het oppervlak (tabel 7). Zoals verwacht toont tabel 8 dat een verkorte levensduur van de infiltrerende verharding tot 10 jaar onder regulier beheer en onderhoud en in geval van tussentijdse vervanging van de gehele of gedeeltelijke voorziening, leidt tot hogere kosten dan wanneer een levensduur van 30 jaar wordt gehanteerd (tabel 7). Maar de kosten zijn nog steeds lager dan de traditionele inrichtingsvariant. Het vervangen van een deel van het systeem of het gehele systeem leidt slechts voor enkele wijktypologieën tot meetbare verschillen in kosten. Dit komt omdat de verschillen voor de meeste wijktypologieën tussen vervanging van het gedeeltelijke of gehele systeem kleiner zijn dan de gehanteerde onzekerheidsmarge op de kosten. Het uitvoeren van grondig beheer en onderhoud is iets duurder dan regulier beheer en onderhoud wanneer voor beiden een gerealiseerde levensduur van 30 jaar wordt gehanteerd, met verschillen die variëren van 2 tot 5 procentpunt. Indien in het geval van regulier beheer en onderhoud de meer realistischere levensduur van 10 jaar wordt gebruikt blijkt uit de analyse dat het uitvoeren van grondig beheer en onderhoud de meest kosteneffectieve beheersmaatregel is.

Tabel 8: Overzicht van de relatieve kosten per wijktypologie voor verschillende beheersmaatregelen van infiltrerende verharding.

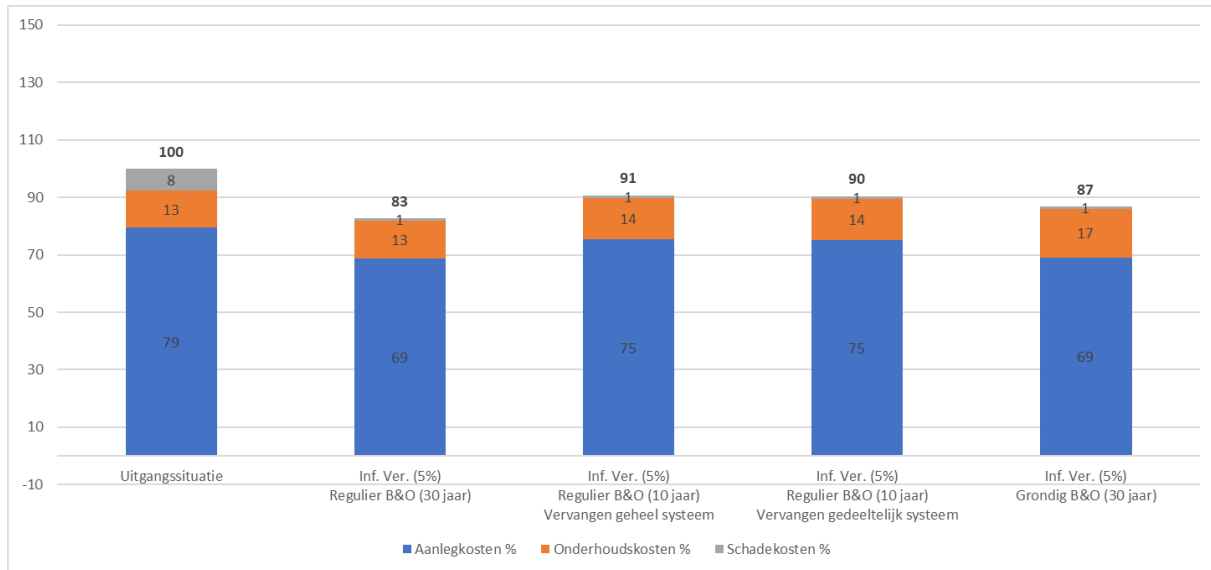
	Vooroorlogs bouwblok	Tuindorp	Naoorlogse woonwijk	Naoorlogse tuinstad laagbouw	Naoorlogse tuinstad hoogbouw	Bloem koolwijk	Stedelijk bouwblok
<i>Uitgangssituatie</i>	100 (%)	100 (%)	100 (%)	100 (%)	100 (%)	100 (%)	100 (%)
Inf. Ver (5%): Regulier beheer en onderhoud – levensduur 30 jaar	83	71	80	80	86	82	73
Inf. Ver (5%): Regulier beheer en onderhoud – levensduur 10 jaar,	91	78	89	86	90	87	80



vervangen geheel systeem							
Inf. Ver (5%): Regulier beheer en onderhoud – levensduur 10 jaar, vervangen deel systeem	90	78	88	86	90	87	80
Inf. Ver (5%): Grondig beheer en onderhoud – levensduur 30 jaar	87	75	85	83	88	85	78

Figuur 4 toont de verdeling van kosten per type beheersmaatregel voor het wijktype **Vooroorlogs bouwblok**. Bijlage B toont een verdeling van de kosten en baten per type beheersmaatregel voor de andere wijktypologieën. Referentiepunt is de uitgangssituatie. Wanneer we de verdeling van kosten over de verschillende beheersmaatregelen voor het Vooroorlogs bouwblok bekijken wordt ook hier zichtbaar dat aanleg van infiltrerende verharding in combinatie met de verschillende beheersmaatregelen in alle gevallen kosteneffectief is ten opzichte van de uitgangssituatie. Figuur 4 laat aanvullend zien dat het plegen van grondig beheer en onderhoud leidt tot relatief lagere totaalkosten in vergelijking met het uitvoeren van regulier beheer en onderhoud. Deze observatie geldt onder de aanname dat grondig beheer en onderhoud de levensduur van de infiltrerende verharding waarborgt op 30 jaar, terwijl onder regulier beheer en onderhoud de levensduur 10 jaar is waarna de voorziening gedeeltelijk of geheel moet worden vervangen.

In het geval van grondig beheer en onderhoud is het aandeel onderhoudskosten relatief hoog. Gebruik van een ZOAB-reiniger ten opzichte van een veegzuigwagen is relatief duur. Grondig beheer en onderhoud leidt daarentegen tot relatief lage aanlegkosten al zijn de onderlinge verschillen klein. Door de gewaarborgde levensduur van de infiltrerende verharding hoeft deze voorziening slechts een beperkt aantal maal te worden vervangen in vergelijking met het aantal vervangingen onder regulier beheer en onderhoud (en een levensduur van 10 jaar). Het feit dat de onderlinge verschillen in aanlegkosten slechts klein zijn kan worden verklaard doordat het oppervlak van de infiltrerende verharding slechts 5% van het totale straatoppervlak beslaat. Hierbij moet worden opgemerkt dat overige meerkosten voor tussentijdse vervanging van de straat (zoals administratie, proces, en projectkosten) niet zijn meegenomen in deze analyse. Schadekosten blijven onder alle beheersvarianten beperkt.



Figuur 4: Verdeling van kosten per beheersvariant voor het wijktype Vooroorlogs Bouwblok.

### 3.5 Conclusie

Met behulp van de MKBA-toolbox “Het klimaat pas ook in uw straatje” zijn voor zeven verschillende wijktypologieën de maatschappelijke kosten en baten van infiltrerende verharding beoordeeld ten opzichte van een uitgangssituatie met traditionele herinrichting. Daarbij zijn de varianten zo ontworpen dat de kans op wateroverlast door extreme neerslag sterk wordt beperkt..

De resultaten van dit onderzoek laten zien dat varianten met infiltrerende verharding om wateroverlast door extreme neerslag te beperken voor alle wijktypologieën kosteneffectief zijn ten opzichte van de uitgangssituatie, mits juist gedimensioneerd. Bij aanleg van 1-10% van het straatoppervlak met infiltrerende verharding wordt overcapaciteit voorkomen en worden aanleg- en onderhoudskosten geminimaliseerd. Daarbij moet wel in ogenschouw genomen worden dat realistische eisen worden gesteld aan het infiltrerend vermogen van de infiltrerende verharding. Onder een dimensionering van 1-10% van het straatoppervlak is infiltrerende verharding voor het gros van de bestudeerde wijktypologieën ook de meest kosteneffectieve maatregel wanneer deze vergeleken wordt met andere maatregelen om wateroverlast te beperken, zoals berging op straat of een wadi. Alleen voor het wijktype Naoorlogse tuinstad hoogbouw komt een wadi als meest kosteneffectief uit de bus. Bij aanleg van infiltrerende verharding worden de schadekosten teruggebracht tot 0,1 – 3,3% van de totale kosten. De herhalingskans op wateroverlast is bovendien relatief laag (eens per 87 tot 1558 jaar). Kosten voor aanleg van infiltrerende verharding komen overeen met andere maatregelen en de uitgangssituatie, en ook wat betreft de kosten voor beheer- en onderhoud zijn de verschillen klein. Technische oplossingen, zoals infiltrerende verharding, vereisen veelal specialistische vormen van beheer en onderhoud, welke relatief duur zijn. Additionele (groen)baten voor infiltrerende verharding worden gerealiseerd middels het afkoppelen van de woningen en verwijdering van het hemelwaterriool. De kosten voor de aanleg van infiltrerende verharding komen voornamelijk voor rekening van de gemeente. Baten, daarentegen, komen voornamelijk terecht bij de verzekeraar (vermeden schadekosten), het waterschap (afname benodigde zuiveringscapaciteit) en in mindere mate huiseigenaren (toename waarde huizen), gemeente en Het Rijk (toename WOZ-belasting). Bij het maken van een keuze voor infiltrerende verharding als maatregel om wateroverlast op straat te beperken op kosten en baten moeten gemeenten er dus rekening mee houden

dat de gemaakte kosten niet of slechts op beperkte wijze naar de gemeente zelf terugvloeien in de vorm van directe baten.

Middels een uitbreiding van de MKBA-toolbox voor de evaluatie van diverse beheer en onderhoudsstrategieën zijn de maatschappelijke kosten en baten bepaald van grondig en regulier beheer en onderhoud van infiltrerende verharding. Een doorrekening van kosten en baten voor diverse vormen van beheer en onderhoud heeft plaatsgevonden voor de verschillende wijktypologieën in het geval van een inrichtingsvariant waarin over 5% van het straatoppervlak infiltrerende verharding is aangelegd. Bij deze MKBA analyse is in eerste instantie aangenomen dat het uitvoeren van grondig beheer en onderhoud van de infiltrerende verharding de levensduur van 30 jaar waarborgt. In het geval van regulier beheer en onderhoud is aangenomen dat dit een beperkte levensduur tot gevolg heeft, van 10 jaar, waarna de voorziening geheel of gedeeltelijk moet worden vervangen. Onder deze aannames toont het uitvoeren van grondig beheer en onderhoud kosteneffectief. Grondig beheer en onderhoud, in relatie tot regulier beheer en onderhoud, leidt daarbij in de regel tot een daling van de aanlegkosten (een voorziening hoeft minder vaak vervangen te worden) en stijging van de onderhoudskosten (kosten voor grondig beheer en onderhoud zijn hoger). Veel, met name grotere, gemeenten hebben aparte uitvoeringsinstanties voor ontwerp en aanleg en beheer en onderhoud met gescheiden budgetten, financieringsstromen en planningssystemen. Het is daarom belangrijk te onderstrepen dat de totale kosteneffectiviteit van een klimaatadaptatiemaatregel zoals infiltrerende verharding staat of valt met keuzes gemaakt in de aanleg en het ontwerp, keuzes die genomen zijn in harmonie met beslissingen op het gebied van beheer en onderhoud over de beoogde levenscyclus van de voorziening. Het is dan ook aan te bevelen dat beide aspecten integraal worden meegenomen in het ontwerp en de besluitvorming rondom de implementatie van infiltrerende verharding als klimaatadaptatiemaatregel in de praktijk.

De getoonde resultaten van deze MKBA-analyse zijn gebaseerd op wijktypologieën en beschikbare kostenkengetallen. De resultaten zijn daarmee illustratief voor de kosteneffectiviteit van infiltrerende verharding ten opzichte van alternatieve maatregelen en voor de kosten en baten van diverse beheers en onderhoudsstrategieën. Voor individuele, specifieke cases is echter een doorrekening op maat nodig. De MKBA-toolbox 'Het klimaat past ook in uw straatje' is daarvoor een bruikbaar hulpmiddel.

In deze studie hebben we de baten van het voorkomen van droogteschade in de stad niet meegenomen. De afgelopen droge zomers hebben laten zien dat de droogte een groot probleem kan zijn en het is aannemelijk dat meer infiltratie van regenwater de droogteschade zal beperken. De omvang van deze baten (voorkomen van droogteschade) is echter nog te onzeker om kwantitatief mee te nemen in deze studie.

## 4. Marktstrategie

### 4.1 Van analyse naar strategie

Infiltrerende verharding als klimaatadaptatiemaatregel om wateroverlast in het stedelijk gebied te beperken is geen standaard keuze. Door problemen met de afname van infiltratiesnelheid, onduidelijkheid over beheer en onderhoud, en onzekerheid omtrent de kosteneffectiviteit loopt de markt achter bij de verwachtingen van MKB-ondernemingen gericht op dit type innovaties.

Middels praktijkgericht onderzoek in 4 werkpakketten is in het project De Infiltrerende Stad een antwoord gezocht op de vraag: **“Hoe kunnen MKB-ondernemingen met innovaties het vertrouwen van de markt zodanig versterken dat de markt (weer) kiest voor meer toepassing van infiltrerende verhardingen?”**. De uitkomsten van dit onderzoek vormen tezamen de marktanalyse en zijn het beginpunt van een marktstrategie.

Een verkenning van de markt voor infiltrerende verharding (WP4, hoofdstuk 2) laat zien dat diverse sleutelfactoren op systeem- en technologieniveau en rol spelen in de keuze voor infiltrerende verharding. Op systeemniveau spelen daarbij (1) vertrouwen tussen de samenwerkende partijen, (2) enthousiasme en doorzettingsvermogen van individuen in het waterbeheer en (3) draagvlak en commitment bij bestuurders een belangrijke rol. Het versterken van “Association” verdient daarbij prioriteit om de ontvankelijkheid van de eindgebruiker voor infiltrerende verharding te vergroten. Maatregelen op systeemniveau moeten zich dus vooral richten op het vergroten van het positieve beeld van kansen die infiltrerende verharding biedt voor de organisatie van de eindgebruiker. Op technologieniveau spelen: (1) betrouwbaarheid van de technologie, (2) effecten op het milieu en (3) kosten van beheer en onderhoud, een belangrijke rol in de uiteindelijke keuze voor de implementatie van infiltrerende verharding in de praktijk. Het bieden van meer inzicht in de werking en betrouwbaarheid van de technologie en bijbehorende kosteneffectiviteit is daarbij van belang om de kans op implementatie van infiltrerende verharding in de praktijk te vergroten.

Het onderzoek De Infiltrerende Stad draagt bij aan een aantal van de genoemde factoren. Door het doen van metingen, de analyse van een groot aantal casussen en technieken en door het verspreiden van kennis beoogt het Consortium de betrouwbaarheid voor de eindgebruiker te vergroten.

De systeemanalyse uitgevoerd als onderdeel van werkpakket 1 biedt daarbij allereerst een overzicht van producten en innovaties op het gebied van infiltrerende verharding. Daarnaast schetst het de context waarbinnen infiltrerende verhardingen functioneren in de praktijk: ontwerpnormen en eisen van gemeenten ten aanzien van het functioneren van infiltrerende verharding; beschikbare vormen van beheer en onderhoud; en een overzicht van reeds uitgevoerde proeven en gebruikte meetmethodes.

In aanvulling op deze systeemanalyse is als onderdeel van werkpakket 2 een onderzoek uitgevoerd naar het functioneren van infiltrerende verharding in de praktijk. Uitkomsten van dit onderzoek laten zien dat infiltrerende verhardingen in de praktijk veelal naar behoren functioneren, zeker als het gaat om de innovaties van partijen die aan dit onderzoek hebben deelgenomen. Onderhevig aan omgevingsfactoren loopt de infiltratiesnelheid van infiltrerende verharding in de praktijk echter terug door de tijd. In het behoud of de verbetering van de infiltratiesnelheid van infiltrerende verharding door de tijd is een grote rol weggelegd voor beheer en onderhoud. Mits juist toegepast kan beheer en onderhoud een cruciale rol spelen in het bewaren of verbeteren van de infiltratiesnelheid van infiltrerende verharding in de praktijk.

In werkpakket 3 zijn enkele innovaties van deelnemende MKB-ondernemingen op de WaterStraat nader onderzocht om hun functioneren aan te tonen of verder te verbeteren. Met het oog op de genoemde sleutelfactoren op systeem- en technologieniveau, zijn daartoe naar aanleiding van dit onderzoek concrete aanbevelingen geformuleerd om het functioneren verder te verbeteren en op die wijze kans van slagen op de markt te vergroten.

Een maatschappelijke kosten-baten analyse uitgevoerd als onderdeel van werkpakket 4 (WP4, hoofdstuk 3) geeft tenslotte meer inzicht in de maatschappelijke kosten en baten van infiltrerende verharding en toont de relatieve kosteneffectiviteit van infiltrerende verharding ten opzichte van een traditionele herinrichting en diverse alternatieve maatregelen om wateroverlast op straat te beperken. Een vergelijking van diverse beheer- en onderhoudstrategieën maakt bovendien de kosteneffectiviteit van grondig beheer en onderhoud inzichtelijk teneinde de infiltratiesnelheid en beoogde levensduur van infiltrerende verharding in de praktijk te waarborgen. De MKBA-toolbox “Het klimaat pas ook in uw straatje” is daarbij een flexibele rekentool voor zowel eindgebruiker als MKB-ondernemingen om meer inzicht te genereren in de kosteneffectiviteit van infiltrerende verharding in de praktijk.

De uitkomsten van dit onderzoek dragen op die wijze bij aan het verminderen van het kennishiaat rondom infiltrerende verharding en het vergroten van de zichtbaarheid. De uitkomsten van dit onderzoek kunnen daarbij worden gebruikt door beleidsmakers om innovatieve toepassingen van infiltrerende verharding te versnellen en bieden innovatieve ondernemers een beter inzicht welke factoren benadrukt moeten worden richting de eindgebruiker om hen van de voordelen van infiltrerende verharding te overtuigen.

## 4.2 Hulpmiddelen ter overtuiging van nut en noodzaak infiltrerende verharding in de praktijk

Gedurende dit onderzoek zijn diverse hulpmiddelen ingezet en ontwikkeld waarmee de eindgebruiker kan worden overtuigd van het nut en de noodzaak van implementatie van infiltrerende verharding in de praktijk. De resultaten gepubliceerd als onderdeel van dit onderzoek, en gepresenteerd op diverse interne en publieke bijeenkomsten, vormen de kennisbasis waarop de markt en MKB'er zich kan beroepen. Het delen en uitwisselen van deze kennis, van voorbeelden, succesverhalen, en leerpunten vergroot daarbij het inzicht en vertrouwen en daarmee de ontvankelijkheid van eindgebruikers voor infiltrerende verharding. Communities en platformen zoals de WaterStraat, de Community of Practise Infiltrerende Verharding spelen hierin een belangrijke rol. Zij bieden MKB-ondernemingen, kennisinstellingen, én eindgebruikers de kans om wensen te formuleren, ervaringen uit te wisselen, kennis te delen, en innovaties onder het voetlicht te brengen. In aanvulling daarop biedt de website [climatescan.nl](http://climatescan.nl) een interactief overzicht van klimaatadaptatie in de praktijk met visualisaties van meer dan 500 (inter)nationale projecten en functioneert op die wijze als database én startpunt voor kennisuitwisseling tussen MKB-ondernemingen, kennisinstellingen, en eindgebruikers zoals gemeenten.

Klimaatadaptatie is maatwerk en er bestaat geen one-size-fits-all. Flexibele rekentools zoals de MKBA-toolbox “Het klimaat past ook in uw straatje” bieden eindgebruiker én MKB'er de kans om de kosteneffectiviteit van infiltrerende verharding op locatie op een betere wijze in te schatten, om op die wijze het vertrouwen van de markt in het potentiële succes van infiltrerende verharding in de praktijk te versterken, en daarmee op de langere termijn de toepassing van infiltrerende verharding in de praktijk te vergroten.

# Literatuurlijst

Alves, A., B. Gersonius, Z. Kapelan, Z. Vojinovic & A. Sanchez (2019). Assessing the Co-Benefits of green-blue-grey infrastructure for sustainable urban flood risk management. *J. Environ. Manage.*, 239 (2019), pp. 244-254, 10.1016/j.jenvman.2019.03.036

Brugge R., J. Rotmans & D. Loorbach (2005). The transition in Dutch water management, *Journal of regional environmental change*.

De Graaf, R.E. (2009). Innovations in urban water management to reduce the vulnerability of cities. PhD thesis. Technical University Delft, the Netherlands.

De Graaf, R.E., R.J. Dahm, J. Icke, R. Goetgeluk, S. Jansen & F.H.M. van de Ven (2009). Receptivity to transformative change in the Dutch urban water management sector. *Water Science and Technology* Vol 60, No 2, pp 311–320.

De Graaf, R.E. de, R.J. Dahm, J. Icke, R.W. Goetgeluk, S.J.T. Jansen & F.H.M. van de Ven (2011). Perspectives on innovation: a survey of the Dutch urban water sector. *Urban Water Journal*, Volume 8 Issue 1, 1.

Dunn, G., R.R. Brown, J.J. Bos & K. Bakker (2017). The role of science-policy interface in sustainable urban water transitions: lessons from Rotterdam. *Environ. Sci. Policy*, 73 (2017), pp. 71-79.

Jeffrey, P. & R.A.F Seaton (2003). A conceptual model of 'receptivity' applied to the design and deployment of waterpolicy mechanisms. *Environmental Sciences* 1(3):pp 277-300  
Rioned (2020) <https://www.riool.net/infiltrerende-verharding-1>, bezocht op 20 mei 2020

Kleerekoper, L. (2016). *Urban Climate Design. Improving thermal comfort in Dutch neighbourhoods*. Delft: Delft University of Technology. <http://dx.doi.org/10.7480/abe.2016.11.1336>

Kluck, J., W.J. Bakker, L. Kleerekoper, M.M. Rouvoet, R. Wentink, E.J. Klok & R. Loeve (2016). *Voor hetzelfde geld klimaatbestendig: Voorbeelden klimaatbestendige inrichting. Achtergronden*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.

Kluck, J., E.J. Klok, L. Kleerekoper, R. Loeve, W. Bakker & F.C. Boogaard (2017a). *De Klimaatbestendige wijk: onderzoek voor de praktijk*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam, Faculteit Techniek, Onderzoeksprogramma Urban Technology.

Kluck, J., R. Loeve, W.J. Bakker, L. Kleerekoper, M.M. Rouvoet, R. Wentink, J.H. Viscaal, E.J. Klok & F.C. Boogaard (2017b). *Het klimaat past ook in uw straatje: De waarde van klimaatbestendig inrichten. Voorbeeldenboek*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam, Faculteit Techniek, Onderzoeksprogramma Urban Technology.

Kluck, J., R. Loeve, W.J. Bakker, L. Kleerekoper, M.M. Rouvoet, R. Wentink, J.H. Viscaal, E.J. Klok, E.J. & F.C. Boogaard (2017c). *Het klimaat past ook in uw straatje: De waarde van klimaatbestendig*

*inrichten. Achtergronden.* Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam, Faculteit Techniek, Onderzoeksprogramma Urban Technology.

Stichting Rioned (2015). *Leidraad Riolering D1100.* Ede: Rioned

Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (2019). *Afkoppelen: Kansen en risico's van anders omgaan met hemelwater in de stad.* ISBN: 9789057738692

Veldkamp, T.I.E., T. Schoenmaker & J. Kluck (2020). Functioneren van infiltrerende verharding in de praktijk. Rapportage werkpakket 2 RAAK MKB project De Infiltrerende Stad.

Boogaard, F.C. & J. Lekkerkerk (2020). Innovaties onderzoeken in proefopstelling. Rapportage werkpakket 3 RAAK MKB project De Infiltrerende Stad.

Leskens, A. & J. Lekkerkerk (2020). Systeemanalyse. Rapportage werkpakket 1 RAAK MKB project De Infiltrerende Stad.

# Bijlage A: Kosten en baten inrichtingsvarianten

Zie Excel-bestand: *Overzicht\_MKBA\_Infiltrerende\_Stad.xlsx*, tabblad *Maatregelen*



## Bijlage B: Kosten en baten beheersvarianten

Zie Excel-bestand: *Overzicht\_MKBA\_Infiltrerende\_Stad.xlsx*, tabblad *Beheer\_Onderhoud*