

Het klimaat past ook in uw straatje

De waarde van klimaatbestendig inrichten

Voorbeeldenboek

Jeroen Kluck
Ronald Loeve
Wiebe Bakker
Laura Kleerekoper
Marten Rouvoet
Ronald Wentink
Joris Viscaal
Lisette Klok
Floris Boogaard



Hogeschool van Amsterdam



Onderzoeksprogramma Urban Technology



Het klimaat past ook in uw straatje

De waarde van klimaatbestendig inrichten

Voorbeeldenboek

Januari 2017

Jeroen Kluck
Ronald Loeve
Wiebe Bakker
Laura Kleerekoper
Marten Rouvoet
Ronald Wentink
Joris Viscaal
Lisette Klok
Floris Boogaard

Colofon

Uitgave

Hogeschool van Amsterdam

Auteurs

dr. ir. Jeroen Kluck, ir. Ronald Loeve, ir. Wiebe Bakker,
dr. ir. Laura Kleerekoper, Marten Rouvoet BBE,
ing. Ronald Wentink, ir. Joris Viscaal, dr. ir. Lisette Klok
en dr. ir. Floris Boogaard.

Samenwerking

Dit voorbeeldenboek is een resultaat van het praktijkgerichte onderzoeksproject 'De klimaatbestendige stad: Inrichting in de praktijk', uitgevoerd door een consortium van gemeenten en kennisinstellingen. Aan dit project werkten in consortiumverband mee: gemeente Amsterdam-Zuidas (Gregor van Lit), gemeente Eindhoven (Luuk Postmes), gemeente Hoogeveen (Thomas Klomp), gemeente Houten (Marco Harms), Ingenieursbureau Amsterdam (Jasper Passtoors, Teun Timmermans), Waternet (Eljakim Koopman, Kasper Spaan), Hanzehogeschool Groningen (Floris Boogaard, Olof Akkerman, Jonathan Tipping) en de Hogeschool van Amsterdam (Jeroen Kluck, Wiebe Bakker, Laura Kleerekoper, Lisette Klok, Ronald Loeve, Marten Rouvoet, Joris Viscaal, Ronald Wentink). Daarnaast verleenden de gemeente Almere (Arjo Hof), de gemeente Almelo (Ruben de Jong), de gemeente Arnhem (Ronald Bos), de gemeente Groningen (Dries Jansma), de gemeente Deventer (Freddy ten Kate), de gemeente Enschede (Hendrikjan Teekens), de gemeente Haaksbergen (Karel Frühling) en Tauw BV (Joris Viscaal) hun medewerking aan het project.

Review

Han Frankfort (Ministerie van Infrastructuur en Milieu-DGRW), Hans Gerritsen (RWS), Thomas Klomp (gemeente Hoogeveen), Gregor van Lit (gemeente Amsterdam-Zuidas), Marthijn Manenschijn (Waterschap Drents Overijsselse Delta), Bert Palsma (STOWA), Jasper Passtoors (gemeente Amsterdam-IBA), Jeroen Ponten (RWS-WVL en Waternet), Geert-Jan Verkade (SBRCurnet) en Erik Warns (gemeente Beverwijk).

Financiering

Deze publicatie is medegefinancierd door Regieorgaan SIA onderdeel van de Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO), STOWA, TKI Deltatechnologie, het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Tauw BV.

Contact

dr. ir. Jeroen Kluck
j.kluck@hva.nl
Hogeschool van Amsterdam, Faculteit Techniek
Postbus 1025, 1000 BA Amsterdam
www.hva.nl/klimaatbestendigestad

Meer informatie

Deze publicatie is ook online beschikbaar. Daarnaast vindt u online aanvullende informatie in een uitgebreid achtergronddocument: www.hva.nl/klimaatbestendigestad.

ISBN 978-94-92644-00-8

Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	3
1.1 Klimaatbestendig inrichten: van weten en willen naar werken in de dagelijkse praktijk.....	3
1.2 Voorbeeldenboek.....	4
1.3 Kader.....	5
1.4 Disclaimer.....	6
2. Aanpak.....	9
2.1 Karakteristieke typologieën.....	9
2.2 Kosten.....	11
2.3 Baten.....	11
2.4 Varianten.....	11
3. Praktijkvoorbeelden.....	15
3.1 Vooroorlogs bouwblok (vlak).....	17
3.2 Stedelijk bouwblok (vlak).....	25
3.3 Naoorlogse woonwijk (hellend).....	33
3.4 Naoorlogse tuinstad laagbouw (vlak).....	43
3.5 Naoorlogse tuinstad hoogbouw (hellend).....	51
3.6 Sub-urbane uitbreiding - Vinex (vlak).....	62
3.7 Stedelijk bouwblok (hellend).....	64
3.8 Naoorlogse tuinstad hoogbouw (vlak).....	66
3.9 Bloemkoolwijk (vlak).....	68
3.10 Tuindorp (hellend).....	70
4. Conclusies.....	73
Literatuur.....	76



1. Inleiding

Dit voorbeeldenboek toont de mogelijkheden van eenvoudige en haalbare klimaatbestendige inrichtingen van woonstraten. Met dit boek laten we, aan de hand van veelvoorkomende straatbeelden, zien dat een klimaatbestendige inrichting van woonstraten veelal eenvoudig is en voor vlakke gebieden niet duurder hoeft te zijn dan de traditionele inrichting. Dit is gebaseerd op onderzoek met diverse gemeenten. Wij willen u inspireren door de voorbeelden, zodat u hiermee ook in uw gemeente aan de slag gaat, want *Het klimaat past ook in uw straatje!*

1.1 Klimaatbestendig inrichten: van weten en willen naar werken in de dagelijkse praktijk

Al meer dan een eeuw wordt er in het stedelijk gebied riolering aangelegd om het afvalwater en regenwater af te voeren. Er zijn echter altijd piekbuien die niet door het riool kunnen worden verwerkt, met wateroverlast tot gevolg. Door klimaatverandering zullen deze piekbuien zwaarder worden en vaker voorkomen. Er zal dus in een kortere periode meer water vallen en daarom is bovengronds ruimte nodig om dit water te bergen. Daarnaast moet er meer water worden vastgehouden voor drogere perioden en moeten de soms te hoge grondwaterstanden worden beteugeld. Het accent verschuift van direct afvoeren van regenwater naar bergen en vasthouden of vertraagd afvoeren.

Veel gemeenten brengen inmiddels in beeld wat de lokale consequenties zijn van klimaatverandering en vooral wat de risico's zijn van extreme weersituaties. Een groeiend aantal gemeenten heeft ook al praktijkervaring met overlast, schade en kosten als gevolg van bijvoorbeeld een wolkbreuk. Toch blijkt het lastig om klimaatbestendigheid in elk herinrichtingsproject of groot onderhoud mee te

nemen en om van 'weten' tot 'werken' te komen. Een andere inrichting vraagt om andere uitgangspunten dan we gewend zijn. Ingewikkeld is ook dat het niet duidelijk is wanneer iets precies klimaatbestendig is.

Het is een politieke keuze of en hoe vaak extreme neerslag schade of overlast mag veroorzaken. Dat geldt ook voor schade door hitte in de stad of door veranderende grondwaterstanden. Daar hebben wij wel een mening over, maar dat is niet de kern van de boodschap van dit voorbeeldenboek.

De kern is dat het bij het ontwerp van de stad belangrijk is rekening te houden met de steeds vaker voorkomende extreme situaties (wolkbreuken, droogte en hittegolven) en dat daartoe de inrichting van de stad anders moet. Het is van belang zoveel mogelijk te ontharden, te vergroenen en om ruimte voor water en buffering van water voor drogere tijden te creëren. We noemen dit in het vervolg van dit boek een klimaatbestendige inrichting. Hier hangt geen norm aan, maar een opgave om de mogelijkheden van een gebied zo goed mogelijk te gebruiken.

In dit boek hebben we gekozen voor een waarde (in mm) voor een extreme bui. Dit om inzicht te geven in wat deze bui voor de voorgestelde varianten betekent, en om de varianten onderling te kunnen vergelijken. De onderbouwing van onze keuze is te vinden in het (online) achtergronddocument. De gekozen waarde is nadrukkelijk niet bedoeld als norm voor een te hanteren extreme bui; die keuze is aan de politiek.

De waarde die we gekozen hebben, geeft volgens ons de beste schatting van de in het jaar 2050 verwachte neerslag

die eens in de 100 jaar op één punt in één uur wordt overschreden. Hierbij merken we op dat deze waarde in Nederland recentelijk meerdere keren ruim is overschreden (bijvoorbeeld in Herwijnen 90 mm in één uur (juli 2011), Diemen 75 mm in één uur (juli 2014) en Stichtse Vecht 80 mm in één uur (juli 2014)). We verwachten daarbij dat dit door klimaatverandering vaker gaat gebeuren.

Op dit moment vindt er discussie plaats over de vraag wat voor extreme bui het best voor berekeningen gebruikt kan worden en over een mogelijke 'extreme buiennorm'. Wij zijn van mening dat, bij de (her)inrichting van de openbare ruimte, het minder van belang is met wat voor extreme bui wordt gerekend, dan het feit dat er met een extreme bui wordt gerekend. De komende jaren zal de kennis over de ontwikkeling van de extreme weerssituaties toenemen en ook later zijn er nog kansen om de inrichting van het stedelijk gebied hierop aan te passen als dat nodig is. Er zijn diverse 'meeliftmomenten' zoals rioolvervangings, groot onderhoud aan de verharding en herinrichtingen. Aanpassen aan de veranderende weersomstandigheden wordt daarmee een voortdurend proces in plaats van een eenmalige ingreep.

Om vooruit te komen in deze lastige opgave heeft het werkveld (gemeenten, adviseurs, etc.) aangegeven behoefte te hebben aan inspirerende praktische voorbeelden, met goede (technische) onderbouwing en bij voorkeur met kosten en baten. Deze voorbeelden dienen zowel de ontwerpers als de bestuurders en de technici aan te spreken. Daarom hebben we dit boek voorzien van mooie ontwerpen en een gedegen financiële onderbouwing.

Idealiter wordt straks bij iedere ruimtelijke ontwikkeling zoals de herinrichting van een straat, de renovatie van een gebouw of de bouw van nieuwe woningen of kantoren, de vraag gesteld hoe daarbij rekening kan worden gehouden met klimaatverandering. Dit voorbeeldenboek biedt in dat proces de benodigde inspiratie en kan helpen om collega's te overtuigen van de mogelijkheden.

1.2 Voorbeeldenboek

Met dit voorbeeldenboek laten we zien hoe een straat klimaatbestendig ingericht kan worden, wat een klimaatbestendige inrichting kost, maar vooral ook wat de voordelen zijn. Voor karakteristieke - en voor veel gemeenten herkenbare - straten hebben we telkens vier inrichtingsmogelijkheden uitgewerkt met de bijbehorende kosten en baten. Naast de algemene overeenkomsten die straten van eenzelfde wijktypologie hebben, kunnen er ook lokale verschillen zijn waardoor klimaatadaptatie niet op eenzelfde manier kan worden ingevuld. Het gaat hier om het maaiveldverloop, de bodemopbouw en de grondwaterstanden. Deze omstandigheden kunnen per locatie sterk verschillen, waardoor sommige gepresenteerde oplossingen niet overal direct toepasbaar zijn, een iets andere werking hebben of andere kosten met zich meebrengen. Ook kunnen deze verschillen ertoe leiden dat er juist andere oplossingen mogelijk zijn dan gepresenteerd. Met dit voorbeeldenboek richten we ons daarom niet op alle gevallen, maar op de veelvoorkomende gevallen.

Naast de investeringskosten zijn de onderhoudskosten en kosten als gevolg van eventuele waterschade meegenomen. Daarbij zijn de kosten beschouwd over een lange periode. Door iedere inrichtingsvariant op deze wijze

door te rekenen krijgen we een goed beeld van de totale kosten en van de verschillen tussen de varianten onderling. Hiermee geven we inzicht in de gevolgen van bepaalde inrichtingskeuzes, zodat beleidsmedewerkers, ontwerpers, beheerders en andere deskundigen een betere afweging kunnen maken.

Dit voorbeeldenboek is een vervolg op het voorbeeldenboek *Voor hetzelfde geld klimaatbestendig* (Kluck et al., 2016) en op de publicatie *Kostenindicaties van klimaatmaatregelen in de stad* (SBRCURnet, 2014). In deze publicaties waren respectievelijk drie en één voorbeeld van een woonstraat opgenomen. Dit nieuwe voorbeeldenboek bevat 10 praktijkvoorbeelden met klimaatbestendige inrichtingsvarianten. Daarbij behandelt dit boek naast vlakke gebieden ook hellende gebieden, verschillen in doorlatendheid van de bodem en grondwaterstanden.

Dit voorbeeldenboek gaat ook nader in op de mogelijkheden, effecten en baten van het vergroenen van de straat. Vergroenen heeft een aantal voordelen in relatie tot water(overlast) en hittestress, waardoor het een steeds belangrijker element in de inrichting van straat en stad gaat worden.

Bij dit boek is een digitaal achtergronddocument beschikbaar met een uitgebreidere toelichting van achtergronden, uitgangspunten van berekeningen en detailinformatie over de praktijkvoorbeelden. De praktijkvoorbeelden in dit boek zijn gebaseerd op uitgevoerde of voorgenomen herinrichtingsprojecten van de openbare ruimte, waarbij ook de riolering wordt vervangen of aangepast. De focus in de

projecten ligt op het anticiperen op extreme neerslag. De praktijkvoorbeelden hebben de omvang van één of enige woonstraten. Dat is ook het schaalniveau waarop werkzaamheden, zoals wegreconstructies en rioolvervanging, in de stad plaatsvinden.

1.3 Kader

Dit voorbeeldenboek is één van de resultaten van het onderzoeksproject *De klimaatbestendige stad: Inrichting in de praktijk*. Het onderzoek is medegefinancierd door Regieorgaan SIA, onderdeel van de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) en is een samenwerking tussen Hogeschool van Amsterdam, Hanzehogeschool Groningen en in de colofon genoemde organisaties.



Verlaagde stoep voor eenvoudige afvoer van water naar een veldje.
Foto Ronald Wentink.

Naar aanleiding van de positieve reacties uit het werkveld op het voorbeeldenboek *Voor hetzelfde geld klimaatbestendig* (Kluck et al., 2016), hebben we besloten een uitgebreider voorbeeldenboek te schrijven. Regieorgaan SIA, STOWA, TKI Deltatechnologie, het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, en Tauw BV hebben hieraan bijgedragen.

Een klankbordcommissie bestaande uit vakgenoten uit het werkveld (zie colofon) heeft meegedacht over de inhoud en opmaak van dit boek.

1.4 Disclaimer

De praktijkvoorbeelden in dit boek zijn gericht op de meest voorkomende situaties. We schatten dat het 80% van de woonstraten betreft. Er zijn tal van uitzonderingen en redenen waardoor in specifieke gevallen de aangedragen oplossingen niet de beste zullen zijn. We hebben allerlei mogelijke negatieve gevolgen of effecten op de omgeving niet meegenomen (deze zijn wel beschreven in het achtergronddocument). Zo hebben we onder andere geen rekening gehouden met souterrains, wegcunetten gevuld met slecht doorlatend zand, klei- of leemlenzen in de ondergrond of bodemverontreinigingen. Wees erop bedacht dat elke situatie uniek is en dus maatwerk vergt. Het is vooral een inspirerend boekwerk waarin mogelijke oplossingen worden weergegeven, en uitdrukkelijk geen ontwerpboek stedelijke inrichting.



Een vol waterplein in Den Bosch (foto Floris Boogaard)



2. Aanpak

In dit boek gebruiken we de karakteristieke inrichtingsbeelden van straten en wijken (zoals de historische binnenstad, tuinstad, of bloemkoolwijk) om te tonen wat per situatie de mogelijkheden voor een klimaatbestendige inrichting zijn. Voor acht karakteristieke typologieën vergelijken we een traditioneel ontwerp met klimaatbestendige varianten en laten we zien dat de klimaatbestendige varianten bij een herinrichting niet altijd duurder zijn en vaak relatief eenvoudig te realiseren.

We vergelijken de varianten op kosten (voor aanleg en beheer) en baten (enerzijds voorkomen van waterschade, anderzijds groen). Overige baten die we nu nog niet voldoende kunnen kwantificeren zijn niet meegenomen in dit voorbeeldenboek.

De focus ligt op de regenbestendigheid. Onderwerpen als hittestress en verdroging komen op de tweede plaats omdat nog onduidelijk is wat klimaatbestendigheid hiervoor kan betekenen en wat de samenleving wil. Het is daardoor niet mogelijk te zeggen welke maatregelen nodig of voldoende zijn tegen hittestress en verdroging en ook niet wat daar precies het effect van is. Omdat het voorkomen van zowel hitte als droogte baat heeft bij meer groen in een wijk hebben we ons gericht op de voordelen van het vergroenen.

2.1 Karakteristieke typologieën

Een straat in Nederland is vaak ontworpen volgens een bepaalde filosofie, die typerend is voor een bepaalde tijdsperiode. De technische mogelijkheden en ideeën in de periode van aanleg over het ontwerpen van onze woon- en leefomgeving zien we terug in typische, herkenbare eigenschappen van een straat of wijk. Dit zijn bijvoorbeeld

de grootte van woningen en tuinen, de ruimte voor openbaar groen en speelplekken, de breedte van de straat of de architectuur van woningen.

Deze typerende eigenschappen van straten vinden we overal in Nederland terug. We kunnen daarom straten indelen in wijktypologieën. In dit onderzoek werken we met de wijktypologieën zoals weergegeven in de tabel op de volgende pagina (Kleerekoper 2016).

De kenmerken van een typologie bepalen hoe er in de straat rekening kan worden gehouden met een extremer klimaat. Zo kan het vele publieke groen in naoorlogse tuinsteden eenvoudig worden ingezet voor klimaatadaptatie, maar vragen de dichtbebouwde stedelijke bouwblokken en de vooroorlogse bouwblokken eerder om (technische) oplossingen ondergronds. De structuur van bloemkoolwijken biedt plaats voor wadi's om hevige regenbuien lokaal te kunnen verwerken.

Mogelijkheden voor een klimaatbestendige inrichting zijn voor straten die binnen dezelfde typologie vallen ongeveer gelijk, in welke gemeente dan ook. Daarnaast bestaan er individuele eigenschappen die ook invloed hebben op lokale oplossingsmogelijkheden: helling van het gebied, bodemsoort en grondwaterstand.

Kennis van de wijktypologie, het maaiveldverloop, de bodemsoort en de grondwaterstand stelt ons in staat om een vrij nauwkeurig beeld te geven van lokale mogelijkheden van klimaatadaptatie voor een groot aantal straten en wijken in Nederland.

Tabel met kenmerken wijktypologieën op basis van Kleerekoper (2016)

Wijktypologie	Bouwperiode	Kenmerken
Stedelijk bouwblok	voor 1930	geen voortuin of groenstrook, 4-5 lagen
Vooroorlogs bouwblok	1900-1940	niet altijd voortuin, 3-4 lagen, bredere straten dan stedelijk bouwblok en soms groenstrook
Tuindorp	1910-1930	ruime voor- en achtertuinen, 2-3 lagen, veel langsparkeren, jaren 30-bouwstijl, beperkt gemeentelijk groen, vaak geen straatbomen
Volkswijk*	1930-1940	geen voortuin, weinig gemeentelijk groen, 2-3 lagen, eengezinswoningen
Naoorlogse tuinstad laagbouw	1945-1955	open bouwblokken met veel groen, 2-3 lagen, eengezinswoningen
Naoorlogse tuinstad hoogbouw	1950-1960	open bouwblokken met veel groen, 4-6 lagen, appartementen, berging op begane grond
Naoorlogse woonwijk	1940-1990	voor- en achtertuin, 2-3 lagen, eengezinswoningen in rij, twee onder een kap of vrijstaand
Bloemkoolwijk	1975-1980	eengezinswoningen met voor- en achtertuin, kronkelende stratenpatronen, hofjes, brede groenstrook rondom de wijk
Hoogbouw stadscentrum*	1960-heden	meer dan 10 lagen, gebouwen in grid
Sub-urbane uitbreiding - Vinex	1990-2005	eengezinswoningen in rij, twee onder een kap, vrijstaand, appartementen

* Voor de typologieën Volkswijk en Hoogbouw stadscentrum zijn geen praktijkvoorbeelden opgenomen in dit voorbeeldenboek.

2.2 Kosten

Een veelgehoord argument tegen het anders dan standaard inrichten van de openbare ruimte is dat de klimaatbestendige alternatieven duurder zijn. We hebben een methodiek opgezet om inzicht te geven in de kosten en baten van varianten. Daarbij gaan we uit van zowel aanleg- als beheerkosten van bijvoorbeeld de riolering of een doorlatende verharding en houden we rekening met de (verschillende) levensduren van maatregelen. Uitgangspunt zijn de kostenkennallen uit de Leidraad Riolering (module D1100) (Stichting Rioned, 2015), en ervaringscijfers van gemeenten (zie achtergronddocument).

De contante waarde van investering, periodieke herinvesteringen, periodiek onderhoud en baten hebben we teruggerekend tot een jaarbedrag per variant. Dit zijn de zogenaamde jaarkosten. De contante waarde hebben we berekend voor een periode van honderd jaar, ervan uitgaand dat de riolering een levensduur van zestig jaar heeft en dat er elke dertig jaar een herinrichting of groot onderhoud van de openbare ruimte plaatsvindt. In het achtergronddocument hebben we een analyse naar de gevoeligheid voor de kosten uitgevoerd voor variatie in deze aannamen.

Ook waterschade hebben we teruggerekend naar jaarlijkse kosten, op basis van verwachte frequentie en omvang van schades (zie achtergronddocument).

2.3 Baten

Er zijn ook voordelen verbonden aan het klimaatbestendig inrichten van de openbare ruimte. In de afwegingen hebben we het verminderen van de waterschadekosten en de afvoer naar de zuivering betrokken, omdat deze

kwantificeerbaar zijn. Andere baten zijn vaak minder goed te kwantificeren. Andere baten zijn onder meer minder of vertraagde afvoer naar oppervlaktewater, aanvulling van het grondwater, beperken van de effecten van hittestress en meer water beschikbaar voor groenvoorzieningen.

Het vergroenen van de openbare ruimte heeft, naast voordelen voor het watersysteem (zoals meer mogelijkheden tot infiltratie), ook andere milieutechnische en economische voordelen. Baten van extra groen zijn verbeteringen in comfort, gezondheid, waterkwaliteit, energieverbruik en biodiversiteit. Met behulp van de TEEB-stad-methodologie (Buck consultants international, 2016) hebben we de baten onderzocht en getracht te kwantificeren.

De kwantificering van de baten die vergroenen oplevert, nemen we in dit voorbeeldenboek voornamelijk in beschrijvende zin mee, omdat er nog onbeantwoorde vragen zijn over de onderbouwing van deze baten.

2.4 Varianten

In dit boek hebben we tien praktijkvoorbeelden uitgewerkt. De praktijkvoorbeelden zijn een mix van vlakke en hellende locaties. Ze zijn verdeeld over acht verschillende karakteristieke typologieën. De tabel op de volgende pagina toont de eigenschappen van de praktijkvoorbeelden.

Een belangrijk uitgangspunt bij de gepresenteerde oplossingen is dat onder de wegen en trottoirs een zandlaag (wegcunet of ophooglaag) ligt. We zijn ervan uitgegaan dat het wegcunet een prima doorlatendheid heeft conform de eisen die aan een dergelijk zandbed

volgens de RAW-systematiek worden gesteld. Regenwater kan daarmee ook (via een infiltratievoorziening) bij een slecht doorlatende ondergrond tijdelijk in het wegcunet worden geborgen. Om het wegcunet weer leeg te laten lopen, houden we in de ontwerpen rekening met drainage in het wegcunet en onder infiltratievoorzieningen zoals wadi's. Hierdoor kan het water via (gereguleerde) drainage vertraagd worden afgevoerd. Daarmee zijn de oplossingen in het voorbeeldenboek onafhankelijk van de precieze samenstelling van de ondergrond of de hoogte van de grondwaterstand. Dit principe is bijna overal toepasbaar. Ook hier geldt echter dat er in de praktijk uitzonderingen zijn waarbij het extra bergen van water in het cunet niet gewenst of onmogelijk is.

De eerste vijf van deze tien praktijkvoorbeelden staan in het volgende hoofdstuk uitgebreid uitgewerkt. De overige vijf hebben we korter weergegeven, omdat het verhaal op den duur wel duidelijk is. In de digitale versie van dit voorbeeldenboek staan ze allemaal uitgebreid weergegeven.

Voor deze wijktypologieën (zie tabel) vergelijken we een traditioneel ontwerp met drie klimaatbestendige varianten. Variant 0 is het traditionele ontwerp, varianten 1 tot en met 3 zijn de klimaatbestendige varianten. De varianten verschillen in kwetsbaarheid voor extreme neerslag. Voor een aantal praktijkvoorbeelden tonen we ook een groenvariant.

De varianten toetsen we op gevoeligheid voor wateroverlast. We zijn ervan uitgegaan dat waterschade optreedt als water de woningen kan binnentreden. Daartoe hebben we bij verschillende hoeveelheden neerslag in

één uur bepaald of water in de woning kan komen. Deze verschillende hoeveelheden neerslag zijn gerelateerd aan verschillende frequenties van voorkomen. Door klimaatverandering is het onzeker hoeveel neerslag precies bij een bepaalde herhalingstijd in de toekomst wordt verwacht.

Alle varianten hebben we zo ontworpen dat een bui van 20 mm in één uur geen wateroverlast op straat geeft¹. Volgens de oude neerslagstatistieken werd zo veel regen gemiddeld

Overzicht wijktypologieën

Praktijk-voorbeeld	Wijktypologie	Helling	Paragraaf
1	Vooroorlogs bouwblok	vlak	3.1
2	Stedelijk bouwblok	vlak	3.2
3	Naoorlogse woonwijk	hellend	3.3
4	Naoorlogse tuinstad laagbouw	vlak	3.4
5	Naoorlogse tuinstad hoogbouw	hellend	3.5
6	Sub-urbane uitbreiding - Vinex	vlak	3.6
7	Stedelijk bouwblok	hellend	3.7
8	Naoorlogse tuinstad hoogbouw	vlak	3.8
9	Bloemkoolwijk	vlak	3.9
10	Tuindorp	hellend	3.10

eens per twee jaar verwacht. Door klimaatverandering verwachten we dat deze bui in 2050 eens per jaar zal optreden (Kluck et al., 2013).

Het uitgangspunt bij inrichtingsvarianten 1 tot en met 3 is dat een bui van 60 mm in één uur niet leidt tot water in de woningen. Deze hoeveelheid neerslag in één uur is onze beste schatting van de hoeveel neerslag die in 2050 ongeveer eenmaal per 100 jaar wordt verwacht op één locatie (Kluck et al., 2013). Zie het achtergronddocument voor de achtergronden van onze keuze voor deze bui. Als er in korte tijd (één uur) meer regen valt, zal er wel water in de woningen kunnen stromen.

De varianten verschillen in de gebruikte technieken en de verhouding tussen vasthouden, bergen en afvoeren.

In vlakke gebieden ligt de focus op vasthouden en het creëren van lokale berging om water in woningen te voorkomen. In hellende gebieden is het lastiger. Of een hellend gebied klimaatbestendig is, hangt eigenlijk af van de kwetsbaarheid van het benedenstroomse gebied. Investerings in maatregelen in het hellende gebied hangen dan ook zeer sterk samen met de schade die benedenstrooms, onderaan de helling, optreedt. Is daar grootschalig groen of oppervlaktewater aanwezig, dan kan het best geïnvesteerd worden in maatregelen om het water naar beneden te geleiden. Is de te verwachten schade benedenstrooms echter groot vanwege de aanwezigheid van woningen of bedrijven, dan moet meer geïnvesteerd

worden in maatregelen om het water op de helling vast te houden.

In hellende gebieden zijn de hellingsgraad, de lengte van de helling, het verloop van het dwarsprofiel en de hoeveelheid tot afstroming komend (verhard) oppervlak van invloed op de omvang van de mogelijke wateroverlast. De strategie in deze gebieden is er dan ook op gericht om:

- daar waar mogelijk het water te vertragen of (tijdelijk) te bergen in voorzieningen, zoals op vlakke gedeeltes;
- te zorgen dat het regenwater zo veel mogelijk afstroomt via de rijweg met trottoirbanden.

In hellende gebieden hebben we in de varianten aangegeven wat het betekent en hoeveel het kost om 20, 40 en 60 mm te verwerken (vooral vasthouden).



Waterafvoer in Arnhem (Foto Floris Boogaard)

¹ Het gaat om 20 mm neerslag op het verharde oppervlak. We gaan ervan uit dat bij 20 mm in één uur het onverharde oppervlak niet afvoert naar het verharde oppervlakte. Bij meer dan 20 mm neerslag in één uur gaan we ervan uit dat ook water van het onverharde oppervlak tot afvoer komt en naar het verharde oppervlakte stroomt.

Eenvoudig klimaatbestendig inrichten in Deventer (Foto Tauw bv)



3. Praktijkvoorbeelden

In dit hoofdstuk werken we tien praktijkvoorbeelden uit. Ze zijn verdeeld over acht verschillende karakteristieke typologieën in zowel vlakke als hellende gebieden. Voor elk praktijkvoorbeeld vergelijken we klimaatbestendige inrichtingsvarianten met een traditionele herinrichting. Dit doen we op basis van een nauwkeurig ontwerp en een schatting van kosten en baten.



3.1 Vooroorlogs bouwblok

Kenmerken typologie

Deze typologie is bloksgewijs ontwikkeld in de periode 1900-1940 en kenmerkt zich door een geometrisch straatpatroon. Het straatprofiel is relatief ruim, ruimer dan het stedelijk bouwblok, en kan enige aaneengesloten groenstroken bevatten. Dit betekent dat er mogelijkheden zijn om extreme neerslag tijdelijk op straat en/of in het groen te bergen. Huizen uit deze periode hebben soms souterrains, zodat water op straat van de woningen weg moet blijven. De gesloten bouwblokken zorgen ervoor dat water in de achtertuinen moeilijk weg kan. Particulieren zijn hier aan zet.



Op basis van Kleerekoper (2016)

Praktijkvoorbeeld vooroorlogs bouwblok (vlak)



© CydoMedia Technology B.V.



362m straatlengte



55 woningen op de begane grond

%



Circa 90% van de openbare ruimte is verhard



Verharding bestaat uit klinkers en betontegels

%



Geen hoogteverschil in straatpeil



37 bomen in de straat



Circa 25m afstand tussen gevels

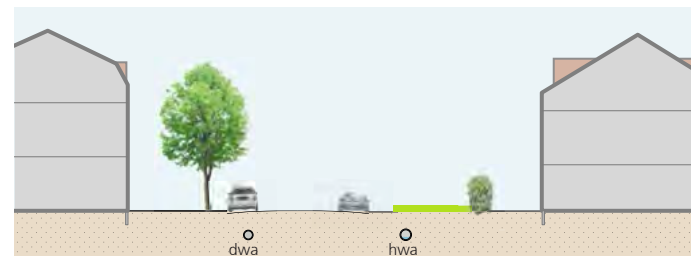


Lokale situatie

De bestudeerde locatie ligt op vlak terrein met een slecht doorlatende bodem. Er ligt een gescheiden rioolstelsel. Aan een zijde van de straat staan bomen. Aan de andere zijde ligt een groenstrook. De gemeente gaat zowel de riolering als de verharding vervangen. Dit is een uitgelezen kans om de straat in één keer klimaatbestendig te maken.

Vlak terrein

Vlak terrein betekent dat water relatief makkelijk kan worden vastgehouden. Bij extreme neerslag zal het water niet wegstromen, maar zich op de laagste punten verzamelen.



Traditionele herinrichting

Bij circa 40mm in een uur verwachten we bij een traditionele herinrichting water in woningen. Deze afbeelding illustreert een dergelijke situatie.

- +** bomen geven schaduw en verkoeling op warme dagen
- bomen zijn relatief klein en geven nog weinig schaduw voor verkoeling op warme dagen



- straatprofiel kan de neerslag niet bergen

- riolering is berekend op een regenbui van 20 mm in één uur

- wateroverlast in woningen

Variante 0: traditionele herinrichting

De gemeente hoort de openbare ruimte op tot de oorspronkelijke aanleghoogte (relevant bij slappe ondergronden). De bestaande gescheiden riolering en de verharding worden vernieuwd. De riolering kan een bui van eens per één of twee jaar verwerken. Er is enige ruimte voor water op straat, maar daar is niet echt op ontworpen. Bij extreme neerslag kan er water in de woningen komen (hier aangenomen bij meer dan 40 mm in één uur). De groenstrook ligt hoger dan de weg.



De details tonen de waterhoogten van 40mm, 60mm en meer dan 60mm in een uur

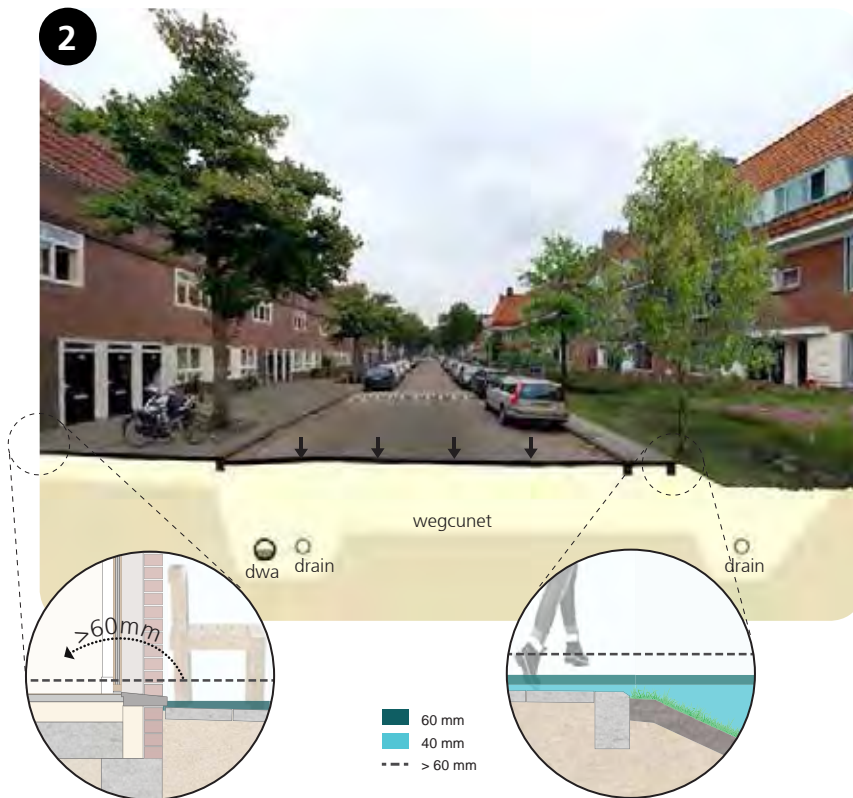
Variante 1: berging op straat

De gemeente legt de rijweg 9 cm lager aan dan in variante 0. De stoepen worden daar onder verhang op aangesloten. In een gebied met verzakkingen betekent dat minder ophogen. Hierdoor ontstaat ruimte om piekbuien op straat te bergen. Pas bij een wolkbreuk groter dan 60 mm in één uur kan er water in de woningen komen. De bestaande riolering en de verharding worden vernieuwd. De riolering kan een bui van eens per één of twee jaar verwerken. De groenstrook ligt hoger dan de weg.



Variante 2: berging in wadi

Er wordt geen regenwaterriool aangelegd. In de groenstrook legt de gemeente een wadi aan die 20 mm neerslag in één uur kan verwerken. De rijweg ligt onder verhang richting de wadi en is verlaagd met 4 cm ten opzichte van variant 0. In een gebied met verzakkingen betekent dat minder ophogen. Daarnaast wordt de groenstrook met wadi zo laag aangelegd dat er pas water in de woningen kan komen bij een wolkbreuk groter dan 60 mm in één uur.



De details tonen de waterhoogten van 40mm, 60mm en meer dan 60mm in een uur

Variante 3: waterdoorlatende verharding

Er komt geen regenwaterriool. In plaats daarvan voert de gemeente de rijweg uit met doorlatende verharding die 20 mm neerslag in één uur kan verwerken. De gemeente legt de rijweg 12 cm lager aan dan in variant 0. De stoepen worden daar onder verhang op aangesloten. In een gebied met verzakkingen betekent dat minder ophogen. Hierdoor ontstaat ruimte om piekbuien op straat te bergen. Pas bij een wolkbreuk groter dan 60 mm in één uur kan er water in de woningen komen.



Conclusies vooroorlogs bouwblok

Kosten en baten regenwater

De grafiek toont voor elke variant de jaarlijkse kosten, opgebouwd uit aanlegkosten, onderhoudskosten en kosten door wateroverlast. De jaarkosten zijn gebaseerd op kostenramingen voor een periode van honderd jaar.

De jaarlijkse kosten voor variant 1 (berging op straat) zijn circa 7% lager dan die voor de traditionele herinrichting. De varianten met infiltratie (varianten 2 en 3) zijn duurder dan de traditionele variant, maar hebben het voordeel dat regenwater in de bodem wordt vastgehouden bij een goed doorlatende bodem of vertraagd wordt afgevoerd bij een slecht doorlatende bodem. De drainage in het wegcunet kan ook bij hogere natuurlijke grondwaterstanden behulpzaam zijn om het regenwater vertraagd af te voeren.

Bij niet (meer) aansluiten op een regenwatersysteem leiden de varianten met infiltratie (varianten 2 en 3) tot een vertraagde afvoer naar het oppervlaktewater. Dit vermindert de belasting van het watersysteem. De baten hiervan hebben we niet berekend.

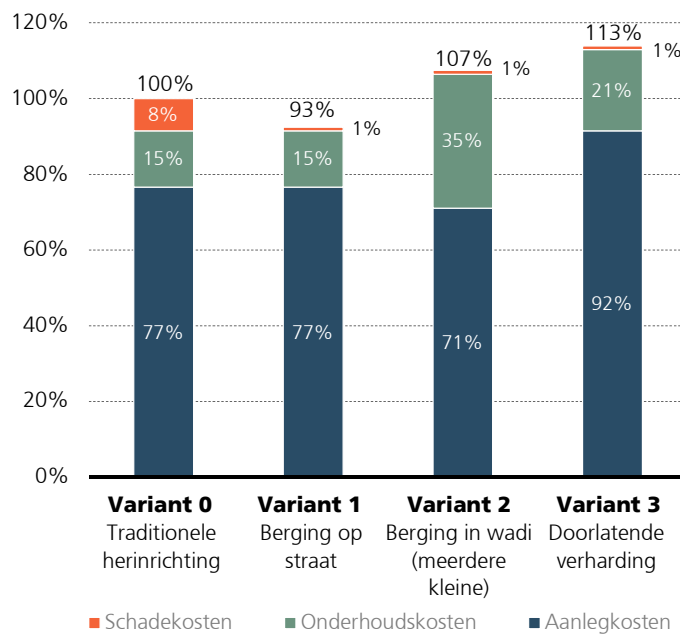
Baten groen

Meer groen in de stad draagt bij aan het beperken van hittestress en het tegengaan van verdroging. De baten op gebied van gezondheid, comfort, economische waarde en energiegebruik zijn volgens onze berekeningen vele malen hoger dan de jaarlijkse kosten voor herinrichting van de hele straat en zeker hoger dan de extra beheer- en onderhoudskosten voor het groen zelf.

Conclusies

Woonstraten in de typologie vooroorlogs bouwblok (in een vlak gebied) kunnen voor hetzelfde geld een klimaatbestendige herinrichting krijgen door verlaging van het maaiveld. Het is daarbij belangrijk mee te liften met geplande werkzaamheden zoals rioolvervanging of periodieke herinrichting. De varianten met een wadi (variant 2) of doorlatende verharding (variant 3) blijken wat duurder, maar hebben de voordelen dat water meer lokaal wordt vastgehouden en minder wordt afgevoerd. Het anders inrichten betekent minder overlast en schade, en is te combineren met meer groen in de straat.

Kosten vooroorlogs bouwblok



An aerial photograph of a city center, likely Amsterdam, showing a dense grid of buildings and a network of canals. The buildings are mostly multi-story with dark roofs and light-colored facades. The canals are dark and narrow, with some boats visible. There are green spaces and trees interspersed among the buildings. The overall scene is a typical urban landscape of a historic city.

‘GROEN VERHOOGT DE WAARDE VAN

VASTGOED’ (Daams, 2016)



3.2 Stedelijk bouwblok

Kenmerken typologie

Deze typologie kenmerkt zich door meerlaagse bouw en een organisch stratenpatroon. De straat is grotendeels verhard en kent weinig oppervlak aan openbaar groen. Wel zijn er een aantal grote bomen. Door de gesloten bouwblokken kan het water in de achtertuinen moeilijk weg. Hier zijn de particulieren aan zet.



verharding



groen/blauw



hittebestendigheid



waterbestendigheid

Praktijkvoorbeeld stedelijk bouwblok (vlak)



299m straatlengte



40 woningen op de begane grond

%



Circa 90% van de openbare ruimte is verhard



Verharding bestaat uit klinkers en betontegels

%



Geen hoogteverschil in straatpeil



43 bomen in de straat



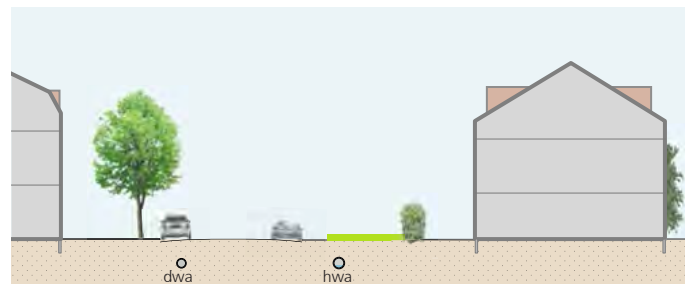
Circa 15m afstand tussen gevels

Lokale situatie

De bestudeerde locatie ligt op vlak terrein met een slecht doorlatende bodem. Het wegcunet heeft een goede doorlatendheid. Er ligt een gescheiden rioolstelsel.

Vlak terrein

Vlak terrein betekent dat water relatief makkelijk kan worden vastgehouden. Bij extreme neerslag zal water niet wegstromen maar zich op de laagste punten verzamelen.



Traditionele herinrichting

Bij circa 40mm in een uur verwachten we bij een traditionele herinrichting water in woningen. Deze afbeelding illustreert een dergelijke situatie.



Variante 0: traditionele herinrichting

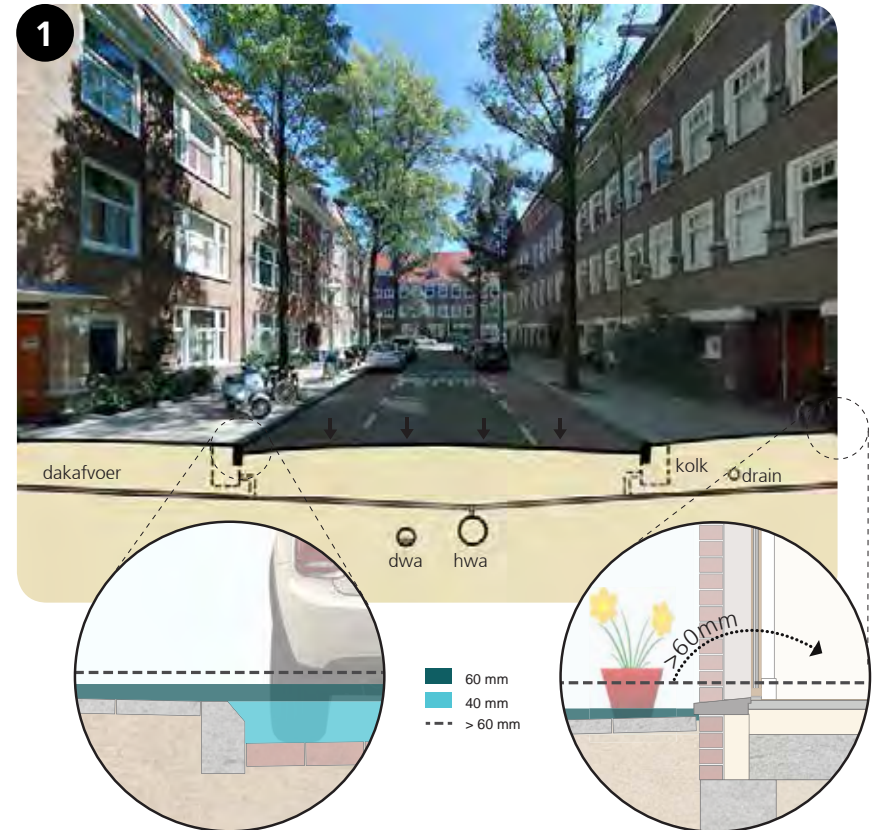
De gemeente hoort de openbare ruimte bij weinig draagkrachtige ondergronden op tot de oorspronkelijke aanleghoogte. De bestaande riolering en de verharding worden vernieuwd. De riolering kan een bui van eens per één of twee jaar verwerken. Er is enige ruimte voor water op straat, maar daar is niet echt op ontworpen. Bij extreme neerslag kan er water in de woningen komen (hier aangenomen bij meer dan 40 mm in één uur).



De details tonen de waterhoogten van 40mm, 60mm en meer dan 60mm in een uur

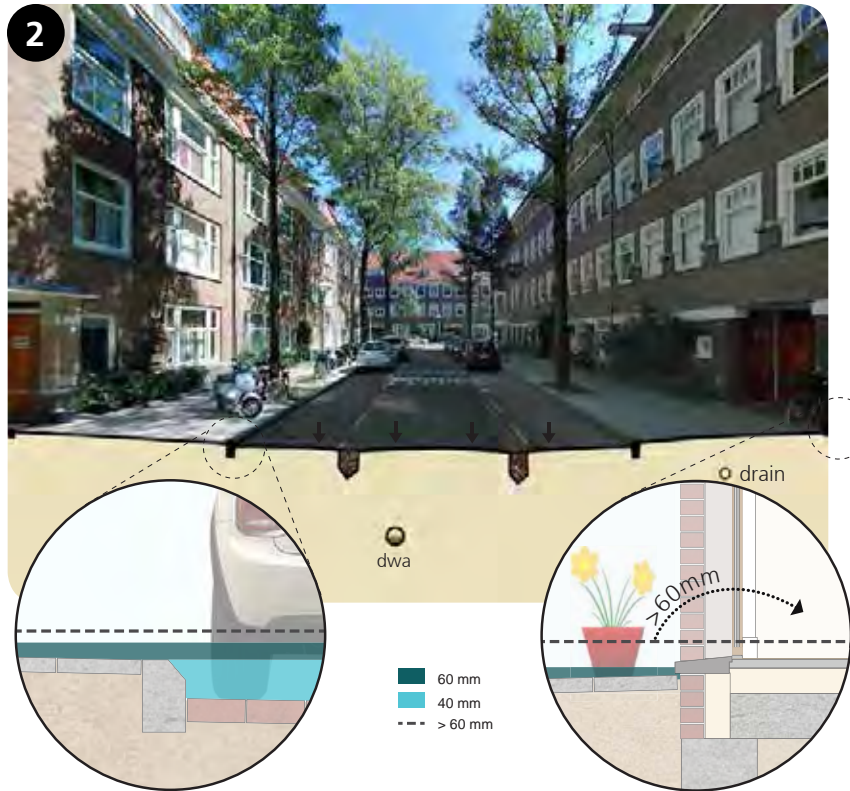
Variante 1: berging op straat

De gemeente legt de rijweg 10 cm lager aan dan in variante 0. De stoepen worden daar onder verhang op aangesloten. In een gebied met verzakkingen betekent dat minder ophogen. Hierdoor ontstaat ruimte om piekbuien op straat te bergen. Pas bij een wolkbreuk groter dan 60 mm in één uur kan er water in de woningen komen. De bestaande riolering en de verharding worden vernieuwd. De riolering kan een bui van eens per één of twee jaar verwerken.



Variante 2: berging in wegcunet via infiltratiegoten

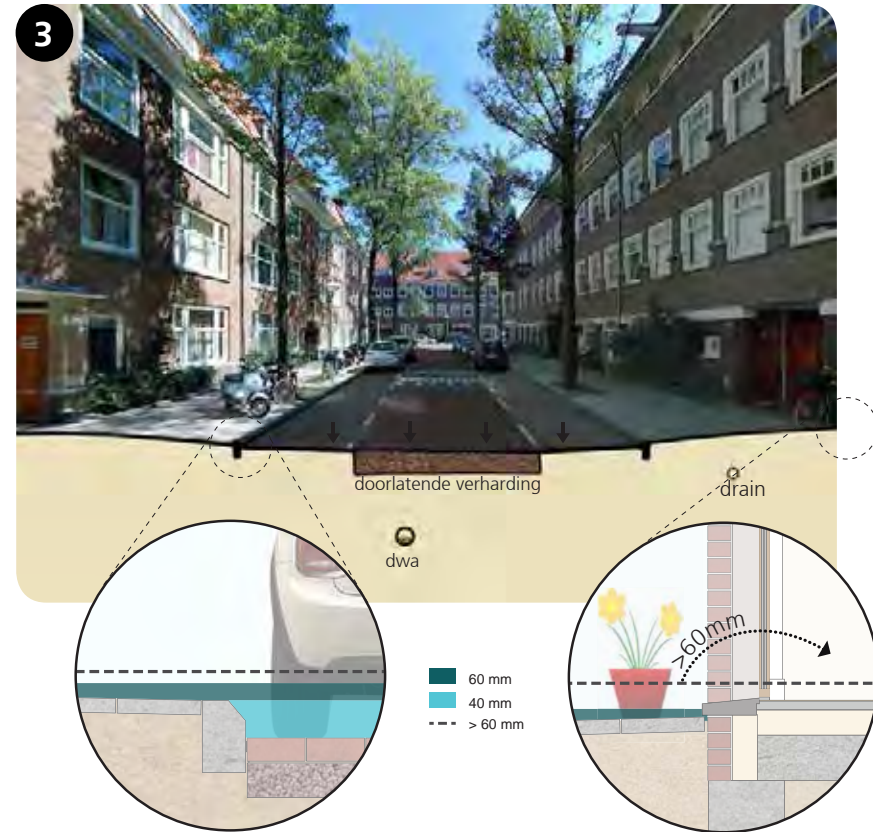
Er komt geen regenwaterriool. In plaats daarvan worden er in de rijwegverharding infiltratiegoten aangebracht waardoor het regenwater in het wegcunet kan infiltreren. Deze infiltratiegoten kunnen 20 mm neerslag in één uur verwerken. De gemeente legt de rijweg 10 cm lager aan dan in variant 0. De stoepen worden daar onder verhang op aangesloten. In een gebied met verzakkingen betekent dat minder ophogen. Hierdoor ontstaat ruimte om piekbuien op straat te bergen. Pas bij een wolkbreuk groter dan 60 mm in één uur kan er water in de woningen komen.



De details tonen de waterhoogten van 40mm, 60mm en meer dan 60mm in een uur

Variante 3: berging in wegcunet via waterdoorlatende verharding

Er komt geen regenwaterriool. In plaats daarvan krijgt de rijweg een doorlatende verharding die 20 mm neerslag in één uur kan verwerken. De gemeente legt de rijweg 10 cm lager aan dan in variant 0. De stoepen worden daar onder verhang op aangesloten. In een gebied met verzakkingen betekent dat minder ophogen. Hierdoor ontstaat ruimte om piekbuien op straat te bergen. Pas bij een wolkbreuk groter dan 60 mm in één uur kan er water in de woningen komen.



Kansen voor groen

Baten groen

Meer groen in de stad draagt bij aan het beperken van hittestress en het tegengaan van verdroging. De baten op gebied van gezondheid, comfort, economische waarde en energiegebruik zijn volgens onze berekeningen vele

malen hoger dan de jaarlijkse kosten voor herinrichting van de hele straat en zeker hoger dan de extra beheer- en onderhoudskosten voor het groen zelf.



gevelgroen vermindert de absorptie van warmte door de gevel en verlaagt de temperatuur



extra groen brengt schaduw en verkoeling



een combinatie van fietsenrekken, groen en doorlatende verharding

Conclusies stedelijk bouwblok

Kosten en baten regenwater

De grafiek toont voor elke variant de jaarlijkse kosten, opgebouwd uit aanlegkosten, onderhoudskosten en kosten door wateroverlast. De jaarkosten zijn gebaseerd op kostenramingen voor een periode van honderd jaar.

De jaarlijkse kosten voor variant 1 (berging op straat) zijn circa 9 % lager dan die voor de traditionele herinrichting. De varianten met infiltratie zijn duurder, maar hebben het voordeel dat regenwater in de bodem wordt vastgehouden bij een goed doorlatende bodem of vertraagd wordt afgevoerd bij een slecht doorlatende bodem. De drainage in het wegcunet kan ook bij hogere natuurlijke grondwaterstanden behulpzaam zijn om het regenwater vertraagd af te voeren (zie ook het achtergronddocument).

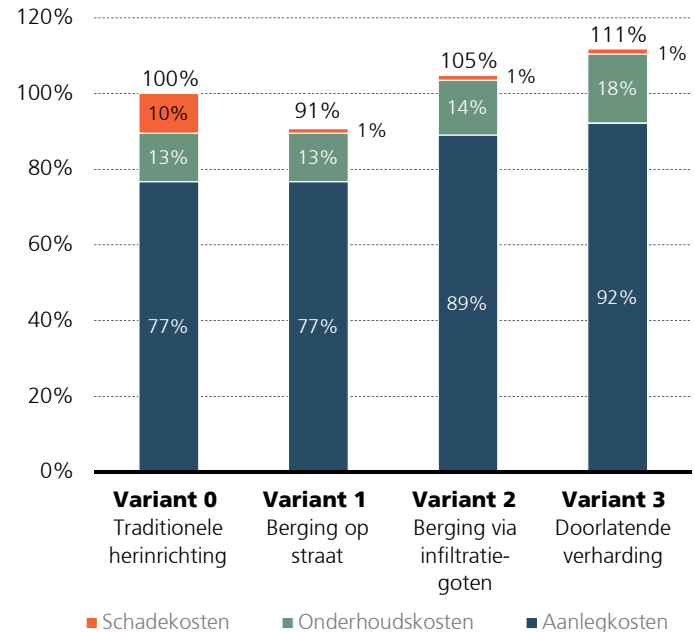
Bij niet (meer) aansluiten op een regenwatersysteem leiden de varianten met infiltratie (varianten 2 en 3) tot een vertraagde afvoer naar het oppervlaktewater. Dit vermindert de belasting van het watersysteem. De baten hiervan hebben we niet meegenomen.

Conclusies

Woonstraten in de typologie stedelijk bouwblok (in een vlak gebied) kunnen voor hetzelfde geld een klimaatbestendige herinrichting krijgen door verlaging van het maaiveld. Het is daarbij belangrijk mee te liften met geplande werkzaamheden zoals rioolvervanging of periodieke herinrichting.

Het anders inrichten betekent minder overlast en schade, en is te combineren met meer groen in de straat.

Kosten stedelijk bouwblok





3.3 Naoorlogse woonwijk

Kenmerken typologie

De naoorlogse woonwijk kenmerkt zich door laagbouw met een voor- en een achtertuin. In deze typologie is de hoeveelheid groen in de wijk sterk afhankelijk van de groeninvulling in de privé-tuinen. De parkeerdruk varieert sterk en is afhankelijk van de woningdichtheid. Deze wijk is ruim opgezet met een brede weg met plek voor parkeren aan beide zijden van de weg. Hier kan eenvoudig ruimte voor water worden gemaakt om overlast in laaggelegen delen van de wijk te voorkomen.



verharding



groen/blauw



hittebestendigheid



waterbestendigheid

Praktijkvoorbeeld naoorlogse woonwijk (hellend)



229m straatlengte



27 woningen

%



Circa 100% van de openbare ruimte is verhard



De verharding bestaat uit klinkers en betontegels

%



Circa 7m hoogteverschil in straatpeil



Er staan geen bomen in de straat



Circa 20m afstand tussen gevels



Lokale situatie

De bestudeerde locatie kent royale voortuinen en vrij brede straten met twee onder een kap woningen. Het wegprofiel bestaat uit een rijbaan met aan beide zijden een trottoir. Parkeren geschiedt langs de trottoirbanden aan beide zijden van de weg. De bodem is goed doorlatend. Er ligt een gescheiden rioolstelsel.

Hellend gebied

Het gebied is hellend en ook de vloerpeilniveaus van de verschillende woningen variëren in hoogte. In hellend gebied kan men van de hoogteverschillen gebruik maken om water weg te leiden. Als er benedenstrooms problemen kunnen optreden, is het van belang water ook op de helling vast te houden.



Traditionele herinrichting

Bij circa 40mm in een uur verwachten we bij een traditionele herinrichting water in woningen. Deze afbeelding illustreert een dergelijke situatie.



voortuinen bieden kans voor extra groen. Dit brengt verkoeling in de zomer



straatprofiel kan de neerslag niet bergen op straat



wateroverlast in woningen



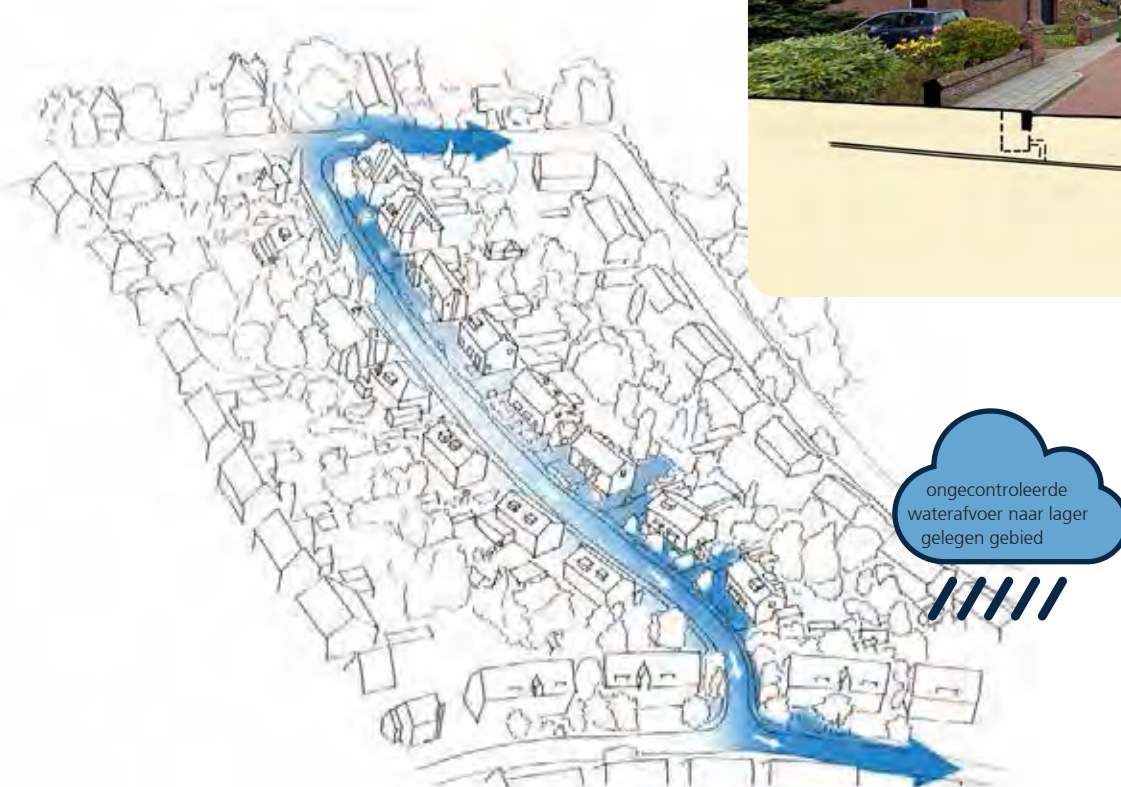
weinig schaduw zorgt voor meer hittestress in de zomer



riolering is berekend op een regenbui van 20 mm in één uur

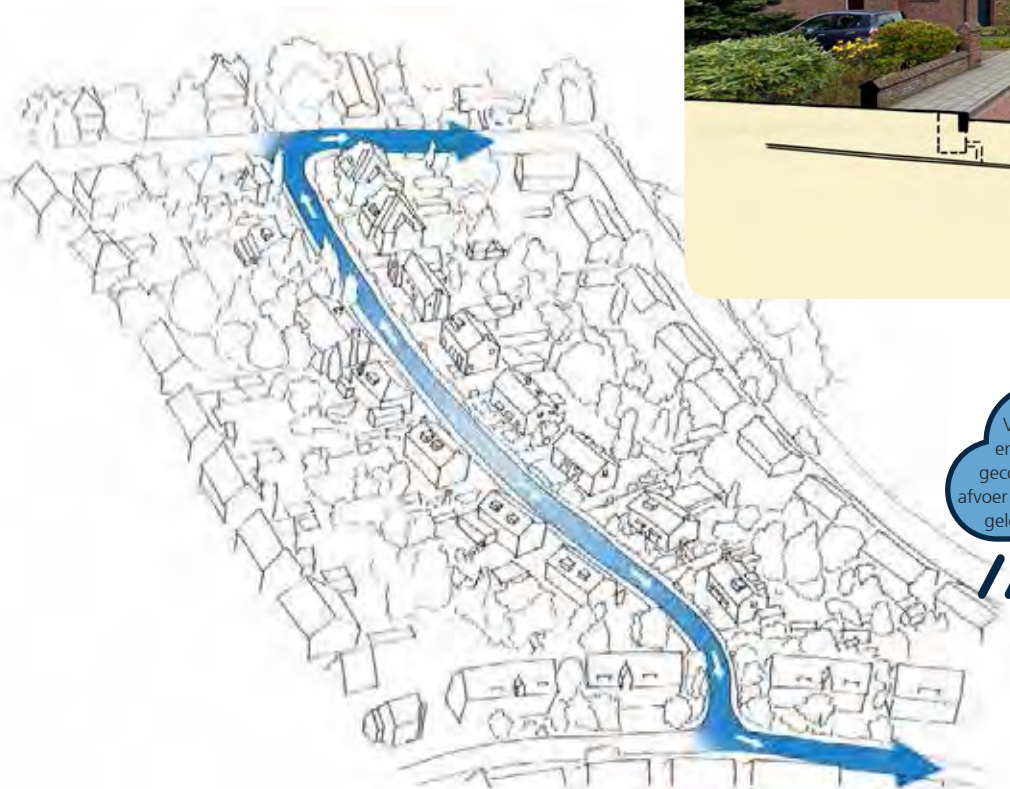
Variante 0: traditionele herinrichting

De herinrichting van de openbare ruimte geschiedt volgens huidige profiel. De bestaande riolering en de verharding worden vernieuwd. De riolering kan een bui van eens per één of twee jaar verwerken. Er is enige ruimte voor water op straat, maar daar is niet echt op ontworpen. Extreme neerslag kan vanwege het hellende gebied tot flinke waterstromen leiden. Het water kan in de woningen in het lage deel van de straat komen en aanzienlijke schade veroorzaken.



Variante 1: geleiding over straat

Het hellende gebied maakt het onmogelijk het water op de rijweg te bergen. De gemeente legt de rijweg 10 cm lager aan dan in variante 0, zodat er zoveel mogelijk water via de rijweg naar beneden stroomt. De bestaande riolering en de verharding worden vernieuwd. De rijweg wordt hol, zodat er 60 mm water in één uur kan afstromen zonder in de huizen terecht te komen. In deze variante gaan we ervan uit dat er benedenstrooms geen overlast optreedt.

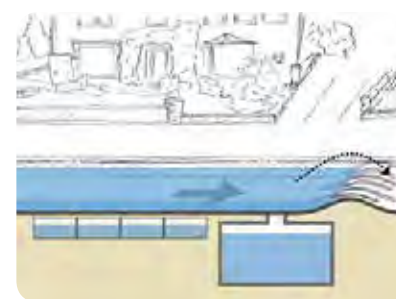
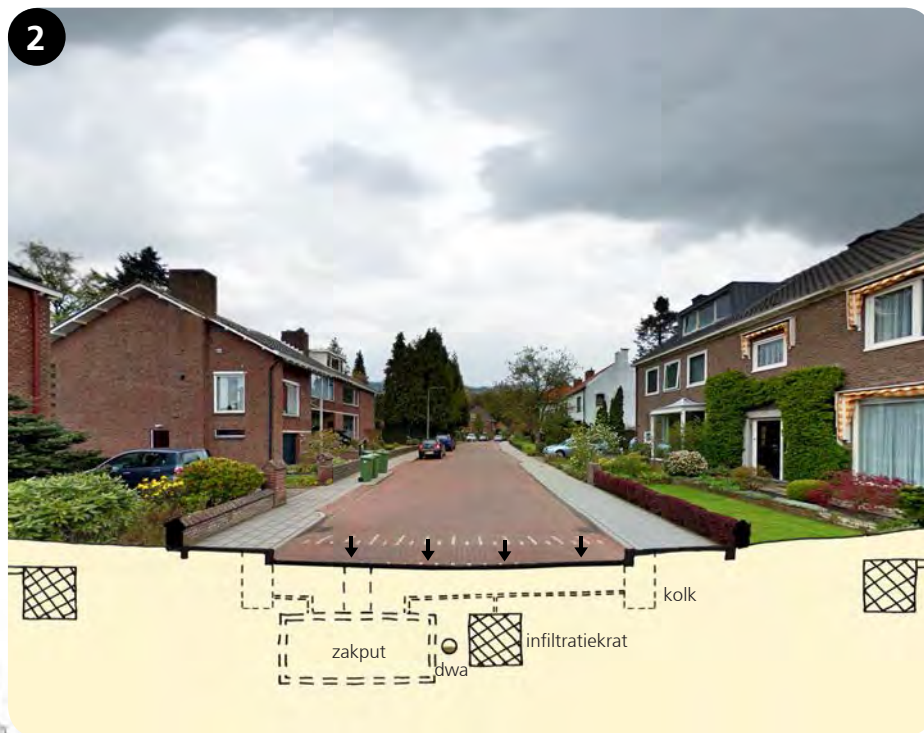
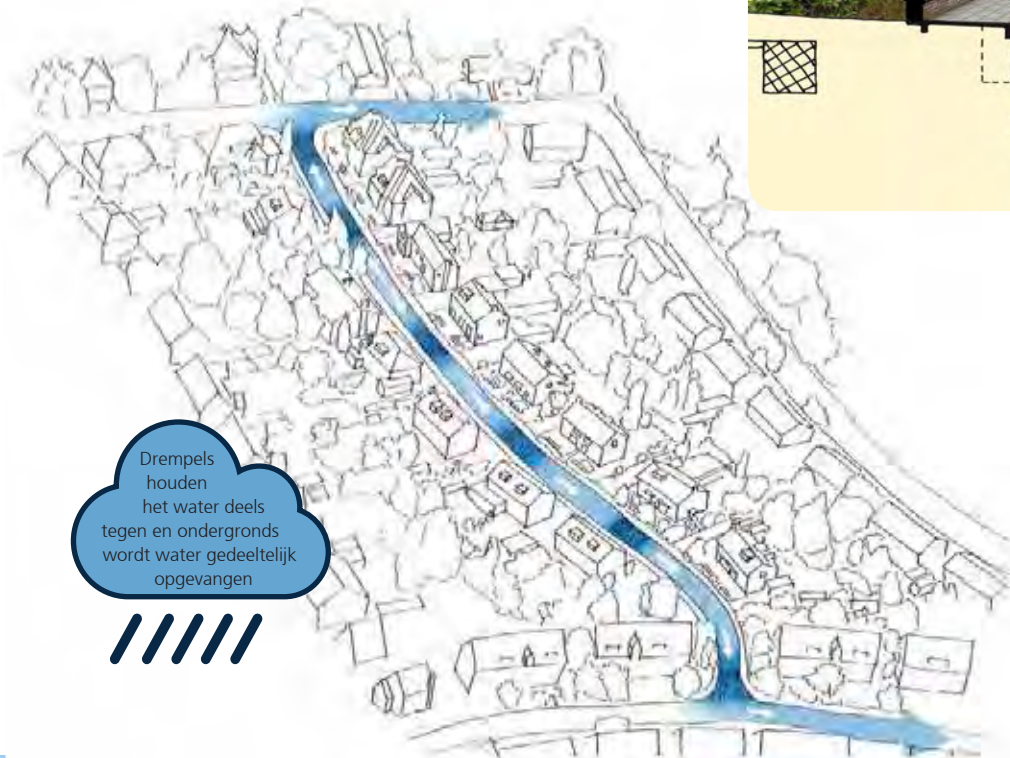




Volledige en gecontroleerde afvoer richting lager gelegen gebied



Variante 2: ondergrondse berging

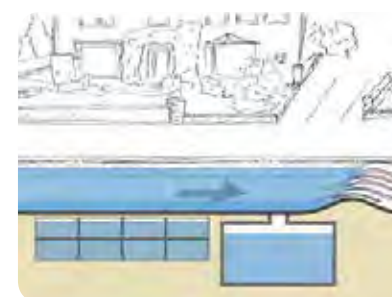
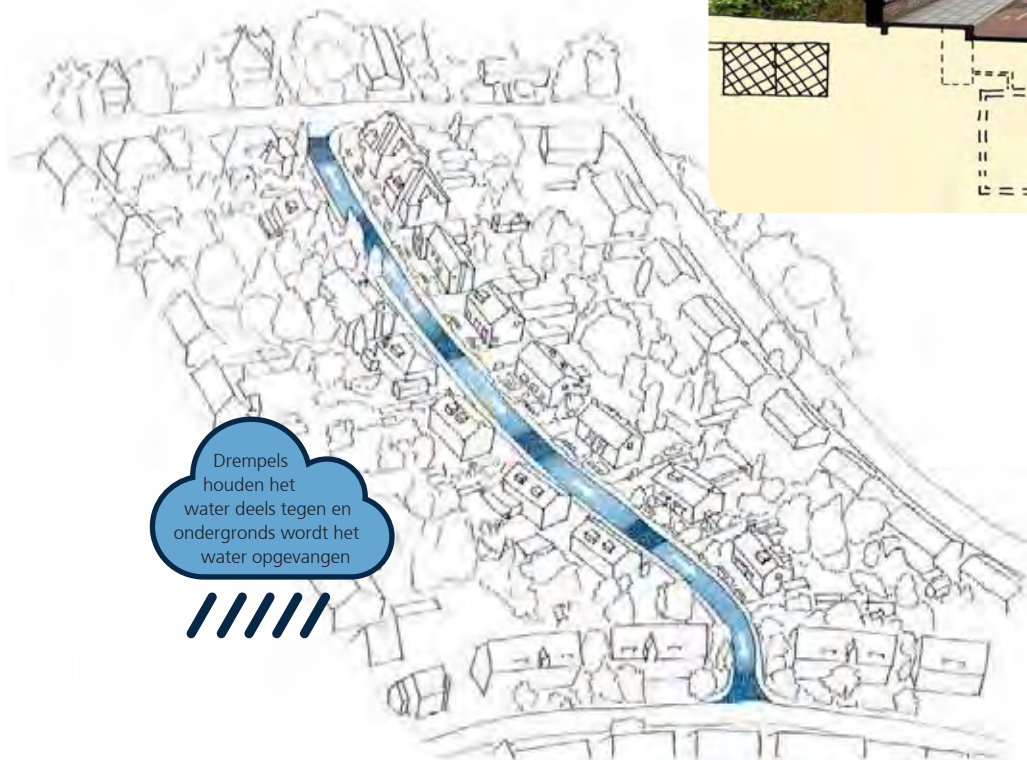
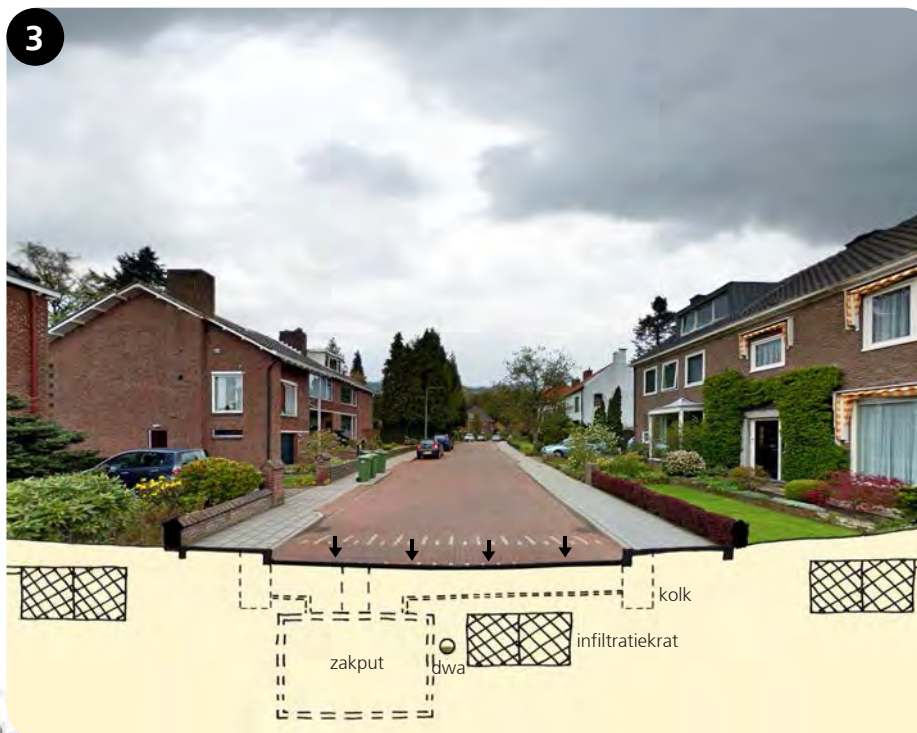
De gemeente legt geen regenwaterriool aan, maar verlaagt de rijweg met 10 cm ten opzichte van variant 0. Onder de rijweg komen infiltratievoorzieningen (zakputten) die het water moeten bergen en afgeven aan de bodem. Drempels in de weg stuwen het water op, zodat het de infiltratievoorzieningen in kan stromen. Deze drempels dienen lager dan het trottoir te zijn. In de voortuinen en in de rijweg worden bovendien infiltratie-elementen ('kratjes') aangebracht. De twee systemen kunnen samen 40 mm neerslag in één uur vasthouden. De overige 20 mm in één uur wordt via het holle straatprofiel afgevoerd. We gaan ervan uit dat daarbij benedenstrooms geen overlast optreedt.



Afvoer lager gebied 
Berging lokaal 

Variante 3: ondergrondse berging (groot)

De gemeente legt geen regenwaterriool aan, maar verlaagt de rijweg met 10 cm ten opzichte van variant 0. Onder de rijweg komen infiltratievoorzieningen (zakputten) die het water moeten bergen en afgeven aan de bodem. Drempels in de weg stuwen het water op, zodat het de infiltratievoorzieningen in kan stromen. Deze drempels dienen lager dan het trottoir te zijn. In de voortuinen en in de rijweg worden bovendien infiltratie-elementen ('kratjes') aangebracht. De twee systemen kunnen samen 60 mm neerslag in één uur vasthouden. Pas bij meer dan 60 mm in één uur stroomt er water naar benedenstrooms gebied.



Afvoer lager gebied



Berging lokaal



Kansen voor groen

Baten groen

Meer groen in de stad draagt bij aan het beperken van hittestress en het tegengaan van verdroging. De baten op gebied van gezondheid, comfort, economische waarde en energiegebruik zijn volgens onze berekeningen vele malen hoger dan de jaarlijkse kosten voor herinrichting van de hele straat en zeker hoger dan de extra beheer- en onderhoudskosten voor het groen zelf. In de onderzochte

situatie is de winst van groen voornamelijk te behalen door het groen maken en houden van de tuinen. Dit voorkomt naast de genoemde voordelen van groen ook extra afvoer van regenwater. De particulier is in dit geval dus een belangrijke partij om wateroverlast te helpen beperken of voorkomen.



grote bomen bieden bescherming tegen de straling van de zon op hete dagen



groen op straat draagt bij aan infiltratiecapaciteit en werkt verkoelend

Conclusies naoorlogse woonwijk

Kosten en baten regenwater

De grafiek toont voor elke variant de jaarlijkse kosten, opgebouwd uit aanlegkosten en onderhoudskosten. De jaarkosten zijn gebaseerd op kostenramingen voor een periode van honderd jaar.

De kosten door wateroverlast zijn hierin niet meegenomen. Deze zijn zeer sterk afhankelijk van de inrichting onder aan het hellende gebied. Bevindt zich daar hoofdzakelijk grootschalig groen en oppervlaktewater, dan leidt dat tot veel lagere schadekosten dan bij bebouwing. Ook de lengte van de straat en de hellingsgraad zijn van invloed op het risico dat het water vóór het einde van de helling zijwaarts de woningen in kan stromen.

De jaarlijkse kosten voor variant 0 (de traditionele herinrichting) en variant 1 (het geleiden van het water) zijn het laagst. De varianten met infiltratie zijn aanzienlijk duurder, maar hebben het voordeel dat regenwater in de bodem wordt vastgehouden bij goed doorlatende bodem of vertraagd wordt afgevoerd bij een slecht doorlatende bodem. Als het gebied onder aan de helling gevoelig is voor waterschade, zal deze schade minder zijn naarmate er meer water wordt vastgehouden en geïnfiltreerd.

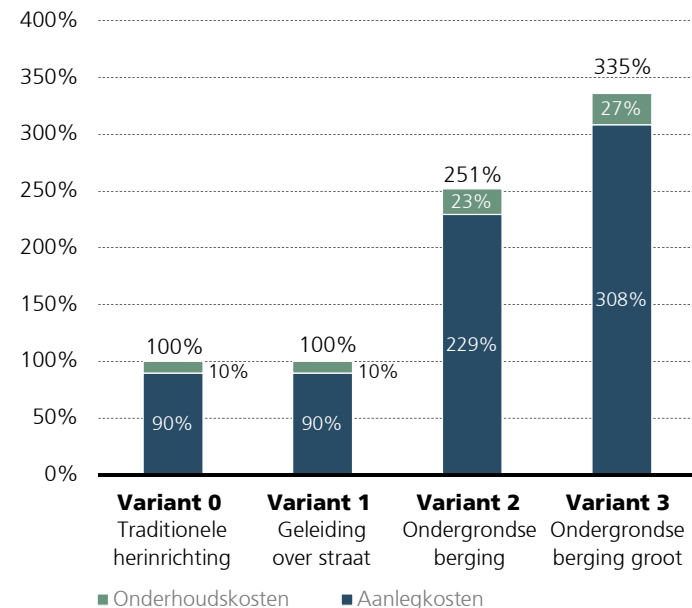
Of investeren in het infiltreren van regenwater economisch rendabel is, hangt dus grotendeels af van de potentiële schade onder aan het hellende gebied. Dit moet per situatie worden bekeken en afgewogen.

Bij niet (meer) aansluiten op een regenwatersysteem leiden de varianten met infiltratie (varianten 2 en 3) tot een vertraagde afvoer naar het oppervlaktewater. Dit vermindert de belasting van het watersysteem. De baten hiervan hebben we niet berekend.

Conclusies

Bij woonstraten in de typologie naoorlogse woonwijk in hellend gebied zijn maatregelen mogelijk om waterstromen te kanaliseren en (deels) te infiltreren². Hierdoor kan een duidelijke verbetering optreden ten opzichte van de huidige situatie. Hoeveel moeite en geld daaraan besteed moet worden hangt in sterke mate af van de (water)schade die benedenstrooms kan optreden. Dit is maatwerk. Komt het tot maatregelen, dan is het uit kostenoogpunt belangrijk mee te liften met geplande werkzaamheden zoals rioolvervanging of periodiek herinrichting.

Kosten naoorlogse woonwijk



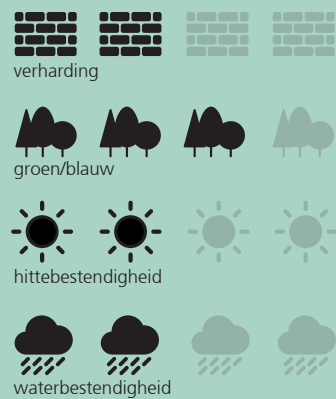
² Of infiltratie werkt is afhankelijk van de doorlatendheid van de bodem.



3.4 Naoorlogse tuinstad laagbouw

Kenmerken typologie

De typologie naoorlogse tuinstad laagbouw heeft relatief veel openbare ruimte tussen de woningen, die één tot twee verdiepingen tellen. De wijken hebben per woonblok een groene openbare ruimte en daarnaast ook privé-tuinen. De openbare groengebieden maken het mogelijk water lokaal vast te houden en te infiltreren. Het behoud van het groen in deze wijken staat onder druk. Wanneer het groen onderdeel van het watersysteem wordt, is er meer kans dat het groen in stand wordt gehouden.



Praktijkvoorbeeld naoorlogse tuinstad laagbouw (vlak)



44m straatlengte



12 woningen op de begane grond

%



Circa 68% van de openbare ruimte is verhard



Verharding bestaat uit klinkers en betontegels

%



Geen hoogteverschil in straatpeil



3 bomen in de straat



Circa 30m afstand tussen gevels



Lokale situatie

Het gebied is vlak en heeft een lage grondwaterstand en de bodem is goed doorlatend. Er ligt een gemengd rioolstelsel dat vervangen gaat worden door een gescheiden rioolstelsel.

Vlak terrein

Vlak terrein betekent dat water relatief makkelijk kan worden vastgehouden. Bij extreme neerslag zal het water niet wegstromen, maar zich op de laagste punten verzamelen.



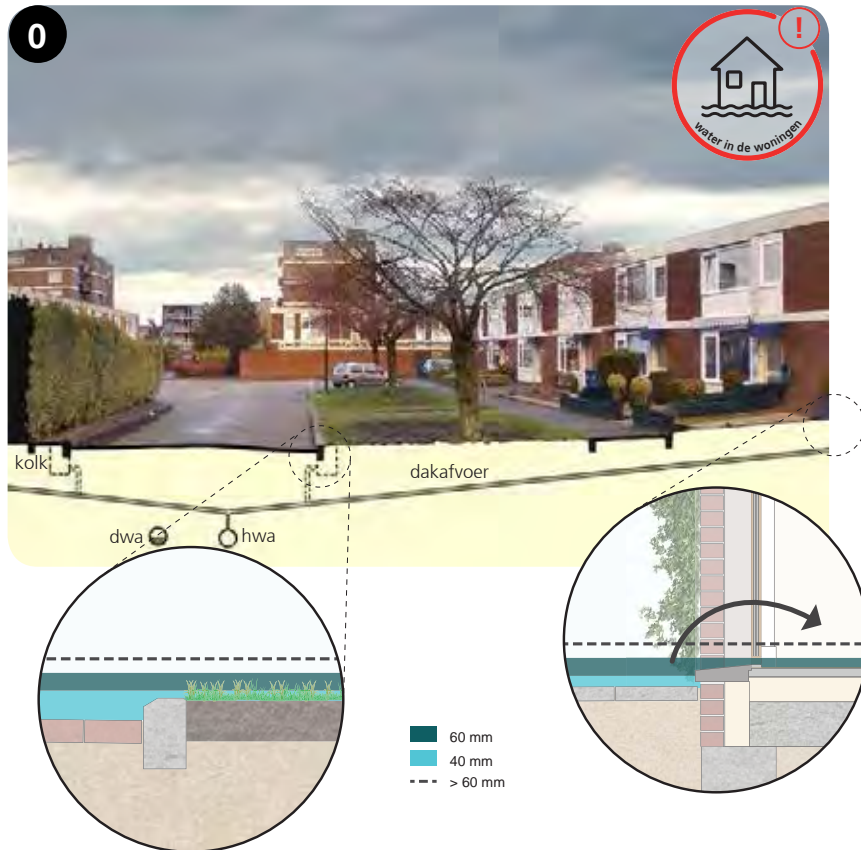
Traditionele herinrichting

Bij circa 40mm in een uur verwachten we bij een traditionele herinrichting water in woningen. Deze afbeelding illustreert een dergelijke situatie.



Variant 0: traditionele herinrichting

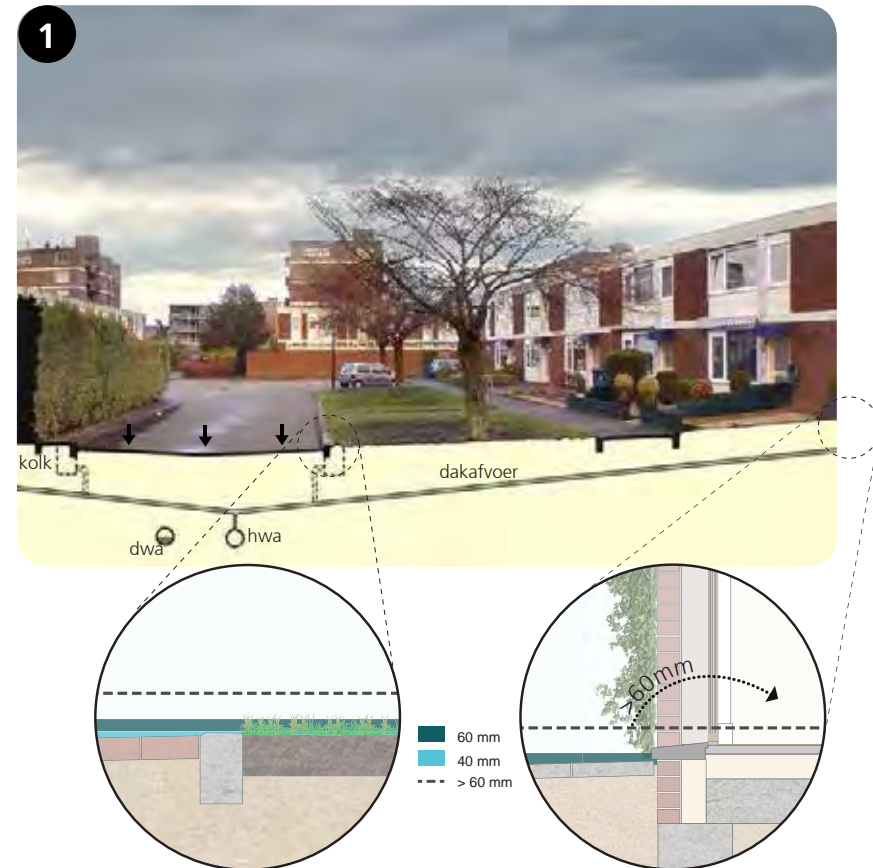
De bestaande gemengde riolering wordt vervangen door een gescheiden rioolstelsel en de verharding wordt vernieuwd. De riolering kan een bui van eens per één of twee jaar verwerken. Er is enige ruimte voor water op straat, maar daar is niet echt op ontworpen. Bij extreme neerslag kan er water in de woningen komen (hier aangenomen bij meer dan 40 mm in één uur).



De details tonen de waterhoogten van 40mm, 60mm en meer dan 60mm in een uur

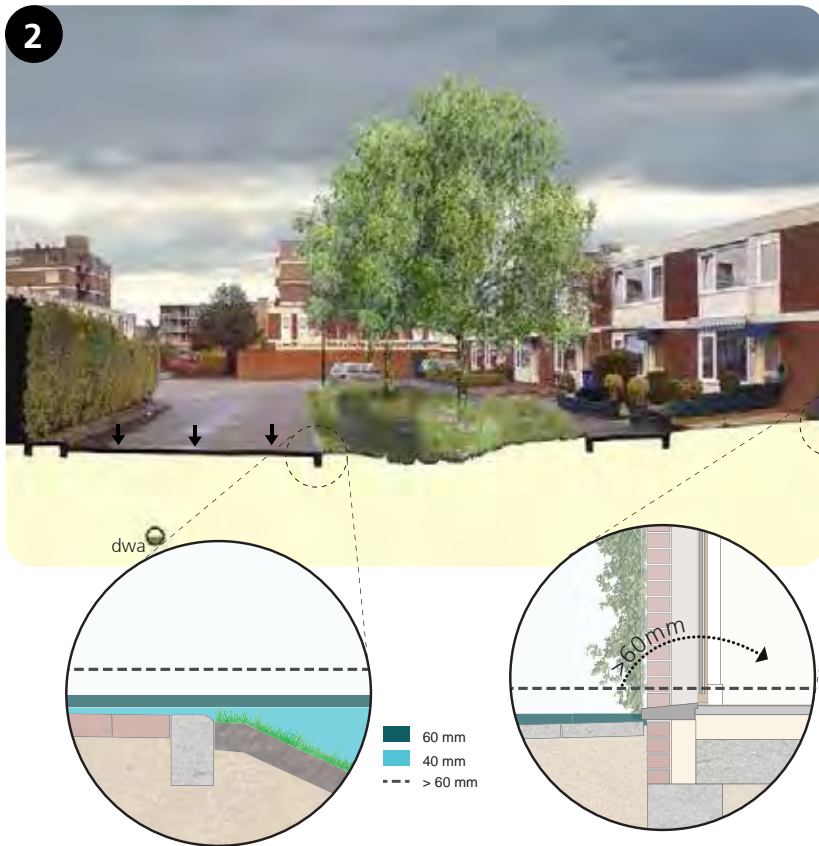
Variant 1: berging op straat

De huidige bolle rijweg wordt hol en komt 10 cm lager te liggen dan in variant 0. Hierdoor ontstaat ruimte om piekbuien op straat te bergen. Pas bij een wolkbreuk groter dan 60 mm in één uur kan er water in de woningen komen. In plaats van de bestaande gemengde riolering komt er een gescheiden rioolstelsel en de verharding wordt vernieuwd. Het regenwaterriool kan een bui van eens per één of twee jaar verwerken.



Variante 2: berging in centrale wadi

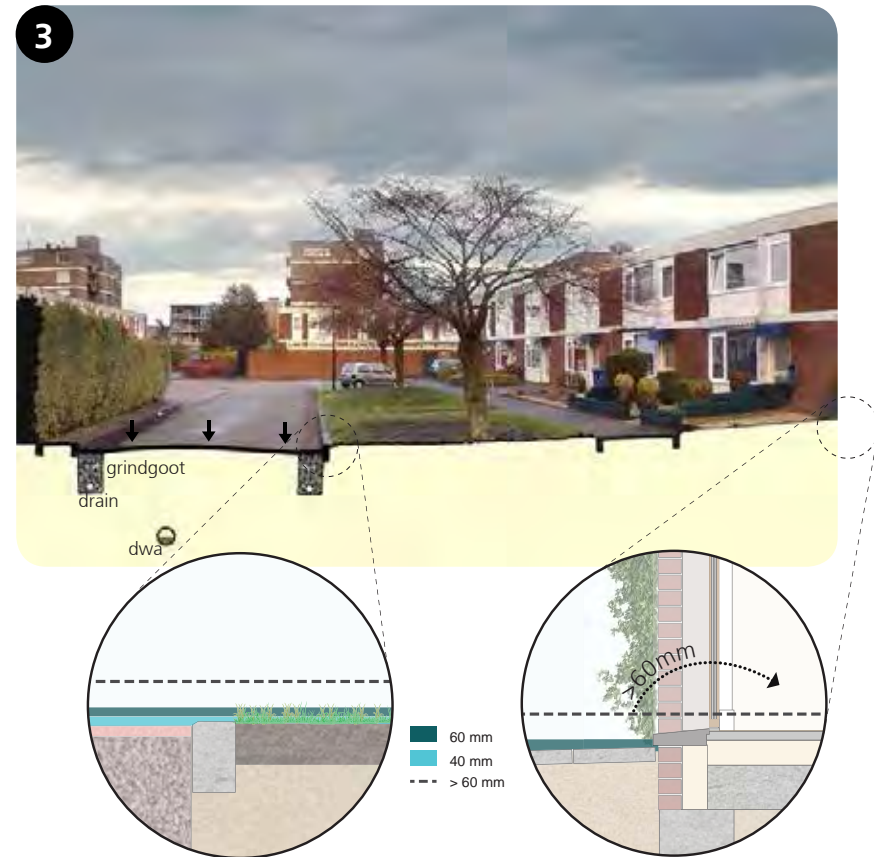
De gemeente legt alleen een vuilwaterriool aan, geen regenwaterriool. De weg wordt op afschot gelegd naar een wadi of naar een molgoot. De molgoot leidt het water naar de wadi, gelegen in een bestaande groenstrook. De rijweg ligt 4 cm lager dan in variant 0. De wadi kan 20 mm neerslag in één uur verwerken. Hierdoor ontstaat ruimte om piekbuien op straat te bergen. Pas bij een wolkbreuk groter dan 60 mm in één uur kan er water in de woningen komen.



De details tonen de waterhoogten van 40mm, 60mm en meer dan 60mm in een uur

Variante 3: berging in grindgoot/koffer

De gemeente legt alleen een vuilwaterriool aan, geen regenwaterriool. De weg komt 10 cm lager te liggen dan bij variant 0 maar houdt hetzelfde profiel. In de diepste delen ligt een lange grindkoffer, evenwijdig aan de weg. Het water stroomt via infiltratiekolken de grindkoffer in. De grindkoffers kunnen 20 mm neerslag in één uur verwerken. Pas bij een wolkbreuk groter dan 60 mm in één uur kan er water in de woningen komen.



Conclusies naoorlogse tuinstad laagbouw

Kosten en baten regenwater

De grafiek toont voor elke variant de jaarlijkse kosten, opgebouwd uit aanlegkosten, onderhoudskosten en kosten door wateroverlast. De jaarkosten zijn gebaseerd op kostenramingen voor een periode van honderd jaar.

De jaarlijkse kosten voor de variant 1 (berging op straat) zijn circa 10% lager dan die voor de traditionele herinrichting. Variant 2, met infiltratie in een centrale wadi, is zelfs nog gunstiger. De varianten zonder regenwaterriool (varianten 2 en 3) hebben ook nog het voordeel dat regenwater in de bodem wordt vastgehouden bij een goed doorlatende bodem of vertraagd wordt afgevoerd bij een slecht doorlatende bodem. De drainage in het wegcunet kan ook bij hogere natuurlijke grondwaterstanden behulpzaam zijn om het regenwater vertraagd af te voeren (zie ook het achtergronddocument).

De varianten met infiltratie (variant 2 en 3), waar regenwater van de gemengde riolering wordt afgehaald, leiden tot minder water op de rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi). De besparing hiervan kan circa 10% van de jaarlijkse kosten bedragen indien geen regenwater meer naar de rwzi wordt afgevoerd³. Bij niet (meer) aansluiten op een regenwatersysteem leiden de varianten met infiltratie tot een vertraagde afvoer naar het oppervlaktewater. Dit vermindert de belasting van het watersysteem. De baten hiervan hebben we niet berekend.

Baten groen

Meer groen in de stad draagt bij aan het beperken van hittestress en het tegengaan van verdroging. De baten op gebied van gezondheid, comfort, economische waarde

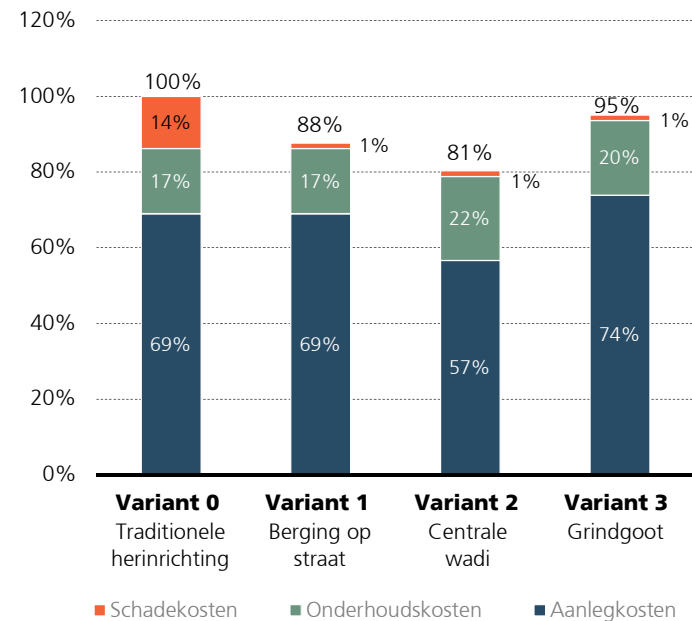
³ Besparing op de lange duur voor de gehele afvalwaterketen.

en energiegebruik zijn volgens onze berekeningen vele malen hoger dan de jaarlijkse kosten voor herinrichting van de hele straat en zeker hoger dan de extra beheer- en onderhoudskosten voor het groen zelf.

Conclusies

Woonstraten in de typologie naoorlogse tuinstad laagbouw (in een vlak gebied) kunnen voor hetzelfde geld een klimaatbestendige herinrichting krijgen. Het is daarbij belangrijk mee te liften met geplande werkzaamheden zoals rioolvervanging of periodieke herinrichting. Het anders inrichten betekent minder overlast en schade, en is te combineren met meer groen in de straat.

Kosten naoorlogse tuinstad laagbouw



**‘EEN VOLWASSEN BOOM KAN
ZO’N 400 LITER WATER PER DAG
VERDAMPEN’** *(Kravcik et al., 2007)*



3.5 Naoorlogse tuinstad hoogbouw

Kenmerken typologie

Deze typologie kenmerkt zich door (semi-)hoogbouw met rondom veel ruimte. Een groot deel daarvan bestaat uit groen in de vorm van grasveld. Het bergen en infiltreren van water is hier relatief eenvoudig te realiseren. De appartementenblokken in deze wijken zijn minder gevoelig voor overstromingen omdat er op de begane grond vaak alleen bergingen zijn. Als de wijk hoger ligt dan omliggende wijken is het beter hier maatregelen te treffen om andere wijken te ontlasten.



verharding



groen/blauw



hittebestendigheid



waterbestendigheid

Praktijkvoorbeeld naoorlogse tuinstad hoogbouw (hellend)



© CycloMedia Technology B.V.



300m straatlengte



0 woningen op de begane grond

%



Circa 53% van de openbare ruimte is verhard



Verharding bestaat uit klinkers en betontegels

%



Circa 7m hoogteverschil in straatpeil



27 bomen in de straat



Circa 25m afstand tussen gevels

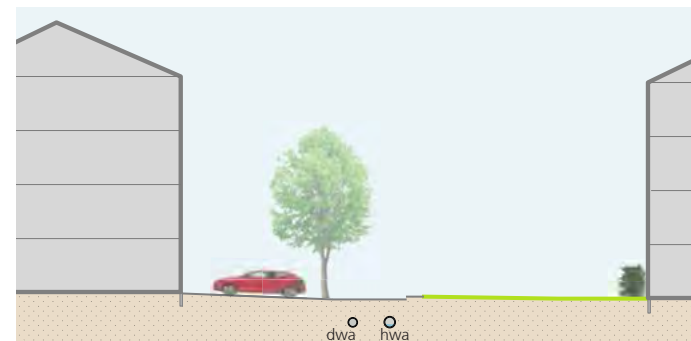


Lokale situatie

De bestudeerde straat ligt in hellend gebied, met bijna vlak liggende stukken groen in de zijstraten, evenwijdig aan de contour. Er ligt een gescheiden rioolstelsel.

Hellend gebied

In hellend gebied kan men van de hoogteverschillen gebruik maken om water weg te leiden. Als er benedenstrooms problemen kunnen optreden, is het van belang water ook op de helling vast te houden.



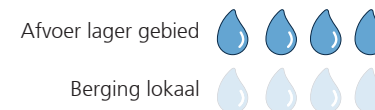
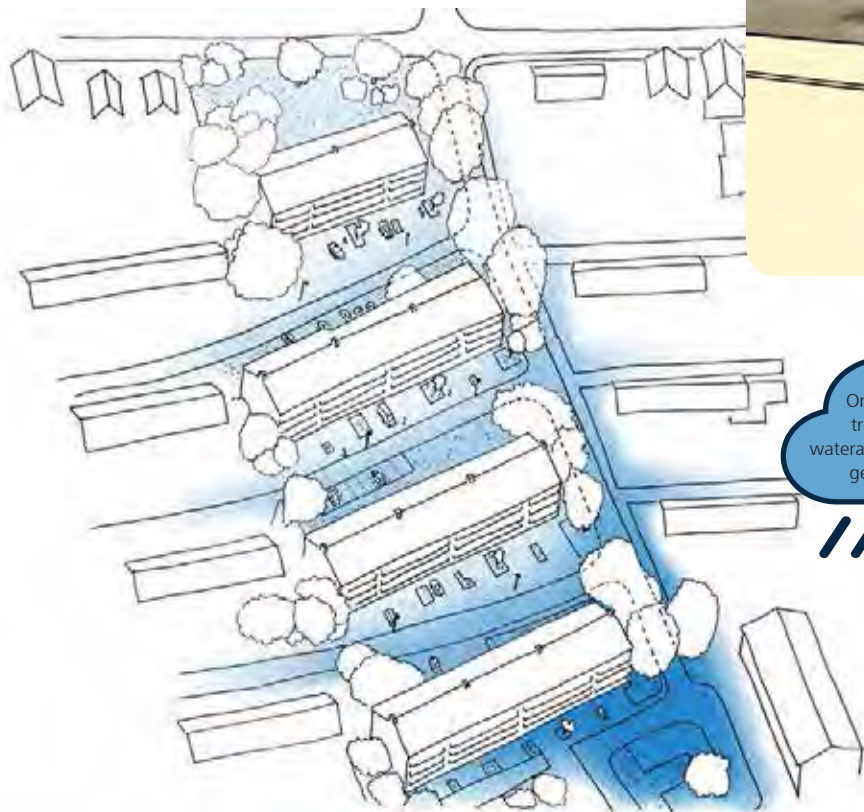
Traditionele herinrichting

Bij circa 40mm in een uur verwachten we bij een traditionele herinrichting water in de gebouwen. Deze afbeelding illustreert een dergelijke situatie.



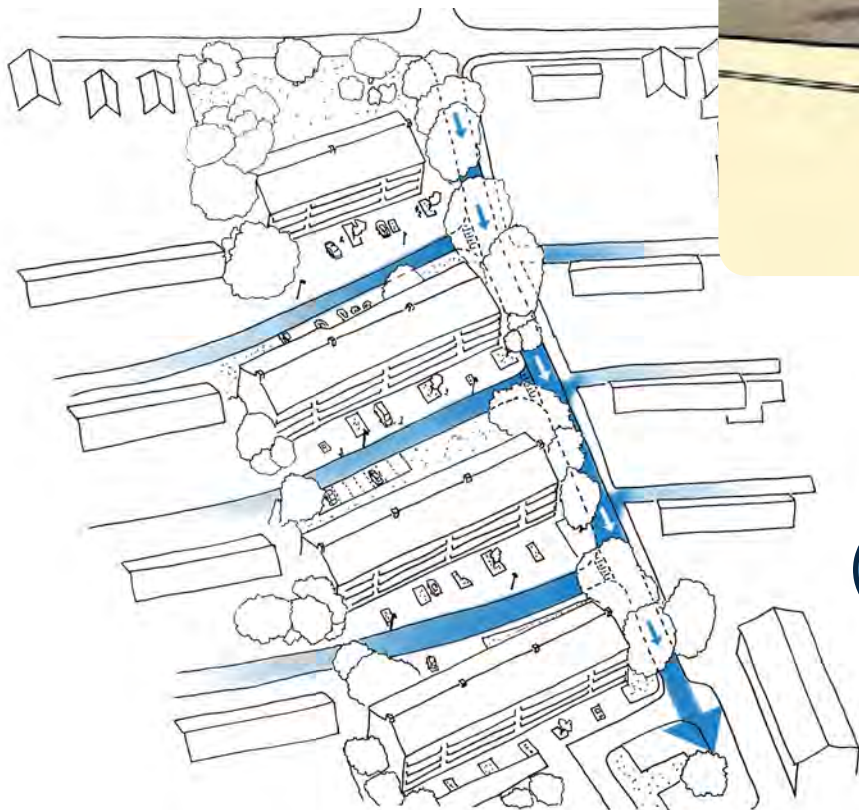
Variant 0: traditionele herinrichting

De openbare ruimte krijgt hetzelfde profiel als voor de herinrichting. De bestaande riolering en de verharding worden vernieuwd. De riolering kan een bui van eens per één of twee jaar verwerken. Er is enige ruimte voor water op straat, maar daar was het ontwerp niet speciaal op gericht. Extreme neerslag kan vanwege het hellende gebied tot flinke waterstromen leiden. Het water kan zo in de woningen in het lage deel van de straat komen en aanzienlijke schade veroorzaken.



Variante 1: geleiding over straat

Het is moeilijk om water op de hellende rijweg te bergen. De gemeente legt de rijweg 10 cm lager aan dan in variante 0, zodat er zoveel mogelijk water via de rijweg naar beneden wordt geleid. De bestaande riolering en de verharding worden vernieuwd. De rijweg wordt hol, zodat er 60 mm water in één uur kan afstromen zonder in de huizen terecht te komen. In deze variante gaan we ervan uit dat er benedenstrooms geen overlast optreedt.



Volledige en gecontroleerde afvoer richting lager gelegen gebied



Afvoer lager gebied

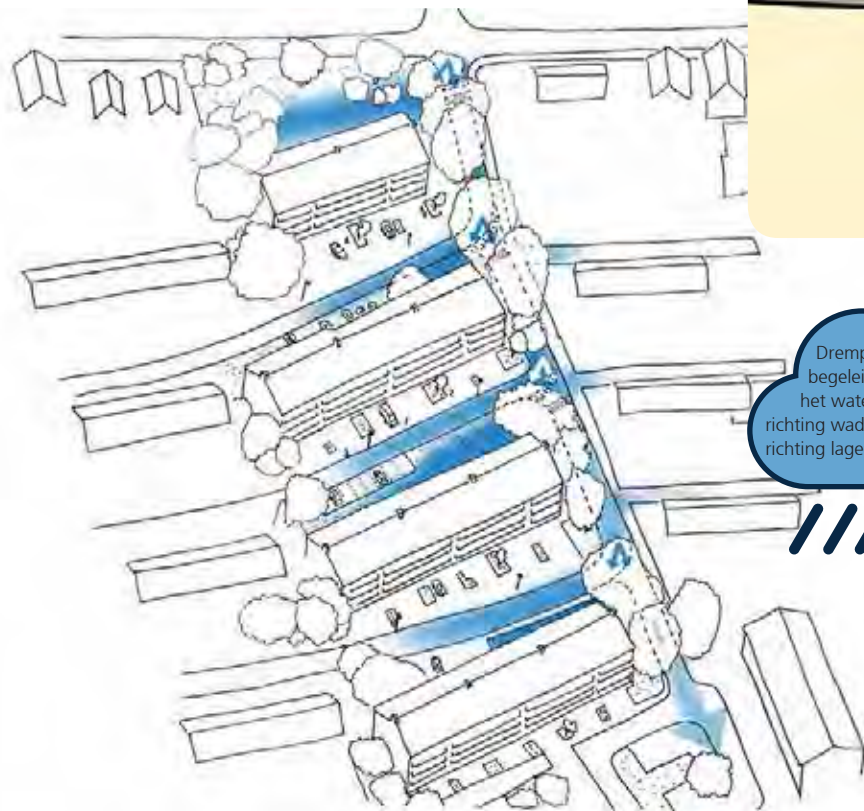


Berging lokaal





Variante 2: wadi en berging op straat

Er wordt geen regenwaterriool aangelegd. Er wordt gebruik gemaakt van de vlakke ligging van de zijstraten om daar berging te realiseren. In de groenstrook van de zijstraten realiseert de gemeente wadi's die 20 mm neerslag in één uur kunnen verwerken. De rijweg in de zijstraten komt 8 cm lager te liggen dan in variant 0, waardoor 20 mm waterberging op straat mogelijk is. Het water wordt tussen de trottoirbanden en aan te brengen drempels vastgehouden. In totaal kan er dus 40 mm water in één uur worden verwerkt. Als het harder regent dan 40 mm in één uur wordt de rest naar benedenstrooms gebied afgevoerd. In deze variant gaan we er vanuit dat daarbij benedenstrooms geen overlast optreedt.



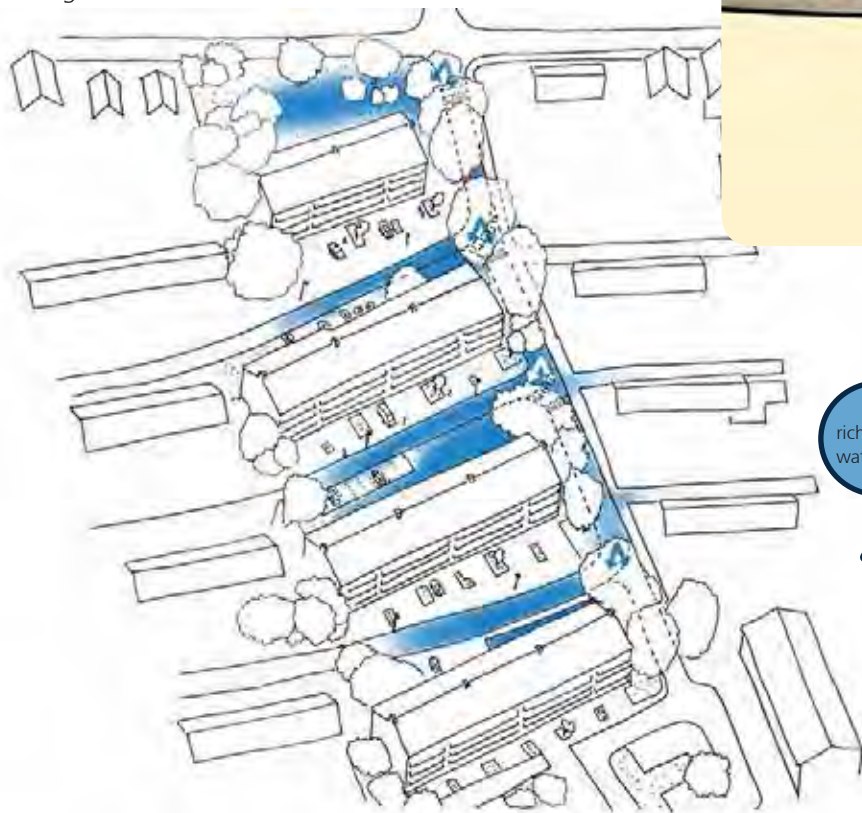
Drempels begeleiden het water deels richting wadi's en deels richting lager gelegen gebied



Afvoer lager gebied 
Berging lokaal 



Variante 3: wadi en extra veel berging op straat

Er wordt geen regenwaterriool aangelegd. Er wordt gebruik gemaakt van de vlakke ligging van de zijstraten om daar berging te realiseren. In de groenstrook van de zijstraten legt de gemeente wadi's aan die 20 mm neerslag in één uur kunnen verwerken. De rijweg in de zijstraten komt 13 cm lager te liggen dan in variante 0, waardoor de berging van in totaal 40 mm water op straat mogelijk maakt. Het water wordt tussen de trottoirbanden en aan te brengen drempels vastgehouden. In totaal kan er dus 60 mm water in één uur worden verwerkt. Pas bij meer dan 60 mm in één uur stroomt er water naar benedenstrooms gebied.



Drempels begeleiden het water deels richting wadi's om het water in het gebied te houden



Afvoer lager gebied 
Berging lokaal 

Kansen voor groen

Baten groen

Meer groen in de stad draagt bij aan het beperken van hittestress en het tegengaan van verdroging. De baten op gebied van gezondheid, comfort, economische waarde en energiegebruik zijn volgens onze berekeningen vele

malen hoger dan de jaarlijkse kosten voor herinrichting van de hele straat en zeker hoger dan de extra beheer- en onderhoudskosten voor het groen zelf.



vaste planten verhogen infiltratiecapaciteit van de wadi



een wadi is een mooie kans om kwalitatief groen toe te voegen aan de openbare ruimte



bomen zorgen voor schaduw op warme dagen

Conclusies naorlogse tuinstad hoogbouw

Kosten en baten regenwater

De grafiek toont voor elke variant de jaarlijkse kosten, opgebouwd uit aanlegkosten en onderhoudskosten. De jaarkosten zijn gebaseerd op kostenramingen voor een periode van honderd jaar.

De kosten door wateroverlast zijn hierin niet meegenomen. Deze zijn sterk afhankelijk van de inrichting onder aan het hellende gebied. Bevindt zich daar hoofdzakelijk grootschalig groen en oppervlaktewater, dan leidt dat tot veel lagere schadekosten dan bij bebouwing. Ook de lengte van de straat en de hellingsgraad zijn van invloed op het risico dat het water vóór het einde van de helling zijwaarts de woningen in kan stromen.

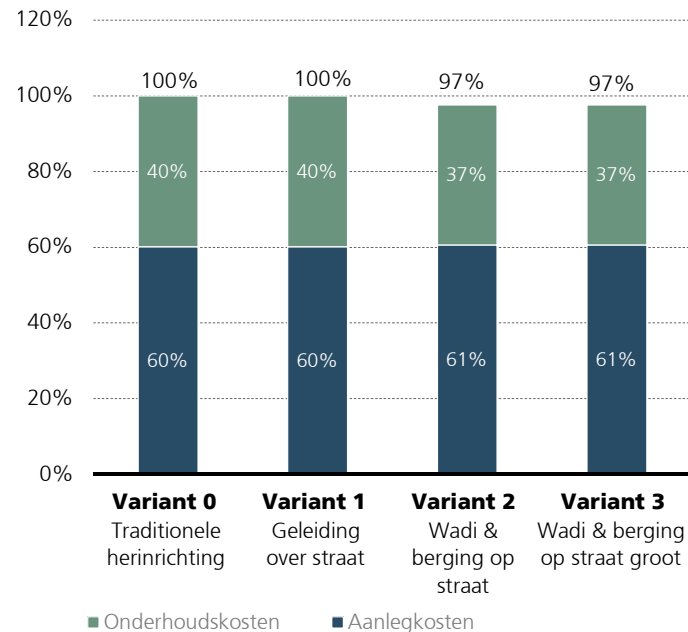
De jaarlijkse kosten voor de verschillende varianten zijn praktisch gelijk. Dit is opmerkelijk want in de andere drie praktijkvoorbeelden voor hellende gebieden werden de kosten aanzienlijk hoger naarmate er meer water moest worden vastgehouden. Dit komt door de kenmerkende eigenschappen van deze wijktypologie en de specifieke situatie: veel ruimte voor groen en in dit geval bijna vlak liggende zijstraten waar het water eenvoudig kan worden vastgehouden.

De varianten 2 en 3 met infiltratie hebben het voordeel dat regenwater in de bodem wordt vastgehouden bij een goed doorlatende bodem of vertraagd wordt afgevoerd bij een slecht doorlatende bodem. Als het gebied onder aan de helling gevoelig is voor waterschade, zal deze schade minder zijn naarmate er meer water op de helling wordt vastgehouden.

Of investeren in het infiltreren van regenwater economisch rendabel is, hangt dus grotendeels af van de potentiële schade onder aan het hellende gebied. Dit moet per situatie worden bekeken en afgewogen.

Bij niet (meer) aansluiten op een regenwatersysteem leiden de varianten met infiltratie (varianten 2 en 3) tot een vertraagde afvoer naar het oppervlaktewater. Dit vermindert de belasting op het watersysteem. De baten hiervan hebben we niet berekend.

Kosten naorlogse tuinstad hoogbouw



Conclusies

Bij woonstraten in de typologie naoorlogse tuinstad hoogbouw in hellend gebied zijn eenvoudige maatregelen mogelijk om waterstromen te kanaliseren en grotendeels vast te houden. Het is zelfs mogelijk om 60 mm water vast te houden zonder meerkosten ten opzichte van een traditionele inrichting. Hierdoor kan een duidelijke verbetering optreden ten opzichte van de huidige situatie en verdient deze maatregel zich direct terug. Hoeveel de maatregel aan (water)schade bespaart, hangt sterk af van de lokale situatie.

Dit praktijkvoorbeeld laat zien dat het verstandig kan zijn een projectgebied voor de herinrichting van een straat niet te klein te kiezen. De mogelijkheden in de herinrichting van de hellende straat zelf, zijn beperkt, maar in de directe omgeving, zoals vlakke zijstraten, zijn er meer mogelijkheden om te benutten.

Besluit men tot maatregelen, dan is het uit kosten oogpunt belangrijk mee te liften met geplande werkzaamheden zoals rioolvervanging of herinrichting.

‘VERGROENEN IS EFFECTIEVER

IN VERKOELEN DAN AANPASSING VAN

DE GEVELKLEUR OF AANPASSING

VAN DE STRAATBREEDTE VOOR MEER

VENTILATIE’ (Shashua-Bar et al., 2012)

3.6 Sub-urbane uitbreiding - Vinex (vlak)



297m straatlengte



70 woningen op de begane grond

%



Circa 82% van de openbare ruimte is verhard



Verharding bestaat uit klinkers

%



Geen hoogteverschil in straatpeil



18 bomen in de straat

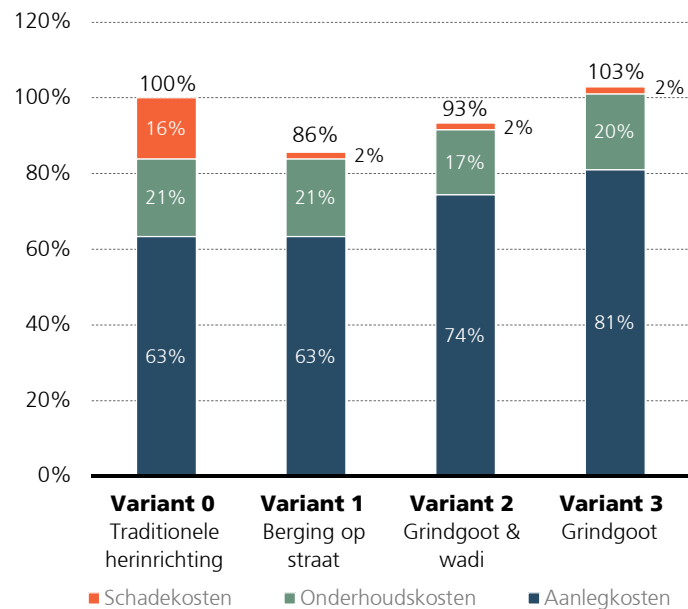


Circa 15m afstand tussen gevels

Dit praktijkvoorbeeld werken we hier niet zo uitgebreid uit als de eerste vijf. Een uitgebreidere beschrijving van dit praktijkvoorbeeld is online beschikbaar op www.hva.nl/klimaatbestendigestad.

Ook het praktijkvoorbeeld voor sub-urbane uitbreiding-Vinex in vlak gebied laat zien dat het eenvoudig en voor hetzelfde geld klimaatbestendig kan. Wederom is het simpelweg lager en hol aanleggen van de straat de goedkoopste variant. Varianten zonder regenwaterafvoer (varianten 2 en 3) zijn, als de schadekosten worden meegerekend, ongeveer even duur als de traditionele herinrichting.

Kosten vinex



Variant 0: traditionele herinrichting



Variant 1: berging op straat



Variant 2: grindgoot en wadi



Variant 3: grindgoot



3.7 Stedelijk bouwblok (hellend)

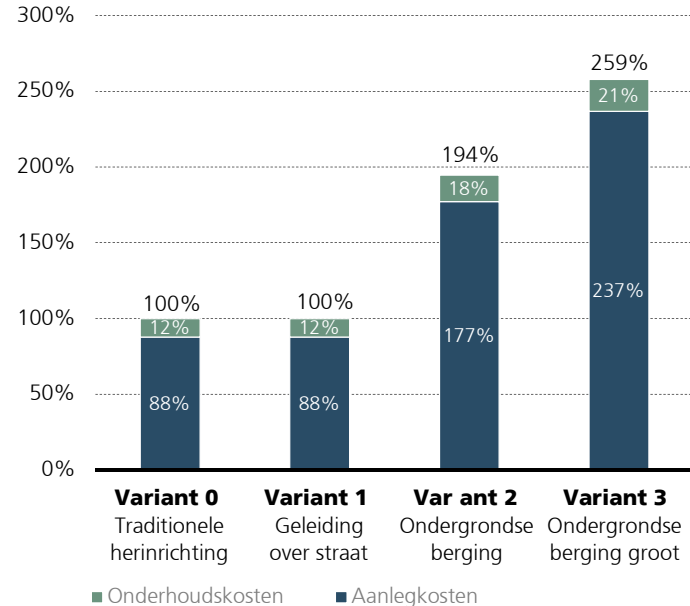


-  110m straatlengte
-  30 woningen op de begane grond
-  Circa 100% van de openbare ruimte is verhard
-  Verharding bestaat uit klinkers en betontegels
-  Circa 4m hoogteverschil in straatpeil
-  8 bomen in de straat
-  Circa 20m afstand tussen gevels

Het praktijkvoorbeeld van het stedelijk bouwblok in hellend gebied toont hogere kosten naarmate er meer water moet worden vastgehouden. Er is weinig openbare ruimte en geen ruimte voor bovengrondse waterberging. Ondergronds zijn de kosten voor waterberging vanzelfsprekend hoger naarmate er meer water moet worden geborgen. Men dient een keuze te maken tussen het water vasthouden op de helling zelf en mogelijke schade benedenstrooms.

Een uitgebreidere beschrijving van dit praktijkvoorbeeld is online beschikbaar op www.hva.nl/klimaatbestendigestad.

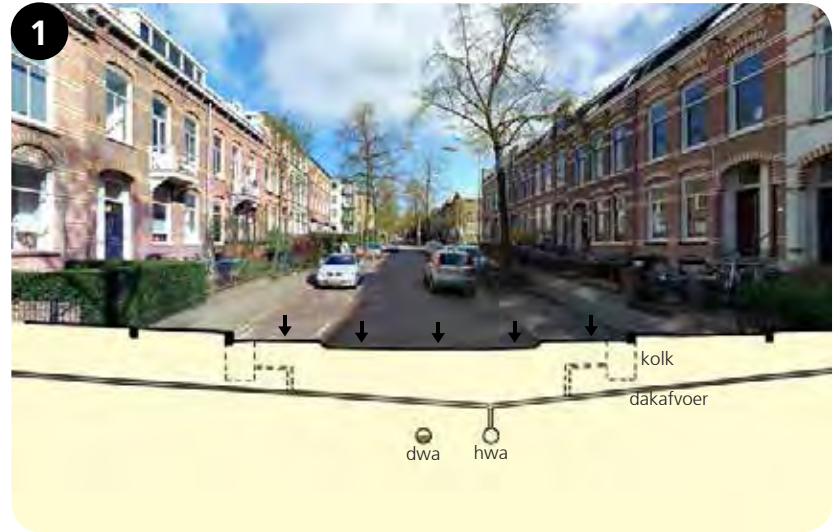
Kosten stedelijk bouwblok



Variant 0: traditionele herinrichting



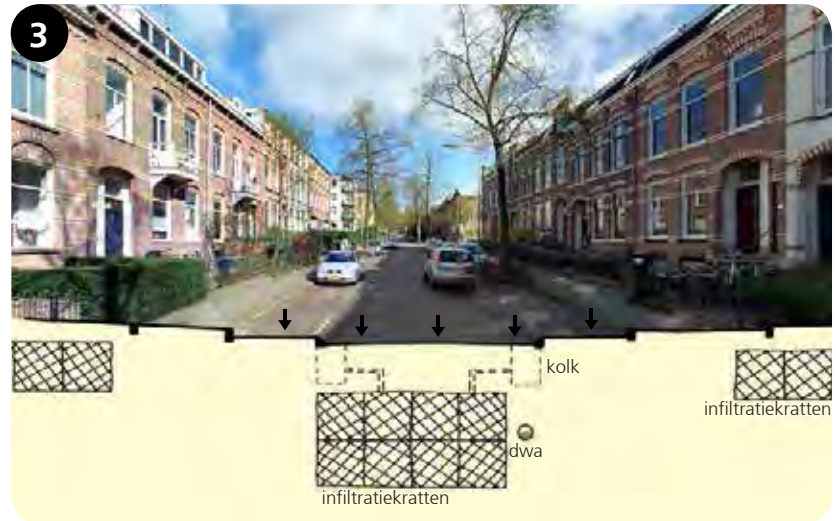
Variant 1: geleiding over straat



Variant 2: ondergrondse berging



Variant 3: ondergrondse berging - groot



3.8 Naoorlogse tuinstad hoogbouw (vlak)



217m straatlengte



0 woningen op de begane grond



Circa 50% van de openbare ruimte is verhard



Verharding bestaat uit klinkers en betontegels



Geen hoogteverschil in straatpeil



16 bomen in de straat

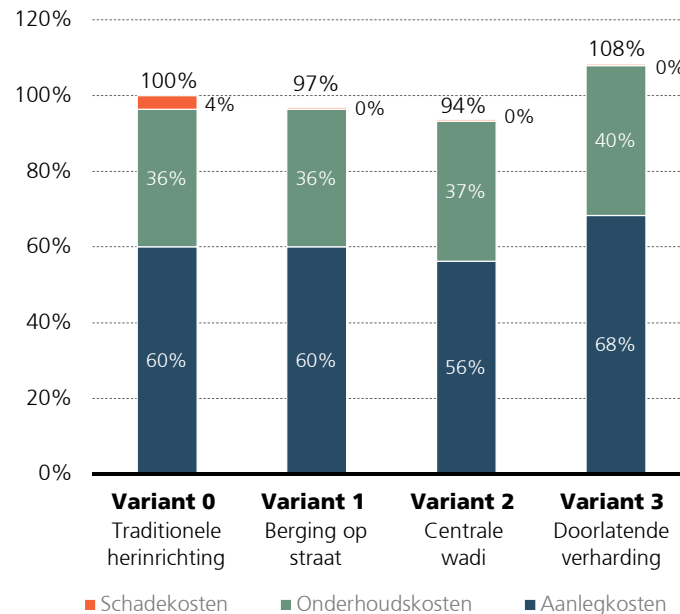


Circa 30m afstand tussen gevels

Het praktijkvoorbeeld voor de naoorlogse tuinstad hoogbouw in vlak gebied laat zien dat waterberging in openbaar terrein eenvoudig is en dat de inrichting voor hetzelfde geld klimaatbestendig kan. De openbare ruimte geeft voldoende plek om veel water te bergen.

Een uitgebreidere beschrijving van dit praktijkvoorbeeld is online beschikbaar op www.hva.nl/klimaatbestendigestad.

Kosten naoorlogse tuinstad hoogbouw



Variant 0: traditionele herinrichting



Variant 1: berging op straat



Variant 2: centrale wadi



Variant 3: doorlatende verharding



3.9 Bloemkoolwijk (vlak)



89m straatlengte



13 woningen op de begane grond



Circa 90% van de openbare ruimte is verhard



Verharding bestaat uit klinkers en betontegels



Geen hoogteverschil in straatpeil



12 bomen in de straat

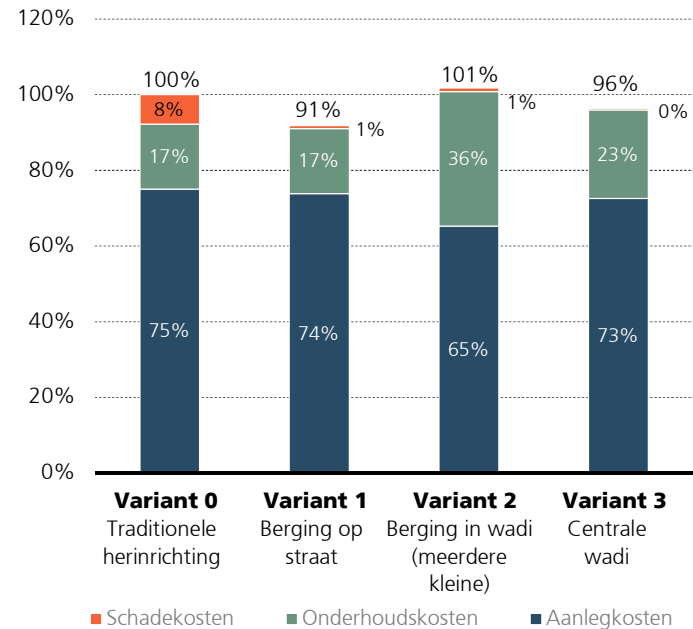


Circa 20m afstand tussen gevels

Ook het praktijkvoorbeeld voor de bloemkoolwijk in vlak gebied is eenvoudig en voor hetzelfde geld klimaatbestendig te maken. De waterschade is niet bijzonder hoog. Opmerkelijk zijn de relatief hoge kosten voor herinrichting in het algemeen, doordat er betrekkelijk weinig huizen per hectare zijn.

Een uitgebreidere beschrijving van dit praktijkvoorbeeld is online beschikbaar op www.hva.nl/klimaatbestendigestad.

Kosten bloemkoolwijk



Variant 0: traditionele herinrichting



Variant 1: berging op straat



Variant 2: wadi (meerdere kleine)



Variant 3: centrale wadi



3.10 Tuindorp (hellend)

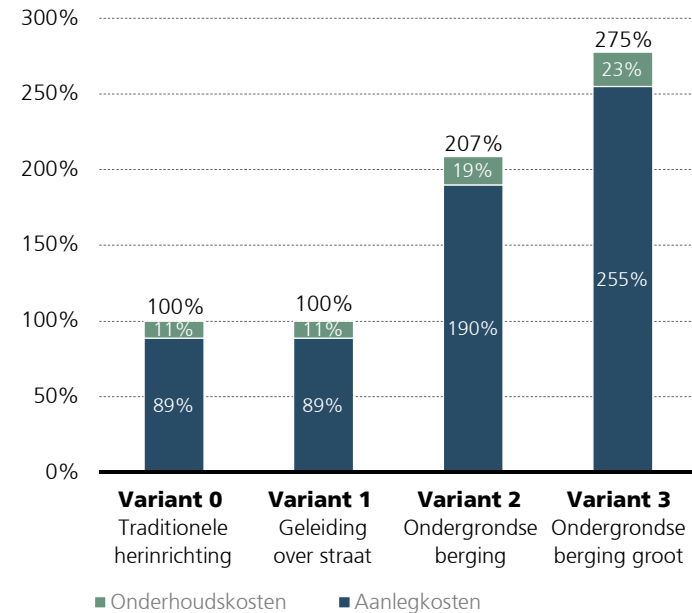


-  154m straatlengte
-  48 woningen op de begane grond
-  Circa 100% van de openbare ruimte is verhard
-  Verharding bestaat uit klinkers en betontegels
-  Er is circa 4m hoogteverschil in het straatpeil
-  Er staan geen bomen in de straat
-  Circa 20m afstand tussen gevels

De onderzochte straat in hellend gebied kent royale voortuinen en een relatief smal wegprofiel met over de volle straatlengte parkeerstroken aan beide zijden van de weg. Er is weinig openbare ruimte en geen ruimte voor bovengrondse waterberging. Door de helling en beperkte openbare ruimte toont dit praktijkvoorbeeld hogere kosten naarmate er meer water ondergronds moet worden vastgehouden. Men dient een keuze te maken tussen op helling zelf vasthouden van het water en mogelijke schade benedenstrooms.

Een uitgebreidere beschrijving van dit praktijkvoorbeeld is online beschikbaar op www.hva.nl/klimaatbestendigestad.

Kosten Tuindorp



Variant 0: traditionele herinrichting



Variant 1: geleiding over straat



Variant 2: ondergrondse berging



Variant 3: ondergrondse berging - groot





4. Conclusies

Dit boek toont tien praktijkvoorbeelden (van acht typologieën) met klimaatbestendige inrichtingsvarianten van woonstraten en de daarbij behorende kosten en baten. Ontwerpspunten voor de varianten waren:

1. het vergroten van de sponswerking van de straat (dus meer water bergen en vasthouden);
2. het bovengronds in goede banen leiden van overtollig water;
3. het vergroenen van de straat.

Vasthouden van water is nodig om het vertraagd te kunnen afvoeren en om problemen benedenstrooms te voorkomen. Dit kan door het water tijdelijk bovengronds te laten staan of door het in de bodem te infiltreren. Het bovengronds in goede banen leiden van het overtollige water is nodig omdat een ondergronds regenwatersysteem niet berekend is op extreme neerslag. Vergroenen draagt bij aan infiltratie in de bodem en daarmee aan de beperking van wateroverlast op straat en in woningen, droogteproblemen en hitteproblemen. Wij hebben aangegeven welke maatregelen mogelijk zijn om 60 mm neerslag in één uur⁴ te verwerken zonder dat daarbij water in woningen terechtkomt. Bij nog zwaardere buien kan echter nog steeds wateroverlast optreden. De gekozen bui van 60 mm is geen norm voor klimaatbestendigheid.

De uitgewerkte praktijkvoorbeelden laten zien dat een klimaatbestendige inrichting in veel gevallen eenvoudig is en dat er verschillende mogelijkheden zijn. Voor vlakke gebieden hoeft een klimaatbestendige inrichting niet duurder te zijn dan de traditionele inrichting. Vooral het lager aanleggen van de straat is een eenvoudige en

⁴ Neerslag van 60 mm in één uur op het **totale** oppervlak (dus zowel verhard als onverhard en zowel privaats als publiek).

goedkope maatregel, waarmee de kosten voor beheer en onderhoud gelijk blijven en de waterschadekosten sterk afnemen. Varianten zonder regenwaterriool zijn ongeveer even duur als de traditionele inrichting. De meerkosten zijn ongeveer gelijk aan de uitgespaarde schadekosten.

Voor hellende gebieden ligt het gecompliceerder. Water vasthouden op een helling kost meer inspanning dan op vlak terrein. De noodzaak om water vast te houden op een helling hangt af van de benedenstroomse situatie. Als daar kwetsbare gebouwen liggen, is water vasthouden noodzakelijk. De mogelijke schade door wateroverlast in hellende gebieden, of vaker, benedenstrooms, kan aanzienlijk zijn en van situatie tot situatie sterk verschillen. In het benedenstroomse gebied hoeft in zo'n geval niet altijd een woonstraat te liggen. Er kan ook een ziekenhuis staan, waar instromend water tot grote schade kan leiden.

Aangezien de schade bij hellende gebieden van geval tot geval verschilt, hebben we ons beperkt tot het tonen van de mogelijkheden van het vasthouden van water in hellende gebieden. We hebben ook de kosten van het vasthouden berekend en vergeleken met de traditionele herinrichting.

Op hellende terreinen waar het water ondergronds moet worden geborgen, betekent circa 20 mm⁵ ondergronds vasthouden grofweg een verdubbeling van de herinrichtingskosten. Maar indien er in een gebied veel openbare ruimte is (bijvoorbeeld in de naoorlogse tuinsteden hoogbouw) en de groenvoorzieningen deels evenwijdig aan de contour liggen (bijvoorbeeld in bijna

⁵ Het gaat hier om 20 mm op het totale oppervlak, en niet slechts het verhard oppervlak.

vlakke zijstraten), is het goed mogelijk water op een goedkopere manier vast te houden. Dan komt *voor hetzelfde geld klimaatbestendig* weer in beeld.

De praktijkvoorbeelden in dit boek laten zien dat de mogelijkheden voor het klimaatbestendig inrichten nauw samenhangen met de wijktypologieën. In de ruimer opgezette wijktypologieën (met meer publiek terrein), zoals de naoorlogse tuinstad hoogbouw en de bloemkoolwijk, is er ruimte genoeg om water in groenstroken te bergen. Zelfs in hellende gebieden zijn daar mogelijkheden om het water vast te houden. De meer dichtbebouwde binnensteden (historisch bouwblok, tuindorp en vooroorlogs bouwblok) hebben maar weinig ruimte op straat. In dichtbebouwde vlakke gebieden kan met een lager maaiveld veel waterberging op straat worden gecreëerd, zodat water minder snel de woningen binnenstroomt. Ook doorlatende verharding en andere infiltratievoorzieningen zijn mogelijk om deze gebieden klimaatbestendiger in te richten.

Het beperken van hittestress in een straat vereist vooral de aanwezigheid van bomen, vanwege hun schaduwwerking. Er is echter geen duidelijke doelstelling voor het omgaan met hitte of een norm voor de hoeveelheid schaduw die gewenst is. Daardoor is er geen duidelijk beeld te geven van een 'volledig' hittebestendige straat. Wij hebben met de TEEB-stad-methodologie voor een aantal praktijkvoorbeelden laten zien dat de baten van groen de meerkosten voor beheer en onderhoud ruimschoots compenseren. Indien gezondheidskosten en leefcomfort worden meegenomen, zijn de jaarlijkse baten zelfs enige malen hoger dan de jaarkosten voor de herinrichting. Deze baten komen niet rechtstreeks ten goede aan de

overheid, die de kosten draagt van de inrichting, maar wel aan de samenleving als geheel. De waardevermeerdering van panden door de aanwezigheid van groen leidt wel tot extra inkomsten bij het rijk (via WOZ) en de gemeente (OZB). Deze baten zijn gemiddeld 60% (met een grote spreiding: tussen 10% en 140%) van de jaarlijkse kosten voor herinrichting.

De varianten met infiltratie, waar regenwater van de gemengde riolering wordt afgehaald, leiden tot minder water op de rioolwaterzuiveringsinstallatie (rwzi). De besparing hiervan kan circa 10% van de jaarlijkse kosten bedragen.

De verschillen in onderhoudskosten voor de gepresenteerde varianten zijn relatief groot. Vooral doorlatende verharding en kleine wadi's geven relatief hoge onderhoudskosten. Het is daarom wenselijk nader onderzoek te doen naar de beheerkosten (vooral voor het maaien van wadi's en



Een goot op straat in Enschede om het regenwater af te voeren.

het herstellen van de doorlatendheid bij doorlatende verhardingen) of naar een andere opbouw van deze voorzieningen (zoals andere beplanting bij wadi's en andere manieren om water van de verharding in het onderliggende pakket te krijgen).

Kortom:

- In vlakke gebieden is een klimaatbestendige inrichting goed mogelijk;
- Verlagen van het straatprofiel is het goedkoopst;
- Vergroenen is multifunctioneel (infiltratie, beperken hittestress, beperken kosten zuivering);
- Voor vlakke gebieden geldt bovendien dat alternatieven voor regenwaterriolering voor de gemeente mogelijk duurder uitvallen, maar maatschappelijk gezien aantrekkelijk zijn, omdat de kostenbesparingen bij wateroverlast gelijk zijn aan de meerkosten. Het vasthouden van regenwater heeft bovendien voordelen voor het watersysteem en voor de zuivering.

Meeliften met herinrichtingen en groot onderhoud is essentieel om de meerkosten beperkt te houden.

Wij hopen dat dit voorbeeldenboek gemeenten en uitvoerders inspireert en helpt om bij een herinrichting of groot onderhoud te kiezen voor meer klimaatbestendige inrichtingsvarianten. Wij adviseren gemeenten en uitvoerders om op basis van de lokale kenmerken eerst te onderzoeken hoe de regenwaterafvoer functioneert bij extreme buien, na te gaan waar het water bovengronds naar toe kan gaan en of dat gewenst is, en vervolgens te overwegen of er met eenvoudige maatregelen meer ruimte voor water en groen kan worden gecreëerd. Zo maken we samen onze straten één voor één klimaatbestendig.

Literatuur

Buck consultants international (2016) TEEB.stad: Bronvermelding kengetallen TEEB-stad tool, Nijmegen, 1 april 2016, 7p

Daams, M.N. (2016) Rethinking the economic valuation of natural land: Spatial analyses of how deeply people value nature in rural areas and in cities. Rijksuniversiteit Groningen, 243p

Kleerekoper, L. (2016). Urban Climate Design. Improving thermal comfort in Dutch neighbourhood typologies. Delft: Delft University of Technology.

Kluck, J., W.J. Bakker, L. Kleerekoper, M.M. Rouvoet, R. Wentink, E.J. Klok, en R. Loeve (2016) Voor hetzelfde geld klimaatbestendig: Voorbeelden klimaatbestendige inrichting voor veelvoorkomende karakteristieke straten. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam en SBRCURnet. 46p

Kluck, J., R. van Hogezaand, E. van Dijk, J. van der Meulen, en A. Straatman (2013). Extreme neerslag: Anticiperen op extreme neerslag in de stad. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam: Kenniscentrum Techniek.

Kravcik, M., J. Pokorný, J. Kohutiar, M. Kovác en E. Tóth (2007) Water for the Recovery of the Climate - A New Water Paradigm, 94p

SBRCURnet. (2014). Kostenindicaties van klimaatmaatregelen in de stad. Rotterdam: SBRCURnet. juli 2014, ISBN 978-90-5367-593-9, Artikelnummer: K668.14, 32p

Shashua-Bar, L., I.X. Tsiros, en M. Hoffman (2012) Passive cooling design options to ameliorate thermal comfort in urban streets of a Mediterranean climate (Athens) under hot summer conditions. Building and Environment 57:110–119, doi: 10.1016/j.buildenv.2012.04.019

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



Dit voorbeeldenboek toont de mogelijkheden van eenvoudige en haalbare klimaatbestendige inrichtingen van woonstraten. Met dit boek laten we, aan de hand van veelvoorkomende straatbeelden, zien dat een klimaatbestendige inrichting van woonstraten veelal eenvoudig is en voor vlakke gebieden niet duurder hoeft te zijn dan de traditionele inrichting. Dit is gebaseerd op onderzoek met diverse gemeenten. We laten zien hoe een straat klimaatbestendig ingericht kan worden, wat een klimaatbestendige inrichting kost, maar vooral ook wat de voordelen zijn. Voor karakteristieke - en voor veel gemeenten herkenbare - straten hebben we telkens vier inrichtingsmogelijkheden uitgewerkt met de bijbehorende kosten en baten. Wij willen u inspireren door de voorbeelden, zodat u hiermee ook in uw gemeente aan de slag gaat, want *Het klimaat past ook in uw straatje!*