

# NATURE-BASED SOLUTIONS

## INSPIRATIEBOEK

Veerle Roijackers - Openbare Ruimte  
04-12-2017

**tweede en herziene druk juni 2018**



**EINDHOVEN**





# VOORWOORD

Voor je ligt het inspiratieboek Nature-Based Solutions (NBS). Dit inspiratieboek is gemaakt in het kader van mijn stage bij de gemeente Eindhoven en in het kader van het Europese project Urban Nature Labs (UNaLab). Dit project heeft als doel om een Europees framework te creëren voor Nature-Based Solutions.

Eén van de doelen van UNaLab is het creëren van een Community of Practice (CoP) van Nature-Based Solutions. Voor het creëren van een CoP is het van essentieel belang dat betrokkenen weten wat Nature-Based Solutions zijn, waar ze voor gebruikt kunnen worden, waarom ze gebruikt moeten worden, en hoe ze er in de praktijk uit zien. Door mensen te inspireren om over NBS na te denken, kan deze bewustwording worden gecreëerd, waardoor het toepassen van NBS in de toekomst geen uitzondering maar de regel kan worden en er een CoP kan ontstaan.

Dit boek is enkel bedoeld om te inspireren, en niet om als handboek gebruikt te worden. Na het doornemen van dit boek heb je hopelijk een idee van wat Nature-Based Solutions zijn, en hoe je ze kan integreren in jouw project. Het inspiratieboek wordt aangevuld met een handboek Nature-Based Solutions, dat voor UNaLab geschreven wordt.

Bij het schrijven van dit inspiratieboek heb ik veel hulp gehad van Luuk Postmes, mijn stagebegeleider en de persoon die mij heeft geïntroduceerd in UNaLab, en mij bekend heeft gemaakt met Nature-Based Solutions. Ook wil ik graag Mayke van Dinter bedanken voor haar ondersteuning gedurende mijn stageperiode. Verder wil ik mijn collega's bij de gemeente bedanken voor de fijne samenwerking, en voor het feit dat ik altijd kon aankloppen met vragen voor informatie. Als laatste wil ik de UNaLab partners bedanken voor hun enthousiasme over het inspiratieboek, jullie bemoedigende woorden hebben me goed gedaan.

*Ik wens je veel leesplezier.  
Veerle Roijackers*

*4 december 2017, Eindhoven*

**tweede en herziene druk juni 2018**



# SAMENVATTING

Dit inspiratieboek voor Nature-Based Solutions in Eindhoven geeft aan de hand van definities, problemen, oplossingen en uitwerkingen een beeld van Nature-Based Solutions. Nature Based Solutions zijn oplossingen/ideeën die geïnspireerd zijn op de natuur of ondersteund worden door de natuur, met als doel om de problemen die klimaatverandering met zich meebrengt te verminderen of tegen te gaan. Klimaatverandering vergroot de kans op hittestress, wateroverlast, slechte waterkwaliteit, slechte luchtkwaliteit, afnemende biodiversiteit en matige leefkwaliteit. Nature-Based Solutions bevat oplossingen voor elk van deze problemen. Door de veelzijdigheid van deze NBS komt het vaak voor dat, hoewel elke oplossing is gericht op één specifiek probleem, er veel co-baten zijn die tegelijkertijd ook andere problemen (deels) oplossen. Dit is tevens wat Nature-Based Solutions zo sterk maakt tegen klimaatverandering.

Hoe het er uit komt te zien als Nature-Based Solutions worden geïmplementeerd in de stad is te zien in het laatste hoofdstuk. Hier worden enkele voorbeelden gegeven van NBS-gerelateerde ontwerpen op verschillende schaalniveaus en met verschillende doeleinden. Naast een korte beschrijving per project zijn ook aanbevelingen gegeven om deze bestaande projecten nog meer Nature-Based te maken. Dit inspiratieboek geeft slechts een bescheiden kijkje in de wereld van Nature-Based Solutions, en gaat niet verder in op de technische details.



# INHOUDSOPGAVE

Voorwoord	3
Samenvatting	5
1. Definitie Nature-Based Solutions	9
2. Welke problemen kunnen NBS oplossen?	11
2.1 Hittestress	12
2.2 Wateroverlast	14
2.3 Slechte waterkwaliteit	16
2.4 Slechte luchtkwaliteit	18
2.5 Weinig biodiversiteit	20
2.6 Matige leefkwaliteit	22
3. Hoe kunnen NBS deze problemen oplossen?	25
3.1 Hittestress	26
3.2 Wateroverlast	42
3.3 Slechte waterkwaliteit	54
3.4 Slechte luchtkwaliteit	58
3.5 Weinig biodiversiteit	62
3.6 Matige leefkwaliteit	68
4. Conclusie	73
5. Nature-Based Solutions in Eindhoven	83
5.1 Aanshotse Beemden	84
5.2 Bilderdijklaan	88
5.3 Bonifaciuspark	92
5.4 Doornakkers	96
5.5 Geestenbergh	100
5.6 Geveltuintjes	104
5.5 Hermanus Boexstraat	108
5.6 Karpendonkseloop	112
5.7 Parklaan	116
5.8 Smalle Haven	120
6. Bronnen	

A photograph of a tree trunk on a sidewalk. The tree trunk is light-colored with some peeling bark. To the left, a white car is parked with a Texas license plate that reads "BY-592-TX". To the right, a person is walking away from the camera. A red rectangular box is overlaid on the left side of the image, containing the text "1. DEFINITIE".

1.

DEFINITIE



# DEFINITIE NATURE-BASED SOLUTIONS

Nature-Based Solutions hebben als doel om gemeenschappen te helpen een verscheidenheid aan milieu-, sociale en economische uitdagingen aan te pakken op duurzame manieren. Het zijn acties die geïnspireerd zijn door, ondersteund worden door of gekopieerd worden van de natuur. Sommigen houden in dat de bestaande natuurlijke oplossingen voor uitdagingen gebruikt en verbeterd worden, terwijl anderen meer nieuwe oplossingen verkennen. Nature-Based Solutions gebruiken de eigenschappen en complexe systeem processen van de natuur, zoals haar vermogen om koolstof op te slaan en om de waterstromen te reguleren, om gewenste uitkomsten te bereiken, zoals een verminderd risico op rampen, verbeterde menselijke gezondheid en sociaal inclusieve groene groei. Het onderhouden en verbeteren van natuurlijk kapitaal is daarom van cruciaal belang, aangezien het de basis vormt voor het implementeren van oplossingen. Deze Nature-Based Solutions zijn ideaal gezien energie en grondstof-efficiënt, zijn bestand tegen veranderingen, maar om succesvol te zijn moeten ze worden aangepast aan lokale condities (European Commission, 2015).

Nature-Based Solutions benutten de kracht en verfijning van de natuur om milieu-, sociale en economische uitdagingen in innovatieve kansen te veranderen. Ze kunnen een verscheidenheid aan gemeenschappelijke uitdagingen op duurzame manieren aanpakken, met de potentie om bij te dragen aan groene groei, het “futureproofen” van de gemeenschap, te zorgen voor de gezondheid van bewoners, het leveren van ondernemingsmogelijkheden, en om Europa als een leider in wereldmarkten te positioneren.

Veel Nature-Based Solutions resulteren in meerdere co-baten zoals voor gezondheid, de economie, de gemeenschap en het milieu, en zorgt daarmee voor efficiëntere en kosten-effectievere oplossingen dan de meer traditionele aanpak (R. Pronk, 2017).

A photograph of a flooded urban area. In the foreground, dark water reflects the sky and the bridge above. A concrete bridge spans across the water. On the bridge, a yellow truck with a white trailer is driving. The trailer has 'Veebeelbank' written on it in green and white, along with a website address 'www.veebeelbank.nl' and a phone number '061-498014'. There are also some logos on the trailer. In the background, there are buildings and a fence. A red square is overlaid on the left side of the image, containing the text '2. PROBLEMEN' in white.

2.

PROBLEMEN

# WELKE PROBLEMEN KUNNEN NATURE-BASED SOLUTIONS OPLOSSEN?

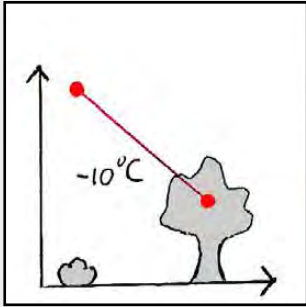
Nature-Based Solutions hebben de potentie om problemen op te lossen die gerelateerd zijn aan klimaatverandering. Enkele van deze problemen zijn hittestress, wateroverlast, slechte waterkwaliteit, slechte luchtkwaliteit, weinig biodiversiteit, en matige leefkwaliteit. Dit zijn allemaal problemen die de laatste tijd steeds meer aandacht krijgen en vaker naar voren komen. De meer zichtbare en voelbare problemen zoals hittestress en wateroverlast krijgen op dit moment de meeste aandacht, maar door Nature-Based Solutions te gebruiken voor het oplossen van deze problemen worden automatisch ook de andere problemen aangepakt.

Het is namelijk een groot voordeel van Nature-Based Solutions dat, hoewel ze vaak gericht zijn op het oplossen van een specifiek probleem, ze veel 'co-baten' hebben: bijkomende voordelige effecten. Het aanleggen van een beplante wadi bijvoorbeeld kan gericht zijn op het oplossen van een waterprobleem, maar als bijkomende voordelen kan de beplanting zorgen voor meer biodiversiteit en voor zuivering van het water. Daarnaast zorgt vrijwel elke Nature-Based Solution voor een verhoging van de leefkwaliteit, aangezien elk klimaat-gerelateerd probleem een verslechtering van de leefkwaliteit met zich meebrengt.

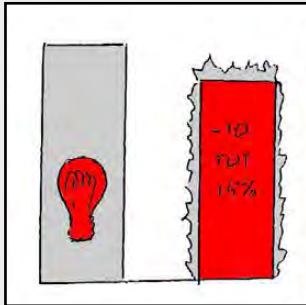
Dit alles maakt Nature-Based Solutions veelzijdige oplossingen waarmee resultaten op meerdere vlakken kunnen worden bereikt. In dit hoofdstuk worden de problemen en uitdagingen in de stad verder uitgelegd. De volgende hoofdstukken laten zien hoe Nature-Based Solutions deze kunnen oplossen en hoe dat in de praktijk eruit komt te zien.

# HITTESTRESS

## Cijfers over hittestress



10°C daling door vergroten hoeveelheid groen in mediterrane gebieden, geschat door (R. Pronk, 2017)



10-15% vermindering energieverbruik in woningen door vergroenen, geschat door (R. Pronk, 2017)

Een van de meest besproken problemen die klimaatverandering met zich meebrengt in een stedelijke omgeving is hittestress. Zoals op de kaart rechts te zien is, wordt hittestress in Eindhoven ook een groot probleem. Niet alleen het stadscentrum, maar ook omliggende woonwijken zijn in 2050 heel veel warmer dan het buitengebied. Hittestress in steden kan worden aangepakt door het vergroten van de hoeveelheid groen. Dit vergroten van de hoeveelheid groen kan zorgen voor een daling in temperatuur, tot wel 10 graden Celsius in Mediterrane gebieden (R. Pronk, 2017). Dit verkoelende effect van groen is ook te zien in de hittestress-kaart. Op deze kaart zijn de grote groene gebieden in Eindhoven in 2050 koeler dan het stedelijk gebied. Naast het voorkomen van hittestress zorgen de meeste vergroenende maatregelen voor co-baten zoals het verminderen van het overstromingsrisico door grotere infiltratiecapaciteit, luchtzuiverende werking door het afvangen van stof, het verminderen van energieverbruik in woningen (met 10 tot 15%) doordat de woningen minder opwarmen en het creëren van schaduw,

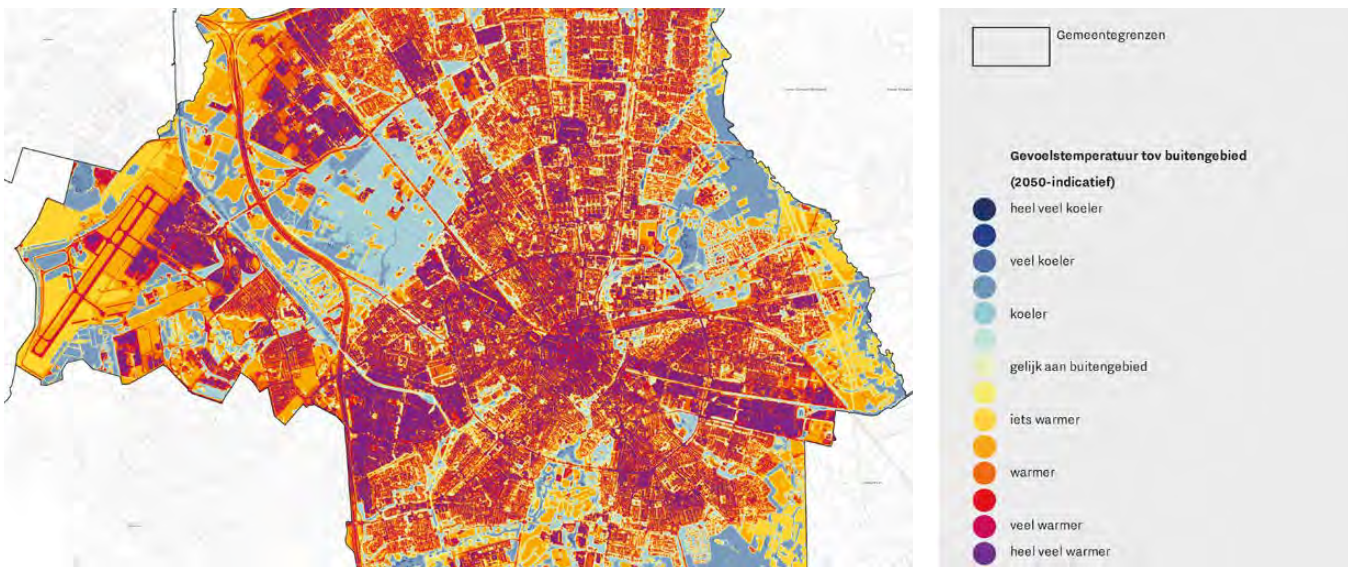


Het Stadhuisplein is zeer hittestressgevoelig (Eindhoven in Beeld, 2011)

daarnaast verbetert de leefkwaliteit van steden. Nature-Based Solutions kunnen ook een belangrijke rol spelen door het optimaliseren van groene, blauwe en grijze infrastructuur, en het verminderen van het hitte-eiland effect. De hoeveelheid co-baten die de Nature-Based Solutions tegen hittestress met zich meebrengen maakt het tegengaan van hittestress in steden een zeer multifunctioneel effectieve vorm van het gebruik van Nature-Based Solutions (R. Pronk, 2017).

### Hoe wordt hittestress nu aangepakt?

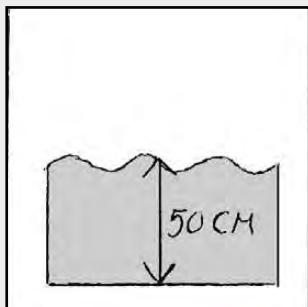
Als er sprake is van een hittegolf activeert het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM) een (nationaal) hitteplan. Dit hitteplan betekent dat vooral zorginstellingen en landelijke huisartsen het bericht krijgen dat ze extra op moeten letten (S. van Zwiene, 2017). Verder worden er tips gegeven om koel te blijven en wordt in steden en bij evenementen bijvoorbeeld water uitgedeeld. Zonweringen, ventilatoren en airconditioning gaan de hitte in gebouwen beperken. Dit is echter enkel symptoombestrijding, en een echte aanpak voor hittestress ontbreekt. Nature-Based Solutions kunnen dit gat opvullen en het hittestress effect beperken in steden zoals Eindhoven.



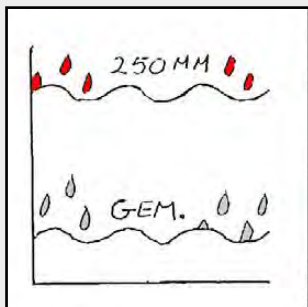
Hittestress in Eindhoven in 2050

# WATEROVERLAST

## Cijfers over wateroverlast



50 cm diep water op straten en in tunnels in Eindhoven in 2016 (Waterschap de Dommel 2017)



250 mm regen in juni; 180 mm meer dan gemiddeld (Waterschap de Dommel, 2017)

11 noodpompen geplaatst in Eindhoven, met een capaciteit van 4800 m<sup>3</sup>/h (Waterschap de Dommel, 2016a)

Nature-Based Solutions kunnen wateroverlast beperken door ecosystemen te gebruiken om de hoeveelheid en timing van waterafvoer te beïnvloeden. Daarnaast zijn er ook interventies die het vermogen van ecosystemen behouden, verbeteren of herstellen om de gevolgen van overstromingen te beperken (European Commission, 2015).

In de zomer van 2016 werd in Eindhoven goed duidelijk hoeveel impact wateroverlast op de stad kan hebben. Na een korte wolkbreuk stonden tunnels en straten onder water; op sommige plekken tot wel 50 centimeter diep. Er was gemiddeld 250 mm water gevallen in de maand juni, waar normaal slechts rond de 70 mm valt (Waterschap de Dommel, 2017). Hoewel voornamelijk boeren schade opliepen door de wateroverlast heeft ook de stad veel hinder ondervonden.



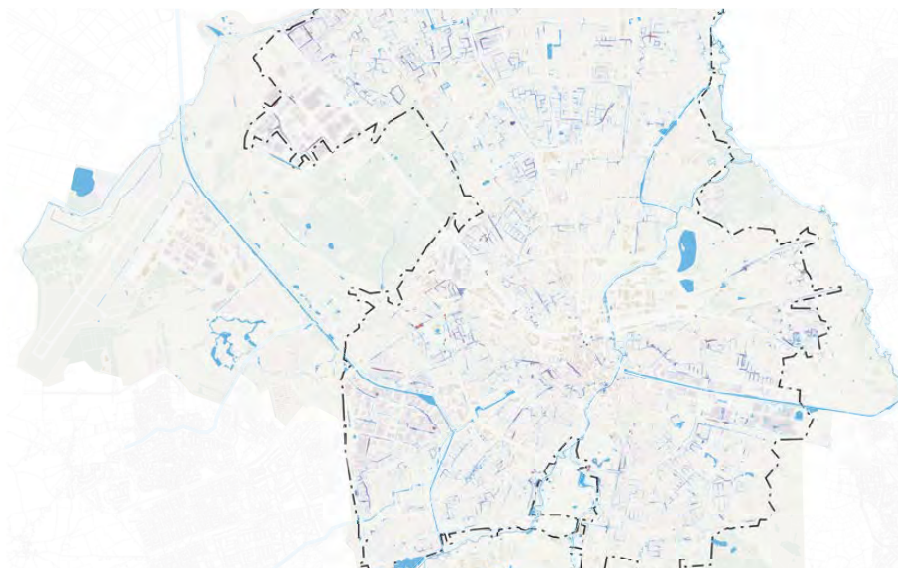
Wateroverlast op Eindje in de zomer van 2016.

### Hoe wordt wateroverlast nu aangepakt?

Bij extreme regenval is het waterschap de organisatie die de verantwoordelijkheid heeft om problemen op te lossen en verdere overlast en schade zoveel mogelijk te voorkomen. In de zomer van 2016 heeft het waterschap daarom waterbergingsgebieden ingezet en is ruimte gecreëerd in de beekdalen. Door de inzet van stuwen is de wateraanvoer naar de stad zoveel mogelijk verminderd. Er zijn 11 noodpompen met een totale capaciteit van 4800 m<sup>3</sup>/h geplaatst op kritieke plekken, zoals het vliegveld. Op zeven locaties zijn ook zandzakken neergelegd of nooddijken aangelegd. Door het stijgen van het peil van de Dommel stroomde water van de beek het riool in. Om de negatieve effecten hiervan tegen te gaan is de capaciteit van de

rioolwaterzuiveringsinstallatie tijdelijk gehalveerd, zijn er plekken voor buffering en overstort aangewezen, en is de aanvoer van de Kleine Dommel geknepen om negatieve overstort te voorkomen.

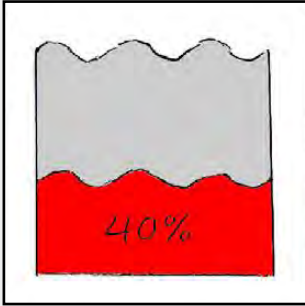
Bij heftige regenval wordt een calamiteitenorganisatie bijeen geroepen. Dit gebeurde in juni 2016 voor het eerst met het Waterschap Actie Team (WAT). Er werd toen opgeschaald naar het Waterschap Operationeel Team (WOT), wat bestond uit beheerders, hydrologen, ecologen, een procesoperator, communicatie-medewerkers en de afdeling juridische zaken. Later die maand is voor een tweede keer een WAT ingesteld, die ook toen opschaalde naar een WOT (Waterschap de Dommel, 2016a).



Water op straat in Eindhoven

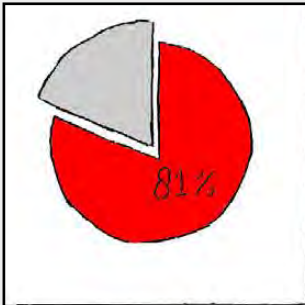
# SLECHTE WATERKWALITEIT

## Cijfers over waterkwaliteit



40% van stroomgebieden zijn van slechte kwaliteit

6% daling van het BNP in 2050, als gevolg van slechte waterkwaliteit



81% van steden in staat om vervuiling met 10% te verminderen onderzocht door R. Abell et al. (2017)

11% mogelijke verhoging van de basisstroomsnelheid in Colombia's grootste steden, onderzocht door R. Abell et al. (2017)

Een onderzoek van R. Abell et al. (2017) laat zien dat in 40% van de stroomgebieden in de wereld een hoog tot gemiddeld niveau van degradatie van de waterkwaliteit waar te nemen is. De invloeden van deze veranderingen op de water-veiligheid kunnen zeer ernstig zijn. Volgens de World Bank (E. Dickson, e.a., 2012) kunnen sommige regio's te maken krijgen met een daling in groei van meer dan 6% van het BNP in 2050, wat voor een aanhoudende negatieve groei zal zorgen. Als er niet meer zekerheid komt over schoon water, zijn de Sustainable Development Goals (United Nations, n.d.), de wensbeelden voor een betere leefkwaliteit, niet haalbaar.

Het beschermen en herstellen van de natuurlijke infrastructuur van stroomgebieden kan direct de waterkwaliteit en -kwantiteit verbeteren. Om de afname van de waterkwaliteit in steden te keren kunnen Nature-Based Solutions de rol van de natuur (ecosystemen) versterken in het verwijderen van chemische- en deeltjesvervuiling uit het water. Daar hoort ook bij het afbreken van giftig afval en de opname van chemicaliën en deeltjes in de grond of waterbodem



*Blauwalg is een voorbeeld van slechte waterkwaliteit (R. Burg, 2017)*

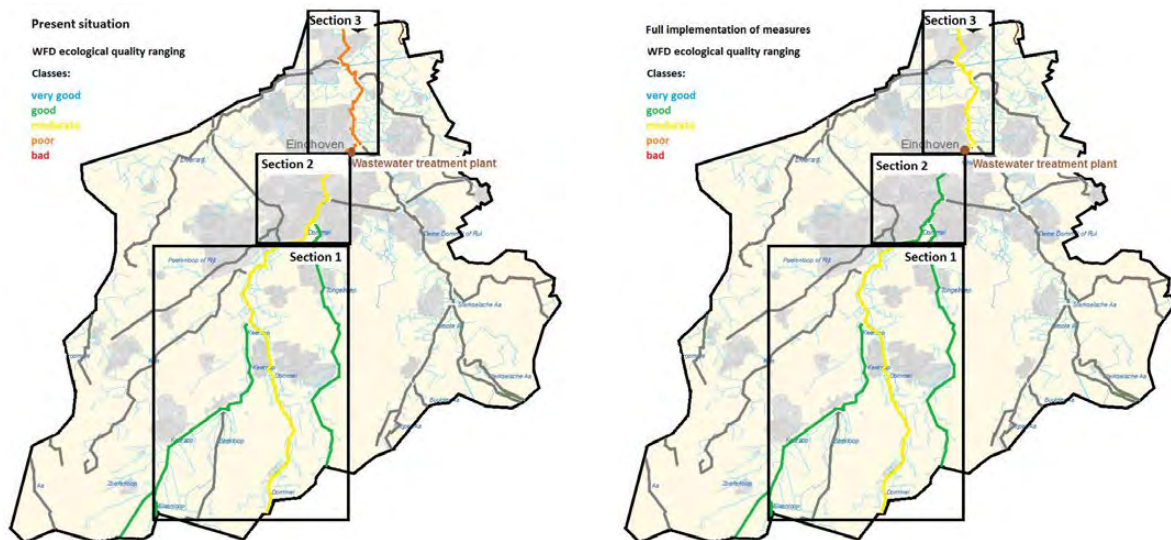


(European Commission, 2015). Vier van de vijf steden (81%) die door R. Abell et al. (2017) geanalyseerd zijn, zijn in staat om watervervuiling te verminderen met minstens 10% door middel van het beschermen van bossen, het bebossen van weides, en door gebruik te maken van slimme landbouw. Vroege resultaten van een onderzoek in San Antonio in Texas impliceren dat reeds uitgevoerde maatregelen op het land die 21% van de watervoerende grondlaag beschermen, mogelijk al vervuiling hebben voorkomen (R. Abell et al., 2017).

### Hoe wordt slechte waterkwaliteit nu aangepakt?

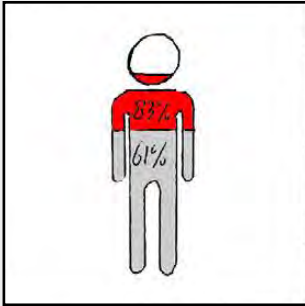
De waterkwaliteit van de Dommel voldoet op dit moment nog niet aan de richtlijnen van de Europese Unie. Om dit in 2027 wel te bereiken

werkt Waterschap de Dommel sinds jaren samen met tien gemeenten in het zuidelijk stroomgebied van de rivier. Er wordt, onder meer, gewerkt aan het beluchten van het water in de Dommel en er wordt gebruik gemaakt van Real Time Control (RTC) in het rioolstelsel. Hiervoor wordt gemeten aan het functioneren van het riool bij zware regenval zodat dit optimaal benut kan worden (Waterschap de Dommel, 2015). Daarnaast gaat het Waterschap in gesprek met agrarisch ondernemers om de vervuiling van water met meststoffen en/of bestrijdingsmiddelen te verminderen of volledig te voorkomen (Waterschap de Dommel, 2016b).



# SLECHTE LUCHTKWALITEIT

## Cijfers over luchtkwaliteit



17-30% van mensen blootgesteld aan meer vervuiling dan de limiet in 2011 tot 2013, geschat door de EEA (2015).

Het verminderen van luchtvervuiling in steden is een wereldwijde urgente uitdaging. In het jaarlijkse rapport over de luchtkwaliteit van 2015 in Europa (EEA, 2015) staat een schatting dat tijdens de periode van 2011 tot 2013, 17 tot 30% van de Europese bevolking was blootgesteld aan meer vervuilende deeltjes dan de limiet die gesteld is door de EU Air Quality Directive (EU, 2008).

In zijn evaluatie concludeerde Janhäll (2015) dat het ontwerpen van stedelijk groen zeer belangrijk is voor het verbeteren van de luchtkwaliteit. Nature-Based Solutions die de luchtkwaliteit onderhouden, inclusief de opname van chemicaliën zoals deeltjes en directe luchtvervuilers, en de uitstoot van chemicaliën, zijn hiervoor belangrijk. Hiernaast zijn er ook interventies die te maken hebben met de beheersing van broeikasgassen (voornamelijk CO<sub>2</sub>, methaan en stikstofoxide), door het reduceren van uitstoot en/of het bevorderen van het verwijderen van deze gassen uit de atmosfeer (European Commission, 2015). Een onderzoek van J. Kabisch, H. Korn, J. Stadler en A. Bonn (2017) laat zien dat Nature-Based



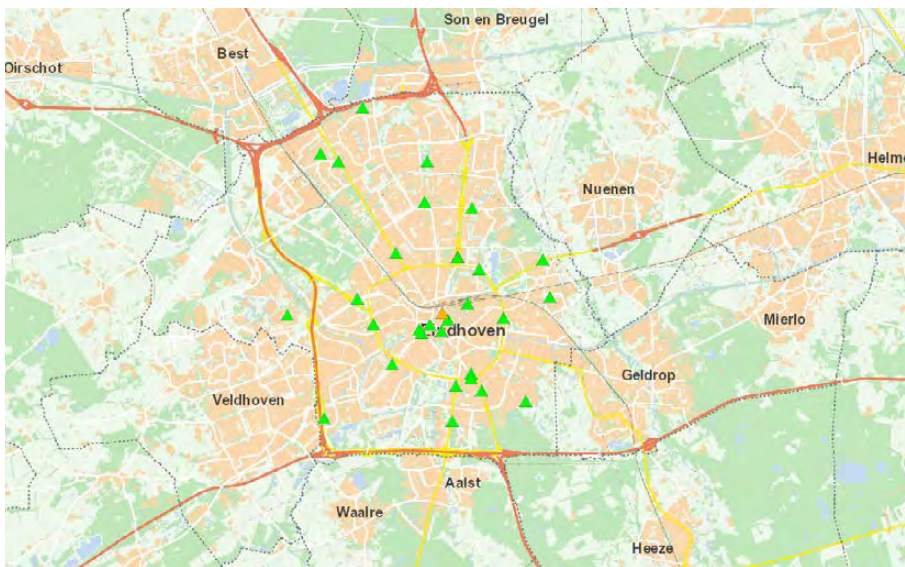
*Uitlaatgassen zorgen voor slechte luchtkwaliteit in steden (P. Snijders, 2017).*

Solutions voor het tegengaan van slechte luchtkwaliteit voornamelijk moeten focussen op het aanpakken van de bronnen van de vervuiling (de gebouwde omgeving en transportsystemen), en niet op het opvangen van al aanwezige vervuiling. Nature-Based Solutions die op de aanpak van de bronnen van luchtvervuiling focussen kunnen toegevoegde waarde hebben, maar kunnen in hun eentje niet de problemen van luchtvervuiling aanpakken.

### Hoe wordt slechte luchtkwaliteit nu aangepakt?

In maart van 2017 een samenwerkingsverband van bedrijven "aireas" een nieuwe manier van het meten van de luchtkwaliteit in Eindhoven geïntroduceerd, in plaats van de gemiddelde luchtkwaliteit over langere tijd. Dit meetnet houdt

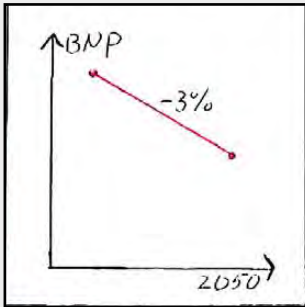
24 uur per dag de luchtkwaliteit in de gaten, wat iedereen kan volgen op een online platform. De meetkasten kunnen bovendien meer stoffen meten dan eerdere meetsystemen, namelijk ook (ultra)fijnstof, ozon, stikstofmonoxide en stikstofdioxide. Het doel van het meten is om een verband te kunnen leggen tussen luchtkwaliteit en volksgezondheid (P. Snijders, 2017). Op plekken met slechte luchtkwaliteit zet de gemeente in op het verminderen van de verkeersintensiteit, om zo het probleem bij de bron aan te pakken. Nature-Based Solutions kunnen hieraan bijdragen door een deel van de toch ontstane luchtvervuiling op te nemen.



Luchtkwaliteit in Eindhoven - NO2

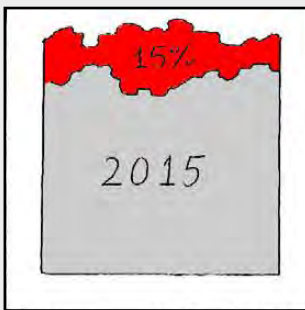
# WEINIG BIODIVERSITEIT

## Cijfers over biodiversiteit



3% jaarlijks verlies van het BNP door minder biodiversiteit (European Commission, 2015)

€450.000.000.000.000,- kosten door verlies BNP, geschat in 2015 door de European Commission



15% van aangetaste ecosystemen herstellen (doel van de EU in 2015)

Er wordt steeds meer aandacht besteed aan de waarde van het beheren en behouden van biodiversiteit en ecosystemen. Bedrijven zien een zakelijke kans, ontwerpers en bestuurders zien Biodiversiteit als een manier om economische risico's te verminderen door de toevoer van belangrijke natuurlijke hulpstoffen te verzekeren. Het bewijs van deze groeiende interesse in biodiversiteit is de snel stijgende hoeveelheid aan internationale, nationale, regionale en lokale beleidsinitiatieven voor het behoud en duurzaam gebruiken van de natuurlijke omgeving (European Commission, 2015). Economen zeggen dat we elk jaar 3% van het BNP (Bruto Nationaal Product) verliezen door het verlies van natuur en biodiversiteit, wat de Europese Unie 450 biljoen euro kost (European Commission, 2015). Hoewel de eerste prioriteit is te voorkomen dat ecosystemen verder degraderen en dat we natuurlijke bronnen niet-duurzaam gebruiken, is het herstellen van ten minste 15% van de aangetaste ecosystemen een Europees doel (European Commission, 2015). Onderzoek heeft aangetoond dat meer



Een bijenkorf op het gebouw van de Bijenkorf (Proeftuin040)

biodiversiteit in een stedelijke omgeving ook bijdraagt aan betere gezondheid; onder andere door het verband met een verminderd risico op allergieën (Ruokolainen et al., 2015; Hanski et al., 2012).

### Hoe wordt weinig biodiversiteit nu aangepakt?

Woningcorporatie Woonbedrijf zet zich sinds kort in voor een duurzame stad met grote biodiversiteit, omdat dat goed is voor de gezondheid van bewoners. In de wijk Geestenberg heeft Woonbedrijf een stukje gazon van 150 vierkante meter ontzien bij het maaien, waardoor 'onkruid' en spontane struiken opkomen. Ook hebben ze aan bewoners gevraagd om in hun eigen tuin hetzelfde te doen, maar dan met slechts één vierkante meter (ED, 2017).

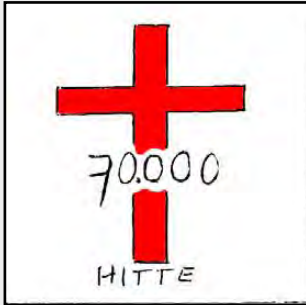
Ondanks deze en vele andere initiatieven, blijft biodiversiteit vaak iets wat als een extraatje wordt gezien, in plaats van als een doel op zich. Met Nature-Based Solutions moet er ook op gelet worden dat biodiversiteit geen "plusje" achter een maatregel wordt, maar een van de doelen van een maatregel.



*Biodiversiteit van bijen in Eindhoven*

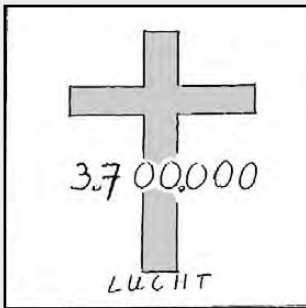
# MATIGE LEEFKWALITEIT

## Cijfers over leefkwaliteit



70,000 extra doden in Europa door een hittegolf in 2003, schatting van Robine (2012)

61-83% van mensen blootgesteld aan luchtvervuiling volgens WHO standaard 2005



3,700,000 extra doden door luchtvervuiling in 2012, schatting van WHO (2014)

Klimaatverandering heeft ook veel invloed op de leefkwaliteit van mensen in steden. De negatieve invloed van hittestress op gezondheid, voornamelijk tijdens hittegolven, is het grootst in steden (EEA, 2012). Om dit te illustreren: de Europese hittegolf van 2003 zorgde voor meer dan 70,000 extra doden (Robine et al., 2012). Niet alleen hittestress veroorzaakt een daling van leefkwaliteit, ook luchtvervuiling draagt hieraan bij. Het percentage mensen dat wordt blootgesteld aan problematische niveaus van luchtvervuiling ligt tussen de 61 en de 83% volgens de WHO standaard (WHO, 2005). Het wordt steeds duidelijker hoe ernstig de gevolgen van deze vervuiling zijn voor de gezondheid (EEA, 2015), onder andere doordat het mensen vatbaarder maakt voor ziektes en ook ziektes veroorzaakt. De schatting is dat vervuiling in 2012 heeft gezorgd voor 3,7 miljoen doden wereldwijd (WHO, 2014).

De moderne stedelijke levensstijl wordt geassocieerd met chronische stress, onvoldoende fysieke activiteit en blootstelling

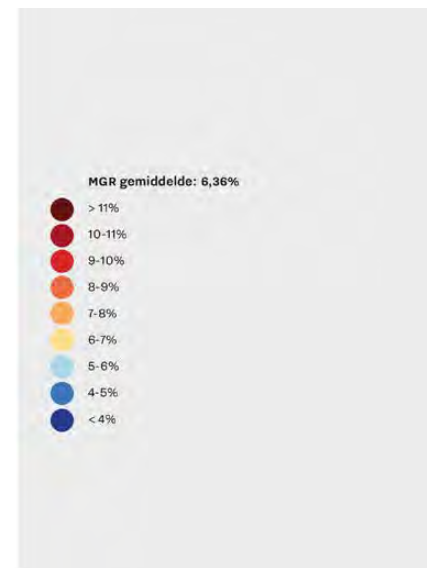
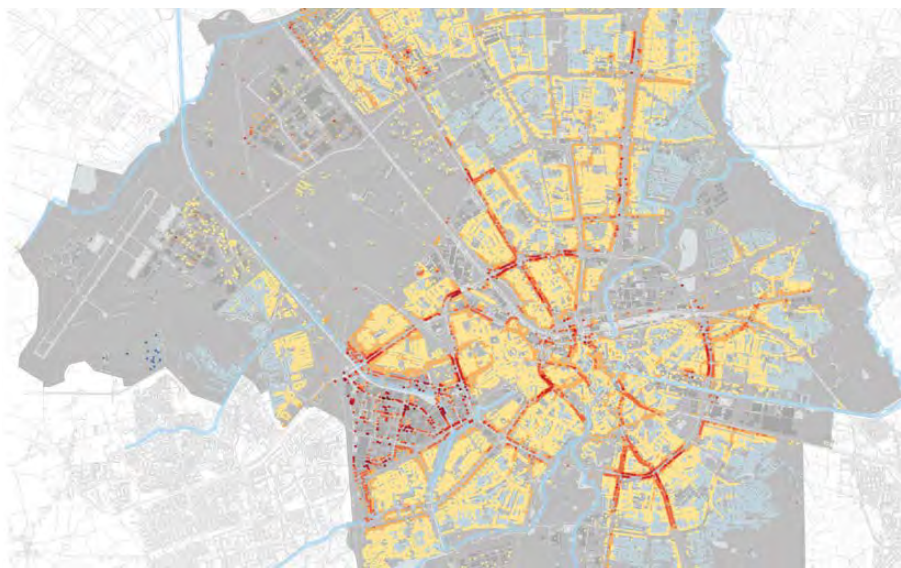


*Senioren zijn een risicogroep wat matige leefkwaliteit betreft.*

aan gevaarlijke stoffen. Groene openbare ruimtes zoals parken, speeltuinen en privé-groen kunnen mentale en fysieke gezondheid verbeteren, en kunnen ziekte en sterfte onder inwoners van steden verminderen (Gascon et al., 2016). Groen heeft deze werking omdat het zorgt voor psychologische rust en stressverlichting, omdat het sociale cohesie en fysieke activiteit stimuleert, en luchtvervuiling, geluidsoverlast en hittestress vermindert (J. Kabisch, H. Korn, J. Stadler & A. Bonn, 2017). Het vergroenen van steden wordt vaak voorgesteld als een effectieve strategie om de invloed van luchtvervuiling en hittestress op de menselijke gezondheid te verminderen (EEA, 2012).

### Hoe wordt matige leefkwaliteit nu aangepakt?

De aanpak van matige leefkwaliteit valt voor een groot deel samen met de aanpak van hittestress, wateroverlast en slechte waterkwaliteit, aangezien dit de klimaat-gerelateerde oorzaken zijn van de vermindering van de leefkwaliteit. De laatste jaren is er in de media steeds meer aandacht voor de gevolgen van stress, zoals burn-outs. Echte oplossingen zijn er echter niet in groten getale, enkel symptoombestrijding en adviezen van onder andere de GGD (JouwGGD, n.d.) zijn aanwezig. Ook voor overige aspecten van leefkwaliteit wordt er op dit moment vooral aandacht besteed aan adviezen en symptoombestrijding. Nature-Based Solutions kunnen helpen de bron van het probleem aan te pakken.



*Milieugezondheidsrisico in Eindhoven*

# INNOVATING WITH NATURE

# 3.

## OPLOSSINGEN

Nature  
more na  
to cities  
innovati  
growth,



## CHALLENGES



CLIMATE CHANGE  
AND ENERGY

1980-2010



UNSUSTAINABLE  
& UNHEALTHY  
CITIES

1980-2010



DEGRADATION  
OF ECOSYSTEMS

2011-2020



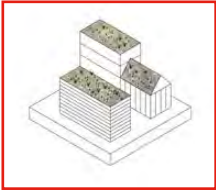
# HOE KUNNEN NATURE-BASED SOLUTIONS DEZE PROBLEMEN OPLOSSEN?

Hoewel Nature-Based Solutions niet per definitie enkel bedoeld zijn voor het oplossen van klimaat-gerelateerde problemen zijn ze hier wel uitermate geschikt voor (R. Pronk, 2017). Het omgaan met klimaatverandering bestaat uit twee delen; “aanpassing” (adaptatie), het omgaan met de effecten van klimaatverandering, en “vermindering” (mitigatie), daarbij gaat het over de aanpak van oorzaak van de klimaatverandering door actief of passief gedrag (bijvoorbeeld het verminderen van uitstoot door motorvoertuigen) (EKLIPSE, 2017).

Nature-Based Solutions combineren (deels) de mitigatie en de adaptatie, doordat ze elementen van ecosystemen bevatten en elke aanpassing van een ecosysteem de vermindering kan beïnvloeden.

Op grote schaal ligt de focus van Nature-Based Solutions meer op klimaatadaptatie, zoals het verminderen van de kans op wateroverlast het en het zorgen voor natuurlijke koeling in steden (EKLIPSE, 2017). Daarnaast kunnen Nature-Based Solutions bijdragen aan het verminderen van CO<sub>2</sub> in de stad door de toevoeging van natuurlijke, groene opslag. Veel van de genoemde oplossingen in dit inspiratieboek zijn zowel gericht op beiden, dus hier is veel overlap te zien.

# HITTESTRESS



## Groene daken

Het probleem van de stad als een hitte-eiland komt voornamelijk door de structuur van de stad en de toegepaste materialen (structuur en kleur). Het toepassen van groene daken zorgt voor minder harde, donkere en meer doorlatende oppervlakten in de stad. Hierdoor daalt de oppervlaktetemperatuur van de daken, wat de temperatuur in steden tempert. Als co-baat van het verminderen van hittestress zorgen de meeste groene daken ook voor verminderd energiegebruik in de woning (R. Pronk, 2017). Maar groene daken zorgen voor een grote verscheidenheid aan extra diensten. Ze kunnen ook water opvangen, deels luchtvervuiling opvangen, de biodiversiteit vergroten en bieden zelfs de mogelijkheid tot recreatie of het verbouwen van voedsel boven het maaiveld.

In een onderzoek van Yaghoobian en Srebric (2015), kwam naar voren dat een meer volledige bedekking van een groen dak voor een grotere opname van zonnestraling zorgt. Hierbij is het van belang dat groene daken goed beheerd worden, aangezien de albedo slechter is in een afnemend begroeiings-systeem, en de effectiviteit dan enkel nog afhangt van de verdamping. Voornamelijk in de eerste één à twee jaar na aanleg – als het ecosysteem zich vestigt – kan een tekort aan verzorging zorgen voor slechte resultaten (Mann, 2015). Er is ook bewijs dat de samenstelling en soorten planten op een groen dak van invloed kunnen zijn op de hoeveelheid verdamping, en dus op de effectiviteit tegen hittestress (Lundholm et al., 2010).

De maximale temperatuurdaling in huis die met een groen dak bereikt kan worden is groter dan met fysieke zonwering mogelijk is (Castleton et al., 2010). Doordat warmteoverdracht via het dak naar de binnenzijde van de woning wordt vertraagd of zelfs verhinderd door een groen dak, kan de temperatuur in de kamers direct onder het dak 3 tot 4°C lager zijn dan met een bitumen dak (Köhler, 2012). Hierbij geldt dat hoe dikker de laag met beplanting is, des te groter de invloed ervan is (Verband für Bauwerksbegrünung, 2013). Daarnaast kunnen groene daken zorgen voor een positief effect op de energiekosten in de winter, als het huis minder goed geïsoleerd is (Berardi, 2016). Een tweede voordeel van groene daken is dat een combinatie met PV-panelen goed mogelijk is, waardoor het rendement van de PV-panelen wordt verbeterd. Een groen dak zorgt namelijk voor de ballast die nodig is voor het vasthouden van deze panelen op het dak. Daarnaast zorgt de verdamping van de planten voor verkoeling van de zonnepanelen, wat hun productiviteit verhoogt met bijna 20% (Mann, 2013).

Groene daken zijn niet alleen effectief tegen hittestress, maar ze zorgen ook voor meer biodiversiteit, minder wateroverlast, ze zorgen voor een betere leefkwaliteit en ze kunnen CO<sub>2</sub> opslaan. Dit maakt groene daken een goed voorbeeld van een geïntegreerde Nature-Based Solution (R. Pronk, 2017).

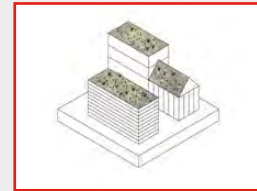


*Het groene dak van winkelcentrum WoensXL.*

### Sedumdaken

Een sedumdak is een groen dak waar sedum op groeit. Sedum is een vetplant die zowel goed tegen hitte als tegen droogte kan, maar ook in erg vochtige periodes in leven blijft. In vergelijking met andere vegetatie voor groene daken kunnen sedumplanten minder water verdampen, daardoor zijn ze minder effectief als bestrijder van hittestress. Sedum is een zeer sterke plant, waardoor er weinig tot geen onderhoud en beheer nodig is. Sedumdaken dragen ook bij aan de duurzaamheid van een dak, door toepassing van een groen dak wordt de levensduur van de dakbedekking vergroot. Dit maakt ze een van de meest populaire planten om als dakbedekker bij een groen dak te gebruiken (Farrell et al., 2013). Ook als onder-begroeiing voor PV-panelen is het

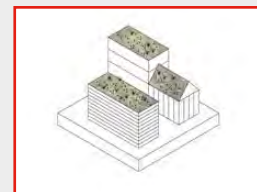
sedumdak geschikt, ondanks hun relatief weinige verdamping. Sedum is het meest geschikt om van een bestaand dak een groen dak te maken, doordat de constructie relatief licht kan blijven. Doordat sedum in zeer veel verschillende soorten en kleuren beschikbaar is, zijn er unieke ontwerpen te maken met dit groene dak.



### Polderdaken

Polderdaken, ook wel retentiedaken genoemd, zijn groene daken met een extra laag voor waterberging onder de substraatlaag. Een polderdak heeft een afvoer die op een slimme manier gekoppeld is aan de weersverwachting. Hierdoor kan de waterberging leeg gemaakt worden vlak voordat regen zal vallen, zodat het dak zolang mogelijk gevuld is. Het water dat op het dak staat kan gebruikt worden voor koeling, en ook voor bevoeiing en infiltratie (Amsterdam Rainproof, 2017). Door het grote gewicht van een polderdak moeten er meestal extra constructieve maatregelen getroffen worden voordat er begonnen kan worden aan de aanleg van het groene dak. Hierdoor liggen de kosten van een Polderdak hoger dan van bijvoorbeeld sedumdaken en high-reflective roofs

(M. Monkelbaan, F. Klapwijk, R. Steltenpohl & O. Hoes, n.d.). Op een polderdak kan zowel sedum als hogere beplanting zoals een kruidenmix geplant worden. Bij het toepassen van hogere beplanting is er meer schaduwwerking en verdamping waardoor het dak beter werkt voor verkoeling van het dak en de omgeving, terwijl sedumbepanting zorgt voor een minder zware constructie. Hogere beplanting kan ook bijdragen aan biodiversiteit.



## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES



*Een voorbeeld van een sedumdak*



*Een polderdak van Amsterdam Rainproof (M. Michon, 2017)*

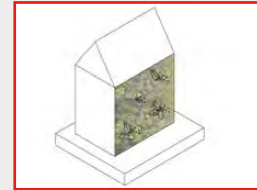
Sedumplantjes zijn geschikt voor bijna elke dakvorm, mits het dak genoeg draagkracht heeft. Door de mix in kleuren door gebruik van verschillende sedumplantjes ontstaat er een natuurlijk en gevarieerd beeld (Ginkelgroep, 2015).

Het polderdak Zuidas bestaat uit een dijk met afsluitbare openingen en dragers met capillaire werking waar het groene dak op rust. Polderdak Zuidas heeft een omvang van 1200 m<sup>2</sup> en een minimale capaciteit van 84 m<sup>3</sup>. Dit is vergelijkbaar met de opvangcapaciteit van 210 m<sup>2</sup> oppervlaktewater. Zeer regelmatig worden hier rondleidingen gegeven aan waterprofessionals, overheden en buitenlandse delegaties, die zich laten inspireren door dit bijzondere dak (Amsterdam Rainproof, 2017).

### Groene gevels

Groene gevels zijn in staat om de energiebalans van stedelijke gebieden te veranderen (Enzi et al., 2017). Het directe voordeel van groene gevels is dat ze als aanvulling op de bestaande groene en blauwe structuren kunnen worden toegevoegd, en dat ze het mogelijk maken om ruimtes te gebruiken die normaal gezien niet groen zijn. Er is bewezen dat groene gevels de temperatuur van de muur verlagen (Cameron et al., 2014), en dat ze de temperatuur in een straat met een klif-structuur bijna 10°C kunnen verlagen in warme en droge klimaten (Alexandri & Jones, 2008). De werking van de beplanting hangt af van de samenstelling van soorten, waarbij verschillende soorten andere koelingscapaciteiten hebben, en ook verschillende manieren waarop ze koelen, bijvoorbeeld door middel van verdamping of

schaduw (Cameron et al., 2014). Ook is er een verschil te zien in benodigd onderhoud, zoals irrigatie en het waterniveau in de substraatlaag (Song & Wang, 2015; Hunter et al., 2014). Klimplanten zoals de *Hedera helix* en de *Parthenocissus tricuspidata* kunnen tot 1.7 kg/m<sup>2</sup>/a van stedelijke deeltjes-vervuiling vasthouden op hun bladoppervlak (Thönnessen, 2002; Thönnessen 2006; Ottel , 2011). Groene gevels zorgen ervoor dat een aantrekkelijke leefomgeving ontstaat, met een relatief klein ruimtebeslag in de openbare (horizontale) ruimte.



### Levende gevels

Een levende gevel – ook wel een verticale tuin genoemd – is een extensieve versie van de standaard groene gevel. Het verschil met groene gevels is dat de planten in een levende gevel met hun wortels in een ondersteunende constructie zitten, die aan de muur is vastgemaakt. De planten krijgen water en voedingsstoffen via deze constructie in plaats van uit de grond, wat bij standaard groene gevels het geval is. Deze manier van groeien zorgt ervoor dat er meer dan enkel klimplanten kunnen worden toegepast. Een onderzoek naar een levende gevel van 850 m<sup>2</sup> in Wenen laat zien hoe groot de invloed hiervan kan zijn op de hittestress. Deze gevel zorgde voor een koeling gelijk aan 712 kWh aan airconditioners (Scharf et al., 2012). Daarnaast produceerde deze

levende gevel genoeg zuurstof voor 40 mensen per dag (Magistrat der Stadt Wien, 2017), wat te vergelijken is met vier bomen van 100 jaar oud. Hiernaast zorgen levende gevels ook voor geluidsdemping, meer dan standaard groene gevels kunnen doen. En als laatste kunnen levende gevels, net zoals andere groene gevels, technische zonnepanelen vervangen en hiermee kosten besparen (Pfosser, 2013).



## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES



*De groene gevel van de parkeergarage op de High Tech Campus.*



*Een levend schilderij op Trafalgar Square*

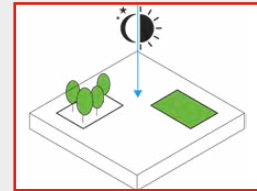
Voor het realiseren van een groene gevel op een parkeergarage is aandacht nodig voor voldoende ventilatie. Om er voor te zorgen dat de uitlaatgassen van alle langzaam rijdende auto's niet binnen in de parkeergarage blijven hangen zijn de gevels meestal half open gemaakt. In het geval van de parkeergarage op de High Tech Campus is de groene gevel in verticale stroken aangebracht, met open ruimte ertussen. Hierdoor gaat de vergroening niet ten koste van de ventilatie en dus de leefkwaliteit.

Van juni tot oktober 2011 stond er een levend schilderij, gebaseerd op “Korenveld met Cypres” uit 1889 van Vincent van Gogh, op Trafalgar Square in Londen. Het schilderij is gemaakt van meer dan 8.000 planten van 25 verschillende soorten. Het schilderij verbeeldde de doelstelling van de National Gallery om haar “carbon footprint” sterk te verminderen. De kleuren van het schilderij veranderden door de seizoenen heen, doordat sommige planten in juni al bloeiden, en anderen in augustus pas (Tuin en Balkon, 2012).

### **Straatbomen**

Individuele straatbomen kunnen een positief effect hebben op de temperatuur in de stad doordat ze bijdragen aan het verminderen van het Urban Heat Island fenomeen. In Singapore is de koeling door beplanting geschat op 3°C, wat een groot deel is van het Urban Heat Island effect van 7°C (Chow & Roth, 2006). Hoe goed een straatboom werkt tegen hittestress hangt af van karakteristieken zoals kroonvorm, de grootte van de bladeren, de lichtdoorlatendheid van de kroon en de conditie van de boom. Hierbij heeft een lichtdoorlatende, grote kroon met grote bladeren een hogere koelingscapaciteit (Leuzinger et al., 2010). Een beplantingsontwerp met afstanden van 7,5 meter tussen bomen, gecombineerd met permeabele bestrating of zonder verharding onder de kroon

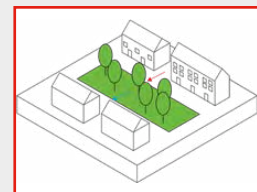
zorgt voor een goede koeling en bevordert de waterafvoer (Vico et al., 2014). Droogteminnende bomen zullen een beter resultaat krijgen wat betreft verkoeling, zowel door verdamping als door schaduw, maar zullen minder effect hebben dan ander groen (bijvoorbeeld gras) op het verhogen van de luchtvochtigheid (Song & Wang, 2015).



### **Parken**

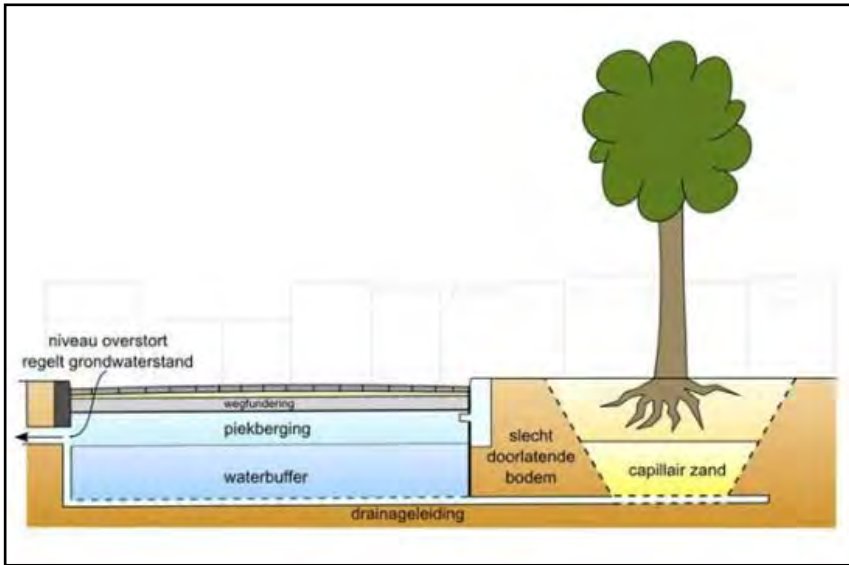
VVan stedelijke parken is onderzocht dat ze de gevoelstemperatuur overdag kunnen verlagen met een gemiddelde van 0,94°C, en de gevoelstemperatuur 's nachts zelfs met 1,15°C (Bowler et al., 2010). Modellen tonen aan dat een vermeerdering van 10% van dichte groene gebieden in Manchester een maximale oppervlaktetemperatuur kon behouden, die zo laag is (lager dan het minimum in 1961-1990) dat het de klimaatverandering in de stad vermindert (European Commission, 2015). De effecten van parken op de temperatuur is wel zeer seizoensgebonden, waarbij de effecten in de zomer groter zijn dan in de vroege lente. Daarnaast zijn er ook verschillen gevonden die gelinkt zijn aan de dichtheid van de bodem en de hoeveelheid beplanting, wat microklimaat-effecten

zou kunnen verklaren (Lehmann et al., 2014). Hierbij komt dat parken ook bijdragen aan biodiversiteit, een betere leefkwaliteit, een betere luchtkwaliteit en kunnen dienen als wateropvang. Met welke baat / baten in gedachte een park wordt ontworpen heeft grote invloed op de uiteindelijke werking ervan.





## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES



*Het principe van een klimaatboom, onderzocht door Wareco (n.d.)*



*Het Genderpark in Eindhoven*

De klimaatboom is een boom die als waterbuffer in een stad wordt gebruikt. De algemene werking ervan begint met het feit dat er een waterbuffer onder de boom ligt. Capillair zand uit die waterbuffer zorgt ervoor dat het water bij de boomwortels terecht komt. Hierdoor kan er meer water opgevangen worden bij piekbuien, en de waterbuffer voorkomt dat de klimaatbomen verdrogen in steden. Bij de aanpassing van het riool kan de klimaatboom relatief gemakkelijk zijn intrede doen. Gemeente Westervoort en Hoogeveen hebben al klimaatbomen aangelegd (S. Raats, 2016).

In 2014 is er een ontwerp gemaakt voor de herinrichting van het Genderpark. Hierbij werd aandacht besteed aan de biodiversiteit door weinig exoten en meer inheemse planten en bomen toe te passen. Met dit park werd de Gender verbeterd; de waterbodem werd gesaneerd, er werden meanders en natuurlijke oevers aangelegd, en er werd ruimte gemaakt voor de natuur langs de beekloop. Dit maakte dat het Genderpark een klimaatadaptievers stukje Eindhoven is geworden.

### Klimplanten

Het gebruik van klimplanten geeft de mogelijkheid om groen in verticale richting te laten groeien zonder dat er veel ruimte onder de grond nodig is. Dit is zeer geschikt voor plekken in de stad waar weinig ruimte op straat of ondergronds aanwezig is. Door toepassing van klimplanten kan de temperatuur via verdamping verlaagd worden. Tegelijkertijd verhoogt het de aantrekkelijkheid van de leefomgeving, en daarbij de leefkwaliteit, en draagt het bij aan een verhoging van de biodiversiteit. Klimplanten kunnen gebruikt worden voor groene gevels en geluidsschermen, of ze kunnen gebruikt worden voor het vergroenen van bijvoorbeeld lantaarnpalen. Ook kunnen mensen schuttingen laten begroeien met klimplanten. Als hierbij ook de onderste plank van de schutting

verwijderd wordt een barrière verwijderd voor kleine zoogdieren, zodat deze vrij door tuinen kunnen lopen, wat de biodiversiteit verder vergroot (Stadslandbouw Den Haag, 2017). Vogels en vlinders vinden hun habitat ook in groene masten (Lenzholzer, 2013).

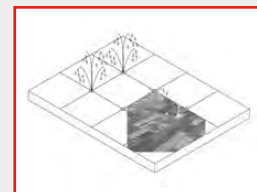


### Water in de stad

Hittestress kan worden aangepakt met behulp van water in de stad. Dit komt doordat de oppervlaktetemperatuur van water lager is dan die van beplante gebieden, die op hun beurt een lagere temperatuur hebben dan straten en daken (Leuzinger et al., 2010). Dit betekent dat er een groter koelingseffect is per hoeveelheid oppervlaktewater dan per hoeveelheid beplant park (Žuvela-Aloise et al., 2016). Dit effect verandert per tijdstip op een dag, waarbij de grootste verschillen tussen een park en water overdag waar te nemen zijn.

toevoegen van water. Ook moet er een focus zijn op het concentreren van deze oppervlakten in de stadscentra. Het is niet verstandig voor een aanpak te kiezen met meerdere kleine wateren verspreid over de gehele stad (Žuvela-Aloise et al., 2016; Skoulíka et al., 2014). Water in de stad kan ook bijdragen aan wateropvang, het verbeteren van waterkwaliteit, leefkwaliteit en aan de biodiversiteit.

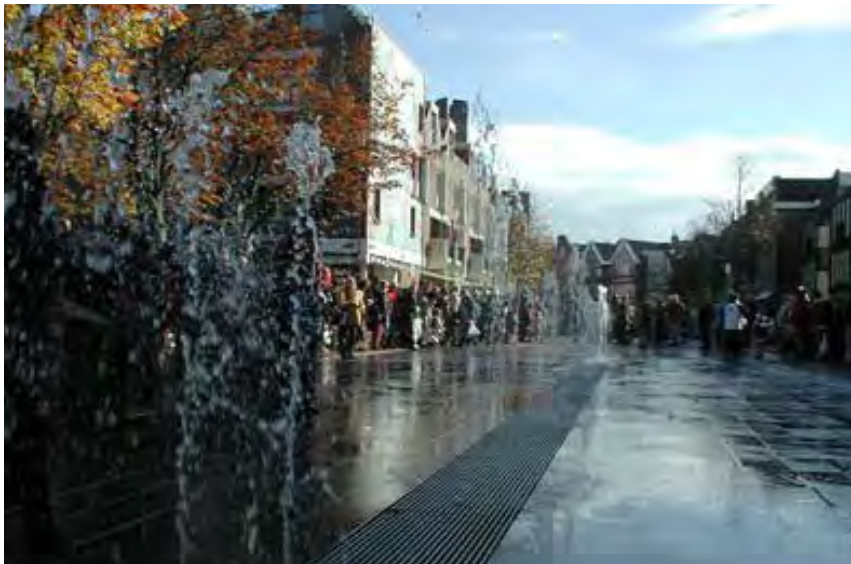
Meerdere onderzoeken stellen voor dat, om de beschikbare ruimte voor koeling in een stad te optimaliseren, er een focus moet komen op het



## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES



*Een met klimplanten begroeide gevel aan de Schubertlaan*



*Ook "grijze" oplossingen zoals fonteinen gaan hittestress in steden tegen.*

Deze groene gevel aan de Schubertlaan in Eindhoven is begroeid met verschillende soorten klimplanten.

Water in de stad kan op meer manieren worden toegepast dan als waterlopen en meren; ook bijvoorbeeld met fonteinen of andere ruimtelijke water-elementen. Hoewel oppervlaktewater het meeste bijdraagt aan de vermindering van hittestress, zorgt dit soort elementen zeker ook voor verkoeling op warme dagen.

### Verplaatsbare elementen

Groene elementen kunnen zo worden gemaakt dat ze verplaatsbaar zijn. Dit geeft meerdere voordelen ten opzichte van statische groene elementen. De effecten op de hittestress zijn vrijwel hetzelfde: plaatselijke temperatuurverlaging door schaduw, opname van regenwater, temperatuurverlaging door verdamping. Bovendien zijn deze effecten te verplaatsen. Waar behoefte is aan schaduw kunnen meer elementen worden neergezet, en waar behoefte is aan zonlicht kunnen slechts enkele elementen worden geplaatst. Dit zorgt ervoor dat op plekken waar normaal gezien geen ruimte is voor (schaduw-gevend) groen, zoals plekken waar evenementen worden gehouden of plekken waar geen wortelruimte onder de grond is, toch mogelijkheden ontstaan voor verkoeling met behulp

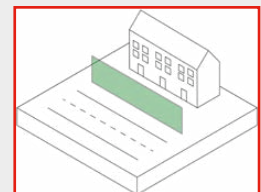
van Nature-Based Solutions. Helaas kunnen verplaatsbare elementen niet de grootte bereiken van statische elementen. De kruingrootte en -dichtheid is beperkt en verplaatsbare elementen kunnen slechts een deel van de hitte tegengaan. Bovendien kunnen ze geen water opvangen van de verharding en zijn dus minder effectief tegen wateroverlast. Waar het mogelijk is hebben statische elementen de voorkeur (I. Baeten, M. Doesburg, W. Klinkenberg, 2017).



### Groene geluidsschermen

Groene geluidsschermen bestaan uit een kernconstructie met begroeiing, die bestaat uit klimplanten die langs het scherm omhoog klimmen. Er zijn ook versies van het groene geluidsscherm waarbij de begroeiing bestaat uit sedum en kruiden. Het geluiddempend effect is hetzelfde (DuraGreen, n.d.). Het is hoog geluidsabsorberend en met natuurlijke materialen. Als bijkomend voordeel zorgt de begroeiing ervoor dat er geen risico is op graffiti, wat een bekend probleem is bij standaard geluidsschermen (VolkerWessels, n.d.). Het groene geluidsscherm is een vorm van een groene gevel, en heeft dus dezelfde effecten op hittestress. Een extra effect wat een groen geluidsscherm kan hebben is verkoeling door schaduw. Een groen geluidsscherm kan, in beperkte mate, bijdragen aan

het opvangen van regenwater en aan het opvangen van fijnstof. Dit is vooral voordelig omdat deze schermen geplaatst worden aan drukke verkeersaders (G. Puylaert, 2016).



## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES



*Green2Move boombakken langs een drukke weg (Greenmax, 2017).*



*Een groen geluidsscherm langs de N279 tussen Veghel en Den Bosch.*

Greenmax (2017) heeft in samenwerking met andere boomspecialisten Green2Move ontworpen; een duurzame boombak bedoeld voor professionals in het groen. De bak is gemaakt van EPS, een volledig recyclebaar en duurzaam materiaal, met een coating van Polyurea, wat langdurige bescherming tegen weersinvloeden geeft. De bakken zijn in vrijwel elke vorm te maken tot wel 10x3,6x3 meter. De bakken worden al op verschillende plekken in Noord-Brabant toegepast.

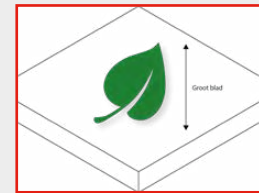
Dit groene geluidsscherm maakt deel uit van een drie jaar durende pilot die als doel heeft om fijnstof uit de lucht te verwijderen met behulp van groene geluidsschermen. De gebruikte plantensoort is de Lonicera. Deze plant heeft relatief lange haren en kan naar verwachting vijf keer meer fijnstof opvangen dan andere planten (Verkeer in Beeld, 2016). Ook wordt er Hedera geplant, die de geluidsschermen visueel aantrekkelijker maakt, maar minder lange haren heeft. Zo kan het verschil in afname van fijnstof tussen de twee planten worden gemeten.

### Vaste planten met grote bladeren

Hoewel elke vorm van groen bijdraagt aan het verminderen van hittestress, geven vaste planten met grote bladeren de meeste schaduw. Er wordt geschat dat de straling onder de bladeren met 50% afneemt (I. Baeten, M. Doesburg, W. Klinkenberg, 2017). Geschikte planten voor dit doel zijn Mammoetblad (*Gunnera*), Hortensia (*Macrophylla*), en Boomvarens (*Cyatheales*). Deze laatste hebben met een doorsnede van 2,5 meter en een hoogte tot 3 meter hetzelfde effect op de verlaging van straling als de meeste bomen en struiken.

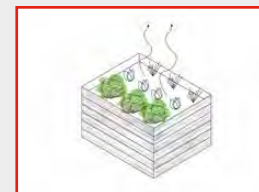
Het toepassen van vaste planten met grote bladeren gaat samen met maatregelen zoals het toepassen van verplaatsbare elementen en het aanleggen van parken. Op deze manier draagt het

ook bij aan het vergroten van de biodiversiteit en de leefkwaliteit, en aan het voorkomen van wateroverlast.



### Lage beplanting

Lage beplanting (zoals grassen, vaste planten, zomerbloemen en mossen) dragen bij aan de vermindering van hittestress doordat ze sneller water verdampen dan hogere beplanting (Lenzholzer, 2013). Hoewel er minder bladoppervlak is voor verdamping staan de planten dicht bij de grond waardoor de verdamping vanuit de bodem hier ook meetelt. Met name sedum kan veel water verdampen, mits het ook wordt gevoed met water (I. Baeten, M. Doesburg, W. Klinkenberg, 2017). Het toepassen van lage beplanting heeft ook baten voor wateropvang, biodiversiteit en leefkwaliteit, en het kan gecombineerd worden met het toepassen van groene daken, parken, en verplaatsbare elementen.





*Het Mammoetblad (Gunnera) heeft een blad-doorsnede tot 2,5 meter*



*Lage beplanting aan de Parklaan*

## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES

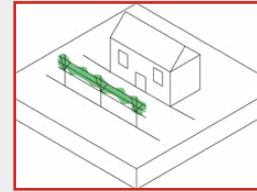
Mammoetblad (Gunnera) heeft bladeren die een doorsnede van 2,5 meter kunnen bereiken, en de plant zelf wordt gemakkelijk vier tot vijf meter groot. Hierdoor is de Gunnera niet geschikt voor kleine tuinen, maar wel voor parken. Mammoetblad wordt traditioneel vaak toegepast naast een brug, aangezien de plant houdt van een vochtige watervasthoudende bodem (Hoveniersbedrijf Giel van der Palen, n.d.).

In de Parklaan is gebruik gemaakt van lage beplanting langs de weg. Deze planten zijn zo ontworpen dat op elke plek passende en variërende (zoveel mogelijk inheemse) soorten te vinden zijn. Deze beplanting draagt ook bij aan de leefkwaliteit, ruimtelijke kwaliteit en aan de biodiversiteit, en is toegepast in combinatie met en in aanvulling op de aanwezige straatbomen, om zo de straat klimaatadaptiever te maken.

### Leibomen

Deze bomen zijn meestal op afstand van een gebouw te vinden, en zorgen voor schaduw waarmee oververhitting van de binnenruimte kan worden beperkt. Een leiboom is een boom waarvan de takken in een bepaalde richting worden geleid. Ze zijn niet meer weg te denken uit het Nederlandse straatbeeld. Ze passen goed op plekken waar geen wens of ruimte is voor een grote kroon, maar waar wel de wens is om schaduw te creëren met groene in plaats van grijze elementen (De Bomenspecialist, 2017). Bekende boomsoorten voor leibomen zijn de leilinde, de leilaurier en leifruitbomen. Ook andere bomensoorten zijn geschikt om als leibomen gebruikt te worden, mits ze er speciaal voor gekweekt worden. De genoemde boomsoorten groeien over het algemeen snel, en worden jaarlijks

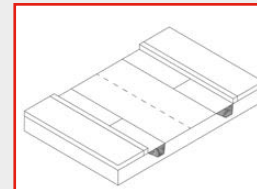
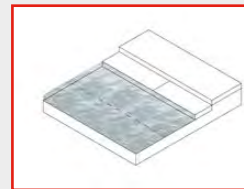
- in de herfst - gesnoeid. Dit betekent dat de bomen in de winter weinig takken hebben, maar in de lente snel aangroeien. Leibomen zijn een klassiek voorbeeld van het beïnvloeden van het microklimaat (Lenzholzer, 2013). Door de beperkte kroongrootte verminderen deze bomen hittestress voornamelijk door schaduwwerping, en niet door verdamping. Ze dragen ook minder bij aan het voorkomen van wateroverlast en het vergroten van de biodiversiteit dan grotere bomen.



### Sustainable urban Drainage Systems (SuDS)

Sustainable urban Drainage Systems (SuDS) zijn duurzame systemen voor waterbeheer. Dit zijn zowel de Nature-Based Solutions die besproken worden onder het hoofdstuk 3.2 (Wateroverlast) en 3.3 (Slechte waterkwaliteit), als meer civieltechnische oplossingen zoals een infiltratiebak, (lijn-)goten, en andere vormen van wateropvang op of onder de grond. De civieltechnische oplossingen hebben over het algemeen minder invloed op hittestress dan de Nature-Based Solutions, aangezien groen bijdraagt aan schaduw en verdamping en hierdoor mede de temperatuur verlaagt. Hoewel civieltechnische oplossingen effectief zijn, gaat de voorkeur wel uit naar groenere, klimaatbestendigere vormen van Sustainable urban Drainage Systems.

SuDS hebben grote positieve invloeden op steden. De verdiensten van SuDS zijn uitgedrukt in geld door AECOM en Severn Trent Water (2013) en MWH (2013). Hierbij zijn de invloeden die te maken hebben met een daling in de hoeveelheid hittegerelateerde doden, en verbeterde biodiversiteit en gezondheid niet meegerekend. Door het creëren van groene straten zouden SuDS €1,5 miljoen verdienen in 40 jaar (European Commission, 2015).





## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES



*De Moeroseik (Quercus Palustris) als leiboom*



*Een greppel naast een weg laat water op een natuurlijke wijze infiltreren*

De Moeraseik behoort niet tot de meest populaire soorten leibomen. Het is een snelgroeende boom met groene, diep ingesneden bladeren die felrood kleuren in de herfst. Het is een vernieuwing in het assortiment leibomen en stelt weinig eisen aan grond en standplaats (Houtmeyers, 2017).

Een slootje naast een weg is een Nature-Based invulling van een Sustainable urban Drainage System. Door gebruik te maken van de aanwezige natuur wordt de hittestress verminderd. Hiernaast draagt dit voorbeeld voornamelijk bij aan wateropvang, als alternatief voor bekende civieltechnische oplossingen.

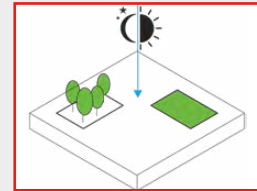
# WATEROVERLAST

## Straatbomen

Straatbomen zijn bij uitstek geschikt voor het opvangen van water in de stad. In Portland in de VS is geschat dat een toename in straatbomen per investering van 1000 dollar drie tot zes keer zo effectief is voor de opvang van piekbuien dan investeringen in gangbare drainagesystemen. Deze schatting heeft ervoor gezorgd dat de stad acht miljoen dollar heeft geïnvesteerd in groene infrastructuur om zo 250 miljoen te besparen op grijze infrastructuur (Foster et al., 2011).

Straatbomen kunnen echter deze mate van effectiviteit enkel bereiken als ze hier de kans voor krijgen. Dit betekent dat straatbomen voldoende wortelruimte en groeiruimte moeten hebben. Een boom die tot aan de stam in de verharding staat kan minder water opnemen dan een boom die in een

groenstrook staat, simpelweg omdat er minder water bij de wortels kan komen. Mocht er toch doorlopende verharding gewenst zijn onder bomen zijn er meerdere mogelijkheden voor het creëren van waterberging; zoals zogenaamde groeiplaatsconstructies.



## Groene daken

Groene daken hebben een bewezen groot effect op de jaarlijkse afvoer van regenwater, maar ook op de afvoer van water uit piekbuien (Bengtsson, 2005; Stovin et al., 2013; Stovin, 2010). Extensieve groene daken hebben een beperkte opslagcapaciteit, wat betekent dat deze systemen weinig effect hebben op erg lange of intense regenval (Bengtsson, 2005). Een intensief groen dak kan tot wel 140 lit/m<sup>2</sup> water opslaan, wat overeen komt met de inhoud van één halve standaard badkuip. Bij zware regenval wordt het openbare drainagesysteem niet meer gebruikt, en komt het opgeslagen water opnieuw in de stad door verdamping. Bovendien zet het substraat en de beplanting het water om in biomassa en schone, koele lucht (Verband für Bauwerksbegrünung, 2013). Het eerder genoemde systeem van polderdaken is bij

uitstek geschikt voor de opvang en vertraagde afvoer van regenwater op daken, door de extra opslagruimte en de slimme koppeling aan weersverwachtingen (Amsterdam Rainproof, 2017). Groene daken dragen ook bij aan een vermindering van de hittestress, een vergroting van de biodiversiteit en een verbetering van de leefkwaliteit.



## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES



*Straatbomen in het groen krijgen de ruimte om te groeien*



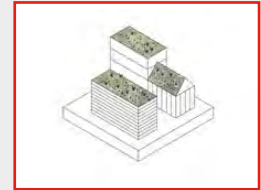
*Een groen dak op een woongebouw in Eindhoven*

Als straatbomen genoeg ruimte krijgen kunnen ze zeer geschikt zijn voor wateropvang. Dit voorbeeld in Eindhoven laat zien hoe dit goed uitgevoerd kan worden. Doordat de bomen niet in de verharding maar in het groen staan krijgt de boom meer ruimte om te groeien. Ook kan er meer water opgenomen worden simpelweg doordat het water makkelijker in de grond kan zakken.

Groene daken kunnen ook kleinschalig toegepast worden, bijvoorbeeld op daken van woongebouwen zoals hier te zien is in Eindhoven. Een groen dak van deze schaal draagt relatief weinig bij aan wateropvang, maar het werkt vertragend genoeg om een impact te hebben op de hoeveelheid water die tijdens piekbuien in het riool belandt.

### Sedumdaken

De belangrijkste manier waarop groene daken werken tegen wateroverlast is door het zorgen voor een minder snelle waterafvoer. Voor een normaal dak is de zogenaamde 'runoff-coëfficiënt' 0,9 tot 1,0, en bij een sedumdak (wat een extensief groen dak is) is dit tot 0,4. Dit betekent dat de snelle waterafvoer is gereduceerd tot zo'n twee-derde, wat ervoor zorgt dat er geen wateroverschot zal ontstaan rond de afvoeren tijdens piekbuien (G. Derksen et al., 2013). Het water wordt voor een klein deel opgenomen door de sedum, maar voor het grootste deel belandt het uiteindelijk op de grond, waar het kan infiltreren, of gaat het naar het riool.



### Polderdaken

De Polderdaken, waarvan de werking al is uitgelegd bij "hittestress", bevatten een extra laag voor waterberging onder de substraatlaag. Doordat de afvoer vanuit deze wateropvang gekoppeld is aan een slim systeem dat de weersverwachting in de gaten houdt, kan het opgevangen water afgevoerd worden vlak voordat het gaat regenen, zodat het dak altijd optimaal te vullen is met water. Door de speciale constructie kan een Polderdak veel meer water opvangen dan een gemiddeld groen dak (Amsterdam Rainproof, 2017). Hiernaast is op een Polderdak ook grotere beplanting mogelijk die meer water kan verdampen, en dus terug kan geven aan de lucht, in plaats van dat het water alsnog vertraagd in het riool of op de grond belandt.



## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES

Als straatbomen genoeg ruimte krijgen kunnen ze zeer geschikt zijn voor wateropvang. Dit voorbeeld in Eindhoven laat zien hoe dit goed uitgevoerd kan worden. Doordat de bomen niet in de verharding maar in het groen staan krijgt de boom meer ruimte om te groeien. Ook kan er meer water opgenomen worden simpelweg doordat het water makkelijker in de grond kan zakken.



*De aanleg van een sedumdak op een woongebouw*



*Een polderdak van Amsterdam Rainproof (2017), foto van Merlijn Michon.*

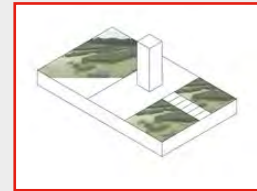
Groene daken kunnen ook kleinschalig toegepast worden, bijvoorbeeld op daken van woongebouwen zoals hier te zien is in Eindhoven. Een groen dak van deze schaal draagt relatief weinig bij aan wateropvang, maar het werkt vertragend genoeg om een impact te hebben op de hoeveelheid water die tijdens piekbuien in het riool belandt.

### Behoud en herstel van waterrijke gebieden & overstromingsgebieden

Waterrijke gebieden en overstromingsgebieden zijn van nature aanwezig in en rond de meeste steden, en zorgen voor een groot deel van de natuurlijke overstromingspreventie. Zodra regenwater in een overstromingsgebied kan stromen wordt het stromen van water naar benedenstroomse gebieden vertraagd, en kan een deel van het regenwater al infiltreren in de grond (European Commission, 2015). Als bestaande retentiegebieden hersteld worden kan er ook aandacht besteed worden aan recreatie, toerisme, biodiversiteit, water- en leefkwaliteit.

Bebouwing in overstromingsgebieden dient water-robust te zijn, aangezien dit de plek is waar

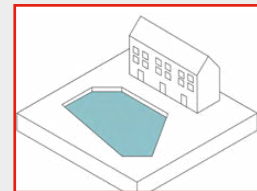
water bij piekbuien het eerste naar toe gaat. Retentiegebieden kunnen ook aangelegd worden door delen van uiterwaarden verder af te graven, waardoor rivieren bij hoog water meer ruimte krijgt. Als hierbij aandacht wordt besteed aan het natuurlijk maken of houden van de oevers en de loop van de rivier (meanderen is het beste) dan hebben deze gebieden ook een grote meerwaarde voor de biodiversiteit (Atelier GROENBLAUW, n.d.).



### Waterpleinen

Het waterplein is een concept wat in 2010 is bedacht door de Urbanisten. Het is een plek in de openbare ruimte die water op kan vangen tijdens piekbuien. Het grootste deel van het jaar staat het plein droog en kan erop gesport, gespeeld en verbleven worden. De wateropslag is tijdelijk (F. Boer, J. Jorritsma & D. van Peijpe, 2010). Het eerste voorbeeld hiervan is te zien in Rotterdam. Het Bentemplein combineert wateropslag met een verbetering van de kwaliteit van de openbare ruimte. Het plein bevat drie bassins, waarvan er twee altijd water ontvangen bij regen, en het derde diepere bassin alleen water ontvangt bij aanhoudende regenval. Na de regen stroomt het water naar een ondergronds infiltratiesysteem, vanaf waar het geleidelijk grondwater wordt

(De Urbanisten, 2013).





*Retentiegebied de Logtse Velden*

## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES

In 2012 heeft waterschap de Dommel gebruik gemaakt van retentiegebieden. Door hevige regenval moest er iets gedaan worden om het overtollige water kwijt te kunnen in de Dommel en de Beerze. Hiervoor is toen onder andere retentiegebied de Logtse Velden bij de Kampina ingezet (D. van der Meijden, 2012).



*Het waterplein op het Bentemplein in Rotterdam*

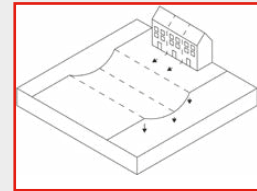
De Urbanisten hebben in 2010 een waterplein in Rotterdam ontworpen. Dit was het eerste waterplein in Nederland, het realiseren ervan is gebeurd in intensieve samenwerking tussen de Urbanisten, studenten en docenten van het Zadkine college en het Grafisch lyceum, leden van de naastgelegen kerk, het jeugdtheater en David Lloyd gym, en bewoners van de Agniesebuurt. In 2005 werd de typologie van het waterplein bedacht, en in 2013 was de officiële opening van het waterplein op het Bentemplein (De Urbanisten, 2013).

### Wadi's

Een wadi is een beplante greppel met een doorlatende bodem, waardoor water van daken en wegen niet naar het riool stroomt, maar op natuurlijke wijze in de bodem kan infiltreren. De ondergrond van een standaard wadi bestaat uit een in geotextiel ingepakte (dit voorkomt dichtslibben en doorworteling) koffer die gevuld is met grind, lavasteen of gebakken kleikorrels, waar het water geborgen kan worden. Om te voorkomen dat een wadi overstroomt zit er onder het geotextiel een drainbuis of infiltratie. Bij piekbuien kan een wadi functioneren als bovengrondse afvoer (Atelier GROENBLAUW, n.d.).

Een wadi kan op natuurlijke wijze beplant worden en zorgt op deze manier voor een verhoging van de

biodiversiteit en de leefkwaliteit. Daarnaast kan een wadi hierdoor ook zorgen voor een verbetering van de waterkwaliteit, al is dit door de korte tijd dat het water zich in een wadi bevindt beperkt. De beplanting wordt gebruikt om voor een gelijkmatige stroming te zorgen, en ook om de stroomsnelheid van het water te verlagen zodat afval en organisch materiaal afgezet kan worden (NSW government, 2017).



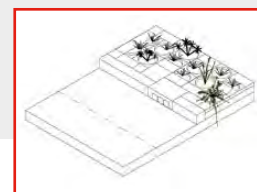
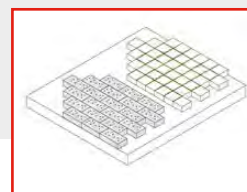
### Onverharde tuinen & openbare ruimte

Het streven van de gemeente Eindhoven is om 60 mm (bij voorkeur) bovengrondse berging te creëren om weerstand op te bouwen voor piekbuien. Eén van de manieren om hier voor te zorgen is met ontharden en vergroenen (Gemeente Eindhoven, 2017). Dit kan bestaan uit het vervangen van verharding door groen of water, of door het toepassen van halfverharding.

Halfverharding heeft als voordeel dat er verkeer overheen kan rijden, mits dit een beperkte hoeveelheid en een beperkt gewicht betreft, aangezien deze verharding meestal op een zand- of kiezelbodem wordt gelegd. Er is nog een verschil tussen poreuze verharding, die water laat infiltreren

door de interne structuur van het materiaal (poreus asfalt of beton) en permeabele verharding, waar het water tussen de verhardingselementen door kan zakken. Deze tussenruimte zijn dan gevuld met zand of een ander doorlatend materiaal (NSW government, 2017). Bij toepassing van halfverharding bestaat de kans dat de effectiviteit ervan op langere termijn afneemt, door dichtslibben of eroderen (Lenzholzer, 2013).

Ontharden en vergroenen draagt ook bij aan het vergroten van de biodiversiteit en de leefkwaliteit, en aan het verminderen van hittestress.







*Een beplante wadi in Eindhoven*



*Permeabele halfverharding op de Bilderdijklaan*

## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES

Door toepassing van soortenrijke beplanting in wadi's zoals soortenrijk grasland of een vaste plantenmix kan een wadi meer waarde krijgen voor biodiversiteit en beleving, en tegelijkertijd laat deze beplanting het water beter infiltreren. Het onderhoud van een beplante wadi is minimaal; één of twee keer per jaar maaien en afvoeren is voldoende. Enkele voorbeelden van de te gebruiken soorten zijn de Grote kattenstaart, Moeraswolfsmelk, Koekoeksbloem, Poelruit, Adderewortel, Smeewortel, en Daglelies (E. Blaensdorf, 2016).

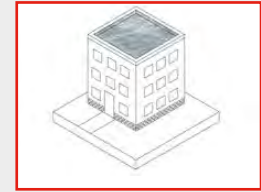
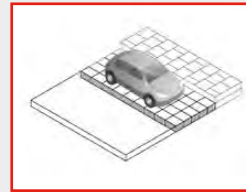
Bij de herinrichting van de Bilderdijklaan in Eindhoven in 2017 is speciale aandacht besteed aan het zoveel mogelijk ontharden en vergroenen ervan. Dit zorgde er onder andere voor dat de ruimte die vrij kwam door het versmallen van de rijbaan niet werd verhard. Waar buiten de rijbaan verharding gewenst was, zoals een in- of uitrit, is gekozen voor permeabele halfverharding.

### Wateropvang ondergronds & op daken

Op een plat dak kan water tijdelijk worden geborgen, wat zorgt voor een vertraagde afvoer van regenwater, waardoor overlast bij piekbuien wordt beperkt. Een waterdak kan 15 mm water bergen (Rijksoverheid, n.d.). Hierbij zorgt water op het dak ook voor verkoeling van zowel de binnen- als de buitenruimte (Peijpe, Stevens, Wissing, Jongert & Luken, 2016). Dit kan een temperatuurs-reductie tot 5 graden Celsius voor de binnenruimte betekenen (Lenzholzer, 2013). Voor een waterbergend dak is wel een sterke constructie nodig.

Onder de grond is ook ruimte voor waterberging. In stedelijke gebieden stroomt het merendeel van het regenwater af naar het riool. Wanneer de riolering vergroot wordt, kan het meer water opvangen.

Onder parkeervakken kunnen bijvoorbeeld kratjes toegepast worden met een hoogte van 0,8 meter, waarin 0,8 m<sup>3</sup> water per m<sup>2</sup> parkeervak kan worden geborgen. Deze kratjes kunnen ook water vasthouden voor planten, maar de kans bestaat dat ze in de loop van de tijd dichtslibben, waardoor ze aan effectiviteit verliezen. Onder parkeervakken kan ook grof granulaat worden toegepast voor waterberging (De Urbanisten, 2016).



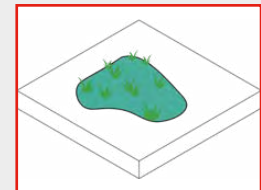
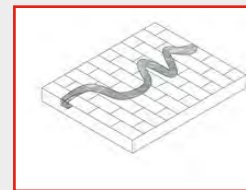
### Oppervlaktewater als opvang

Een van de meest voor de hand liggende manieren van wateropvang is het gebruik maken van oppervlaktewater. Dit kan op meerdere manieren. Het toepassen van vijvers als wateropvang verlaagt tegelijkertijd de temperatuur, en zorgt voor een grotere biodiversiteit als deze goed worden ingericht. In combinatie met een helofytenfilter kan ook de waterkwaliteit worden verbeterd (I. Baeten, M. Doesburg, W. Klinkenberg, 2017).

Een bovengrondse “riolering” zorgt voor een directe berging en afvoer van het overschot aan water. Door een oppervlakteriool op het laagste punt van een straat of plein te maken stroomt het water hier gemakkelijk naartoe (Snep, 2015). Een bovengrondse riool kan ook als waterelement bijdragen aan de

inrichting van de openbare ruimte, en dus bijdragen aan de leefkwaliteit.

Door parkeervakken verdiept aan de leggen kan bij piekbuien water hier worden opgevangen. Hierdoor blijven de rijbaan en het trottoir droog (De Urbanisten, 2016).





*Een waterdak op het Artemis Hotel in Amsterdam (M. Michon, n.d.)*

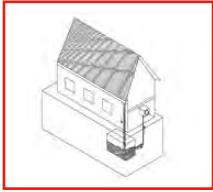


*Een bovengrondse afvoer in Hunsrückhaus am Erbeskopf, in Duitsland*

## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES

Op waterdaken wordt een laag water gebufferd doordat de overstort hoger geplaatst is. Het water wordt langzaam afgevoerd door een geknepen afvoer. Een waterdak kan dynamisch gemaakt worden door toepassing van een besturingssysteem dat gekoppeld is aan de weersverwachting, zodat het water loost vlak voor een bui. Hierdoor wordt de opslagruimte maximaal benut (Amsterdam Rainproof, 2017).

Bovengrondse afvoer van regenwater is een manier om water zichtbaar te maken in de stad, en het is vaak goedkoper dan het aanleggen van een gescheiden rioolstelsel. Bovengrondse hemelwaterafvoeren kunnen de betrokkenheid van bewoners bij de stedelijke waterhuishouding vergroten, en ze kunnen het straatbeeld positief beïnvloeden (Atelier GROENBLAUW, n.d.). Wel moet er op gelet worden dat er zich geen plassen vormen, en dat de afvoer niet verstopt raakt met (natuurlijk) afval.

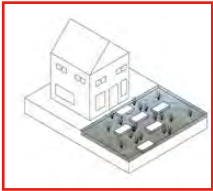


### Overige Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)

Naast de interventies die hiervoor zijn beschreven, welke stuk voor stuk voorbeelden zijn van de zogenaamde Sustainable Urban Drainage Systems (SuDS), zijn er nog meer manieren te bedenken waarop deze SuDS kunnen bijdragen aan het tegengaan van wateroverlast (Woods Ballard et al., 2015).



SuDS kunnen regenwater van daken en andere bestrate oppervlakten opvangen en opslaan, om later te hergebruiken (Woord Ballard et al., 2015). Het regenwater wordt gezuiverd en in een opvangtank bij een woning, waar het nog verder gezuiverd wordt. Hierna kan het opgepompt worden en gebruikt worden binnenshuis (Woonwijzermedia, 2011). Dit zorgt voor een besparing van 25 m<sup>3</sup> drinkwater per persoon per jaar.



Door middel van een regentuin en/of het afkoppelen van regenpijpen stroomt het water dat op daken belandt niet meer het riool in. Hierbij is het belangrijk dat het water van het huis weg wordt geleid, zodat er geen vochtproblemen ontstaan (Amsterdam Rainproof, 2017). Bij het afkoppelen van regenpijpen kan ook gedacht worden aan het gebruiken van de regenton om water op te vangen (Atelier GROENBLAUW, n.d.). Tuinen zijn ook op andere manieren te gebruiken voor de opvang van regenwater. In combinatie met het afkoppelen van de regenpijp kan er door middel van het gebruiken van een



waterdoorlatende bodem en planten die een hogere vochttolerantie hebben een regentuin gemaakt worden (De Urbanisten, 2016). Aandachtspunten zijn dat een regentuin veel onderhoud verwacht, dat er hoogteverschillen aangebracht moeten worden, dat de tuin minder toegankelijk gemaakt wordt in natte periodes, en dat stilstaand water kan zorgen voor muggen. Naast wateropvang draagt een regentuin ook bij aan de vermindering van hittestress, de vergroting van de biodiversiteit en aan een verbeterde leefkwaliteit.

Plantvakken kunnen gebruikt worden als wateropvang door deze lager te leggen dan de omliggende verharding. Doordat het water altijd naar het laagste punt stroomt, zal bij neerslag het groen onder water komen te staan, en kan het water infiltreren. Om dit succesvol te laten zijn moet er beplanting gekozen worden die tegen natte voeten kan (I. Baeten, M. Doesburg, W. Klinkenberg, 2017). Plantvakken gaan door verdamping ook hittestress tegen, en dragen bij aan een betere leefkwaliteit, en aan een grotere biodiversiteit, mits er gebruik wordt gemaakt van de juiste (inheemse) beplanting.



*Een regentuin in Watergraafsmeer (M. Michon, n.d.)*



*De aanleg van een regenwateropslag bij een woongebouw (GEP regenwater, n.d.)*

## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES

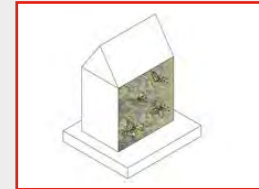
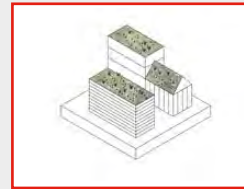
In Watergraafsmeer is in samenwerking met Amsterdam Rainproof (2017) een regentuin gemaakt, naar aanleiding van de succesvolle aanleg van een groen dak met daarop zonnepanelen. De eigenaars vonden dat de tuin niet kon achterblijven. Van kleurrijke rioolbuizen zijn regentonnen gemaakt, die onderling verbonden zijn. Ook is gebruik gemaakt van zo min mogelijk verharding, poreuze materialen en van plantensoorten die zowel tegen droogte als water kunnen.

In verband met gezondheidsrisico's mag in Nederland het opgevangen regenwater alleen voor de wasmachine, de wc en de tuin gebruikt worden, en niet als drinkwater of om te douchen. Desalniettemin zorgt het gebruik van regenwater voor een besparing van drinkwater. In tijden van lange droogte moet een regenwateropvang aangevuld kunnen worden met drinkwater. Dit gebeurt om verontreinigingen door ingedroogd slib te voorkomen, en om ervoor te zorgen dat er altijd water beschikbaar is voor het doortrekken van de wc en om de wasmachine altijd van water te kunnen voorzien (Amsterdam Rainproof, 2017).

# SLECHTE WATERKWALITEIT

## Groene daken en gevels

Groene daken en gevels kunnen de waterkwaliteit van afgevoerd regenwater zowel positief als negatief beïnvloeden. Als er conventionele bemesting wordt gebruikt, of als het compost bevat dat rijk is aan voedingsstoffen zonder dat er stoffen zoals Biochar worden toegevoegd dan is het afgevoerde regenwater van slechtere kwaliteit dan gewenst is in steden (Beecham & Razzaghmanesg, 2015; Gong et al., 2014; Beck et al., 2011). Als er bij de aanleg van een groen dak of gevel aandacht wordt besteed aan het thema 'waterkwaliteit' kan dit pas bijdragen aan de verbetering ervan.

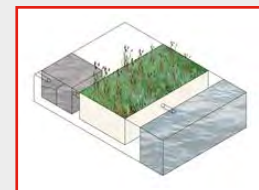


## Helofytenfilters

Een helofytenfilter zuivert water met behulp van helofyten tot een kwaliteit die onschadelijk is voor het milieu. Helofyten zijn tweejarige- of vaste planten waarvan alleen de knoppen onder water de winter overleven. Voorbeelden van helofyten zijn de gele lis, de lisdodde en klein kroos.

Er bestaan verschillende soorten helofytenfilters. Een voorbeeld is het vloeiveld, een moerasachtig gebied tussen de tussen planten in. Andere voorbeelden zijn het horizontaal of vertikaal doorstroomd helofytenfilter waarbij het water door de grond loopt langs de wortels van de helofyten, waarna het op het oppervlaktewater kan worden geloosd.

Het water dat uit een helofytenfilter komt is niet geschikt als drinkwater, maar is wel onschadelijk voor het milieu (Visscher, n.d.).





*Een sedumdak in eindhoven, met veel verschillende sedumplantjes*

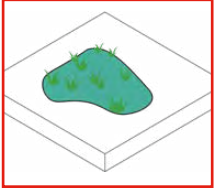
## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES

Het water op een groendak wordt gefilterd door de vegetatie en / of de substraatlaag. Hierdoor neemt de waterkwaliteit toe en kan het water gebruikt worden voor toiletten, wasmachines en tuinen (J. Horváthné Pintér, n.d.).



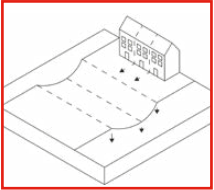
*In de Aanschotse Beemden is een vijver met een helofytenfilter aangelegd*

In de Aanschotse Beemden is een helofytenfilter aangelegd. Bij normale weersomstandigheden wordt het water van de beek door het filter geleid. Bij grotere afvoeren kan het water eveneens door de beekloop het gebied in worden afgevoerd. Het helofytenfilter is voor bezoekers onbegaanbaar gemaakt door het toepassen van een steil talud en begroeiing van riet.



### Overige Sustainable Urban Drainage Systems (SUDS)

Beplante vijvers zijn niet alleen geschikt voor wateropvang, maar ook voor waterzuivering. Een vorm van een water-zuiverende vijver is een sediment-vijver. Deze functioneren door de stroomsnelheid van water te verlagen, waardoor grove materialen sneller naar de bodem zakken. Door de toevoeging van zuiverende beplanting zoals helofyten of riet kan ook andere vervuiling uit het water worden gehaald. Mocht het water in een sedimentvijver erg vervuild zijn dan is het belangrijk om de vijver niet toegankelijk te maken voor bezoekers.



Beplante wadi's zijn ook geschikt voor het zuiveren van water. De poreuze ondergrond en de beplanting zuivert het regenwater voordat het afgevoerd wordt. Door de korte periode waarin water zich in een wadi bevindt is het effect op de waterkwaliteit echter gering. Bioretentie-wadi's zijn beplante wadi's die een ondergrondse filter bevatten. De beplanting zuivert het water deels en zorgt er ook voor dat erosie en verstopping van het systeem wordt geminimaliseerd door de constante (wortel-) groei.





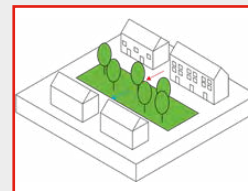
*Een beplante wadi - met enkele aanpassingen kan dit een bioretentie-wadi worden*

# SLECHTE LUCHTKWALITEIT

## Parken

Bepplantingen in stedelijke landschappen, in het bijzonder bomen, zijn in staat om vervuilende stoffen uit de atmosfeer te verwijderen. Dit doen ze voornamelijk door het op te nemen in hun bladeren, en door deeltjes in de lucht op te vangen (Irga et al., 2015). Daarnaast kan stedelijke beplanting een fysieke barrière vormen die voorkomt dat vervuiling een specifiek gebied in gaat (Salmond et al., 2013). Om deze redenen wordt het vergroenen van steden voorgesteld als een manier om vervuiling tegen te gaan (Nowak et al., 2006). Er bestaan echter nog twijfels over de effectiviteit van beplanting voor het verbeteren van de luchtkwaliteit, omdat er nog veel onzekerheden zijn over de gemodelleerde schattingen en door schaarste aan empirische onderzoeken (Pataki et al., 2011).

Een voorbeeld van het gebruik van parken voor het tegengaan van hittestress in steden is te zien in Shanghai in China, waar berekend is dat de parken op grondniveau vervuiling zou kunnen verwijderen tot wel 35% van het totaal aan vervuilende deeltjes in de lucht, en tot 21% van de NO<sub>2</sub> (Yin et al., 2011).

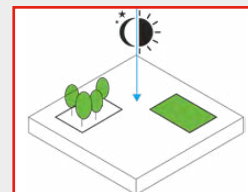


## Straatbomen

Het is belangrijk om te onthouden dat het effectiever is om luchtvervuiling aan te pakken bij de bron, dan om de aanwezige vervuiling proberen weg te halen. De effectiviteit van de verwijdering van luchtvervuiling door bomen in New York City is geschat tussen de 0,001 en 0,4%, afhankelijk van de soort vervuiling, wat aangeeft hoe laag het rendement is (Nowak et al., 2006). Ook van de totale jaarlijkse CO<sub>2</sub>-emissies kan slechts 0,2% worden opgeslagen als de bomsdichtheid wordt verdubbeld (Nowak et al., 2013).

zien dat in een “street canyon”, een ravijn gecreëerd door hoogbouw aan beide zijden van een weg, het plaatsen van bomen aan beide kanten van de weg een negatief effect heeft op de luchtkwaliteit. De oorzaak van dit negatief effect is dat ze de ventilatie verminderen en dus de verspreiding van uitlaatgassen tegengaan. Jin et al. (2014) stelt voor om bomen in deze situaties sterk uit te dunnen – de optimale kroondichtheid was geschat op 50 tot 60% - om dit effect tegen te gaan.

De keuze en onderhoud van bomen is van groot belang bij het tegengaan van luchtvervuiling. Ook moet op de plaatsing van de bomen gelet worden bij het ontwerpen. Wania et al. (2012) hebben laten





*Water in het park in Burghplan*



*Straatbomen met veel bladoppervlak verbeteren de luchtkwaliteit*

## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES

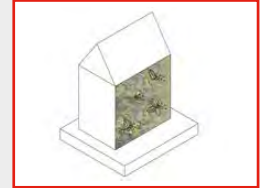
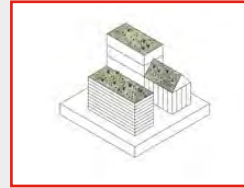
In 35 grote Chinese steden is de jaarlijkse opslag en verwijdering van CO<sub>2</sub> door parken en ander openbaar groen (in 2010) geschat op 18,7 en 1,9 miljoen ton respectievelijk (Chen, 2015). Echter liet dit onderzoek ook zien dat dit slechts 0,33% van de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot door fossiele brandstoffen in deze steden betreft. Gelukkig geldt voor Nature-Based Solutions dat elk beetje telt, en dat een verbetering van de luchtkwaliteit, hoe klein ook, altijd gewenst is.

Straatbomen in steden kunnen een deel van de luchtvervuiling verminderen. Hoewel dit geen groot deel kan zijn, is het toch belangrijk voor Nature-Based Solutions om zoveel mogelijk te doen aan de slechte luchtkwaliteit in steden (Nowak et al., 2006).

Als er geen sprake is van een “street canyon”, dan wordt het effect van straatbomen op de luchtkwaliteit beter zichtbaar. De gemiddelde afname van luchtvervuiling onder de kroon van een boom in twee Finse steden was maar liefst 40,1% voor deeltjes in de lucht, en 7,1% voor NO<sub>2</sub> van het totaal in de open lucht (Setälä et al., 2013).

### Groene daken & gevels

Pugh et al. (2012) zegt dat groene daken en vooral ook groene gevels substantieel kunnen bijdragen aan het verminderen van concentraties van vervuilende stoffen (maar liefst 43% voor NO<sub>2</sub> en 62% voor PM<sub>10</sub>) op straatniveau, omdat ze de afzetting van vervuilers kunnen vergroten zonder dat het negatieve aerodynamische effecten heeft op de ventilatie. Groene daken en gevels kunnen op dezelfde manier als parken en straatbomen bijdragen aan een betere luchtkwaliteit. Groene daken en gevels kunnen fungeren als zones met schone lucht in steden. De invloed van groene daken en gevels zijn buitengewoon relevant doordat er weinig ruimte beschikbaar is voor groene infrastructuur in stadscentra (Enzi et al., 2017).





*Een groene gevel op kleinere schaal; druiven tegen een woonhuis*

# WEINIG BIODIVERSITEIT

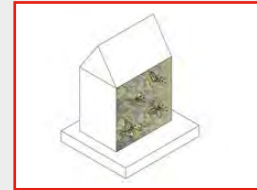
## Groene daken & gevels

Alle vormen van groene muren en gevels zorgen als co-baat voor verschillende habitat-functies voor hun vogel- en insect-gebruikers (Mann, 1994). Ook dragen ze licht bij aan het ecologische netwerk van habitatten, doordat ze dienen als “stepping stones” voor diersoorten zoals insecten en vogels, op dezelfde manier als parken dat op straatniveau doen (Mann, 1998).

Een groeiende hoeveelheid kennis over biodiversiteit in steden heeft gezorgd voor ecologische principes voor het ontwerpen van biodiverse groene daken, die geïmplementeerd zijn in een Zwitserse groen dak-standaard (SIA, 2013) en richtlijnen, die voorbeelden geven voor het succesvol ondersteunen van ongewervelden

op dak-niveau (Buglife, 2009).

Vanuit natuurbehoud worden deze technologieën nog gezien als ecologisch beperkt. In reactie hierop loont het de moeite om in co-creatie nieuwe manieren te ontwikkelen om ervoor te zorgen dat NBS op gebouw-niveau ook voor biodiversiteit op lokaal en regionaal niveau kunnen zorgen. (J. Kabisch, H. Korn, J. Stadler, A. Bonn, 2017).

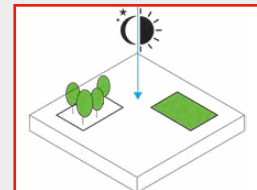


## Straatbomen

Hostetler en Holling (2000) hebben aangetoond dat de meeste vogels in Amerikaanse steden in staat zijn om straatbomen te gebruiken binnen een straal van 0,2 tot 85 km. Dit geeft aan hoe nuttig straatbomen kunnen zijn voor het verbeteren van de biodiversiteit. Het bijhouden van een bomeninventaris is vaak de eerste stap voor het onderhouden van stedelijke biodiversiteit.

Het belang van het zorgen voor meer diversiteit in boomsoorten, zowel inheems als exotisch, is nu duidelijker dan ooit. De frequentie waarmee exotische parasieten en ziektes in steden opduiken wordt groter, met vaak vernietigende resultaten. Een dominantie in soorten zorgt ervoor dat steden mogelijk vernietigende effecten krijgen van

uitbraken van parasieten en ziektes (A.A. Alvey, 2006). Een voorbeeld hiervan is de Essensterfte (ETS) in Utrecht. Er zijn in Utrecht in het verleden ruim 20.000 Essen aangeplant om esthetische redenen. In 2016 werd de grootte van de ramp duidelijk, toen uit onderzoek bleek dat van alle Essen in Utrecht 80 tot 90% zouden gaan sterven, aangezien er geen mogelijkheid is om de ziekte te voorkomen of genezen (DUIC, 2016).





*Groene gevels aan de Smalle Haven*



*Een cluster bomen dient als nestel- en schuilplaats voor vogels*

## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES

Richtlijnen voor biodiversiteit op dak-niveau, samen met de start van de “National Pollinators Support Strategy UK” hebben gezorgd voor de start van enkele projecten, die voornamelijk gericht zijn op het ondersteunen van stedelijke bestuivers zoals wilde bijen (D. Gedge, jaar; G. Grant, jaar). De volgende generaties zijn over stedelijke natuur en biodiversiteit aan het leren; hierbij geven openbaar toegankelijke groene daken en gevels een goed voorbeeld.

Sommige inheemse bomen zijn minder geschikt voor een stedelijke omgeving, door de natuurlijke limieten - bijvoorbeeld een behoefte aan ruimte, schone lucht et cetera om te overleven - of door beperkingen in onderhoud, zoals een behoefte aan vaak snoeien.

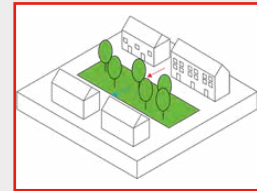
Inventarissen van straatbomen kunnen informatie opleveren over boomsoorten, locaties, en algemene gezondheid. Afhankelijk van financiële middelen kan de informatie worden verzameld van alle bomen in een gemeente, een steekproef aan bomen, of slechts een specifiek gekozen deel van de straatbomen (J.A. Puppim de Oliveira et al., 2011).

### Openbaar groen

Het aanplanten van openbaar groen zoals parken en bosbouwgebieden kan de biodiversiteit in steden verbeteren. Onderzoek heeft aangetoond dat een groter groen gebied een grotere soortenrijkheid heeft (Flanders, Cornelis, Hermy, 2004). Godefroid en Koedam (2003) hebben ook aangetoond dat één bosbouwgebied van 1666 hectare meer soortenrijkheid had dan 11 kleinere gebieden (twee tot 123 hectare) samen.

In het openbaar groen kan natuurlijke regeneratie gebruikt worden om de soortenrijkdom te vergroten. Dit is te zien in de stad Christchurch in Nieuw Zeeland (Stewart et al., 2004). Omdat dit van origine een koloniaal Engelse stad was, zijn er veel exotische bomen geplant. Echter is er de laatste 30

jaar een cultureel bewustzijn ontstaan, samen met een trend om meer inheemse soorten te planten (A.A. Alvey, 2006). Hiermee wordt de inheemse biodiversiteit ook bevorderd. Echter werkt dit niet altijd goed. Millard (2000) heeft natuurlijk gekoloniseerde terreinen onderzocht in Leed in Engeland, en zag dat de beplanting slechts uit enkele soorten bestond, en dat de groei niet optimaal was. Desalniettemin zorgt beplanting op braakliggende terreinen voor voordelen voor het milieu, zoals vermindering van luchtvervuiling en de opvang van water (Millard, 2004).



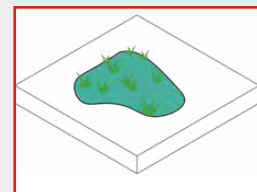
### Beplante wateropvang

In de meeste gevallen wordt in en rond wateropvang zoals vijvers, greppels en wadi's gazon toegepast, omdat het op een makkelijke en goedkope manier te beheren is. Maar er kan ook groen gerealiseerd worden dat meerwaarde heeft voor biodiversiteit, door toepassing van een soortenrijke beplanting zoals soortenrijk grasland of een vaste planten-mix. Dat heeft als bijkomend voordeel dat een dergelijke groen-invulling het water beter laat infiltreren, en dat de kosten voor het onderhoud lager zijn, als het goed ontworpen wordt (één à twee keer per jaar maaien).

In soortenrijk grasland kunnen gemakkelijk 50 soorten planten voorkomen. Deze leveren voedsel en schuilplaatsen voor insecten, vogels en

reptielen. Hierdoor is dit zeer geschikt voor beplanting in en om waterbergingen (E. Blaensdorf, 2016).

Om een stedelijke vijver biodiverser te maken moet er aandacht worden besteed aan de waterkwaliteit. De grootste boosdoeners zijn overstorten van rioolwater, en kwelwater van rivieren en kanalen. Ook moet er op gelet worden dat er gemaaid moet worden als waterbeplanting de doorstroom onmogelijk dreigt te maken (C. van Limpt, 2010).







*Een wadi met omliggend groen kan positief bijdragen aan de biodiversiteit*



*Wateropvang kan meer doen dan wateroverlast voorkomen*

## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES

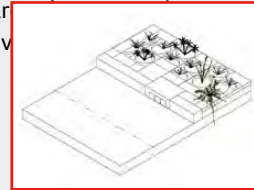
Verschillende diersoorten hebben verschillende soorten openbaar groen nodig om succesvol te zijn. Voor vogels zijn straten met bomen bijvoorbeeld nuttige corridors (Fernandez Juricic, 2000), terwijl dit voor insecten niet hoeft te gelden. Insecten en kleine zoogdieren hebben meer baat bij verbindingen tussen openbaar groen door middel van lage beplanting (A. Beerens, 2010).

Amfibieën en libellen zijn twee groepen dieren die baat hebben bij beplante waterberging. Kikkers, padden en salamanders nemen vaak genoegen met een kleine waterpartij. Belangrijk in een voor amfibieën en libellen bedoelde waterpartij is dat er geen (sier-)vissen in zitten. Vissen zijn namelijk roofdieren die kikkervisjes en libellenlarven eten. Een poel zonder waterplanten is ongeschikt voor amfibieën en libellen. Als beplanting moet gekozen worden voor inheemse soorten (Natuurpunt, 2010).

### Minder verharding openbare ruimte

De biodiversiteit is in steden tegenwoordig vaak hoger dan in omliggend agrarisch gebied, waar sprake is van modern agrarisch landgebruik. Die soortenrijkdom is echter niet vanzelfsprekend, aangezien een nieuwe soort weliswaar gemakkelijk de stad 'koloniseert', maar meer nodig heeft om daadwerkelijk te blijven. Steden vormen in de huidige situatie een leefgebied voor bedreigde soorten zoals de huismus en muurvarens. Om een bijdrage aan natuurbehoud te verzorgen moet de stad voor een breed spectrum aan soorten geschikt zijn. Verschillende soorten vormen namelijk een levensgemeenschap en zijn daarbij afhankelijk van elkaar. Als de ene soort niet kan overleven, gaan ook de andere soorten die daarvan afhankelijk zijn verloren.

De aanwezigheid van groen is cruciaal voor de levenscyclus van de soorten die Eindhoven kent. Zonder groen zouden vrijwel geen soorten in Eindhoven kunnen overleven. De biodiversiteitswaarde van Eindhoven is in belangrijke mate afhankelijk van de omvang, kwaliteit en verbondenheid van de groenstructuur (Groenbeleidsplan, 2017). Om vooral die verbondenheid te realiseren is er door Eindhoven voor gekozen om de openbare ruimte meer mogelijk te ontharden en te v



### Minder verharding tuinen

Zowel in de publieke als private ruimte lijkt het erop dat het groenareaal de komende jaren zal afnemen. De trend van betegeling van particuliere tuinen vormt een bedreiging voor de instandhouding van het huidige groenareaal en daarmee het huidige soortenrijkdom. Om bewoners te betrekken bij de klimaatopgave, biodiversiteit en een fijne leefomgeving doet Eindhoven mee aan de landelijke campagne 'Operatie Steenbreek'. Het doel is om de privétuinen zo groen mogelijk in te richten en hiermee te zorgen voor betere waterberging en biodiversiteit.

van de mogelijkheden om op eigen terrein (gebouw en tuin) aan de natuur bij te dragen, en om te zoeken naar een samenwerkingsverband om dit gezamenlijk vorm te geven. Een tweede speerpunt is eigenaren en beheerders van locaties waar bijzondere soorten voorkomen bewust maken van de aanwezigheid van deze soorten en hoe hier mee om te gaan. Hiermee wordt geprobeerd om de trend van minder privaat groen tegen te gaan (Groenbeleidsplan, 2017).

Een van de speerpunten van de gemeente Eindhoven op het gebied van biodiversiteit is bewoners en gebiedseigenaren bewust te maken



## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES



*Een deel van de Smalle Haven in Eindhoven is onthard en vergroend*



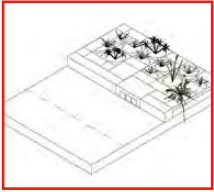
*Een actie van Operatie Steenbreek in Eindhoven (O4O Goed Bezig, n.d.)*

Bij het vergroenen van openbare ruimte worden bedrijventerreinen vaak vergeten. Uit onderzoek is echter gebleken dat groen op bedrijventerreinen wel degelijk een meerwaarde voor biodiversiteitsbehoud kan opleveren, mits ecologisch ingericht en beheerd (Alterra Wageningen UR, 2009). Voor Brainport is het daarom belangrijk om niet alleen te voorzien in groen decor, maar er ook voor te zorgen dat het bedrijfsgron een ecologische functie kan vervullen (Groenbeleidsplan, 2017).

Niet alle bewoners doen uit zichzelf mee met initiatieven zoals 'Operatie Steenbreek', en daarom is inzet en hulp van vrijwilligers en professionals uit de wijk nodig.

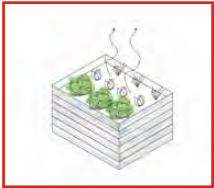
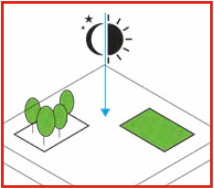
Omdat mensen steeds langer thuis blijven wonen, kan een tuin soms een last worden. Voor mensen die hun tuin echt niet meer kunnen onderhouden zijn hulptroepen nodig. Door samen te werken kan een hele straat of buurt opknappen, maar worden ook sociale doelen gerealiseerd doordat bewoners meer betrokken zijn, en minder anoniem (Groenbeleidsplan, 2017).

# MATIGE LEEFKWALITEIT

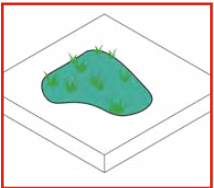


## Algemeen stedelijk groen

Veel epidemiologische onderzoeken hebben meerdere positieve gezondheidseffecten van stedelijke groen aangetoond. Daarbij zijn inbegrepen verminderde depressie en verbeterde mentale gezondheid, verminderde sterfte door hart en vaatziekten, verbeterde uitkomsten van zwangerschappen en een verminderd voorkomen van obesitas en diabetes (WHO Regional Office for Europe, 2016). Hoewel stedelijk groen ook geassocieerd kan worden met gezondheidsrisico's zoals een toenemende blootstelling aan allergene pollen, infecties die worden overgebracht door geleedpotigen zoals teken en muggen, en een risico op verwondingen, kunnen potentiële negatieve effecten weggewerkt of geminimaliseerd worden door middel van een goed ontwerp, onderhoud en exploitatie van de groene ruimte (Löhmus & Balbus, 2015).



Een onderzoek in het Verenigd Koninkrijk maakte gebruik van draagbare sensoren om zo de effecten van een korte wandeling in een groene omgeving op hersenactiviteit te demonstreren, wat geassocieerd kan worden met meer rust en herstel (Aspinall et al., 2015). Het toonde ook aan dat wandelen in een natuurlijke omgeving sterkere cognitieve voordelen op de korte-termijn produceert dan wandelen in een woongebied (Gildow et al., 2016). Daarnaast is het aangetoond dat blootstelling aan groene ruimte symptomen van depressie verlicht (Bratman et al., 2015). Recente onderzoeken hebben ook bewezen dat groene ruimte chronisch stress verlicht. Een innovatieve aanpak die gebruikt is in het



Verenigd Koninkrijk maakt gebruik van patronen in diurnal cortisol, om aan te tonen dat blootstelling aan groene ruimte chronische stress vermindert bij volwassenen die leven in kansarme buurten (Roe et al., 2013; Thompson et al., 2012; Beil & Hannes, 2013). Soortgelijke relaties tussen groene ruimte en stressverlichting zijn aangetoond gebruik makend van haar-cortisol als een biomarker voor chronische stress (Honold et al., 2015; Gildow et al., 2016).

Het kunnen waarnemen/beleven van groene buurten is sterk geassocieerd met verbeterde mentale gezondheid (Sugiyama et al., 2008). Meer omgevingsgroen wordt gelinkt aan verbeterde fysieke en mentale gezondheid in alle sociaaleconomische lagen en in alle geslachten in Spanje (Triguero-Mas et al., 2015). De associaties waren sterker voor het omgevingsgroen gemeten met de "Normalized Difference Vegetation Index" (NDVI) dan voor toegang tot geografisch uitgesproken groene ruimtes. Verdere analyse demonstreerde ook dat fysieke activiteit niet voor deze associatie zorgde. Dit suggereert dat psychologische rust een belangrijke toevoeging was in de weg naar gezondheid.

Er is een relatie aangetroffen tussen meer groen in de buurt en lagere niveaus van depressie, angst en stress (Beyer et al., 2014; Bratman et al., 2015; Reklaitine et al., 2014; Pope et al., 2015). Verbeterde bereikbaarheid van water (blauwe ruimtes) is ook gekoppeld aan verbeterde mentale gezondheid onder stadsbewoners (Völker & Kistemann, 2015).



*Het Glorieuxpark in Burghplan is een park wat de leefkwaliteit verbetert*

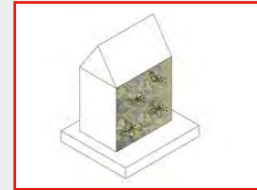
### Groene daken & gevels

Groene daken en gevels dragen op de zelfde manier bij aan het verbeteren van de leefkwaliteit als algemeen stedelijk groen. Het unieke van deze maatregelen is dat de aanleg hiervan niet ten koste gaat van de bestaande openbare ruimte en de functies die zich hier bevinden. In een snel uitbreidende stad als Eindhoven is openbare ruimte schaars, en is dit een effectieve manier van omgaan met de ruimte die je hebt.

Groene daken kunnen ook dienen als veelzijdige “urban gardening” en recreatie-landschappen. Een goed voorbeeld hiervan is een 800 m<sup>2</sup> groot groen dak in Parijs. Het Gymnasium Deshayé is sinds de bouw het belangrijkste punt van de gemeenschap geworden, en het is toegepast volgens het

groenbeleidsplan van de Parijse burgemeester (Direction des espaces verts, 2014).

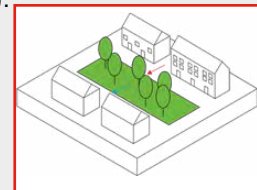
Een belangrijk doel van deze maatregelen is ook bewustwording onder stadsbewoners. Groene daken (mits uitgevoerd met hogere beplanting) en groene gevels vallen op tussen de standaard daken en gevels, en zetten hierdoor mensen aan tot denken. Dit maakt hen bewust van de functie van deze elementen (R. Pronk, 2017).



### Parken

Als aantrekkelijke en bereikbare stadsparken beschikbaar zijn, kan dat ervoor zorgen dat mensen meer tijd buiten gaan besteden, en kan dat fysieke activiteit faciliteren (Bedimo-Rung et al., 2005). De kwaliteit van groene stedelijke omgevingen en de aanwezigheid van specifieke voorzieningen zijn belangrijke factoren voor het faciliteren van fysieke activiteit bij ouderen (Aspinall et al., 2010; Sugiyama & Thompson, 2008). Voor stadsbewoners met mentale gezondheidsproblemen kan fysieke activiteit in groene openbare ruimte in het bijzonder zeer therapeutisch zijn (Roe & Aspinall, 2011). Er is ook bewezen dat beweging in een groene ruimte meer herstellend is dan beweging in een niet natuurlijke omgeving (Barton & Pretty, 2010; Bodin & Hartig, 2003). In een onderzoek van Mitchell

(2013) kwam een associatie naar voren tussen fysieke activiteit in natuurlijke omgevingen en een verminderd risico op slechte mentale gezondheid, terwijl beweging in andere types omgevingen niet gekoppeld was aan datzelfde gezondheidsvoordeel. Groene openbare ruimte kan een belangrijke rol spelen in het koesteren van sociale interacties en het kan een gevoel van gemeenschap bevorderen dat essentieel is voor sociale cohesie (Kim & Kaplan, 2004) en voor menselijke gezondheid (Lengen & Kistemann, 2012).



## INFORMATIE BIJ DE PLAATJES



*Een groen dak boven een parkeergarage kan ook als tuin dienen*



*Openbaar groen vermindert stress*

Bij een groen dak wordt vaak gedacht aan sedum bovenop een (woon-) gebouw, of aan daktuinen. Het dak van bijvoorbeeld een ondergrondse parkeergarage is echter ook uitstekend geschikt voor de toepassing van groendak-constructies. Hoewel deze ruimtes zich op begane-grondniveau bevinden is er geen ruimte voor de toepassing van standaard groen. Door een groen dak-constructie toe te passen kan hier alsnog groene openbare ruimte worden gerealiseerd.

Het vergroenen van steden wordt vaak voorgesteld als een effectieve strategie om de negatieve invloeden van temperatuurstijgingen in steden op de menselijke gezondheid te verminderen (EEA, 2012). Chen et al. (2014) heeft voorspeld dat er aanzienlijke verminderingen in stressgerelateerde sterfte te zien zou zijn in Melbourne in Australië, vanwege de stedelijke koelingseffecten gecreëerd door de vergroeningsstrategieën van de stad. Het leven in woongebieden met meer straatbomen is bewezen geassocieerd met minder gevallen van astma (Lovasi et al., 2008).

A photograph of a paved walkway in a park. The walkway is made of grey rectangular paving stones and runs along a grassy area. There are several trees with bare branches on the left side, and a person is walking in the distance. A red overlay is present on the left side of the image, containing the text '4. CONCLUSIE'.

4.

CONCLUSIE



# CONCLUSIE

Het afgelopen hoofdstuk zijn per onderwerp meerdere Nature-Based Solutions aan bod gekomen. Het bijzonder aan NBS is dat elke oplossing voor meerdere problemen te gebruiken is; in plaats van één functie, hebben de meeste Nature-Based Solutions één hoofdfunctie met meerdere co-baten. Om deze reden zijn dezelfde NBS ook meerdere malen behandeld met licht verschillende uitwerkingen om zo als oplossing voor een ander probleem te dienen. Deze eigenschap van NBS is inzichtelijk gemaakt in de onderstaande tabel. Op de volgende pagina's wordt in enkele zinnen beschreven waar op gelet moet worden bij het inzetten van combinaties, van maatregelen en problemen, die geschikt zijn, mits goed uitgevoerd. De maatregelen die weinig geschikt zijn voor een probleem hebben nog wel effect, maar in mindere mate.

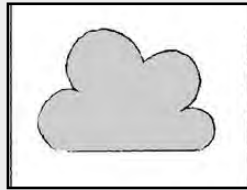
NBS	Klimaatgerelateerde problemen					
	Hittestress	Wateroverlast	Slechte waterkwaliteit	Slechte luchtkwaliteit	Weinig biodiversiteit	Matige leefkwaliteit
Groene daken						
<i>Sedumdaken</i>						
<i>Polderdaken</i>						
Groene gevels						
<i>Levende gevels</i>						
<i>Groene geluidsschermen</i>						
Straatbomen						
<i>Leibomen</i>						
Parken						
Klimplanten						
Vaste planten met grote bladeren						
Lage beplanting						
Verplaatsbare elementen						
Behoud en herstel van waterrijke gebieden & overstromingsgebieden						
Helofytenfilters						
Water in de stad						
<i>Waterpleinen</i>						
<i>Wadi's</i>						
<i>Oppervlaktewater als opvang</i>						
Onverharde tuinen / openbare ruimte						
Wateropvang ondergronds & op daken						
Overige SUDS						

	Zeer geschikt
	Geschikt
	Geschikt, mits goed uitgevoerd
	Weinig geschikt
	Ongeschikt

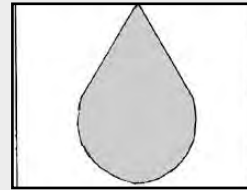
### Groene daken - luchtkwaliteit

Groene daken kunnen luchtdeeltjes en vervuilers vasthouden, en uiteindelijk worden deze weggespoeld door regenwater, of opgenomen door de vegetatie. Alleen de intensieve groene daken, met bijvoorbeeld struiken of planten met grote bladeren (European Commission, 2008), dragen effectief bij aan het verbeteren van de luchtkwaliteit.



### Sedumdaken - waterkwaliteit

Water dat op een groendak valt wordt gefilterd door de substraatlaag. Het afgevoerde water heeft een kwaliteitsniveau tussen regenwater en kraanwater. Belangrijk is hierbij om niet of weinig te bemesten, aangezien meststoffen de waterkwaliteit negatief beïnvloeden.



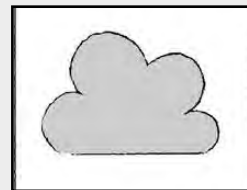
### Groene daken - leefkwaliteit

De leefkwaliteit in de stad kan verbeterd worden door de aanleg van groene daken, deels door de andere baten zoals voor klimaatadaptatie, en deels door het gebruiksvriendelijk inrichten ervan. Hoe meer een groen dak zichtbaar en begaanbaar is, hoe meer het doet voor de leefkwaliteit. Een daktuin is een goed voorbeeld van een groen dak dat de leefkwaliteit verbetert.



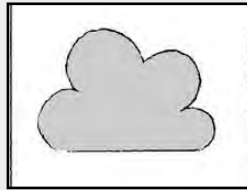
### Sedumdaken - luchtkwaliteit

Hoewel sedum minder vervuilers zoals fijn stof kunnen opvangen dan bijvoorbeeld bomen en heesters, is gebleken dat deze (dak)begroeiing wel degelijk de luchtkwaliteit verbetert. Om mos en sedum luchtvervuilers te kunnen laten opnemen is het belangrijk om het dak nat te houden. Bij droogte verliest het zijn filterende werking (GroeneRuimte, 2015).



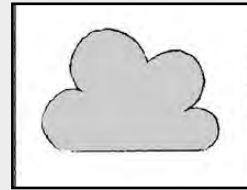
### **Polderdaken - luchtkwaliteit**

Hoewel een polderdak voornamelijk voor het bergen en afvoer van regenwater geschikt is, kan het ook bijdragen aan een betere luchtkwaliteit. Dit kan worden bereikt door beplanting te kiezen die veel fijn stof en andere vervuilers kan opvangen, zoals bomen en struiken.



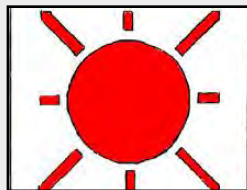
### **Groene gevels - luchtkwaliteit**

Om luchtvervuiling te verminderen moet de beplanting hierop worden aangepast. Klimplanten zoals, bijvoorbeeld, Hedera Helix en Parthenocissus Tricuspidata zijn hiervoor geschikt.



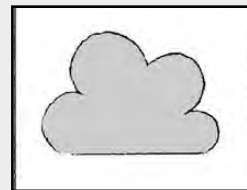
### **Groene gevels - hittestress**

De grootste bijdrage van groene gevels aan het verminderen van de hittestress is door het verlagen van de temperatuur in de kamer(s) achter de muur, waardoor minder energie nodig is voor koeling. Door muurbepanting te kiezen die ook voor schaduw zorgt, of die een groot bladoppervlak heeft voor veel verdamping kan de hittestress nog meer worden verminderd.



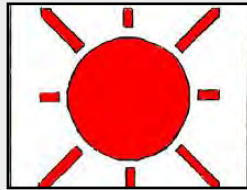
### **Levende gevels - luchtkwaliteit**

Voor levende gevels geldt dezelfde voorwaarde als voor “gewone” groene gevels. Echter door de constructie bij levende gevels is er een groter scala aan mogelijke plantensoorten beschikbaar die gekozen kunnen worden. Naast klimplanten kan hier ook gebruik gemaakt worden van vaste planten, mos en sedum.



### Groene geluidsschermen - hittestress

Een groen geluidsscherm heeft als primair doel om geluid te dempen, en eventueel luchtvervuiling op te vangen. Als het geluidsscherm hoog genoeg is kan het ook door schaduwwerking bijdragen aan het verminderen van de hittestress.



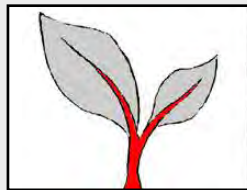
### Groene geluidsschermen - leefkwaliteit

Het toevoegen van groen zorgt per definitie voor vermindering van stress, maar geluidsschermen staan meestal langs snelwegen, waar niet langs wordt gelopen of gefietst. Door deze geluidsschermen ook toe te passen bij drukke wegen langs openbare functies kan op deze plekken voor meer rust gezorgd worden.



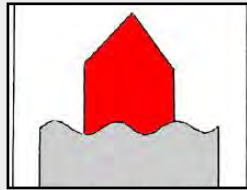
### Groene geluidsschermen - Biodiversiteit

De plantkeuze voor een groen geluidsscherm heeft invloed op de biodiversiteit. Door in te spelen op de aanwezige dieren en planten op de locatie van een geluidsscherm kan deze bijdrage geleverd worden. Dit betreft maatwerk; de geschikte beplanting verschilt per locatie.



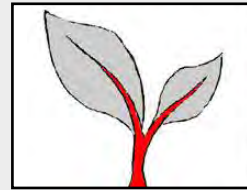
### **Leibomen - wateroverlast**

Doordat leibomen slechts in één richting groeien kunnen ze minder water opvangen dan standaard bomen. Leibomen met groter bladoppervlak dragen meer bij aan de waterkwantiteit dan bomen met klein bladoppervlak. Door te zorgen voor genoeg ruimte voor de boomwortels kan de effectiviteit van leibomen ook verbeterd worden.



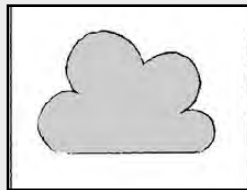
### **Leibomen - biodiversiteit**

Door de boomsoort aan te passen aan de soorten die al in de omgeving aanwezig zijn kan het plaatsen van leibomen bijdragen aan de biodiversiteit. Het toepassen van meer dan één soort leiboom in een buurt draagt ook bij aan biodiversiteit, en aan de robuustheid van het straatbeeld.



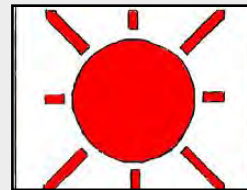
### **Leibomen - luchtkwaliteit**

Bomen met groter bladoppervlak dragen meer bij aan het opvangen van fijn stof en andere luchtvervuilers dan bomen met klein bladoppervlak. Een bijkomend voordeel van leibomen is dat vervuilers niet “blijven hangen” onder de kroon, waardoor er geen kans is op een ophoping van vervuilers op straatniveau.



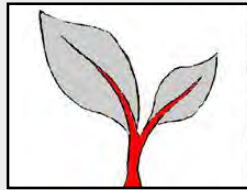
### **Klimplanten - hittestress**

Klimplanten tegen muren verlagen de temperatuur van de kamer(s) erachter, waardoor er minder energie nodig is voor verkoeling. Klimplanten kunnen door middel van een slim geleidingssysteem ook zorgen voor een verlaging van de hittestress door schaduw.



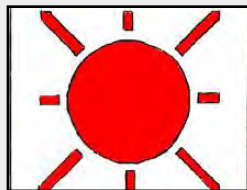
### **Klimplanten - biodiversiteit**

Op de meeste klimplanten komen veel soorten vogels, vlinders en insecten af. Door klimplanten te gebruiken als begroeiing voor schuttingen en hierbij de onderste planken van de schutting te verwijderen worden barrières weggehaald voor kleine zoogdieren. Het variëren in soort klimplant draagt ook bij aan de biodiversiteit.



### **Verplaatsbare elementen - hittestress**

Om effectief bij te dragen aan de vermindering van de hittestress moeten verplaatsbare elementen het vooral hebben van schaduwwerping, en in mindere mate van verdamping. In beide gevallen draagt een groter element meer bij, door de omvang en een groter bladoppervlak. Voor meer schaduwwerping kan een overhangende- of pergolaconstructie gewenst zijn.



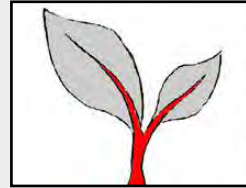
### Helofytenfilters - biodiversiteit

Het aanleggen van een helofytenfilter zorgt ervoor dat er een soort moerasoever ontstaat, waar specifieke diersoorten zich in thuis voelen. Door de oever en overige beplanting aan te passen op deze soorten kan de biodiversiteit verbeterd worden.



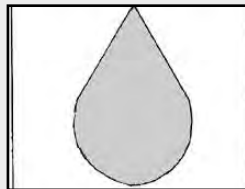
### Water in de stad - biodiversiteit

Als water op een natuurlijke wijze in de stad is aangelegd kan er een bijdrage geleverd worden aan de biodiversiteit. Door het toepassen van beplanting die bij voorkeur inheems is kunnen bepaalde dieren die een waterrijke omgeving prefereren de stad in worden geleid. Dit is maatwerk; de beplanting en inrichting is voor elke locatie specifiek.



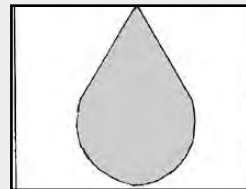
### Water in de stad - waterkwaliteit

Een natuurlijke aanleg van een waterpartij is bevorderlijk voor de waterkwaliteit. Bij de keuze van de oeverbeplanting gaat de voorkeur uit naar inheemse beplanting. Eventueel kunnen filtersystemen worden toegepast voor extra kwaliteitsverbetering. Waar mensen in aanraking kunnen komen met het water dient extra aandacht te zijn voor de waterkwaliteit om gezondheidsrisico's te vermijden.



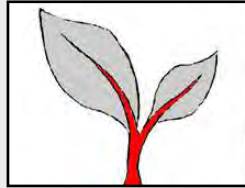
### Wadi's - waterkwaliteit

Wadi's verbeteren de waterkwaliteit in beperkte mate, maar ze kunnen meer bijdragen als er extra maatregelen worden getroffen. Een filterlaag onder de wadi, of het gebruik van filterende beplanting zoals riet kan de waterkwaliteit verbeteren.



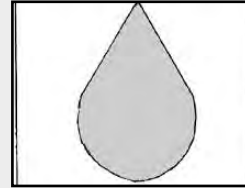
### Wadi's - biodiversiteit

Door wadi's te beplanten met inheemse beplanting kan de biodiversiteit worden verbeterd. Welke beplanting hiervoor kan worden gekozen hangt af van de doelsoorten, en van de planten die in de omgeving al aanwezig zijn. Het maaien van de wadi moet idealiter één keer per jaar gebeuren. Als er toch twee keer per jaar gemaaid moet worden, moet dit de eerste keer na 15 juni en de tweede keer na 15 september zijn.



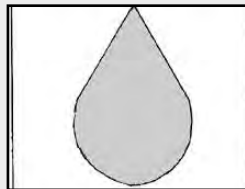
### Ontharden - waterkwaliteit

Het ontharden en vergroenen van tuinen en openbare ruimte creëert ruimte voor water om te infiltreren in de grond. Door in de ondergrond filterlagen aan te brengen kan de waterkwaliteit worden verbeterd. Door op plekken waar water langer blijft staan filterende beplanting zoals riet toe te passen wordt de waterkwaliteit ook verbeterd.



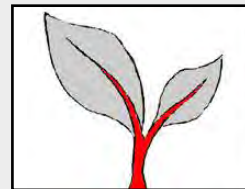
### Oppervlaktewater - waterkwaliteit

Door van oppervlaktewater een sedimentvijver te maken, of door er een helofytenfilter in aan te leggen kan de waterkwaliteit worden verbeterd. Er moet wel op gelet worden dat er tussen bezoekers en vervuild water een goede barrière aanwezig moet zijn, om gezondheidsrisico's te voorkomen.



### Ontharden - biodiversiteit

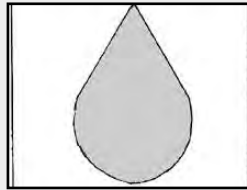
Het ontharden van tuinen en openbare ruimte geeft ruimte om te vergroenen. Door bij deze vergroening de keuze van plantensoorten aan te passen aan de omgeving en aan de gewenste diersoorten, kan een bijdrage geleverd worden aan de biodiversiteit. Variatie in soorten is hierbij van groot belang. De keus van plantensoorten is afhankelijk van de locatie en het wensbeeld, en is dus maatwerk.





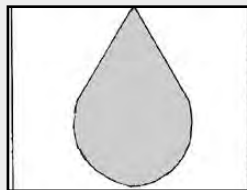
### **Wateropvang ondergronds & op daken - Waterkwaliteit**

Bij ondergrondse wateropvang kan er gebruik worden gemaakt van filters, zodat het opgevangen hemelwater gebruikt kan worden voor de wasmachine en de wc. Wateropvang op daken kan op de zelfde manier gefilterd en hergebruikt worden, en het kan ook door substraat en/of beplanting gefilterd worden - in combinatie met een groen dak.



### **Overige SUDS - waterkwaliteit**

Een groot deel van de Sustainable Urban Drainage Systems bestaan uit 'grijze' oplossingen, die gericht zijn op het voorkomen van wateroverlast. Hierin kunnen filtersystemen worden toegepast om de waterkwaliteit te verbeteren. Door de toevoeging van groen kan op natuurlijke wijze (m.b.v. substraat, riet, helofyten of andere beplanting) water gezuiverd worden. Dit geeft een meerwaarde aan deze maatregelen.





5.

VOORBEELDEN

# NATURE-BASED SOLUTIONS IN EINDHOVEN

De afgelopen jaren is Eindhoven al veel bezig geweest met het leefbaar maken van de stad eerst met vergroenen later met behulp van Nature-Based Solutions. Het komende hoofdstuk gaat in op enkele uitgevoerde projecten in de stad die als Nature-Based bestempeld kunnen worden. Dit zijn projecten waarin groen, water en stedenbouw samenwerken voor het creëren van een betere plek en een betere, meer klimaatbestendige leefomgeving.

Per project wordt er uitleg gegeven over de aanleiding van het project en op de uitvoering ervan, aan de hand van beeldmateriaal. Verder wordt toegelicht hoe Nature-Based Solutions in het plan zijn geïmplementeerd, en in hoeverre dit is geslaagd. Tenslotte staan er per project enkele aanbevelingen. Deze geven aan wat nog gedaan kan worden om het project meer Nature-Based te maken, of wat tijdens de planvorming of uitvoering gedaan had kunnen worden om Nature-Based Solutions meer en beter te implementeren. Deze aanbevelingen kunnen bij komende projecten worden meegenomen, waardoor deze meer kans van slagen krijgen.

De gekozen voorbeelden in Eindhoven zijn allemaal in meer of mindere mate geslaagde projecten. De voorbeelden zijn gekozen omdat het doel van dit boek inspireren is, en successen over het algemeen meer inspirerend zijn dan “mislukte” projecten. Niet elk project in Eindhoven wat als Nature-Based bestempeld zou kunnen worden is natuurlijk geslaagd. Locaties zoals bijvoorbeeld het Fensterrein (waar het geplante groen niet aansloeg) zijn (nog) geen succes, en hier is nog veel winst te behalen.

Plaatje rechts: Doornakkers

# AANSCHOTSE BEEMDEN

## Het project

De gemeente Eindhoven had de ambitie om bij de benodigde herinrichting van het beekdal Aanschotse Beemden het historische landschap, natuur en water optimaal ruimte te geven. De herinrichting van de Aanschotse Beemden is tevens benut om hemelwater te bergen. Deze waterberging bestaat uit twee delen. Een relatief kleine berging in een accoladeprofiel direct langs de beek, en een grote berging in een nevengeul, die alleen bij grote buien wordt ingezet. Met behulp van een stuw in de Groote Beek ter hoogte van de wijk Blixembosch en een overlaatconstructie naar de nevengeul, is de inzet van de berging te regelen.

Om de waterkwaliteit te verbeteren wordt het water eerst door een helofytenfilter geleid.

Eindhoven is voornemens om grote delen van de stad af te koppelen. Het hemelwater wordt dan niet meer op het gemengde riool geloosd, maar gaat voor een groot deel naar het oppervlaktewater. De waterberging wordt ingezet om, bij extremere buien de piekbelasting van het oppervlakte te beperken. De berging heeft een capaciteit om, met de huidige normen, circa 110 hectare van de stad van berging te voorzien.

## Toegepaste Nature-Based Solutions

### Waterkwantiteit

De waterberging zorgt ervoor dat het oppervlaktewater minder wordt belast. Daarmee wordt het positieve effect van

afkoppelen van verhard oppervlak van het rioolstelsel versterkt.

### Waterkwaliteit

Om de waterkwaliteit te verbeteren wordt gebruik gemaakt van een helofytenfilter. Hierin kunnen nutriënten afbreken en zwevende stof met aanhangende verontreinigingen bezinken. Hiermee wordt de ecologische waarde van het gebied vergroot.

### Natuur

Binnen Woensel vervult het gebied een belangrijke groene functie. Het gebied wordt onderdeel van de bestaande EHS tussen de Oirschotse Heide en het Dommeldal, door het via Ekkersrijt te verbinden. De beek wordt heringericht met een accoladeprofiel, waarmee er een grotere afvoercapaciteit ontstaat en ook de ecologische potentie vergroot.

### Biodiversiteit

De Aanschotse Beemden is een belangrijk leefgebied voor verschillende soorten amfibieën dankzij de aanwezigheid van poelen en watervoerende slootjes. Het gebied kent zelfs een bewoner die op de rode lijst voorkomt: de Alpenwatersalamander.

### Leefkwaliteit

De aanpassingen van de inrichting van het gebied hebben het aantrekkelijker gemaakt voor de recreatie zorgt samen met de natuurlijke waarde voor een verbetering van de leefkwaliteit.



*Het water krijgt optimaal de ruimte in dit gebied*



*De Grote Beek die door het gebied loopt*



*Locatie Aanshotse Beemden*



*De natuurlijke omgeving zet aan tot beweging*

## Aanbevelingen

### Waterkwaliteit

De rand van het helofytenfilter is aangeplant met riet. Het filter is niet bedoeld voor recreanten. Het riet leek in 2017 nog niet aan te slaan, waardoor recreanten en honden door de oeverzone en het water met de filters heen liepen. Dit beperkt waterzuiverende werking sterk. Door toepassing van een steiler talud aan de kant van het helofytenfilter kan een tweede barrière worden gecreëerd voor recreanten. Ook kan worden onderzocht wat de reden is van het niet aanslaan van het riet, en kan met deze kennis de oever opnieuw worden beplant.

### Natuur

De Aanscotse Beemden maakt deel uit van een Ecologische Hoofd Structuur. Via de Ekkersrijt kan de Aanscotse Beemden worden verbonden met de Dommel en het Dommeldal. Deze verbinding is nu vormgegeven door de inrichting van de Grootte Beek. Ten hoogte van de A50 zou deze verbinding versterkt kunnen worden door de aanleg van extra faunavoorzieningen.



*Biodiversiteit wordt zichtbaar gemaakt voor bezoekers*



*Het gebied wordt gebruikt als wandel- en fietsroute*



*De speelvijver kort na aanleg; zelfs zonder beplanting een aantrekkelijk gebied*



*De Aanshotse Beemden maakt deel uit van een Ecologische HoofdStructuur*

# BILDERDIJKLAAN

## Het project

De Bilderdijklaan was een ontbrekende schakel in de Dommelfietsroute, onderdeel van de Slowlane, de hoogwaardige fietsroute in Eindhoven. Het voornaamste doel van dit project: is het herinrichten van de Bilderdijklaan zodat de Slowlane hier wordt aangelegd. Hoewel de aanleiding van het project verkeerskundig was, waren er ook voor de natuur en klimaatbestendigheid van het project uitgangspunten opgesteld.

Het belangrijkste uitgangspunt voor de openbare ruimte is het zoveel mogelijk reduceren van verhard oppervlak. Vanuit het waterbeleid wordt hetzelfde uitgangspunt gehanteerd, met daarnaast de aanleg van zoveel mogelijk extra waterberging. In het groenbeleid maakt het gebied deel uit van de ruimtelijke strategie 'Stad, rood beeldbepalend', wat betekent dat de hoeveelheid groen niet verder af mag nemen. Verdere ambities vanuit groen waren om de vergroening binnen het profiel passend te maken bij de omliggende groengebieden en de Dommeltuyn Van Abbe. Daarnaast is ook het toepassen van vleermuisvriendelijke verlichting en het gebruiken van de Bilderdijklaan als ecologische verbindingzone een wens.

## Toegepaste Nature-Based Solutions

### Hittestress

Het versmallen van het wegprofiel geeft ruimte voor meer groen op de Bilderdijklaan. Dit is deels gebruikt om te ontharden en te vergroenen. Dit zorgt voor minder hittestress. Echter is voor een deel van de vrijgekomen ruimte half-verhard toegepast, wat significant minder effecten heeft op de hittestress dan groen.

### Waterkwantiteit

Het ontharden en vergroenen zorgt er ook voor dat water sneller kan infiltreren. De halfverharding is hierbij wel een goede oplossing als een oppervlakte hard moet zijn maar wel waterdoorlaatbaar.

### Lucht kwaliteit

Het versmallen van het wegprofiel naar éénbaansweg zorgt voor minder autoverkeer. Dit zorgt voor minder uitlaatgassen en fijnstof en dus voor een betere luchtkwaliteit.

### Biodiversiteit

De toepassing van vleermuisvriendelijke verlichting is bevorderlijk voor de biodiversiteit. Ook het ontharden en vergroenen van de weg draagt hieraan bij. De visie om de Bilderdijklaan te zien als een ecologische verbindingzone zorgde voor een grotere focus op groen en biodiversiteit.

### Leefkwaliteit

De bovenstaande elementen zorgen samen met de realisatie van de Slowlane - die fietsen bevordert - voor een betere leefkwaliteit aan de Bilderdijklaan.

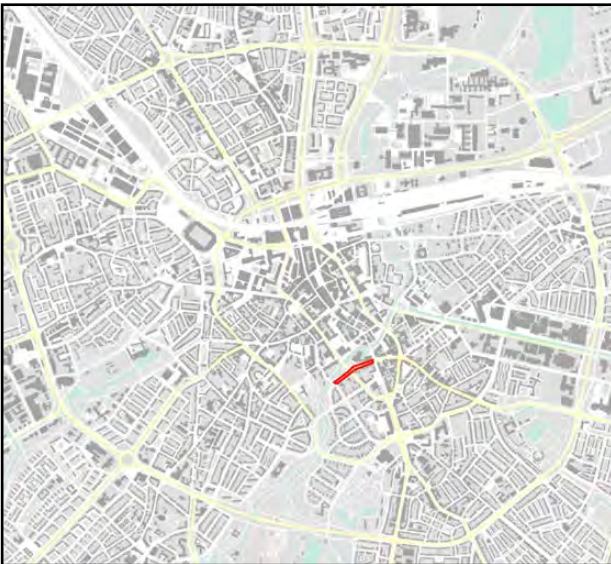




*De rijbaan is enkel voor eenrichtingsverkeer*



*Er is gebruik gemaakt van half-verharding*



*Locatie Bilderdijklaan*



*Het tweezijdige fietspad heeft de overhand*

## Aanbevelingen

### Hittestress

Door het beperken van de hoeveelheid halfverharding kan er meer ruimte overblijven voor groen. Een mogelijkheid hiervoor is het vervangen van de huidige halfverharde oppervlakten met 'karrensporen', waar binnenin groene, onverharde ruimte is.

### Living Lab

Door de Bilderdijklaan te gebruiken als 'living lab', kan er onderzocht worden op welke manieren het beste klimaatadaptief kan worden ontwikkeld. Ook kan dit project dienen als voorbeeld voor komende projecten die als doel hebben om te ontharden en vergroenen in het kader van de klimaatadaptiviteit. Met behulp van sensoren en waarnemingen kan worden gekeken naar de effectiviteit van verschillende beplantingen, of van verschillende manieren van beheer van het groen.



*Tweezijdig fietspad aan het Anne Frankplantsoen*



*Fietsers hebben voorrang op kruisingen*



*Aansluiting op het Van Abbe Museum door middel van een zitruimte*



*Kruising Bilderdijklaan / Stratumsedijk: de aansluiting van de slowlane*

# BONIFACIUSPARK

## Het project

In 2008 werd het plan gemaakt om het Bonifaciuspark en omgeving te renoveren. Het ging om het verbinden de waterpartijen tot een watersysteem, waarbij groenrenovatie een belangrijk onderdeel was. Het project voorziet in het realiseren van een waterstructuur vanaf de vijvers Gijzenrooi tot aan het Eindhovens Kanaal, en de Bonifaciusvijver werd onderdeel van deze structuur. Door de aanleg hiervan werd het mogelijk om grond- en hemelwater van het gebied Gijzenrooi e.o. af te voeren naar het open water in plaats van naar de rioolwaterzuivering.

Deze waterstructuur maakt deel uit van een groenstructuur die in Stratum reikt vanuit het buitengebied. Om de kwaliteit van deze groene wig goed uit te laten komen werd gezocht naar een contrast in de openbare ruimte.

De paden waren door boomwortels omhoog gedrukt. Om het park begaanbaar te houden werden de paden opnieuw aangelegd en voorzien van een speciale constructie die opdrukken door wortels tegengaat. Voor extra waterberging en verbindingen zijn nieuwe waterpartijen / sloten gegraven, welke met elkaar verbonden zijn door middel van duikers.

Het groen in het Bonifaciuspark was te wild geworden en belemmerde het zicht. Het kappen van bomen het planten van nieuwe, het opnieuw inrichten of aanleggen van plantvakken, verbetert de kwaliteit en beleefbaarheid van het groen.

## Toegepaste Nature-Based Solutions

### Waterkwantiteit

Het watersysteem van het park is uitgebreid en voorziet in een functionerende waterstructuur vanaf Gijzenrooi tot aan het Eindhovens kanaal. Dit watersysteem zorgt ervoor dat een deel van het hemelwater in het gebied is afgekoppeld van de rioolwaterzuivering.

### Biodiversiteit

**Vanuit de bewoners kwam de vraag naar een vogel- en vleermuisvriendelijke inrichting van het Bonifaciuspark. De maatregelen die zij voorstelden waren een oeverwaluwand in een van de waterpartijen, en het ophangen van diverse typen vogel- en vleermuiskasten. Deze zijn geschikt voor steenuilen, bosuilen of randuilen, koolmezen, kuifmezen en bonte vliegenvangers, boomkruipers, kleine mezen, mussen, roodborstjes en grauwe vliegenvangers, zwaluwen, en vleermuizen. Hiernaast zijn ook bomen en struiken met bessen en andere voor vogels eetbare vruchten geplant.**

### Leefkwaliteit

**In het park werden ook bestaande speel- en recreatieplekken meegenomen. In het gebied bevindt zich een kinderboerderij/ dierenweide.**



*Eén van de vele waterpartijen in het Bonefaciuspark*



*Er zijn veel nestgelegenheden aangebracht*



*Locatie Bonefaciuspark*



*Een nieuwe inrichting van de grootste vijver*

## Aanbevelingen

### Hittestress

Hoewel het park van nature al bijdraagt aan het verminderen van hittestress, had op enkele plekken nog meer aandacht besteed kunnen worden aan dit onderwerp. Door bijvoorbeeld schaduw te creëren (met bijvoorbeeld pergola's) op zitplekken zoals bij de hoofdvijver kan het park aangenamer gemaakt worden voor bezoekers.

### Waterkwaliteit

Bij het renoveren van het park is er voor gekozen om een peuterbadje niet meer als badje te gebruiken, vanwege de inspanningen die nodig zijn om een goede waterkwaliteit te garanderen.

Er waren en zijn weinig klachten met betrekking tot de waterkwaliteit. Daarom is geen bijzondere aandacht besteed aan het verbeteren van de waterkwaliteit. In de toekomst kan met behulp van bijvoorbeeld helofytenfilters de waterkwaliteit verhoogd worden. Zelfs als de kwaliteit aan normen voldoet is er met het oog op de toekomst nog veel aan te verbeteren.



*Alle wateren zijn verbonden om één systeem te creëren*



*Bij veel neerslag kan water vastgehouden worden*



*Een natuurlijkere inrichting van de oevers in het Bonefaciuspark zorgt voor meer biosiversiteit*



*Eén van de manieren waarop waterpartijen in het Bonefaciuspark met elkaar verbonden zijn*

# DOORNAKKERS

## Het project

De wijk Doornakkers heeft rond 2000 enkele keren ernstige wateroverlast gehad als gevolg van zware buien. De gemeente wilde om die reden maatregelen treffen om de wateroverlast in de wijk op een efficiënte manier te reduceren. De mogelijkheid van afkoppelen en infiltratie is nader onderzocht. Dit heeft geresulteerd in een aantal oplossingsscenario's welke in een 'structuurplan riolering Doornakkers' zijn uitgewerkt. Dat leidde tot een vervolgstudie waarin de afkoppel-mogelijkheden in de wijk Doornakkers nader zijn uitgewerkt. Het onderzoek gaat nader in op het ontwerp van het regenwaterafvoersysteem (RWA) inclusief een waterberging.

Plangebied Doornakkers wordt begrensd door de spoorlijn Eindhoven-Weert en de Tongelresestraat in het noorden, de ringweg in het westen, de Ruysdaelbaan/Quinten Matsijslaan in het zuiden en de Gerard Davidstraat, de Generaal Cronjestraat en de Hefveld in het oosten. Het plangebied is ca. 68 hectare groot. In totaal beslaat Doornakkers 81,5 hectare. Doornakkers betreft een relatief rustige woonwijk met een gemiddelde verkeersbelasting. Doornakkers kenmerkt zich door het voorkomen van een variëteit aan groene stroken en groenzones.

## Toegepaste Nature-Based Solutions

### Waterkwantiteit

In het herziene ontwerp van het RWA-systeem zijn geen wadi's opgenomen als buffervoorziening. De buffercapaciteit van het RWA-systeem komt daarmee geheel ten laste van de spoorsloot en de berging binnen het rioolstelsel. De buffercapaciteit van de spoorsloot is hoog dankzij de grote lengte en het brede dwarsprofiel. Aan de spoorsloot is een gevarieerd profiel gegeven, waardoor een goede inpassing mogelijk was. Ter hoogte van de Doornakkersweg ligt in de spoorsloot een doorlatende stuw welke als vertraging van de afvoer en tevens als bodempassage zal fungeren.

### Hittestress / biodiversiteit

Doordat in alle straten de bestrating moest worden opgebroken bood dit de kans om woonstraten en groenvoorziening te verbeteren, bijvoorbeeld door te ontharden. Het gebied tussen het Hefveld en het spoor is ingericht als waterbergingsgebied. Juist de noodzaak om water op te vangen en (tijdelijk) vast te houden bood een mooie kans om de groenstrook aantrekkelijker te maken. Door het gebied verschillende hoogten te geven en de paden als subtiele dijken door de zone te laten slingeren ontstaat een aantrekkelijk gebied waar tijdens droge en natte situaties een gevarieerd beeld is ontstaan.





*Bankjes geven uitzicht op het groen*



*Houten bruggetjes vormen een eenheid in inrichting*



*Locatie Doornakkers*



*Momenteel zijn de bruggen verscholen achter beplanting*

## **Aanbevelingen**

### **Leefkwaliteit**

Een korte tijd na de aanleg van het Hefveld (in 2012) was de beplanting maximaal 30 centimeter hoog, en dit werd door omwonenden ervaren als erg mooi en plezierig om langs te lopen. Momenteel in 2017 zijn delen van de beplanting meer dan één meter hoog, en dit wordt ervaren als slecht onderhouden en te wild. Dit zou kunnen worden voorkomen door op strategische plekken de beplanting maximaal een halve meter hoog te houden. Het hoge groen zorgt er bij bankjes voor, dat bezoekers recht in de struiken kijken als ze gaan zitten. Door het groen hier te snoeien of te maaien kan de beleefbaarheid worden verbeterd.

### **Biodiversiteit**

Bij het ontwerpen en aanleggen van het Hefveld is voornamelijk gedacht vanuit het principe van een wateropvang die natuurlijk is, zodat er slechts één keer in twee jaar onderhoud gepleegd hoeft te worden, met toegevoegde recreatieve waarde. Hoewel de natuurlijke invulling automatisch bijdraagt aan biodiversiteit, had dit project nog meer kunnen toevoegen als er vanaf het begin meer aandacht was besteed aan dit onderwerp, door te sturen op specifieke soorten, door het toepassen van specifieke beplanting.



*De andere kant van het spoor; een natuurlijke spoorsloot*



*De huidige begroeiing is meer dan één meter hoog*



*Met de beplanting op deze hoogte oogt het Hefveld natuurlijk maar niet verwilderd*



*De beplanting in volle bloei; een mooi voorbeeld van wateropvang en biodiversiteit gecombineerd*

# GEESTENBERG

## Het project

Woonbedrijf heeft samen met STUDIO 1:1 en in samenwerking met bewoners een project in de wijk Geestenberg gestart: Groen Geestenberg. Door de wijk te bekijken als natuurgebied, zijn verschillende acties bedacht die helpen om de biodiversiteit in de woonwijk te vergroten. Geestenberg is al een hele groene wijk en dat biedt mooie kansen. Er zijn al enkele initiatieven opgestart door buurtbewoners, zoals het eetbare plantsoen.

Op de hoek van Rauwveld en Urkhovenseweg is Eetbaar Plantsoen Geestenberg te vinden. Dit plantsoen wordt door buurtbewoners onderhouden. Op een stukje grond van 90 m<sup>2</sup> is een verscheidenheid aan eetbare vaste planten te vinden zoals rabarber, bessen en kruiden. Dit plantsoen maakt voor het overgrote deel gebruik van regenwater, wat in twee tonnen en op het dak wordt opgevangen. Hierdoor wordt er weinig tot geen drinkwater gebruikt.

Geestenberg en STUDIO 1:1 doen hiernaast nog vele andere projecten, waaronder een project voor diervriendelijke verlichting: de nachtvliinder.

## Toegepaste Nature-Based Solutions

### Hittestress

Het toepassen van groene daken zorgt voor minder donker, verhard oppervlak in de buurt en vermindert dus het hitte-eilandeffect.

### Biodiversiteit

Het online platform 040 Goed Bezig vermeldt vier simpele acties waarmee buurtbewoners de biodiversiteit in Geestenberg kunnen vergroten. De eerste actie is het maken van je eigen 'seed dispenser'. Tijdens een wandeling door de buurt kunnen met zo'n seed dispenser zaadjes verspreid worden, zodat de verschillende wandelroutes een bloemrijke omgeving worden.

Ten tweede zijn er speciale plantenkaarten met zaadjes erin gemaakt, waarmee gezaaid of gestekt kan worden.

De derde actie is het ophangen van groene verlichting rondom je huis. Groen licht is namelijk minder verstorend voor plant- en diersoorten in de wijk dan wit licht.

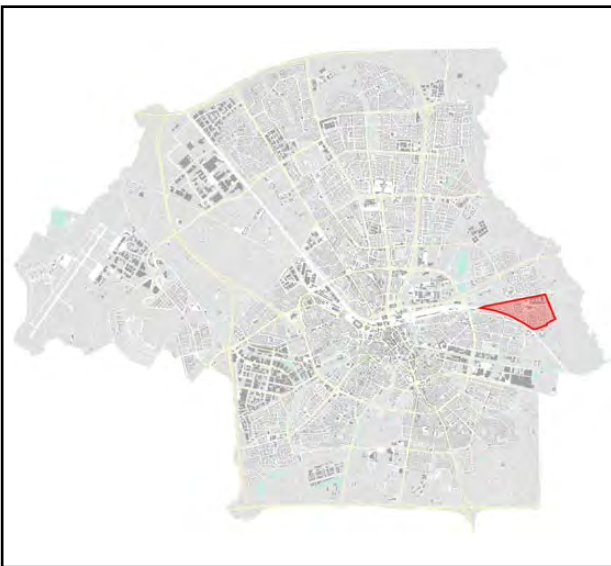
De laatste actie gaat om Operatie Steenbreek: stoeptegels eruit, groen erin. Met het ontharden van (voor)tuinen wordt de biodiversiteit vergroot. Daar hoort ook het aanleggen van geveltuintjes bij. In de wijk hebben bewoners een kast gemaakt waarin een box vol hulpmiddelen staat, zodat bewoners direct met bovenstaande acties aan de slag kunnen.



*De groene daken zijn een voorbeeld voor de wijk*



*Regentonnen in het Eetbaar Plantsoen*



*Locatie Geestenberg*



*Een informatiebord van Buur Natuur; van Woonbedrijf*

## Aanbevelingen

### Hittestress

Op dit moment zijn er twee daken in Geestenberg vergroend. Door meer ondersteuning vanuit bijvoorbeeld de gemeente kan dit aantal vergroot worden, waardoor dit initiatief een grotere invloed krijgt op het verminderen van de hittestress, en niet enkel dient als inspirerend voorbeeld.

### Biodiversiteit

Zowel de plantenkaart als de “seed dispensers” kunnen beter benut worden voor de biodiversiteit, door te letten op de soorten die ze bevatten. Door enkel inheemse soorten te zaaien die in de buurt van nature voor (kunnen) komen, verstoort je geen andere soorten. Ook hebben inheemse dieren baat bij inheemse planten, waar ze zich op thuis voelen.

In een onderzoek van K. Spoelstra (2017) is aangetoond dat groene verlichting minder positieve effecten heeft voor de fauna dan rood-oranje verlichting. Vleermuizen en bosmuizen laten hun activiteiten veranderen door groen licht, en ook insecten worden er door aangetrokken, waardoor ze meer in spinnenwebben vliegen, of blijven fladderen tot ze dood gaan. De enige dieren waarvoor is aangetoond dat groen licht een positief effect heeft zijn trekvogels (van de Laar, F., Marquenie, J., Poot, H., 2009), en die komen in Geestenberg te weinig voor om groen licht voor te realiseren. Door hier rood-oranje verlichting toe te passen wordt er dus een nog betere omgeving gecreëerd voor dieren.



*Sinds kort staat er een insectenhotel in Geestenberg*



*Veel bewoners houden zich bezig met biodiversiteit*



*De groene daken zijn gemakkelijk te bekijken vanaf een verhoogd punt*



*Eetbaar Plantsoen Geestenberg wordt nog altijd goed onderhouden*

# GEVELTUINTJES

## Het project

Een geveltuintje geeft een straat zonder voortuinen een fleurige aanblik. Het ziet er mooi en levendig uit en vangt het regenwater op, zodat er na buien minder plassen op de stoep staan.

Een geveltuintje mag een bewoner overal in de stad aanleggen, zolang er minimaal 1,50 meter stoep overblijft. Het geveltuintje mag zelf 45 centimeter uit de gevel liggen. De grond waarop het tuintje ligt blijft eigendom van de gemeente.

## Toegepaste Nature-Based Solutions

### Hittestress

Het ontharden en vergroenen van de openbare ruimte vermindert de gevolgen van hittestress, ook al is dit op zeer kleine schaal.

### Biodiversiteit

De gemeente Eindhoven geeft in een informatieboekje tips en inspiratie voor het aanleggen van een geveltuin. De tips zijn deels gericht op het geven van aanbevelingen voor plant keuze voor de tuin, en deels op het vergroten van de biodiversiteit. Voor klimplanten worden de klimop, de wilde wingerd, kamperfoelie, bosrank en winterjasmijn aangeraden. Voor het aantrekken van vlinders, bijen en andere insecten wordt lavendel, tijm, wilde marjolein, herfstaster en kamperfoelie genoemd. Van de voorjaarsbloemen staan sneeuwkllokjes, narcissen, krokussen en tulpen in het boekje, en voor wintergroene planten wordt herfstbergthee aangeraden. Daarnaast wordt genoemd dat bij een tuin op het noorden of oosten Winterjasmijn en een groenblijvende heester goede keuzes zijn.

### Leefkwaliteit

Misschien wel de belangrijkste gevolgen van het aanleggen van geveltuintjes is het aangenamer maken van de straat. Meer groen maakt een straat meer leefbaar en zorgt ervoor dat mensen zich gelukkiger voelen.





*Een natuurlijk ogend geveltuintje*



*Strakke geveltuintjes met minimaal onderhoud*



*Het onderhouden van een geveltuin is ideaal voor kinderen*



*Ontharden en vergroenen met een geveltuintje*

## Aanbevelingen

### Biodiversiteit

Door te sturen op het gebruiken van inheemse planten in geveltuintjes kunnen zogenaamde stepping stones gecreëerd worden waar inheemse dieren gebruik van kunnen maken als ze zich verplaatsen.

### Regels en voorwaarden

Het aanleggen van een geveltuin lijkt in eerste instantie simpel. Echter zitten er veel regels en voorwaarden vast aan deze tuintjes. In straten waar de stoep 1,5 meter of smaller is mag geen geveltuin worden aangelegd. De eigenaar van het tuintje moet voorkomen dat de stoep verzakt. Mocht het nodig zijn dan kan de gemeente op elk moment een geveltuintje verwijderen, zonder dat kosten vergoed worden. Deze voorwaarden kunnen een hoge drempel vormen voor het aanleggen van een geveltuintje, en het is dan ook belangrijk om bewoners continu te ondersteunen en voor te lichten om onduidelijkheden en problemen te voorkomen.



*Geveltuintjes fleuren het straatbeeld op*



*Eetbare planten kunnen geschikt zijn voor geveltuintjes*



*Het gebruiken van gerecycled materiaal maakt een geveltuintje nog duurzamer*



*Geveltuintjes kunnen een eenheid in het straatbeeld creëren*

# HERMANUS BOEXSTRAAT

## Het project

De Hermanus Boexstraat is één van de drukst bezochte winkelstraten in het centrum van Eindhoven. Het is daarnaast een van de weinige straten in de binnenstad van Eindhoven waar bomen in staan. Deze bomen stonden van origine volledig in de verharding, met weinig tot geen ruimte voor de boom om te kunnen groeien.

Dit zorgde voor enkele problemen. De boomwortels drukten de steentjes er omheen omhoog, wat de toegankelijkheid van de straat verslechterde. Daarnaast werden de bomen gebruikt door bezoekers van de binnenstad om hun fiets aan vast te zetten, omdat ze er gemakkelijk bij konden. Het bladafval dat op de stenen viel zorgde bij regen voor extra gladheid, en dus voor minder toegankelijkheid. Tenslotte konden de bomen niet optimaal groeien omdat ze volledig in de verharding stonden. Een bijkomend probleem is dat bij regenval de Hermanus Boexstraat vrijwel meteen plasvorming optrad. De groenbeheerders van de gemeente hebben in 2017 besloten om grotere, groene boomspiegels te creëren. Een groot deel van de stenen is weggehaald, en vervangen door grond met onder-beplanting. Rond de nieuwe boomspiegel staat een opstaande rand, die moet voorkomen dat mensen en fietsen binnen de boomspiegel komen.

## Toegepaste Nature-Based Solutions

### Hittestress

Door bomen meer ruimte te geven kunnen ze meer toevoegen aan het verminderen van hittestress in de binnenstad. Dit komt doordat een boom met een grotere boomspiegel een grotere kroon kan ontwikkelen, wat zorgt voor meer verdamping en schaduw.

### Waterkwantiteit

Dit was een van de redenen voor het opstarten van dit project. Bij hevige regenval stond in de Hermanus Boexstraat grote plassen. Door het vergroten van de boomspiegels wordt niet alleen het verharde oppervlak verminderd, maar wordt ook de opvangcapaciteit van de bomen vergroot. Er wordt gewerkt aan een ontwerp voor de hele binnenstad om deze nog verder te vergroenen. Dat plan zal rond 2020 uitgevoerd worden.

### Leefkwaliteit

Beter functionerende bomen zorgen voor een betere leefkwaliteit in de binnenstad. Doordat de bomen beter kunnen groeien nu ze in het groen staan is er kans dat de bomen groener, voller en gezonder gaan ogen. Dit heeft een positieve werking op de rust die mensen voelen in de binnenstad van Eindhoven.



*De boomspiegels aan de Hermanus Boexstraat zoals die er voor de ingreep uitzagen; te klein*



*Er wordt ruimte gecreëerd voor de bomen*

## Aanbevelingen

### Hittestress

Hoewel het vergroten van de boomspiegel een goed begin is, is er nog veel te halen in de binnenstad van Eindhoven. Om echt effectief hittestress tegen te gaan kan deze maatregel gecombineerd worden met groene daken, gevels, of schaduwwerpende maatregelen zoals (groene) pergola's.

### Waterkwantiteit

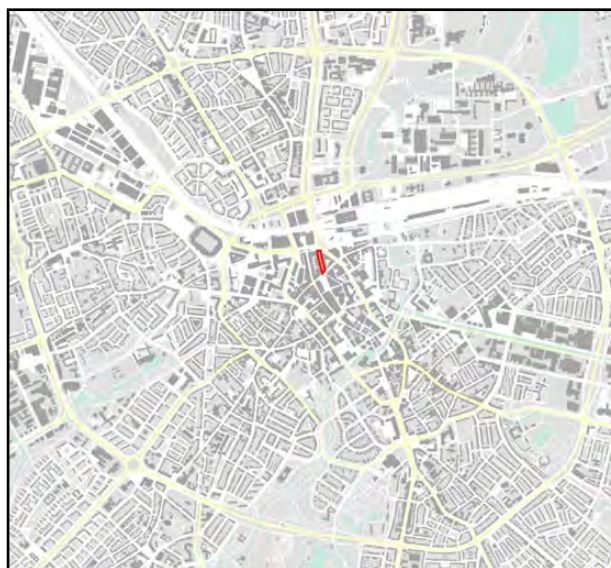
De opstaande rand rond de groene boomspiegel heeft tot gevolg dat alleen het water dat direct op de boom en boomspiegel valt kan infiltreren. Het water dat op de bestrating valt kan niet weglopen in de boomspiegel, waardoor de Hermanus Boexstraat alsnog relatief snel onder water kan komen te staan. Het verlagen van de boomspiegel, het verwijderen van de opstaande rand of het toevoegen van andere manieren om water te laten infiltreren zal voor verbetering zorgen. Om te voorkomen dat mensen en fietsen dan in de boomspiegel komen kan de plantkeuze worden aangepast, bijvoorbeeld met hogere beplanting of struiken met doornen.

### Biodiversiteit

Door bij de keuze van onder-beplanting te letten op biodiversiteit kan de binnenstad aantrekkelijker gemaakt worden voor stadsvogels of vlinders. Ook kan er hiermee een veelzijdiger en natuurlijker uiterlijk ontstaan.



*Door te ontharden ontstaat meer ruimte voor de bomen*



*Locatie Hermanus Boexstraat*



*Het eindbeeld; een grote, beplante boomspegel*

# KARPENDONKSELOOP

## Het project

De 5 grote Brabantse gemeentes hebben een plan aangeboden aan de provincie voor natuurontwikkeling in Noord Brabant: het B5-bod. Een deel van het plan gaat over het verbeteren van de ecologische waarden in het gebied de Karpen, door onder andere de verdroging tegen te gaan. Een meer ecologische inrichting van de Karpen is gewenst om te functioneren als verbinding tussen de groene wig “de Karpen” en het Wasven.

Naast dit B5-bod was een andere aanleiding voor het ontwerp van de Karpendonkseloop, de wateroverlast in de wintermaanden van 2008 in het groendomein Wasven. Na onderzoek is toen gebleken dat het oude waterlopenstelsel van de Karpendonkseloop niet meer functioneerde, waardoor het omliggende gebied geen goede afvoermogelijkheid meer had.

Er is een nieuwe sloot gegraven welke is verbonden met de bestaande (weg)sloten. Op enkele plekken is ruimte gerealiseerd voor een flauw talud, wat extra mogelijkheden geeft voor oevervegetaties en berging. Naast de aanleg van de Karpendonkseloop werd ook een bergingsvijver aangelegd. In totaal werd met de Karpendonkseloop ruim 6 hectare verhard oppervlak afgekoppeld.

## Toegepaste Nature-Based Solutions

### Waterkwantiteit

De Karpendonkseloop is waterloop die zoveel mogelijk natuur-technisch naast cultuurtechnisch vormgegeven is. Daar waar de ruimte beschikbaar was zijn om natuurtechnische overwegingen flauwere taluds aangelegd dan strikt hydraulisch vereist was. Hierdoor is binnen een aantal profielen meer ruimte voor natuurlijke processen zoals kwel, inzakken en vegetatieontwikkeling.

De waterbergende capaciteit en de afvoercapaciteit van het gebied zijn door de uitvoering van het nieuwe ontwerp vergroot. Het water kan worden gereguleerd door middel van “sluisjes” (schotbalkenstuwen). Zo kan water worden vastgehouden als dat nodig is voor de grondwaterstand. De waterafvoer vindt plaats via de Karpendonkseloop, die via een tweede bergingsvijver verder loopt.

### Biodiversiteit

Het Wasven-gebied is hiermee een stuk rijker geworden aan natuurdiversiteit. Dit maakt het nog waardevoller om als natuurgebied te behouden.





*De Karpendonkseloop anno 2017*



*Dit deel van de loop bevat het gehele jaar water*



*Locatie Karpendonkseloop*



*De Karpendonkseloop bij aanleg in 2005*

## **Aanbevelingen**

### **Biodiversiteit**

Bij de aanleg van de Karpendonkseloop is relatief weinig aandacht besteed aan biodiversiteit. Hoewel de oevers een flauw talud hebben gekregen is er met oeverbeplanting weinig tot geen rekening gehouden met bijvoorbeeld de salamanders die in dit gebied voorkomen. Door bij het beheer er op te letten dat bladafval en bagger uit het water verwijderd wordt, en dat er voldoende grote graspollen en dood hout achter gelaten wordt kunnen salamanders meer kans krijgen om dit water te gebruiken.



*De loop wordt twee keer per jaar gemaaid*



*Naast de loop werd ook een bergingsvijver aangelegd*



*Een flauw talud zorgt voor mogelijkheden voor oeverbeplanting*



*Anno 2017 is er nog weinig te zien van biodiverse oeverbeplanting*

# PARKLAAN

## Het project

Het project van de Parklaan was oorspronkelijk begonnen als een project gericht op de vervanging van het riool. Dit was in 1929 aangelegd en aan vervanging toe, daarnaast is er een regenwaterriool aangelegd. Omdat voor de ingreep de gehele straat opengebroken moest worden was er ook de ambitie om vernieuwing van de bestrating en een verbetering van de verkeerssituatie in het project op te nemen.

Uiteindelijk is er gekozen voor een versmalling van de weg en de aanleg van een nieuw leidingtracé. Dit gaf de mogelijkheid om de groeiplaatsen voor de bomen te verbeteren. De groenstroken zijn uitgebreid, de bodemstructuur bij de wortels is verbeterd en onder de bomen is er aanvullende beplanting aangebracht met kruidachtige onder-begroeiing. Hiervoor ging de voorkeur uit naar natuurlijke beplantingen met een hoge belevingswaarde en een meerwaarde voor de biodiversiteit, en dit alles met beperkt onderhoud. Hiervoor is een beplantingsadvies opgevraagd en uitgevoerd. Alle beplanting is maaibaar groen, ook al ziet het er niet zo uit.

## Toegepaste Nature-Based Solutions

### Hitstress

Het wegprofiel van de Parklaan is versmald, waarbij de overgebleven ruimte niet is verhard maar ingericht als groenstrook, zodat ook de aanwezige bomen in het groen kwamen te staan. Dit heeft een positief effect op de temperatuur in de stad. Daarbij zorgt het plaatsen van bomen in een onverharde, groene ondergrond voor een betere groei, waardoor bomen meer water kunnen verdampen en voor meer schaduw kunnen zorgen, wat ook zorgt voor plaatselijke temperatuurdaling.

### Waterkwantiteit

De vervanging van het riool zorgt er voor dat er meer water opgevangen kan worden. Daarnaast zorgt het gebruik van klinkers in plaats van asfalt voor meer mogelijkheden voor water om te infiltreren. De Nature-Based Solution in dit project is het ontharden en vergroenen van een groot deel van de Parklaan. Water kan beter infiltreren en kan worden opgenomen door de bomen en onderbeplanting.

### Biodiversiteit

Voor de groenstrook onder de bomen is besloten ze te beplanten met kruidachtige onderbegroeiing. Hiervoor is uitgegaan van natuurlijke beplanting met een meerwaarde voor de biodiversiteit. Dit is daadwerkelijk gerealiseerd door een gericht beplantingsadvies op te vragen. Voor verschillende delen van de Parklaan is verschillende beplanting toegepast, passend bij de locatie. Deze afwisseling is ook zeer goed voor de biodiversiteit.

### Leefkwaliteit

Bovenstaande elementen zorgen voor een betere leefkwaliteit; mensen voelen zich gelukkiger.



*De Parklaan is een autoluwe straat geworden*



*Het groene karakter van de Parklaan is overal zichtbaar*



*Locatie Parklaan*



*De gebruikte beplanting is inheems en biodivers*

## **Aanbevelingen**

### **Waterkwantiteit**

De Parklaan is een zeer goed voorbeeld van een geïntegreerd, klimaatbestendig(er) ontwerp. De infiltratie van regenwater zou nog verbeterd kunnen worden door het verlagen van het groen ten opzichte van de straat. Doordat water altijd naar het laagste punt stroomt komt het automatisch in het groen terecht, en hoeft het regenwater niet afgevoerd te worden in het riool.



*De bomen hebben een groeiplaats in het groen*



*Onder bomen is andere beplanting gebruikt dan elders*



*Het ontharden en vergroenen van de Parklaan is een goed voorbeeld van een geïntegreerd klimaatbestendig(er) ontwerp*



*De kruidachtige beplanting is volledig maaibaar groen, en dus gemakkelijk te beheren*

# SMALLE HAVEN

## Het project

In 2004 is de Smalle Haven gebouwd, in het centrum van Eindhoven. Deze bebouwing is al ontworpen in 1990, het eerste gebouw (Medina) is gerealiseerd in 2002. Medina is ontworpen als een 'groene oase in het centrum van Eindhoven'. De dakterrassen van 80 tot 100 m<sup>2</sup> zijn intensief voorzien van overhangend groen; de 'hangende tuinen'.

Het plangebied Smalle Haven bestond uit het Catharinaplein, de Colonnadebebouwing, het Stadsatrium, de Schilbebouwing achter het Stratumseind, het torengebouw en het Medinacomplex. De Colonnadebebouwing dient als overgang tussen Stratumseind en de rest van de Smalle Haven. Dit is gerealiseerd door de plaatsing van 'zachte' horeca in de plint met wonen en kantoren op de verdiepingen.

In 2008 heeft de Smalle Haven een groenimpuls gekregen. Het doel hiervan was om het gebied aantrekkelijker te maken met behulp van groen, met meer sfeer, waardoor bezoekers er graag verblijven. Het Park Terras (een groene zitruimte) en groene balkons waren onderdeel van deze impuls.

Sinds de realisatie zijn de groene daken, gevels en 'hangende tuinen' meer, groter en weelderiger geworden. Het groen heeft bijgedragen aan de populariteit van de zachte horeca in dit gebied.

## Toegepaste Nature-Based Solutions

### Hittestress

Bij het vergroenen van de Smalle Haven zijn groene gevels toegepast. Door de verdamping van water door deze planten wordt de hittestress verlaagd. De groene zitruimte die is aangelegd zorgt naast verdamping ook voor schaduw, door de toepassing van hogere planten en struiken. Dit maakt deze zitruimte op hete dagen een aangename, koelere plek om te verblijven.

### Waterkwantiteit

Hoewel het groen op de Smalle Haven niet geschikt is voor wateropvang of -berging, zijn er wel andere maatregelen voor waterkwantiteit toegepast; namelijk het scheiden van riool- en vuilwater. De groene daken zijn wel in staat om meer water op te vangen dan standaard grijze daken.

### Leefkwaliteit

Het vergroenen van de Smalle Haven heeft gezorgd voor een grotere populariteit van het gebied. Dit komt voor een groot deel doordat mensen meer rust ervaren op plekken met meer groen. De Smalle Haven werkt ontstressend door de grote hoeveelheid gevel- en dakgroen.

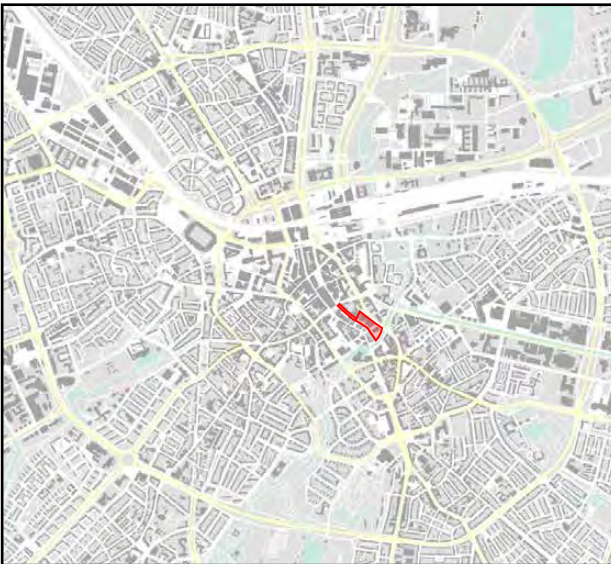




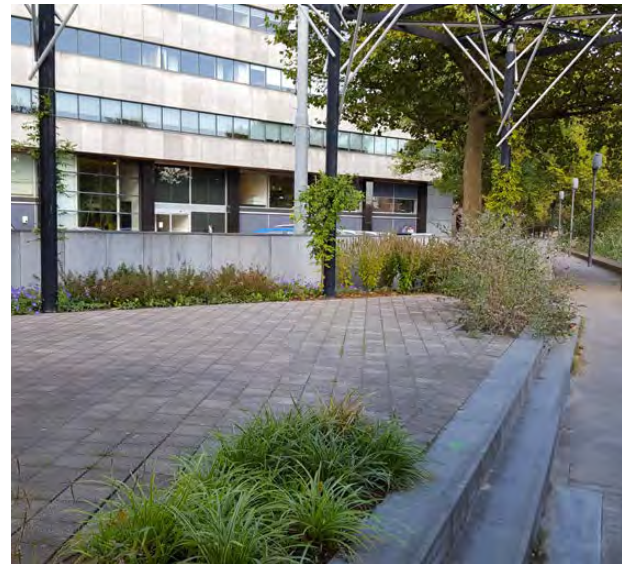
*Smalle Haven 2 - 4 heeft het kenmerkende gevelgroen*



*De hoek van de Oude Stadsgracht*



*Locatie Smalle Haven*



*De groene zitruimte aan de Smalle Haven*

## Aanbevelingen

### Leefkwaliteit

De groene zitruimte aan de Smalle Haven, met uitzicht op de Dommel, is in theorie een prachtige plek om te relaxen. Echter wordt deze plek niet of nauwelijks gebruikt anno 2017. De voornaamste reden hier voor is de afwezigheid van banken of andere zitplekken. Dit komt doordat het de bedoeling was dat de zitruimte ingericht zou worden door de eigenaars van een horecagelegenheid die aan de Smalle Haven zou komen. Deze horecagelegenheid is er (nog) niet gekomen, en daadwerkelijke zitplekken blijven uit. De gemeente zou hierin zelf het initiatief kunnen nemen en banken, stoelen en tafels kunnen plaatsen om deze potentieel ideale zitruimte te realiseren.



*Het College met weelderig gevel- en dakgroen*



*Klimplanten vergroenen de colonnade*



*De groene zitruimte wordt relatief weinig bezocht, maar wel veel gepasseerd*



*De groene gevels van de Smalle Haven zijn een van de bekendste en meest succesvolle voorbeelden van stadsgroen in Eindhoven*



6.

BRONNEN

# BRONNEN

040 Goed Bezig (n.d.). Doe mee met Operatie Steenbreek Eindhoven. Geraadpleegd op 9 november 2017, via <https://www.040goedbezig.nl/projects/operatie-steenbreek-eindhoven/>

Abell, R., et al. (2017). Beyond the Source: The Environmental, Economic and Community Benefits of Source Waters Protection. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA.

Alexandri, E. & Jones, P. (2008). Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Build Environ* 43, pp. 480-493.

Alterra Wageningen UR (2009). Biodiversiteit en bedrijventerreinen. IPO.

Alvey, A. A. (2006). Promoting and preserving biodiversity in the urban forest. *Urban Forestry & Urban Greening* 5, pp. 195-201.

Amsterdam Rainproof (2017). Amsterdam Rainproof.

Geraadpleegd op 6 december 2017, via <https://www.rainproof.nl/>

ANP. (2017). Driehonderd Extra Doden door Hittegolf. Geraadpleegd op 10 oktober 2017 via <https://www.nu.nl/gezondheid/4098554/driehonderd-extra-doden-hittegolf.html>

Aspinall, P. et al. (2015). The urban brain: analyzing outdoor physical activity with mobile EEG. *Br J Sports Med* 49, pp. 272-276.

Atelier GROENBLAUW (n.d.). Atelier GroenBlauw.

Geraadpleegd op 6 december 2017, via <http://www.ateliergroenblauw.nl/>

Baeten, I., Doesburg, M., Klinkenberg, W. (2017). Maatregelenmix. Has Hogeschool, 's Hertogenbosch.

Barton, J. & Pretty, J. (2010). What is the best dose of nature and green exercise for improving mental health? A multi-study analysis. *Environ Sci Technol* 44, pp. 159-168.

Beck, D.A. et al. (2011). Amending greenroof soil with biochar to affect runoff water quantity and quality. *Environ Pollut* 159(8-9), pp.2111-2118.

Bedimo-Rung, A. L. et al. (2005). The significance of parks to physical activity and public health: a conceptual model. *Am J Prev Med* 28, pp. 159-168.

Beecham, S. & Razzaghmanesh, M. (2015). Water quality and quantity investigation of green roofs in a dry climate. *Water Res* 70, pp. 370-384

Beerens, A. (2010). De relatie tussen biodiversiteit

en openbaar groen in de gemeente Utrecht. Kennispunt  
Bètawetenschappen, Universiteit Utrecht.

Bengtsson, L. (2005). Peak flows from thin sedum-moss  
roof. *Nord Hydrol* 36(3), pp. 269-280.

Berardi, U. (2016). The outdoor microclimate benefits and  
energy saving resulting from green roofs retrofits. *Energ Buildings*  
121, pp. 217-229

Beyer, K. M. et al. (2014). Exposure to neighborhood green  
space and mental health: evidence from the survey of the health of  
Wisconsin. *Int J Environ Res Public Health* 11, pp. 3453-3472.

Blaensdorf, E. (2016). Beplanting voor waterretentie. *Tuin en  
Landschap* 24, pp. 10-13.

Bodin, M. & Hartig, T. (2003). Does the outdoor environment  
matter for psychological restoration gained through running?  
*Psychol Sport Exerc* 4, pp. 141-153.

Boer, F., Jorritsma, J., van Peijpe, D. (2010). *De Urbanisten  
en het Wondere Waterplein*. Nai uitgevers.

de Bomenspecialist (2017). Meer informatie over leibomen.  
Geraadpleegd op 6 oktober 2017, via [https://www.debomeshop.nl/  
content/19-leibomen-informatie-prijs-soorten](https://www.debomeshop.nl/content/19-leibomen-informatie-prijs-soorten)

Bowler, D.E. et al. (2010). Urban greening to cool towns and  
cities: a systematic review of the empirical evidence. *Landsc Urban  
Plan* 97, pp. 147-155.

Bratman, G.N. et al. (2015). Nature experience reduces  
rumination and subgenual prefrontal cortex activation. *Proc Natl  
Acad Sci U S A* 112, pp. 8567-8572.

Brauer, C. (2016). *Het klimaat verandert - hoe houden  
we het droog in de stad?* Wageningen University & Research.  
Geraadpleegd op 10 oktober 2017, via [https://weblog.wur.nl/  
metropolitan-solutions/het-klimaat-verandert-hoe-houden-we-het-  
droog-in-de-stad/](https://weblog.wur.nl/metropolitan-solutions/het-klimaat-verandert-hoe-houden-we-het-droog-in-de-stad/)

Buglife (2009). *Creating green roofs for invertebrates; a  
best practice guide*.

Burg, R. (2017). *Blauwalg op meer plekken in de regio*.  
Eindhovens Dagblad. Geraadpleegd op 31 oktober 2017, via  
[https://www.ed.nl/eindhoven/blauwalg-op-meer-plekken-in-de-  
regio~a20f263f/](https://www.ed.nl/eindhoven/blauwalg-op-meer-plekken-in-de-regio~a20f263f/)

Cameron, R.W.F. et al. (2014). What's 'cool' in the world of green façades? How plant choice influences the cooling properties of green walls. *Build Environ* 73, pp. 198-207.

Castleton, H.F. et al. (2010). Green roofs; building energy savings and the potential for retrofit. *Energ Buildings* 42(10), pp. 1582-1591.

Chen, A. et al. (2014). Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations. *Urban for Urban Green* 13, pp. 646-654.

Chen, W.Y. (2015). The role of urban green infrastructure in offsetting carbon emissions in 35 major Chinese cities: a nationwide estimate. *Environ Pollut* 192, pp. 275-284.

Chow, W.T.L. & Roth, M. (2006). Temporal dynamics of the urban heat island of Singapore. *Int J Climatol* 26, pp. 2243-2260.

Cornelis, J. & Hermy, M. (2004). Biodiversity relationships in urban and suburban parks in Flanders. *Landscape and Urban Planning* 69, pp. 385-401.

Dickson, E., Baker, J.L., Hoornweg, D., Asmita, T. (2012). Urban risk assessments: an approach for understanding disaster and climate risk in cities. The World Bank, Washington DC.

Direction des espaces verts (2014). Direction des espaces verts et l'environnement.

DUIC (2016). Duizenden Utrechtse bomen ziek en sterven waarschijnlijk binnen tien jaar. Geraadpleegd op 6 december 2017, via <https://www.duic.nl/algemeen/ruim-24-000-utrechtse-bomen-ziek-en-sterven-waarschijnlijk-binnen-tien-jaar/>

DuraGreen (n.d.). Groene geluidsschermen. Geraadpleegd op 3 november 2017, via <http://www.duragreen.nl/nl/groene-geluidsschermen/>

ED. (2017). Misschien zit de achterdeur van Sigrid nu in de plantenkas. *Eindhovens Dagblad*. Geraadpleegd op 10 oktober 2017, via <https://www.ed.nl/eindhoven/misschien-zit-de-achterdeur-van-sigrid-nu-in-de-plantenkas~a07bd0a5/>

EEA (2012). Urban adaptation to climate change in Europe - challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies.

EEA (2015). Air quality in Europe - 2015 report. European

Environment Agency. Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Eindhoven de Wildste (2017). Gewildgroei in Eindhoven. Geraadpleegd op 31 oktober 2017, via <https://twitter.com/040dewildste>

Eindhoven in Beeld (2011). Stadhuisplein in lunchtijd. Geraadpleegd op 31 oktober 2017, via <http://www.eindhoveninbeeld.com/foto.php?foto=29176&sel=stadhuisplein>

EKLIPSE (2017). An impact evaluation framework to support planning and evaluation of nature-based solutions projects. Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, United Kingdom.

Enzi et al. (2017). Nature-Based Solutions and Buildings - The Power of Surfaces to help Cities Adapt to Climate Change and to Deliver Biodiversity. Springer Open. Cham, Zwitserland. pp. 159-187.

EU. (2008). Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe.

European Commission (2008). Gardens in the Sky: growing green roofs for healthier city air. Geraadpleegd op 4 december 2017, via [http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/113na6\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/113na6_en.pdf)

European Commission (2015). Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities (rapport). Luxembourg: Publications Office of the European Union.

Farrell, C. et al. (2013). High water users can be drought tolerant: using psychological traits for green roof plant selection. *Plant Soil* 372(1-2), pp. 177-193.

Fernandez-Juricic E., (2000). Avifaunal use of wooded streets in an urban landscape. *Conserv.Biol.*14:p513–521p.

Foster, J. et al. (2011). The value of green infrastructures for urban climate adaptation. The Center for Clean Air Policy, Washington, DC.

Gascon, M. et al. (2016). Residential green spaces and mortality: a systematic review. *Environ Int* 86, pp. 60-67.

Gedge, D. & Grant, G. (2017). GreenInfrastructureConsultancy: projects for pollinators.



Gemeente Eindhoven (2017). Groenbeleidsplan 2017. Eindhoven: Gemeente Eindhoven.

Gidlow, C.J. et al. (2016). Natural environments and chronic stress measured by hair cortisol. *Landsc Urban Plan* 148, pp. 61-67.

Ginkelgroep (2015). Sedumdak wat is dat precies? Koninklijke Ginkel Groep. Geraadpleegd op 6 oktober 2017, via <https://www.ginkelgroep.nl/link/wat-is-een-sedumdak/>

Godefroid, S. & Koedam, N. (2003). ) How important are large vs. small forest remnants for the conservation of the woodland flora in an urban context? *Global Ecol Biogeogr* 12, pp. 287-298.

Gong, E.J. et al. (2014). Research on the characteristics of the water quality of rainwater runoff from green roofs. *Water Sci Technol* 70(7), pp. 1205-1210.

Greenmax (2017). Boombak - Boombakken EPS / Polyurea - GREENMAX. Geraadpleegd op 6 november 2017, via <https://www.greenmax.eu/nl/boombak/>

Groenbeleidsplan (2017). Gemeente Eindhoven.

GroeneRuimte (2015). Dossier Groen als luchtfilter 'Groene oplossingen voor het verbeteren van de luchtkwaliteit'. Geraadpleegd op 4 december 2017, via [https://www.groeneruimte.nl/dossiers/groen\\_en\\_luchtkwaliteit/home.html](https://www.groeneruimte.nl/dossiers/groen_en_luchtkwaliteit/home.html)

Hanski, I. (2012). Environmental biodiversity, human microbiota, and allergy are interrelated. *Proc Natl Acad Sci U S A* 109, pp. 8334-8339.

Horváthné Pintér, J. (n.d.). Groendaken als retentiebekken. Dak & Gevelgroen. Opgehaald op 8 november 2017, via <http://edepot.wur.nl/266102>

Hostetler, M. & Holling, C.S. (2000). Detecting the scales at which birds respond to structure in urban landscapes. *Urban Ecosystems* 4(1), pp. 25-54.

Houtmeyers (2017). Leibomen - Houtmeyers Plantencentrum - Boomkwekerij. Geraadpleegd op 6 oktober 2017, via <http://www.houtmeyers.be/leibomen.html>

Hoveniersbedrijf Giel van der Palen (n.d.). Gunnera Manicata (Mammoetblad, Reuzenrabarber) | Hoveniersbedrijf Giel van der Palen. Opgehaald op 6 november 2017, via <https://tuinwinkeleindhoven.nl/>

Hunter, A.M. et al. (2014). Quantifying the thermal performance of Green Façades: a critical review. *Ecol Eng* 63, pp. 102-113.

Irga, P.J. et al. (2015). Does urban forestry have a quantitative effect on ambient air quality in an urban environment? *Atmos Environ* 120, pp. 173-181

Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution - disposition and dispersion. *Atmos Environ* 105, pp. 130-137.

Jin, S. et al. (2014). Evaluation of impacts of trees on PM2.5 dispersion in urban streets. *Atmos Environ* 99, pp. 277-287.

JouwGGD (n.d.) Ik heb last van stress, wat kan ik doen? Geraadpleegd op 31 oktober 2017, via <https://www.jouwggd.nl/onderwerp/stress/>

Kabisch, J., Korn, H., Statdler, J., Bonn, A. (2017). Nature-based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Zwitserland: Springer International Publishing AG.

Kim, J. & Kaplan, R. (2004). Physical and psychological factors in sense of community: new urbanist kentlands and nearby orchard village. *Environ Behav* 36, pp. 313-340.

Köhler, M. (2012). *Handbuch Bauwerksbegrünung*. ISBN 978-3-481-02968-5

Knopacki, S., L. Gartland, H. Akbari, and I. Rainer. 1998. Demonstration of Energy Savings of Cool Roofs (PDF) (120 pp, 21.1MB). Paper LBNL-40673. Lawrence Berkeley National Laboratory.

van de Laar, F., Marquenie, J., Poot, H. (2009) Groen licht voor vogels. *NAM. De Levende Natuur* 110(6), pp. 290-291.

Lehmann, I. et al. (2014). Urban vegetation structure types as a methodological approach for identifying ecosystem services - application to the analysis of micro-climatic effects. *Ecol Indic* 42, pp. 58-72.

Lengen, C. & Kistemann, T. (2012). Sense of place and place identity: review of neuroscientific evidence. *Health Place* 18(5), pp. 1162-1171.

Lenzholzer, S. (2013). *Het weer in de stad*. Rotterdam: nai010 uitgevers.

Leuzinger, S. et al. (2010). Tree surface temperature in an

urban environment. *Agric For Meteorol* 150(1), pp. 56-62.

van Limpt, C. (2010). Stadsvijver krioelt van het leven. Trouw. Geraadpleegd op 9 november 2017, via <https://www.trouw.nl/home/stadsvijver-krioelt-van-het-leven~a0862e60/>

Löhmus, M. & Balbus, J. (2015). Making green infrastructure healthier infrastructure. *Infect Ecol Epidemiol* 2015, pp. 30082

Lovasi, G. S. et al. (2008). Children living in areas with more street trees have lower asthma prevalence. *J Epidemiol Community Health* 62, pp. 647-649.

Lundholm, J. et al. (2010). Plant species and functional group combinations affect green roof ecosystem functions. *PLoS One* 5(3), pp. 9677.

Magistrat der Stadt Wien (2015). Urban heat Islands Strategieplan Wien. Geraadpleegd op 6 december 2017, via <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf>

Mann, G. (1994). Ökologisch-faunistische Aspekte begrünter Dächer in Abhängigkeit vom Schichtaufbau. Diplomarbeit Universität Tübingen.

Mann, G. (1998). Vorkommen und Bedeutung von Bodentieren (Makrofauna) auf begrünten Dächern in Abhängigkeit von der Vegetationsform. Dissertation Universität Tübingen.

Mann, G. (2013). SolarGrünDächer. Das Dach zweifach nutzen. Greenbuilding 6.

Mann, G. (2015). Begrünte Dächer als Ausgleichsflächen Stadt und Grün Heft 1/2015.

van der Meijden, D. (2012). Waterschap laat retentiegebied vollopen. *Brabants Dagblad*. Geraadpleegd op 8 november 2017, via <https://www.bd.nl/boxtel/waterschap-laat-retentiegebied-vollopen~a34384ce/>

Millard, A. (2004). *Cultural Aspects of Urban Biodiversity*. Blackwell Publishing.

Mitchell, R. (2013). Is physical activity in natural environments better for mental health than physical activity in other environments? *Soc Sci Med* 91, pp. 130-134.

Monkelbaan, M., Klapwijk, F., Steltenpohl R. & Hoes, O. (n.d.). Polderdak. Geraadpleegd op 6 december 2017 via <http://polderdak.nl/en/>

Natuurpunt (2010). Vijvers - biodiversiteit bij bedrijven. Geraadpleegd op 9 november 2017, via [https://issuu.com/natuurpunt/docs/fiche\\_vijvers](https://issuu.com/natuurpunt/docs/fiche_vijvers)

Nowak, D.J. et al. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban For Urban Green* 4, pp. 115-123

Nowak, D.J. et al. (2013). Carbon storage and sequestration by trees in urban and community areas of the United States. *Environ Pollut* 178, pp. 229-236.

NSW government (2017). Water sensitive urban design guideline. Roads and Maritime Services.

Ottelé, M. (2011). *The Green Building Envelope - Vertical Greening Dissertation*, Technische Universiteit Delft, Nederland ISBN: 978-90-9026217-8

Pataki, D.E. et al. (2009). An integrated approach to improving fossil fuel emissions scenarios with urban ecosystem studies. *Ecol Complex* 6, pp. 1-14.

Pfoser, N. (2013). *Gebäude Begrünung Energie. Potenziale und Wechselwirkungen. Abschlussbericht*. Geraadpleegd op 6 december 2017, via <https://www.baufachinformation.de/literatur/Geb%C3%A4de-Begr%C3%BCnung-Energie/2013109006683>

Pope, D. et al. (2015). Quality of and access to green space in relation to psychological distress: results from a population-based cross-sectional study as part of the EURO-URHIS 2 project. *Eur J Pub Health pii:ckv094*.

Pronk, R. (2017). *Nature Based Solutions in de stad*. Bachelorscriptie. Saxion Hogeschool, Deventer.

Pugh, T.A.M. et al. (2012). Effectiveness of green infrastructure for improvement of air quality in urban street canyons. *Environ Sci Technol* 46, pp. 7692-7699.

Puppim de Oliveira, S. et al. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: a case study in Lisbon. *Build Environ* 46(11), pp. 2186-2194.

Puylaert, G. (2016). *Groen geluidsscherm moet fijnstof opvangen*. *Verkeer in Beeld*. Geraadpleegd op 3 november 2017, via <https://www.verkeerinbeeld.nl/nieuws/151116/groen-geluidsscherm-moet-fijnstof-opvangen>

Reklaitiene, R. et al. (2014). The relationship of green space, depressive symptoms and perceived general health in urban population. *Scand J Public Health* 42, pp. 669-676.

Rijksoverheid (n.d.). Bouwregelgeving. Geraadpleegd op 21 april 2017, via <http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/bouwregelgeving/inhoud/bouwvoorschriften>

Roe, J. J. et al. (2013). Green space and stress: evidence from cortisol measures in deprived urban communities. *Int J Environ Res Public Health* 10, pp. 4086-4103.

Robine, J. et al. (2007). Report on excess mortality in Europe during summer 2003. Geraadpleegd op 6 december 2017, via [http://ec.europa.eu/health/ph\\_projects/2005/action1/docs/action1\\_2005\\_a2\\_15\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/health/ph_projects/2005/action1/docs/action1_2005_a2_15_en.pdf)

Ruokolainen, L. et al., (2015). Green areas around homes reduce atopic sensitization in children. *Allergy* 70, pp. 195-202.

Salmond, J.A. et al. (2013). The influence of vegetation on the horizontal and vertical distribution of pollutants in a street-canyon. *Sci Total Environ* 433, pp. 287-298.

Scharf, B. et al. (2012). Living walls: more than scenic beauties, IFLA World Congress Cape Town. Geraadpleegd op 6 december 2017, via [http://www.academia.edu/6649534/Living\\_Walls\\_more\\_than\\_scenic\\_beauties](http://www.academia.edu/6649534/Living_Walls_more_than_scenic_beauties)

Setälä, H. et al. (2013). Does urban vegetation mitigate air pollution in northern conditions? *Environ Pollut* 183, pp. 104-112.

Skoulika, F. et al. (2014). On the thermal characteristics and the mitigation potential of a medium size urban park in Athens, Greece. *Landsc Urban Plan* 123, pp. 73-86.

Snep, R. (2015). Naar een klimaatbestendig en aantrekkelijk Eindhoven. Eindhoven, Noord-Brabant, Nederland.

Snijders, P. (2017). Luchtkwaliteit Eindhoven op nieuwe manier gemeten. *Eindhovens Dagblad*. Geraadpleegd op 2 oktober 2017, via <https://www.ed.nl/eindhoven/luchtkwaliteit-eindhoven-op-nieuwe-maanier-gemetten~ad344ec4/>

Song, J. & Wang, Z-H. (2015). Impacts of mesic and xeric urban vegetation on outdoor thermal comfort and microclimate in phoenix, AZ. *Build Environ* 94(part 2), pp. 558-568.

Spoelstra, K. et al. (2017) Response of bats to light with

different spectra: light-shy and agile bat presence is affected by white and green, but not red light. Proc. R. Soc. B 284, 20170075.

Stadslandbouw Den Haag (2017). Ecologie, biodiversiteit, beestjes. Geraadpleegd op 6 oktober 2017, via <http://stadslandbouwdenhaag.nl/index.php/zz-ecologie-biodiversiteit-kleine-dieren/>

Stewart, G. H. et al. (2004). The re-emergence of indigenous forest in an urban environment, Christchurch, New Zealand. Urban Forestry & Urban Greening 2(3), pp. 149-158.

Stovin, V. (2010). The potential of green roofs to manage urban stormwater. Water Environ J 24(3), pp. 192-199.

Stovin, V. et al. (2013). A modelling study of long term green roof retention performance. J Environ Manag 131, pp. 206-215.

Sugiyama, T. & Ward Thompson, C. (2008). Associations between characteristics of neighborhood open space and older people's walking. Urban For Urban Green 7, pp. 41-51.

Thönessen, M. (2002). Elementdynamik in Fassaden begrünendem Wilden Wein Köllner Geografische Arbeiten, Heft 78.

Thönessen, M. (2006). Staubfilterung und immisionhistorische Aspekte am Beispiel fassadenbegrünenden Wilden Weins (*Parthenocissus tricuspidata*). Originalarbeit, ecomed Verlag, Landsberg-Tokyo-Mumbai-Seoul-Melbourne-Paris.

Triguero-Mas, M. et al. (2015). Natural outdoor environments and mental and physical health: relationships and mechanisms. Environ Int 77, pp. 35-41.

Tuin en Balkon (2012). Groene Gevel Vincent van Gogh op Trafalgar Square | Tuin en Balkon. Geraadpleegd op 6 oktober 2017, via <https://www.tuinenbalkon.nl/>

United Nations (n.d.). Sustainable Development Goals. Geraadpleegd op 5 december 2017, via <http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

de Urbanisten (2013). Water Square Benthemplein. Geraadpleegd op 6 december 2017, via <http://www.urbanisten.nl/wp/?portfolio=waterplein-benthemplein>

de Urbanisten (2016). Water sensitive advies.

Verband Für Bauwerksbegrünung (2013). Forschungsbericht Projekt GrünStadtKlima, Grüne Bauweisen für die Städte der Zukunft.

Geraadpleegd op 6 december 2017, via [http://www.gruenstadtklima.at/download/leitfaden\\_GSK.pdf](http://www.gruenstadtklima.at/download/leitfaden_GSK.pdf)

Vico, G. et al. (2014). Ecohydrology of street trees: design and irrigation requirements for sustainable water use. *Ecohydrology* 7(2), pp. 508-523.

Visscher, B. (n.d.). Bart Visscher vijfver tuin advies. Geraadpleegd op 6 december 2017, via <http://www.bart-visscher.nl/>

Völker, S. & Kistemann, T. (2015). Developing the urban blue: comparative health responses to blue and green urban open spaces in Germany. *Health Place* 35, pp. 196-205.

VolkerWessels (n.d.). Groene geluidsscherm. Geraadpleegd op 3 november 2017, via <https://www.volkerwessels.com/nl/projecten/detail/groene-geluidsscherm>

Wania, A. et al. (2012). Analyzing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations. *J Environ Manag* 94, pp. 91-101.

Wareco (n.d.). Onderzoek toepassing klimaatboom in Westervoort - Wareco. Geraadpleegd op 9 november 2017, via <https://www.wareco.nl/kbs/herinrichting/onderzoek-toepassing-klimaatboom-in-westervoort>

Waterschap de Dommel (2015). Gemeenten en Waterschap verbeteren samen de waterkwaliteit van de Dommel. Geraadpleegd op 3 oktober 2017, via <https://www.dommel.nl/nieuws/2015/09/gemeenten-en-waterschap-verbeteren-samen-de-waterkwaliteit-van-de-dommel.html>

Waterschap de Dommel (2016a). Feiten Notitie Regionale Wateroverlast 30 mei t/m 30 juni 2016. Geraadpleegd op 3 oktober 2017 via <http://edepot.wur.nl/390013>

Waterschap de Dommel (2016b). Waterkwaliteit verbeteren door juist gebruik bestrijdingsmiddelen boomteelt. Geraadpleegd op 3 oktober 2017, via <https://www.dommel.nl/nieuws/2016/04/waterkwaliteit-verbeteren-door-juist-gebruik-bestrijdingsmiddelen-boomteelt.html>

Waterschap de Dommel (2017). Feitenrapport wateroverlast juni 2016. Bijlage bij hoofdstuk 2. Geraadpleegd op 3 oktober 2017, via <https://www.dommel.nl/binaries/content/assets/dommel---website/waterwerkplaats/feitenrapportage-wateroverlast-juni-2016-versie->

maart-2017.pdf

WHO (2005). Air quality guidelines. Global update 2005. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen, pp. 485.

WHO (2014). Burden of disease from Ambient Air Pollution for 2012 - summary of results, World Health Organization. Geraadpleegd op 6 december 2017, via [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/databases/AAP\\_BoD\\_results\\_March2014.pdf](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/AAP_BoD_results_March2014.pdf)

WHO Regional Office for Europe (2016). Health risk assessment of air pollution - general principles. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

Woods Ballard, W. et al. (2015). The SUDS Manual. CIRIA C697, Londen, 2015.

Woonwijzermedia (2011). De Woonwijzermedia. Geraadpleegd op 6 december 2017, via <http://www.woonwijzermedia.nl/>

Yaghoobian, N. & Srebric, J. (2015). Influence of plant coverage on the total green roof energy balance and building energy consumption. *Energy Buildings* 103, pp. 1-13.

Yin, S. et al. (2011). Quantifying air pollution attenuation within urban parks: an experimental approach in Shanghai, China. *Environ Pollut* 159, pp. 2155-2163.

Zinzi, M. & Agnoli, S. (2011) Cool and green roofs. An energy and comfort comparison between passive cooling and mitigation urban heat island techniques for residential buildings in the Mediterranean region. *Energy & Buildings*, 55:66-76.

Zuvela-Aloise, M. et al. (2016). Modelling the potential of green and blue infrastructure to reduce urban heat load in the city of Vienna. *Clim Chang* 135(3-4), pp. 425-438.

Zwienen, S. van (2017). Hitteplan van kracht vanwege aanhoudende hitte. *Eindhovens Dagblad*. Geraadpleegd op 31 oktober 2017, via <https://www.ed.nl/binnenland/hitteplan-van-kracht-vanwege-aanhoudende-hitte~ac538569/>



