

Deltares



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport



Klimaatbestendige tuinen en daken

stap Doorgronden - Sanity check

Saskia Hommes (Deltares)
Rosalie Franssen (Deltares)
Liesbet Dirven (RIVM)
Jessanne Mastop (ECN)

Peggy Schyns (SCP, review)

1230454-000

Titel

Klimaatbestendige tuinen en daken

Opdrachtgever

I&M DGRW -
Stimuleringsprogramma
Ruimtelijke Adaptatie

Project

1230454-000

Kenmerk

1230454-000-BGS-0005

Pagina's

22

Inhoud

1 Context	1
1.1 Aanleiding	1
1.2 Doel en focus	1
2 Probleemomschrijving	2
2.1 Fysieke omstandigheden: toename extreem weer	2
2.1.1 Hevige regenbuien	2
2.1.2 Toename van droogte	2
2.1.3 Hittestress	2
2.2 Huidige situatie: verstening van (particuliere) tuinen	3
3 Mogelijke technische oplossingen	5
3.1 Oplossingen voor wateroverlast, droogte en hittestress	5
3.2 Ruimtelijke variatie en maatregelen combineren	7
3.3 Governance van maatregelen implementeren	9
3.4 Wat wordt er nu al gedaan?	11
4 Impact van vergroening	12
4.1 Impact op wateroverlast en droogte	12
4.2 Impact op hittestress	16
5 Conclusies	17
5.1 Probleem: Versteende tuinen dragen bij aan wateroverlast, hittestress en droogte	17
5.2 Mogelijke technische oplossingen	17
5.3 Impact van vergroening	18
5.4 Beleidsimpact; wat kunnen nationale, provinciale en lokale overheden doen om tuinen klimaatbestendiger te maken?	18
5.5 Volgende stap: gedragsanalyse	19
6 Literatuur	20

1 Context

1.1 Aanleiding

Het Stimuleringsprogramma Ruimtelijke Adaptatie (SRA) heeft het Behavioural Insight Team (BIT) van het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) gevraagd om te ondersteunen bij het onderwerp klimaatbestendige stad. De vraag die SRA heeft is hoe gemeenten gefaciliteerd kunnen worden bij de opgave om bewoners te stimuleren hun directe omgeving klimaatbestendiger in te richten (te ontsteden en te vergroenen). Daarbij is de hoofdvraag: "Hoe kunnen gemeenten bewoners beïnvloeden om hun tuinen en daken klimaatbestendiger in te richten?" BIT-IenM hanteert voor deze vraag de DOE-MEE aanpak: Doorgronden, Ontwikkelen, Experimenteren en Monitoren en Evalueren (zie hieronder).



1.2 Doel en focus

Het doel van het doorlopen van de DOE-MEE aanpak is om een aanpak te ontwikkelen om tuinen en daken van tuin- en huisbezitters klimaatbestendiger in te richten (te 'vergroenen'), zodat wateroverlast en hittestress wordt verminderd, net als negatieve gevolgen van droogte.

Deze memo geeft de resultaten weer van een sanity check bij de eerste stap 'doorgronden' van de DOE-MEE tool. De sanity check houdt in dat allereerst het probleem, de mogelijke oplossingen en de beleidsimpact wordt vastgesteld. Op basis van deze initiële stap wordt bepaald of de voorgestelde interventie (vergroening) überhaupt bijdraagt aan het beleidsdoel (wateroverlast, droogte en hittestress voorkomen). In een vervolgmemo wordt ingegaan op de gedragsbepalende factoren (ook onderdeel van de stap 'Doorgronden') die een rol spelen bij klimaatbestendige inrichting van tuinen en daken.

Om de beleidsimpact te toetsen wordt in deze memo beschreven in welke mate de huidige inrichting van particuliere tuinen en daken problemen veroorzaken (hoofdstuk 2), wat (technische) oplossingen hiervoor zijn (hoofdstuk 3) en wat vergroening kan bijdragen aan de vermindering van het probleem (hoofdstuk 4). Hiertoe is bestaande literatuur benut ten aanzien van de omvang van het probleem en ook de mate waarin het probleem kan worden aangepakt.

De focus van dit onderzoek ligt op wateroverlast door (extreme) regenval, droogte en hittestress. Overstromingen vanuit rivieren of de zee worden hierbij niet meegenomen. Daarnaast richt dit onderzoek zich op particuliere tuinen en daken. Waar relevant zal echter ook literatuur over het publieke domein aangehaald worden.

2 Probleemomschrijving

2.1 Fysieke omstandigheden: toename extreem weer

Het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) acht het zeer waarschijnlijk dat extreem weer, langere periodes van droogte en hevige stormen en regenbuien in de toekomst toenemen (Vijfde klimaatrapport, 2013-2014).

2.1.1 Hevige regenbuien

Hevige regenbuien vielen bijvoorbeeld afgelopen mei en juni in Zuid-Nederland. Hier vielen buien van 60-100 mm in een tijdsbestek van een aantal uur. Deze hoeveelheid valt normaal gesproken in een paar maanden tijd (KNMI, 2016). In Nederland valt jaarlijks 0,768 m³ regen per m² (Bade et al.). De riolering is in vele gebieden niet ontworpen op deze extreme situaties, waardoor het overtollige water ('run-off') niet afgevoerd kan worden en wateroverlast ontstaat op straten en in huizen. In de regel kan een Nederlands rioleringsstelsel gemiddeld 20 mm regen per uur verwerken, als het meer regent blijft het water staan op straat of stroomt het de woningen in. Ook vorig jaar waren er twee flinke buien, die tot miljoenen schade hebben geleid in Amsterdam en omgeving, waaronder vocht en schimmel in kruipruimtes (souterrain). In 2014 is er in de regio Amsterdam bijvoorbeeld een bui geweest die 10 miljoen euro schade opgeleverd heeft (Website Rainproof, 2016). In Nederlandse tuinen valt jaarlijks 432 miljoen m³ regenwater. In volledig verharde tuinen stroomt daarvan 85 % naar het riool dat is 367,2 miljoen m³.

2.1.2 Toename van droogte

Toename van droge perioden kan op een andere manier impact hebben. Naast verdroging van (dak)tuinen en veenbodems kunnen (oudere) panden op houten palen, met name te vinden in het west-Nederland, schade oplopen. De relatie met grondwater is daarbij erg belangrijk. Door droogte kunnen paalkoppen beschadigen en palen verzakken. Dit leidt ook tot enorme schades voor huis- en pandeigenaren (Hoogvliet et al. 2012).

2.1.3 Hittestress

Het stedelijk hitte-eiland (Urban Heat Island effect, UHI) is gedefinieerd als het verschil in de temperatuur tussen het platteland en de stad. Dit temperatuurverschil is meestal het grootst in de avond en nacht door de opgewarmde gebouwen die 's nachts warmte uitstralen. In de toekomst worden meer zomerse en tropische dagen verwacht. Het temperatuurverschil tussen stad en platteland kan op warme dagen oplopen tot wel 10 graden Celsius. De gevolgen van mondiale opwarming van het klimaat zijn voor sommige effecten in stedelijke gebieden dan ook vaak groter. De aanwezigheid van water voor verdamping is een belangrijke factor in het al dan niet ontstaan van extreem hoge temperaturen. Verdamping zorgt ervoor dat de temperatuur van de omgeving daalt. Het feit dat in stedelijke gebieden een 'stedelijk hitte-eiland effect' optreedt kan deels worden geweten aan het grote aandeel verhard oppervlak dat warmte vasthoudt en waaruit geen verdamping optreedt (Hoogvliet et al. 2012).

De verwachte temperatuurtoename en de toename in het aantal hittegolven door klimaatverandering heeft negatieve gevolgen voor het thermisch comfort, de zogenaamde hittestress. Dit kan een toename in het aantal gezondheidsklachten veroorzaken (ziekte, extra sterfte onder gevoelige bevolkingsgroepen, verminderde arbeidsproductiviteit en slaapstoornissen). Vooral ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen of hart- en vaatziekten blijken gevoelig voor extreme warmte tijdens hittegolven. Vaak overlijden zij eerder omdat hun gezondheidsklachten verergeren door de hitte; er zijn circa 13% meer

sterfgevallen tijdens een hittegolf. Het effect van hitte is groter in stedelijke gebieden, omdat deze extra opwarmen en 's nachts minder afkoelen (Wuijts et al., 2014). Het UHI-effect wordt beïnvloed door natuurlijke en antropogene variabelen. Bij natuurlijke variabelen gaat het over windsnelheid en wolken. Antropogene variabelen zijn vaak gerelateerd aan stadsontwerp zoals de geometrie van straten, materialen of open water en groen (parken, groenstroken e.d.) (Theeuwes, 2015; CPC, 2014; Wuijts et al., 2014).

2.2 Huidige situatie: verstening van (particuliere) tuinen

In deze paragraaf wordt beschreven hoe de huidige inrichting van tuinen het probleem veroorzaakt.

In Nederland is ruim 56.000 hectare aan particulier tuinoppervlak. 44% van deze tuinen is grotendeels versteend (Website Operatie Steenbreek). Verder is er een afname van het aandeel groen in private tuinen in de bebouwde kom: drie opeenvolgende tuinbelevingsonderzoeken kwamen uit op 46%, 44% en de meest recente op 39% groen oppervlak (Kullberg, 2016). Een ontwikkeling die bevestigd wordt door de verkoopcijfers van verhardingsmateriaal in de tuinbranche. Van de Nederlandse huizenbewoners beschikt 70% over een tuin. Nog eens 3% heeft geen tuin, maar wel een binnenplaats of patio. Dit laatste komt voornamelijk voor in steden. In totaal gaat het om ruim vijf miljoen huishoudens die een tuin bij het huis hebben, van wie ruim twee miljoen een tuin van meer dan 100 m².

Daarbij is er een verschil in inrichting van de voor- en achtertuinten. De meeste achtertuinten zijn voor minimaal een kwart van de oppervlakte verhard. Een kwart van alle tuinen is 'vrij groen', dus 75% kan groener. Verder is een grotere tuin (>100 m²) over het algemeen een groenere tuin: meer bomen, struiken, gras en hagen, relatief minder bestrating en schuttingen. Er lijkt een kloof te zitten tussen wat mensen in Nederland mooi vinden en hoe ze hun tuin daadwerkelijk inrichten: 64% houdt eerder van een levendige groeiende en bloeiende tuin, waarvan 44% de tuin in de praktijk eerder verhardt met tegels of grind (Beumer, 2013).

Bijna 4,5 miljoen woningen hebben een voortuin bij het huis. De voortuin wordt gezien als het visitekaartje van de bewoner. Maar worden wel minder als eigen domein beschouwd. Het aandeel voortuinen is vanzelfsprekend lager in centrum stedelijk gebied. In ruim de helft van de gevallen is de voortuin minimaal vier meter diep en in slechts 10% van de gevallen minder dan twee meter diep. Een deel van die kleine voortuinen is nog geen meter diep; het zijn vaak geveltuinten, onttrokken aan de publieke stoep of straat. Het resterende (derde) deel van de voortuinen is twee tot vier meter diep. Grotere achtertuinten gaan vaak samen met grotere voortuinen (Kullberg, 2016). In 2006 had slechts 17% van de tuinbezitters de voortuin helemaal beplant. Vermoedelijk is dat percentage nadien verder gedaald (Kullberg, 2016).

Private tuinen in Europa worden steeds meer verhard. Dit leidt tot problemen met de afvoer van water (ook wel runoff genoemd) tijdens extreme buien (European Commission, 2012). Het riool wordt daardoor meer belast; er kan namelijk geen regenwater worden opgenomen door de bodem als deze verhard is. Ook wordt het grondwater minder aangevuld wanneer de bodem afgedekt is. Grondwater wordt gebruikt als drinkwater en als buffer voor tijden van droogte. De verwachting is dat klimaatverandering de komende decennia zal leiden tot langere perioden van hitte en droogte in Nederland, maar ook tot het optreden van intensievere regenbuien en het ontstaan van overstromingsrisico's. In stedelijke gebieden kan dit negatieve effecten gaan hebben op de leefomgeving en de gezondheid van mensen (Claessens et al., 2012). Er kunnen verschillende verklaringen gegeven worden voor de trend om private tuinen meer te bestraten (sinds ongeveer 1970). De eerste verklaring is een

toename in het aantal auto's in de afgelopen decennia. Dit resulteert in verharde (voor)tuinen, vooral in buurten waar er een beperkt aantal parkeerplaatsen beschikbaar is. De verharding wordt dan gebruikt als parkeerplaats (Perry & Nawaz, 2008). Een tweede verklaring is de voorkeur voor 'onderhoudsvriendelijke' tuinen. De laatste reden is de verandering in het gebruik van tuinen. Tuinen worden meer en meer gezien als een tweede huiskamer met buiten meubilair, keukens en barbecues. Deze trend heeft ook geleid tot voorkeur voor verhard oppervlak in de tuinen (Linssen, 2011; Zwaagstra, 2014).

3 Mogelijke technische oplossingen

3.1 Oplossingen voor wateroverlast, droogte en hittestress

Voor de blootstelling aan hitte, droogte en wateroverlast zijn de mate van verharding en de bebouwingsdichtheid in een wijk belangrijk (CPC, 2014). Groen draagt bij aan de klimaatbestendigheid van steden, doordat ze het waterbergend vermogen vergroten, CO₂-concentraties in de lucht verminderen, planten leggen CO₂ vast en voor verkoeling zorgen in tijden van extreme hitte (reduceren van het hitte-eiland effect). De TCB (2009b) beveelt overheden aan om meer nadruk te leggen op het feit dat de bodem in de stad, naast draagvermogen voor huizen en infrastructuur, ook andere nuttige ecosysteemdiensten levert. Mogelijkheden voor infiltratie¹ van regenwater bestaan bijvoorbeeld in parken, bermen, wadi's² en de niet-afgedekte ruimte rond bomen (boomcirkels). Hoe beter de infiltratie, hoe minder de wateroverlast. Voldoende infiltratiemogelijkheden in de bodem zijn nodig voor de afvoer van neerslag en om de bodem in een goede conditie te houden (TCB, 2009b). Onafgedekte bodem speelt een belangrijke rol in een stedelijke omgeving. De onafgedekte bodem kan bij goed beheer en inrichting:

- water vasthouden, bergen en geleidelijk verdampen of afvoeren naar het grondwater;
- vegetatie dragen;
- temperatuur en luchtvochtigheid reguleren;
- stof en gassen uit de lucht vastleggen;
- biodiversiteit bevorderen;
- bijdragen aan gezondheid en welbevinden van de bewoners van de stad (groen in de stad).

Andere kwalitatieve bijdragen voor stad en zijn bewoners die vergroenen met zich mee brengt is het bevorderen van de volksgezondheid, leefbaarheid, veiligheid en economie van de stad en zijn bewoners. Daarnaast heeft groen nog andere positieve effecten op de omgeving: ze verbeteren de luchtkwaliteit, zorgen voor een betere leefbaarheid en ze bevorderen de gezondheid van de inwoners (reductie van stress, meer recreatie- en beweegmogelijkheden). Ook kunnen ze een rol spelen in de integratie tussen bewoners en zo de sociale samenhang vergroten. Een economisch effect kan optreden door verhoging van de huizenprijzen in groene stedelijke omgevingen.

Vermindering van regenwaterafvoer via de riolering kan op verschillende manieren bereikt worden met meer onafgedekte bodem en groene infrastructuur:

- vegetatie (met name loofbomen) kan neerslag opvangen op de bladeren en via stam verdwijnt het naar de bodem bij extreme neerslag is deze berging beperkt. De bomen nemen dit water deels weer op met hun wortels en brengen het als waterdamp in de lucht via de huidmondjes (transpiratie). Circa 95% van het opgenomen water verdwijnt door transpiratie (Bade et al., 2009). Bomen en struiken onttrekken water aan de bodem en dragen zo ook bij aan het verlagen van het grondwaterpeil. Er komt dan weer ruimte in de bodem om water te bergen tijdens extreme buien (Pronk en Van Dijk, 2008). Ook zorgen bomen voor schaduw.
- stedelijke groene infrastructuur zorgt voor een verhoogde infiltratiecapaciteit van de ondergrond. De mate hangt af van de bodemsoort en kan een effectieve maatregel zijn.

¹ Infiltratie is een term uit de hydrologie, bodemkunde en het waterbeheer en betekent dat water in de bodem dringt en in de onverzadigde zone van de bodem komt (Website Wikipedia, 2016).

² Met een wadi wordt een bufferings- en infiltratievoorziening bedoeld, die tijdelijk gevuld is met hemelwater. De naam verwijst naar de Arabische naam voor een vaak droogstaand rivierdal; en is ook een acroniem van Water Afvoer Door Infiltratie (Website Wikipedia, 2016).

- in groene infrastructuur kunnen niveaus worden ingepast waar tijdelijk water geborgen kan worden waarna het water kan infiltreren of vertraagd afgevoerd kan worden, zoals vijver en wadi (Cameron et al., 2012; Gill, Handley, Ennos, & Pauleit, 2007; Xiao & McPherson, 2002).

Ook om droogte tegen te gaan is het van belang om regenwater ter plaatse vast te houden en vervolgens vertraagd af te voeren. Groene infrastructuur kan daarvoor ingezet worden. En ook ondergrondse waterberging zoals infiltratiekratten, deze kunnen overtollig regenwater opvangen en bergen zolang de bodem verzadigd is met water. Wanneer de waterverzadiging van de bodem weer afneemt, kan het water uit de kratten langzaam infiltreren in de bodem. Waterdoorlatende verharding hiervoor kan boomschors, grind of poreuze stenen gebruikt worden zodat het vereiste infiltratievermogen bereikt wordt. Daarnaast kan de bestrating zo ontworpen worden, dat er ruimtes zijn in of tussen de straatstenen waardoorheen regenwater makkelijk kan infiltreren. Dit noemt men waterpasserende verharding (Dirven et al., 2011).

Afvoer- en drainagesystemen

In de meeste gevallen wordt het regenwater in steden nu snel afgevoerd van wegen en daken naar het rioleringsstelsel, waarop ook het huishoudelijke afvalwater wordt geloosd. In geval van piekafvoeren bij hevige regen kan het rioleringsstelsel overbelast raken. Het is mogelijk om huishoudelijk afvalwater (droogweerafvoer) en hemelwater op te vangen en af te voeren in gescheiden systemen. De droogweerafvoer leidt naar de afvalwaterzuivering. Omdat er geen sprake is van extreme pieken en dalen in de afvoer zijn overstorten hier niet nodig. Het regenwater wordt rechtstreeks of via een beperkte zuivering op het oppervlaktewater afgevoerd. Het is ook mogelijk het hemelwater te infiltreren in de bodem. Dit water vult het grondwater weer aan.

Maatregelen om droogte te verminderen zijn gericht op het vasthouden van water en aanvulling van grondwater. De maatregelen komen veelal overeen met de voorkeursstrategie uit het omgaan met neerslagafvoer: vasthouden, bergen en pas als het niet anders kan afvoeren. Voorbeelden van maatregelen die hieraan bijdragen zijn, verminderen van gesloten verhard oppervlak, gebruik van infiltratievoorzieningen en vasthouden van extra grondwater door beperken van drainage (Brolsma et.al, 2012). Waterschappen en gemeenten hebben hiertoe bergings- en overstromingsgebieden aangelegd die ervoor zorgen dat een te veel aan water tijdelijk kan worden opgeslagen. Zowel ondergrondse reservoirs (zoals de museumparkgarage te Rotterdam), kleinere wadi's in stedelijk gebied, waterbergende straat (Gouda), als grote landbouw- of natuurgebieden die kunnen vol lopen met water bieden een oplossing bieden om water te bergen. Alle waterbergende en –infiltrerende maatregelen bij elkaar leiden tot een vermindering van hemelwaterafvoer via de riolering.

Groene daken

Bij stedelijk groene infrastructuur kan ook gedacht worden aan groene daken. Groene daken of vegetatiedaken zijn platte of hellende daken met begroeiing. Een meer formele benaming is "begroeid dak" of "dakbegroeiing", waarbij vervolgens onderscheid gemaakt kan worden tussen "intensief" en "extensief" begroeide daken (Website Wikipedia, 2016). *Extensief* begroeide daken is een verzamelnaam voor sedum³, gras-, mos- en kruidendaken. De dikte van de groendakopbouw bedraagt maximaal 150 mm en de hoogte van de begroeiing maximaal 500 mm. Deze begroeiing ontwikkelt zich tot een min of meer ecologisch stabiele plantengemeenschap, die zichzelf in stand kan houden met een minimum aan onderhoud.

³ Vetkruid (*Sedum*) is een geslacht uit de vetplantenfamilie (*Crassulaceae*) met vierhonderd tot vijfhonderd soorten (Website Wikipedia, 2016).

Intensief begroeide daken hebben een opbouwhoogte (hoogte van de begroeiing) van meer dan 150 mm dikte. De begroeiing bestaat uit struiken en bomen, eventueel in combinatie met gazon en/of bodembedekkers. Voor instandhouding van de beplanting is (uitgebreid) onderhoud noodzakelijk, zoals snoeien, bemesten, onkruid wieden en vooral water geven. De belangrijkste processen die de hydrologische werking van groene daken bepalen, zijn: waterberging, verdamping en afvoeren van hemelwater (Stowa & Rioned, 2016).

Groene daken hebben toegevoegde waarde voor stad en bewoners. De duurzaamheid van de daken met een beplanting is hoger dan die zonder beplanting. Voor de daken zelf is een groen laagje beter. Een groen dak kan een dak dubbel zolang laten meegaan, omdat het beschermt tegen uv-straling, wind en neerslag. Door de isolatie van de begroeiing vindt geluidsabsorptie plaats, groene daken verkoelen de stad en zien er mooi uit (belevingswaarde), zorgen voor een grotere biodiversiteit en verbinden bovendien omliggend groen. Verder vangen planten fijnstof op en leggen CO₂ vast en reguleren ze de temperatuur van het gebouw. Bomen en planten zetten CO₂ om in zuurstof. Ook houden groene daken een deel van het regenwater vast en kunnen zij zorgen voor vertraging van de piekafvoer. Bij de meeste groene daken zal enige reductie van hemelwaterafvoer naar de riolering en de rioolwaterzuivering (RWZI) optreden. Echter om extreme buien te verwerken is veelal een combinatie van meerdere waterbergende maatregelen nodig. Afhankelijk van het ontwerp en de functionele eisen kan een groen dak een zogenaamd groen-blauw dak worden. Dat houdt in dat water op een dak kan worden opgevangen, waarbij de hydrologische prestaties een relevante bijdrage leveren aan het stedelijk waterbeheer (Dirven et al., 2011; Stowa & Rioned, 2015).

In Enschede is een pilotproject gestart waarbij op elf woningen zogenaamde ‘Ecopannen’ zijn aangebracht. Ecopannen zijn bakvormige dakpannen gevuld met substraat en begroeid met sedum. Het gaat om bestaande huizen met schuine daken waarvan de oude dakpannen zijn vervangen zijn door de Ecopannen. Het project wordt als een experiment uitgevoerd waarbij er monitoring plaatsvindt van de effecten van de groene dakpannen op o.a. de waterberging en de temperatuur in de woningen (Hendriks & Hommes, 2016).

Met groene daken kan de ruimte meervoudig gebruikt worden, bijvoorbeeld door het plaatsen van zonnepanelen, een park aan te leggen op een parkeergarage of kantoor. De verblijfskwaliteit in de stad kan daardoor verbeteren. Een groen dak verhoogt de efficiëntie van zonnepanelen, doordat een groen dak voor verkoeling zorgt. Nederland telt naar schatting 200 miljoen m² plat dak. Al deze daken kunnen in principe groen gemaakt worden. De impact van groene daken op hittestress en wateroverlast is momenteel volop in onderzoek.

3.2 Ruimtelijke variatie en maatregelen combineren

Een opvallende conclusie uit het Climate Proof Cities onderzoek (CPC, 2014) is dat er binnen het stedelijk gebied een grote ruimtelijke variatie bestaat in kwetsbaarheid afhankelijk van wijk- en gebouweigenschappen en de verspreiding van kwetsbare personen en objecten over het stedelijk gebied. Omdat de kwetsbaarheid voor klimaateffecten lokaal is bepaald, is de keuze voor maatregelen ook afhankelijk van de lokale context. De inzet van generieke maatregelen voor een hele stad is minder effectief. Er bestaat een grote diversiteit aan aanpassingsmaatregelen variërend van het beïnvloeden van het stedelijk klimaat of het stedelijk watersysteem (bijv. opvang en opslag van neerslag, verkoelende inrichting van straten en pleinen), het aanpassen van gebouwen en infrastructuur (bijv. aanleg van drempels), het aanpassen van menselijk gedrag en het vergroten van de acceptatie van

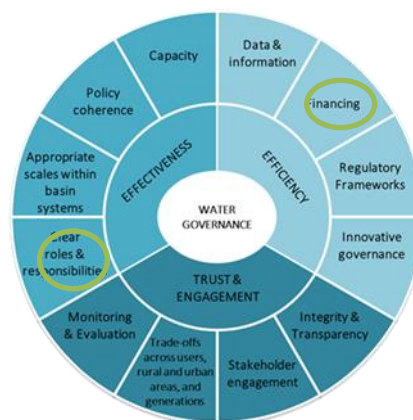
optredend ongemak en het voorkomen van schade als er toch een extreme gebeurtenis plaatsvindt (bijv. zorg voor ouderen).

Verschillende maatregelen dragen bij aan het verminderen van problemen met zowel wateroverlast, hitte en droogte en een integrale aanpak voor deze drie problemen heeft dan ook de voorkeur. Hemelwater uit natte perioden zou bijvoorbeeld kunnen worden geborgen en benut tijdens periodes van droogte, voor verdamping, en voor hitte-bestrijding. Veel maatregelen hebben een positief effect op andere beleidsthema's, zoals mitigatie (matiging, verzachting, vermindering) en biodiversiteit, energiebesparing, en/of dragen bij aan de verbetering van de algemene leefbaarheid in gebouwen en in de openbare ruimte (CPC, 2014).

Groene daken zijn niet hét antwoord op klimaatverandering of wateroverlast. Vergroening van daken is slechts een van de mogelijke maatregelen uit een heel scala van kleinschalige maatregelen die kunnen bijdragen aan een beter stedelijk klimaat. Andere mogelijkheden zijn het 'ontstennen' van tuinen en het vergroten van waterberging en infiltratie op particuliere percelen. Net als groene daken dragen de effecten daarvan ook bij aan de waterhuishouding, biodiversiteit, beleving en verkoeling rond bebouwing (Stowa & Rioned, 2016).

3.3 Governance van maatregelen implementeren

Bij de implementatie van maatregelen spelen diverse governance aspecten een rol. De OECD (2016) heeft een praktisch overzicht gemaakt van deze aspecten gebaseerd op evaluaties van water projecten (zie Figuur 1). Dit overzicht dient als een soort checklist waaraan voldaan moet worden om maatregelen effectief, efficiënt en met vertrouwen en commitment van stakeholders te implementeren.



Figuur 1: Overzicht van governance aspecten in waterbeheer (OECD, 2016)

In deze paragraaf wordt ingegaan op de financiële aspecten (kosten baten van vergroening) en de verantwoordelijkheden bij het afvoeren van overtollig regenwater, omdat hier in het algemeen iets over gezegd kan worden. De andere aspecten verschillen veelal per gebied en/of gemeente.

Verantwoordelijkheden

Het overtollig regenwater wordt afgevoerd via de riolering naar de rioolwaterzuivering (RWZI). De gemeente heeft de taak om de riolering te regelen vanaf de aansluiting bij een woning tot aan de RWZI. Vanaf daar neemt het waterschap de taak over om het water te zuiveren en weer richting oppervlaktewater af te voeren.

De gemeente heeft een zorgplicht voor het stedelijke oppervlakte- en grondwaterbeheer. De perceeleigenaren hebben echter een eigen verantwoordelijkheid voor de verwerking van neerslag op hun perceel. Door zo veel mogelijk de neerslag op eigen terrein vast te houden, te infiltreren of vertraagd af te voeren, wordt het openbare systeem ontlast. Deze verantwoordelijkheid is een kapstok voor de implementatie van vergroeningsmaatregelen.

Bij het hittestresspreventie deelonderzoek concludeert Mees (2014) dat het van belang is om aandacht te besteden aan de vraag of de kwetsbare groepen voldoende beschermd worden, omdat hittestress vooral voorkomt bij deze specifieke groepen, zoals ouderen en sociaal zwakkeren. Uit de resultaten blijkt dat een hoge mate van publieke verantwoordelijkheid in verschillende fasen van het beleidsproces nodig is voor het veiligstellen van de bescherming van de meest kwetsbaren. De gemeenten (de GGD's) worden verantwoordelijk gehouden voor het in kaart brengen van hitte-eilanden, van de lokaties van verschillende kwetsbare groepen en van het formuleren en coördineren van beleid om die kwetsbare groepen tijdens een hittegolf te bereiken. Een andere belangrijke bevinding is dat een gedifferentieerde en op maat gesneden benadering nodig is (wie bereikt welke groep en hoe), gericht op het bereiken van specifieke kwetsbare groepen tijdens een hittegolf. Voor deze gedifferentieerde benadering is het nodig om netwerken te creëren of bestaande netwerken te gebruiken (bijvoorbeeld tafeltje-dekje, sociale wijkteams, Rode Kruis-vrijwilligers). De deelnemende partijen in deze netwerken zijn, naast de gemeentelijke gezondheidsdiensten, ook allerlei private partijen, zoals artsen, hulpverleners- en ouderenorganisaties, die de verantwoordelijkheid voor de bescherming van kwetsbare groepen kunnen delen (Mees, 2014).

Financiën

De rioleringsopgave voor gemeenten is de komende jaren groot, aangezien vele rioleringsbuizen na 30 tot 50 jaar aan vervanging toe zijn. Gezien de klimaatverandering met meer extreme buien en de toenemende verharding van tuinen zal de regenwaterafvoer via de riolering in de toekomst nog groter zijn dan voorheen. Om dit regenwater te kunnen opvangen zal het rioleringsstelsel uitgebreid moeten worden of vernieuwd, wat een enorme kostenpost is. Bij het vernieuwen van het riool stelsel kan ingezet worden op smartdrains⁴ of gescheiden stelsels (voor afvalwater en regenwater). Daarnaast kan ingezet worden op andere maatregelen zoals vergroening.

De maatschappelijk kosten en baten van vergroening zijn onderzocht in een studie van Hogeschool van Amsterdam (2016) in samenwerking met diverse gemeenten. In deze studie is een methodiek opgezet die inzicht geeft in de kosten en baten van varianten van inrichtingen. Daarbij wordt uitgegaan van zowel aanleg- als beheerskosten en wordt rekening gehouden met de (verschillende) levensduren van maatregelen. Daarnaast zijn baten in beeld gebracht. In de afwegingen in deze studie is alleen het verminderen van de waterschadekosten meegenomen, omdat die kwantificeerbaar zijn. Andere baten konden minder goed worden gekwantificeerd. Denk aan:

- Minder water in de riolering en minder afvoer naar oppervlaktewater;
- Aanvulling van het grondwater;
- Beperken van de effecten van hittestress;
- Vertraging van de afvoer van regenwater;
- Meer water beschikbaar voor groenvoorzieningen.

⁴ Voorziening waarin het eerste (mogelijk verontreinigde) regenwater gescheiden wordt afgevoerd van het overige regenwater.

In deze studie wordt voor drie voorbeelden in detail geïllustreerd dat een klimaatbestendige inrichting niet duurder hoeft te zijn dan een traditionele inrichting. Hoewel het hier gaat om de inrichting van een publieke ruimte (straat) zal deze conclusie waarschijnlijk ook gelden voor privaat terrein.

3.4 Wat wordt er nu al gedaan?

Gemeenten, brancheverenigingen en andere organisaties (zoals Rioned, Amsterdam Rainproof, Branchevereniging VHG, Huisje boompje beter, Operatie steenbreek) werken tegenwoordig samen, geven voorbeelden hoe regenwater op te vangen in eigen tuin en om tuinen te onttegenen. Zij geven verder aan wat een groene tuin en niet afgedekte bodem voor meerwaarde heeft op het gebied van (bodem)biodiversiteit, verkoeling, beleving. Ook initiatieven als 'Tegel eruit, plant erin!' waarbij een tegel ingewisseld kan worden bij het tuincentrum voor plantjes, helpen bij bewustwording rondom klimaatvriendelijke tuinen.

Steeds meer gemeenten voeren een actief beleid om groene daken te promoten. Zoals de Rotterdamse daken dagen (Website Rotterdamse Daken Dagen). Er zijn al veel gemeenten die subsidie verstrekken aan bewoners die groene daken willen realiseren, soms uit een "ander potje" als waterbeheer of energiebesparing. Verder is er online (Website Multifunctionele daken; Website Intogreen) allerlei informatie te vinden over de voordelen en de aanleg van en subsidies voor groene daken. Geregeld wordt aangegeven dat subsidie bij uitstek hét groeimiddel is voor groene daken. De meeste gemeenten kiezen voor een subsidieregeling waarbij burgers en bedrijven een tegemoetkoming in de kosten krijgen bij het aanleggen van een groen dak. Daarbij wordt in de meeste gemeentelijke regelingen een minimumomvang gesteld van 6 m² groen dak. Gemeenten keren tussen de €15,- tot €50,- per m² subsidie uit, waarbij het gemiddelde rond de €25,- zit. Wel stellen de meeste gemeenten een maximum in de tegemoetkoming, veelal 50% van de totaalkosten (Website Intogreen). Rotterdam heeft geïnventariseerd dat ze 7.300.000 m² woondak binnen de gemeente heeft hiervan is 4.623.000 m² geschikt om te vergroenen (70%) (Rotterdam groen van boven), Inmiddels ligt er in Rotterdam al 220.000m² groen dak. Plannen liggen er bij de fractie van GroenLinks in Nijmegen die de komende jaren meer groene daken wil stimuleren door minder rioolbelasting te heffen voor eigenaren van groene daken.

Mees (2014) heeft in haar onderzoek gekeken naar de rol van overheden en burgers bij o.a. hittestresspreventie en aanleggen van groene daken voor het bergen van regenwater. In het onderzoek naar groene daken zijn vijf steden geanalyseerd (Basel, Chicago, London, Rotterdam en Stuttgart) en vergeleken op het gebied van verantwoordelijkheidsverdelingen. Deze deelstudie laat zien dat de lokale overheden/gemeenten een groot deel van de verantwoordelijkheid op zich hebben genomen, met name voor het ontwikkelen en bepalen van beleid om burgers en bedrijven te stimuleren om groene daken aan te leggen. De private verantwoordelijkheid van burgers en bedrijven blijft vooral beperkt tot het aanleggen en beheren van groene daken. Niettemin is er een belangrijke rol voor de groenedakenindustrie: deze zorgt voor voortdurende innovatie, hetzij om de kosten van groene daken te drukken, hetzij om de waterbergingscapaciteit van groene daken te verbeteren (Mees, 2014).

4 Impact van vergroening

In dit hoofdstuk wordt beschreven wat het effect is van vergroening op wateroverlast, droogte en hittestress. Waar mogelijk wordt dit effect gekwantificeerd.

4.1 Impact op wateroverlast en droogte

Hemelwateroverlast wordt veroorzaakt door lokale regenbuien en/of door regenwaterafvoer van bovenstrooms gelegen gebied. In het algemeen kan gesteld worden dat de helft van het overtollige regenwater dat in het riool stroomt van opritten en daken van particulieren en bedrijven komt. De getallen verschillen echter sterk per gemeente en per wijk (Oosterom & Hermans, 2005).

De overlast van lokale regenbuien kan voorkomen worden met maatregelen op straatniveau, zoals vergroening van tuinen en daken. Het CPC (2014) onderzoek concludeert over de effectiviteit van vergroening dat het planten van loofbomen met grote kronen en het toevoegen van groene elementen in privé en openbare ruimtes de overlast door extreme regenval vermindert. De studie van de Jong (2015) in de wijk Tuindorp te Utrecht laat zien dat een afname van de bodemafdekking in private tuinen tot substantiële toename van afstroom mitigatie ('run off mitigation') kan leiden: 15% afname in verhard oppervlak leidt tot een gemiddelde toename van 24% afstroom mitigatie. Deze afstroom mitigatie door stedelijk groen wordt veroorzaakt twee processen: 1) afvang van regenwater door vegetatie (met name bomen), welke later kan verdampen of afgevoerd wordt naar de grond; 2) toename van bodem infiltratie capaciteit en daarmee vermindering van afstroming en directe 'runoff' over verharding (Cameron et al., 2012; Gill et al., 2007; Xiao & McPherson, 2002).

Nederland kent ruim 56.000 ha aan tuinen. Jaarlijks valt in de Nederlandse tuinen 432 miljoen m³ regenwater. Wanneer 10% van het tuinoppervlak wordt omgezet van versteend naar een levende (groene) tuin dan stroomt jaarlijks 32,3 miljoen m³ regenwater minder in het riool. Dakgroen houdt 50% tot 70% van het regenwater vast. In Nederland valt in een jaar 0.768 m³ regenwater per m². Wanneer drie jaar lang enkel groene daken worden aangelegd (20 miljoen m² per jaar) dan hoeft 23 tot 32,3 miljoen m³ regenwater per jaar minder te worden afgevoerd en gezuiverd. Dat betekent een mogelijke besparing van € 6,5 miljoen tot € 9 miljoen per jaar (uitgaande van € 0,28 per m³ aan transport- en zuiveringskosten) (Bade, Groen Loont!)

Groene tuinen

De inrichting van de tuin is van invloed op de hoeveelheid neerslag die in de stad kan worden gebruikt voor waterberging en -opslag zodat regenwater niet door het riool hoeft te worden opgevangen en afgevoerd. Een groot gedeelte van de neerslag die in onze tuinen terecht komt, verdampt of infiltreert in de bodem. Bij ontwerp en inrichting van tuinen kan met deze functie rekening worden gehouden, zoals het aanleggen van niet afgedekt oppervlak, een vijver of een infiltratiegreppel (greppel waar regenwater kan infiltreren). Een vijver en een infiltratiegreppel geven ruimte aan overtollig water tijdens perioden van overmatige regenval. Een infiltratiegreppel is in principe een droge laagte waarin het hemelwater zich tijdens een regenbui verzamelt. Aanvoer kan via natuurlijke weg of via molgoten (gootconstructie) verlopen. Vervolgens kan het water via de goed doorlatende ondergrond rechtstreeks in de bodem infiltreren (website aquaRO). In de eerste plaats leidt minder verharding tot een zeer aanzienlijke vermindering van de hoeveelheid afstromend water. Bij volledig bestrate (afgedekte) tuinen stroomt 85% van het water af richting riool. Bij groene tuinen is dit slechts 15% van de neerslag (Dirven et al. 2011).

Uit cijfers van Triple E (bureau wat onderzoek doet naar de baten van natuur en landschap.) blijkt dat in een volledig verharde tuin 81,6 m³ water in het riool verdwijnt. In een levende, groene tuin waarin slechts 20% van het tuinoppervlak bedekt is met verharding, stroomt nog maar 13,9 m³ water af naar het riool, dat is 17% van de totale afstroom in versteende tuinen. Door versteende tuinen om te vormen tot levende, groene tuinen kan de afstroom naar het riool met 83% = 304,776 miljoen m³ worden verminderd. Wanneer 10% van alle versteende tuinen worden omgevormd naar levende, groene tuinen verdwijnt er jaarlijks 30,47 miljoen m³ minder neerslag in het riool. Op basis van transport- en zuiveringskosten van € 0,28 per m³ betekent dat een mogelijke besparing van ruim € 8,5 miljoen (De groene stad nieuwsbrief. Lente 2011).

Een groene tuin heeft niet overal in Nederland dezelfde impact in het voorkomen van wateroverlast of droogte. Maatwerk is belangrijk per wijk of zelfs op straatniveau om deze maatregelen zo effectief mogelijk in te zetten. De variabelen die van invloed zijn op de impact van groene tuinen zijn:

- De relatieve hoogteligging. Water stroomt van hoger naar lager gelegen gebied.
- De grondsoort. Gronden met een hoge infiltratiecapaciteit, zoals zand en grind, kunnen veel meer en sneller regenwater absorberen dan bijvoorbeeld kleigronden. Op zware kleigrond zal vergroening gecombineerd moeten worden met andere maatregelen, zoals bodemverbetering of aanleg van extra drainage om grondwateroverlast te beperken.
- Afstand tot en capaciteit van het riool. De afstand bepaalt hoe snel het overtollige hemelwater in het riool terecht kan komen. De grootte van de rioolbuizen in de omgeving bepalen hoeveel hemelwater afgevoerd kan worden.
- Bovenstroomse (waterbergings)maatregelen. Als in het hoger gelegen gebied maatregelen zijn getroffen om water vast te houden en te bergen, zal benedenstrooms meer capaciteit in het watersysteem ontstaan om water op te vangen. Dus daar waar regen valt zou het opgevangen moeten worden.
- Grondwaterstand. Hoe hoger de grondwaterstand, des te minder water er kan infiltreren in de bodem.

Groene daken

De traditionele groene daken zijn vaak weinig effectief voor de tijdelijke opslag van extreme regenval. Een intensief groen dak, een dak met een geknepen afvoer, of bijvoorbeeld het zogenaamde polderdak met regelbare afvoer (www.polderdak.nl) dragen wel bij aan het voorkomen van wateroverlast vanwege een grote retentie (opvang) capaciteit. Ook andere daken met een grote retentiecapaciteit, zoals de Stadsakkers in Rotterdam, kunnen hieraan bijdragen. Groene daken die enkel bedekt zijn met groen (veelal Sedum), zonder een dikke watervasthoudende bodemlaag, dragen weinig tot niets bij aan het voorkomen van wateroverlast (CPC, 2014). Op nieuwe groene daken die professioneel zijn aangelegd op een dak met een verzwaarde draagconstructie, is het eenvoudiger om de functies van verdampen en reductie van afvoerpieken te combineren. In het uiterste geval kunnen die daken ook zeer extreme buien vrijwel volledig zelfstandig verwerken met een minimale belasting van de omgeving (Stowa & Rioned, 2015).

In dichtbebouwde gebieden kunnen (blauw-)groene daken bijdragen aan het beperken van de neerslagafvoer en het vergroten van de verdamping. Er zijn echter nog nauwelijks studies gepubliceerd over de gemeten effectiviteit van groene daken voor het bergen van neerslag in Nederland (Hendriks et al., 2016). In een studie van Stowa & Rioned (2015) wordt wel geconcludeerd dat als men een wijk volledig zou voorzien van ruim gedimensioneerde groene daken met een relevante substraatberging en een drainageberging met

afvoerbegrenzing, dan laat dat een duidelijk effect zien op het overloopvolume van het rioolstelsel bij zware buien en dus ook op de bijbehorende kans op water op straat.

Voor het beschrijven van de effectiviteit van groene daken voor waterberging wordt onderscheid gemaakt tussen de effectiviteit op jaarbasis, seizoensbasis en de effectiviteit per neerslaggebeurtenis bijvoorbeeld hevige regenbuien. Extensieve groene daken hebben een vrij beperkte bergingscapaciteit, waardoor deze daken snel en vaak vol zijn en overtollig water alsnog wordt afgevoerd. Door de beperkte bergingscapaciteit is er weinig water beschikbaar voor verdamping en neemt de waterbeschikbaarheid voor vegetatie in droge perioden snel af. Hierdoor neemt ook het koelend vermogen van deze daken af. De bergingscapaciteit van intensieve groene daken is groter. Een onderzoek naar groene daken in Duitsland (Mentens, 2006) toont aan dat intensieve groene daken de jaarlijkse afvoer van neerslag kunnen verminderen met gemiddeld 75%; voor extensieve daken is de afname 50% en voor grinddaken 25%. De berging van neerslag kent een seizoenseffect. In de zomer is de verdamping groot waardoor het vochtgehalte van het substraat door verdamping relatief snel afneemt. Hierdoor neemt de ruimte die beschikbaar is voor berging van neerslag snel toe. Door beperkte verdamping in de winter blijft het vochtgehalte in het substraat hoog en is de extra ruimte voor het bergen van neerslag relatief klein. Achtereenvolgende buien komen daardoor, vooral in de winter, relatief vaak tot afvoer (Hendriks et al., 2016).

In de tekstbox op de volgende pagina is een voorbeeld uitgewerkt waarin het effect van groene tuinen en daken op het tegengaan van wateroverlast ('pluvial flooding') is berekend. In de tabel is te zien dat zowel groene tuinen als groene daken hier aan bijdragen, ze verhogen namelijk allebei de herhalingstijd ('recurrence time of pluvial flooding'). Wat betekent dat er een langere periode tussen zit voordat er weer wateroverlast optreedt. Groene daken dragen meer bij aan het voorkomen van wateroverlast (herhalingstijd van 2 naar 7,5 jaar) dan groene tuinen (herhalingstijd van 2 naar 2,3 jaar). Een combinatie van beide levert echter de beste uitkomst op (herhalingstijd van 2 naar 10 jaar).

Groene daken en zonnepanelen

Om duurzaam te bouwen hoeft er geen keuze gemaakt te worden tussen groene daken en het plaatsen van zonnepanelen. Groene daken en zonnepanelen kunnen elkaars werking versterken. De biodiversiteit op het groene dak vergroot vanwege de schaduwplekken die door de panelen ontstaan, waardoor er een netwerk van verschillende micro klimaten ontstaat. En een groen dak verhoogt het rendement van zonnepanelen, doordat een groen dak voor verkoeling zorgt.

Voorbeeld: The Rainproof City

<http://www.adaptivecircularcities.com/the-rainproof-city/>

Rainfall events intensify

City design in the Netherlands is based on current climate conditions and does not account for climate change. Due to climate change, rainfall intensities are expected to increase. Therefore, the urban water system should be designed in such a way that the extreme events of the near future do not cause significant damage.

Exploring ways to buffer and reuse rainwater

Possible interventions for a rainproof city are: green roofs; blue roofs for water storage; more green private gardens; more surface storage. Another aspect of a rainproof city is the use and reuse of storm water. Examples for storm water use are irrigation, flushing of toilets and washing machines. Water that is infiltrated into the subsurface can be used by vegetation for transpiration in dry periods. This can contribute to reduction of the air temperature in summer and thereby reducing the heat island effect. All these measures reduce the demand for water supply of the city district.

Assessing the performance of water-storing roofs and increase of permeable surface area

To explore the positive effect of interventions, using an urban water balance model, four restructuring scenarios for the area 'Kop Grasweg' in the Buiksloterham district of Amsterdam were analysed:

- 1 Business as usual (no measures)
- 2 Water storing green roofs (equipping all roofs with a storage of 20 mm in growth medium and 50 mm in drainage layer)
- 3 More green permeable gardens (paved area on private property is reduced from 13% to 2%)
- 4 Combination of scenario 2 en 3

Green roofs proved to have a larger effect on preventing pluvial flooding than permeable gardens. As can be expected, combining the two has the best outcome.

Scenario	Recurrence time of pluvial flooding(year)
Traditional garden and roofs	2
Green roofs	7.5
Green gardens	2.3
Both	10

4.2 Impact op hittestress

Het CPC-onderzoek (2014) heeft ook conclusies getrokken over maatregelen tegen hittestress:

- Het koelend effect van oppervlaktewater in de stad is niet eenduidig: waterpartijen kunnen zelfs bijdragen aan de opwarming van de stad; grotere waterpartijen kunnen afhankelijk van de oriëntatie op de windrichting verkoeling brengen.
- Isolatie van gebouwen zonder aandacht te besteden aan de afscherming van de inkomende zonnestraling kan leiden tot meer warmteoverlast in hete zomers.
- Het planten van loofbomen met grote kronen en in het algemeen het toevoegen van groene elementen in privé en openbare ruimtes leidt tot een beter thermisch comfort en vermindert overlast door extreme regenval.

Temperaturen zijn niet homogeen over een stad verdeeld. De belangrijkste oorzaak is het verschil in weerkaatsing of omzetting van de straling. Feit is dat in de meest versteende delen van de stad het Urban Heat Island-effect het grootst is. In wijken met veel groene parken en tuinen is dit effect het laagst. Japans modelmatig onderzoek laat zien dat herhaling van groen meer effect heeft op de omgeving dan één groot park met hetzelfde oppervlak. Daarnaast spelen de lokale weerpatronen (bijv. temperatuur, wind), de ligging (bijv. aan het water of in het binnenland) en de inrichting (bijv. hoogbouw, dichtheid) van de stad een belangrijke rol (WUR).

De traditionele groene daken zijn weinig effectief voor zowel het binnenklimaat en het buitenklimaat. Echter door variatie van het type planten, de beplantingsdichtheid en de waterberging op het dak is de temperatuur boven de dakconstructie te beïnvloeden en daarmee de warmtestroom door het dak. Met een niet traditioneel groen dak is daarom wel degelijk hittestress te voorkomen. Door processen zoals absorptie en verdamping, beschaduwing en weerkaatsing blijft de temperatuur boven een groen dak in de zomer beperkt tot circa 35°C. Dit is veel lager dan boven een traditioneel plat (zwart) dak of (rood) pannendak, waar de temperatuur kan oplopen tot 70°C en bij bitumen dakbedekking zelfs tot 90°C. Omdat het temperatuurverschil over de dakconstructie kleiner is, is bij gelijke warmteweerstand de warmtestroom door een groen dak kleiner dan bij een plat of pannendak. Hierdoor heeft een gebouw met een groen dak in warme perioden minder koeling nodig. Het effect van individuele groene daken op de omgevingstemperatuur in stedelijk gebied is verwaarloosbaar. Alleen grootschalige vergroening van daken zal effect hebben. Het effect van de hierdoor verhoogde luchtvochtigheid op de temperatuurbeleving is nog niet onderzocht en dus onbekend (Stowa & Rioned, 2015).

5 Conclusies

5.1 **Probleem: Versteende tuinen dragen bij aan wateroverlast, hittestress en droogte**

Het is de verwachting dat er in de toekomst vaker sprake zal zijn van extreem weer in Nederland. Dit houdt in dat er vaker hevige regenbuien zullen zijn, een toename is van droge perioden en er vaker zomerse en tropische dagen verwacht worden. De openbare ruimte, maar ook (private) tuinen zijn op deze klimaatverandering niet ingericht. Een groot gedeelte van de tuinen in Nederland (75%) is voor minimaal een kwart versteend en deze verstening van tuinen neemt gestaag toe, dit wordt o.a. bevestigd door de verkoopcijfers van verhardings materiaal in de tuinbranche. Hierdoor is er minder ruimte voor infiltratie van regenwater in de bodem en minder ruimte voor groen. Dat gaat ten koste van waterberging, maar ook voor de kwaliteit van de leefomgeving zoals verkoeling, schaduw en biodiversiteit die de vergroening biedt. Verstening draagt ook in negatieve zin bij aan hittestress. In stedelijk gebied kan bij warme weersomstandigheden een 'stedelijk hitte-eiland effect' optreden. Dit wordt deels geweten aan het grote aandeel verhard oppervlak dat de warmte vasthoudt en waaruit geen verdamping optreedt.

Ook komt bij hevige regenval het hemelwater onnodig in het riool terecht waardoor onnodig kosten gemaakt worden en energie verspild wordt. In Nederlandse tuinen valt jaarlijks 432 miljoen m³ regenwater. In volledig verharde tuinen stroomt daarvan 85 % naar het riool dat is jaarlijks 367,2 miljoen m³. Het toenemende verharde tuinoppervlakte in de stad gecombineerd met de toenemende kans op extreme neerslag kan leiden tot grotere materiële en financiële schade en meer gezondheidsproblemen.

Nederland telt naar schatting 200 miljoen m² plat dak. Via (niet groen) plat dak komt het hemelwater direct in het riool terecht, dit kan leiden tot water overlast door overbelasting van het riool. Het vergroenen van platte daken is een mogelijkheid om wateroverlast te beperken en kan nog veel meer worden toegepast. Er is vanuit gemeenten en de rijksoverheid wel steeds meer aandacht voor (bijvoorbeeld in de vorm van subsidies).

5.2 **Mogelijke technische oplossingen**

Er zijn technische oplossingen mogelijk om wateroverlast, hittestress en droogte te verminderen in de stad. Vergroening van tuinen en daken is daar een van. De inzet van generieke maatregelen voor een stad is minder effectief, er is maatwerk nodig op straatniveau. Verder loont het om de problemen van wateroverlast, hittestress en droogte integraal aan te pakken en een combinatie van maatregelen te kiezen die een oplossing bieden voor meerdere opgaven.

Een groen dak biedt oplossing in gebieden van de stad waar gecompenseerd moet worden voor het verharde oppervlak van bijvoorbeeld nieuw bebouwd gebied en waar geen ruimte is voor open water en met groen bedekte bodem. In het landelijk gebied zal een groen dak daarom minder toegepast worden voor het bergen van water.

Een klimaatbestendige inrichting hoeft niet duurder te zijn dan een traditionele inrichting. Verder is het een gezamenlijke verantwoordelijkheid van gemeenten en bewoners om te zorgen dat het gebeurt. Bewoners hebben een eigen verantwoordelijkheid om regenwater op hun perceel te verwerken. Het (overtollige) regenwater wordt via de riolering afgevoerd door de gemeente.

Voor vergroenen van platte daken zijn al goede voorbeelden van steden die hierop inzetten en dit stimuleren door middel van subsidies. Zo heeft Rotterdam inmiddels al 220.000m² groene daken.

5.3 Impact van vergroening

Door de openbare ruimte en particuliere tuinen in te richten met klimaatbestendig groen wordt deze ruimte optimaal gebruikt voor de klimaatadaptatie van steden (het voorkomen van wateroverlast en het terugdringen van het hitte-eilandeffect). Over het algemeen leidt het vergroenen van openbare ruimtes en privé tuinen, door middel van beplanting met loofbomen met grote kronen (mits goed gesnoeid) en plaatsen van groene elementen, tot een beter thermisch comfort en vermindert het overlast door extreme regenval. Groene tuinen en daken vergroot de leefbaarheid in steden, maar de mate van bijdrage aan klimaatadaptatie hangt af van het ontwerp van het dak en/of tuin en van de lokale omstandigheden. Een groene tuin heeft niet overal in Nederland dezelfde impact in het voorkomen van wateroverlast of droogte vanwege diverse invloedvariabelen zoals relatieve hoogteligging en grondsoort. Maar een heleboel groene tuinen of -elementen samen hebben wel degelijk effect (zie operatie Steenbreek).

Door versteende tuinen om te vormen tot groene tuinen kan de afstroom naar het riool met 83% = 304,776 miljoen m³ worden verminderd. Wanneer 10% van alle versteende tuinen worden omgevormd naar groene tuinen verdwijnt er jaarlijks 30,47 miljoen m³ minder neerslag in het riool. Op basis van transport- en zuiveringskosten van 0,28 Euro per m³ betekent dat een mogelijke besparing van 8,6 miljoen Euro (De groene stad nieuwsbrief. Lente 2011). Dit schone water kan dan door de bodem naar het grondwater infiltreren en worden gebruikt als drinkwater en als buffer voor tijden van droogte. Voor wat betreft hittestress en droogte zijn de baten niet in eenduidige bedragen uit te drukken.

Een groen dak heeft pas impact als het ruim gedimensioneerd is, traditionele groene daken zijn vaak weinig effectief voor de tijdelijke opslag van extreme regenval. Goede voorbeelden van vergroenen van daken zijn al te vinden in de grote steden van Nederland, zoals in Rotterdam.

Een combinatie van de mogelijkheden van alle private tuinen samen en met de publieke ruimte heeft de potentie om een bijdrage te leveren aan duurzaam water- en hitte management

5.4 Beleidsimpact; wat kunnen nationale, provinciale en lokale overheden doen om tuinen klimaatbestendiger te maken?

Om de beleidsimpact te toetsen is in dit rapport beschreven in welke mate de huidige inrichting van particuliere tuinen en daken problemen veroorzaakt, wat er potentieel technisch mogelijk is om deze problemen te verminderen en wat dat – in theorie – kan opleveren aan kostenbesparingen.

Zoals in het begin van dit hoofdstuk geconcludeerd werd, is een groot percentage van de tuinen in Nederland voor een gedeelte verhard. Deze verharding draagt negatief bij aan wateroverlast, droogte en hittestress. Vergroenen van tuinen en daken kan deze problemen helpen verminderen, hiervoor is wel maatwerk nodig want een generieke aanpak zal minder effect hebben. De effecten van het uitvoeren van beleid om tuinen te vergroenen is – voor zover bij ons bekend – nog niet gemeten in de praktijk. Er is al wel veel bekend over de implementatie en effecten van groenbeleid in de openbare ruimte, zoals beschreven in het boek over groenblauwe netwerken in Nederland (Potz & Bleuze, 2012). Effecten zijn niet altijd

gemeten in termen van kostenbesparingen, maar er zijn wel succesfactoren beschreven die helpen om het beleid ten uitvoer te brengen en er een succes van te maken (zie ons rapport).

Samenwerken met verschillende partijen is bijvoorbeeld belangrijk, net als het aansluiten bij lopende projecten en initiatieven. Daarbij kan het bijvoorbeeld gaan om beleid ten aanzien van de bodem, participatie van kwetsbare groepen en gezond leven in de stad. Hiervoor is wel maatwerk nodig en overleg met verschillende belanghebbenden. De rol van de nationale overheid zou zich kunnen richten op het ontsluiten van kennis, bv. over de impact van vergroening.

De rol van bewoners is logischerwijs groter als het gaat om tuinen dan als het gaat om openbare ruimte. Bewonersparticipatie is ook een punt van aandacht in de omgevingswet. De nieuwe Nationale Klimaat Adaptie Strategie biedt ook een beleidskader waarin initiatieven met betrekking tot tuinen een plek kunnen krijgen. Kortom, beleid op vergroening zal zeker impact hebben op het verminderen van het probleem, maar zal wel toegespitst moeten worden op specifieke locaties en omstandigheden en aansluiten bij lopende initiatieven en beleid is cruciaal.

5.5 Volgende stap: gedragsanalyse

Om vergroenen van tuinen en daken in te kunnen zetten voor klimaatadaptatie is het nodig om meer inzicht te krijgen in de gedragsbepalende factoren bij het vergroenen van tuinen en daken. Waarom kiezen mensen ervoor om hun tuin te vergroenen of een groen dak aan te leggen? En wie kiest hiervoor? Deze elementen zullen terugkomen in de volgende stap van dit onderzoek naar klimaatbestendige steden.

Naast technische maatregelen zijn er ook niet-technische interventies mogelijk, bijvoorbeeld marketingcampagnes of door gemeente georganiseerde evenementen zoals de Rotterdamse Daken dagen om mensen bewuster te maken van de voordelen van een groene tuin of een groen dak (website Rotterdamse Daken dagen). Dergelijke niet-technische oplossingen zullen ook worden onderzocht in het vervolg van dit onderzoek.

6 Literatuur

- Bade T, Smid, G., Tonneijck, F. Groen Loont! Over maatschappelijke en economische baten van stedelijk groen
- Bade, T., K. van der Leest, F. Tonneijck, 2009. Lang leve(n)de tuin. Kenniscentrum Triple E. Triple E Productions. Arnhem
- Beumer, C. (2013). Biodiversiteit in de Tuin - Samenvatting resultaten van onderzoek relatie tussen tuinen en natuurbescherming 2012-2013. ICIS, Maastricht
- Brolsma, R., Buma, J., van Meerten, H., Dionisio, M. Elbers, J. (2012), Effect van droogte op stedelijk gebied – Kennisinventarisatie, ISBN: 978-94-90070-61-8, KvK rapportnummer: KvK 87/2012
- Cameron, R. W. F., Blanuša, T., Taylor, J. E., Salisbury, A., Halstead, A. J., Henricot, B., & Thompson, K. (2012). The domestic garden - Its contribution to urban green infrastructure. *Urban Forestry and Urban Greening*, 11, 129–137. doi:10.1016/j.ufug.2012.01.002
- Claessens, J.W., Schram-Bijkerk, D., Dirven-van Breemen, E.M., Houweling, D.A., van Wijnen, H. (2012) Bodem als draagvlak voor een klimaatbestendige en gezonde stad, RIVM rapport 607050011, http://www.rivm.nl/dsresource?objectid=rivmp:179877&type=org&disposition=inline&ns_nc=1
- Climate Proof Cities (2014). Eindrapport. Knowledge for climate. KvK-rapport nr: 129/2014, oktober 2014. Climate proof cities Consortium.
- Dirven-van Breemen, E.M., Hollander, A., Claessens, J.W. (2011). Klimaatverandering in het Stedelijk gebied - Groen en waterberging in relatie tot de bodem RIVM rapport 607050008
- De groene stad nieuwsbrief. Lente 2011. Groen Loont. Particulieren betrekken bij de water opgave.
- European Commission (2012). Science for environment policy, DG Environmnet New Alert Service. In depth report: Soil sealing,. doi:10.2779/75498
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, a R., & Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure. *Built Environment*, 33(1), 115–133. doi:10.2148/benv.33.1.115
- Hendriks, K., Snep, R., de Vries, B. en Brolsma, R. (2016). Groene daken in Tilburg - Operationele handvatten voor ontwikkeling van gemeentelijk beleid, Alterra-rapport 2692.
- Hogeschool van Amsterdam (2016). Voor hetzelfde geld klimaatbestendig: voorbeelden klimaatbestendige inrichting voor veelvoorkomende karakteristieke straten. Onderzoeksprogramma Urban Technology Stad, Jeroen Kluck et. al., mei 2016.

Hendriks, K., Hommes, S. (2016). Groene daken in Tilburg; Ervaringen, motieven en opschalingsmogelijkheden. Wageningen, Wageningen Environmental Research, in concept.

Hoogvliet, M., van de Ven, F., Buma, J., van Oostrom, N., Brolsma, R., Filatova, T., Verheijen, J., Bosch, P (2012). Schades door watertekorten en –overschotten in stedelijk gebied – Quick scan van beschikbaarheid schadegetallen en mogelijkheden om schades te bepalen, Deltares rapport 1205463-000.

Jong, M.O. de. (2015), Ecosystem services delivery by urban green infrastructure in Utrecht, the Netherlands (master thesis), Deltares, Utrecht

KNMI & PBL (2015). Klimaatverandering. Samenvatting van het vijfde IPCC-assessment en een vertaling naar Nederland, vijfde klimaatrapport, 2013-2014. Den Haag / De Bilt, 2015 ISBN: 978-94-91506-89-5.

Kullberg (2016), Tussen groen en grijs. Een verkenning van tuinen en tuiniers in Nederland. Sociaal Cultureel Planbureau. In press.

Linssen, V. (2011). Tuinbeleving 2011 Een segmentatie van de Nederlandse tuinbezitter. Zoetermeer.

Mees, H.L.P. (2014), Responsible Climate Change Adaptation - Exploring, analysing and evaluating public and private responsibilities for urban adaptation to climate change, PhD-thesis, University of Utrecht.

Mentens, J., Raes, D., Martin Hermy, (2006). Green roofs as a tool for solving the rainwater runoff problem in the urbanized 21st century?, Landscape and Urban Planning 77 (2006) 217–226

OECD (2016). OESO Principes voor Water Governance. Directoraat voor Publieke Governance en Territoriale ontwikkeling.

Oosterom, G.E. en Hermans R.H.J.J., 2005. Rioleringsatlas van Nederland. Voorzieningen, beheer en financiën in beeld. Stichting RIONED, Ede. ISBN 90 73645 21 2.

Perry, T., & Nawaz, R. (2008). An investigation into the extent and impacts of hard surfacing of domestic gardens in an area of Leeds, United Kingdom. Landscape and Urban Planning, 86(1), 1–13. doi:10.1016/j.landurbplan.2007.12.004

Potz H. en Pierre Bleuze. 2012. Groenblauwe netwerken voor duurzame en dynamische steden.

Pronk, A. en C. van Dijk, 2008. Bomen en planten voor een betere luchtkwaliteit. Wageningen UR / Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V. In vakblad Boomzorg, Uitgave: nr. 1, (pagina 66-69).

STOWA & Rioned, 2015. Groene daken nader beschouwd. Over de effecten van begroeide daken in breed perspectief met de nadruk op de stedelijke waterhuishouding. Publicatie april 2015.

Solcerova, A. (2016). Scientific article in press, TU Delft.

TCB (20 april 2009a). Advies diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater. TCB A047.

Theeuwes, N.E. (2015). Urban heat, natural and anthropogenic factors influencing urban air temperatures. 160 p. PhD thesis. ISBN: 978-94-6257-502-8. WUR.

Van der Meulen, E.S, Brolsma, R.J., Moinier, S. (2015), Ecosystem services provrsion: dependence of water quality and quantity. Deltares report 1220357-000-BGS-0003.

Van der Meulen, S., Schasfoort, F., van der Horst, S. van der Brugge, R., van Oostrom, N., Altamirano, M. (2013), Vergoedingen voor ecosysteemdiensten. Deltares rapport 1208638-000-BGS-0006.

Wuijts, S., Vros, C., Schets, F.M., Braks, M.A.H. (2014), Effecten klimaat op gezondheid - Actualisatie voor de Nationale Adaptatiestrategie (2016), RIVM rapport 2014-0044

WUR (2016), Unharden the garden. The behavioural choices and motivations of citizens in relation to soil cealing: 'How do you prefer your garden: clean, tiled or green?' Wageningen University and Research centre, student working group. ACT project 1739, June 2016. Grieco, K. et. al.

WUR, Groen voor Klimaat, https://www.wur.nl/upload_mm/5/8/8/6464c9a7-e6db-4893-ad9c-cd0412364328_GroenvoorKlimaat.pdf

Xiao, Q., & McPherson, E. G. (2002). Rainfall interception by Santa Monica ' s municipal. Urban Ecosystems, 6, 291–302. doi:10.1023/B:UECO.0000004828.05143.67

Zwaagstra, C. (2014). The contribution of soil sealing in urban private gardens to runoff and urban heating. University of Groningen.

Geraadpleegde websites:

- Website Adaptive Circular Cities, <http://www.adaptivecircularcities.com/the-rainproof-city/>
- Website Branchevereniging VHG, <http://www.vhg.org/>
- Website De groene stad, <http://degroenestad.nl/>
- Website Huisje, boompje, beter, <http://www.huisjeboompjebeter.nl/waarom/#mission-regenbestendig>
- Website Intogreen, <http://www.intogreen.nl>
- Website KNMI, www.knmi.nl
- Website Multifunctionele daken, <https://www.multifunctioneledaken.nl/>
- Website Operatie Steenbreek, <http://www.operatiesteenbreek.nl/>
- Website Polderdak, www.polderdak.nl
- Website Rainproof, www.rainproof.nl
- Wikipedia, www.wikipedia.nl
- Website Rotterdam groen van boven, toepassing van groenedaken in Rotterdam http://www.rotterdam.nl/GW/Document/Groene%20Stad/Groen_van_boven_I.pdf
- Website Rotterdamse Daken Dagen, <http://rotterdamsedakendagen.nl/>