



Tauw | Sustainable solutions for a better environment



Nature Based Solutions in de stad

Adviesrapport

325899
Schoolcoach
Beoordelaar
Opdrachtgever

Pronk R.W.P.
de vries, B.
Jonker, H.
Wilschut, L. I.

Saxion Hogeschool Deventer

University
of Applied
Sciences



Nature Based Solutions in de stad

Colofon

Bachelorscriptie

Auteur: Roos Pronk

Studentnummer: 325899

Contact: roosp@live.nl

Onderwijsinstelling: Saxion Hogeschool te Deventer

Handelskade 75

7417 DH Deventer

Opleiding: Milieukunde

Begeleiding: Bauke de Vries

Beoordelaar: Henrie Jonker

Opdrachtgever: Tauw bv.

Zekeringstraat 43

1014 BV Amsterdam

Praktijkbegeleider: Liesbeth Wilschut

projectadviseur

Foto's voorpagina: Can nature help reduce the impacts of climate change?
(European Environment Agency, 2015), Water (Renssen, 2016), Bodem (Tauw, 2016),
Gras (Gras, z.d.)

Uitgave: 29 maart 2017

Voorwoord

Na een periode van zes maanden hard werken, ligt het adviesrapport 'Nature Based Solutions in de stad' voor u. Aanvullend op dit rapport is een bijlagenrapport meegeleverd. Het adviesrapport is geschreven als onderdeel van mijn afstudeerstage bij Adviesbureau Tauw. Het beschrijft een onderzoek naar Nature Based Solutions en de Nature Based herinrichting van de casussen van Eindhoven en Zwolle. De afstudeerstage vond plaats in de periode oktober 2016 tot maart 2017 vanuit de opleiding Milieukunde van Hogeschool Saxion te Deventer. De stage heeft bijgedragen aan mijn ontwikkeling en beroepskeuze. Mede dankzij dit onderzoek ben ik ervan overtuigd dat ik mij wil toeleggen op de thema's klimaat en water binnen een adviesbureau.

Het schrijven van het adviesrapport was niet mogelijk geweest zonder hulp van mijn praktijkbegeleider Liesbeth Wilschut van adviesbureau Tauw, locatie Amsterdam. Dit geldt ook voor mijn stagebegeleider Bauke de Vries van Hogeschool Saxion. Ik wil hen hartelijk bedanken voor de waardevolle coaching en feedback. Bovendien wil ik Henrie Jonker van Hogeschool Saxion bedanken voor het beoordelen van het rapport.

Tevens wil ik de werkgroep Nature Based Solutions bedanken voor advies en input tijdens de brainstormsessie en de geïnterviewde partijen; de gemeenten Enschede, Deventer en Arnhem, adviesbureaus Tauw en Antea group en betonleverancier Bosch beton b.v. voor de belangrijke informatie. Aanvullend wil ik vanuit Tauw Ronald Wentink, Niels Jeurink en Ellen Wilms bedanken voor hun kostbare kennis en wil ik Joris Viscaal voor het ontwerpen van de sfeerbeelden bij de casussen.

Tot slot wil ik Sanne Hulleman, Lotte van den Beld en Aart Pronk bedanken voor het nalezen en controleren van mijn scriptie.

Ik heb een enorm leerzame en gezellige tijd gehad bij Tauw. Ik hoop dan ook dat het onderzoek waardevol zal zijn voor Tauw, maar ook voor werkgroep Nature Based Solutions. Het was een unieke ervaring waar ik zeer positief op terugkijk.

Veel plezier met lezen van het adviesrapport.

Roos Pronk

Deventer, 29 maart 2017

Samenvatting

In de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie heeft het Deltaprogramma het voorstel opgenomen om de ruimtelijke inrichting van Nederland klimaatbestendig en waterrobuust te maken. Dit om de negatieve effecten van de klimaatverandering het hoofd te kunnen bieden. Een initiatief, om aan de Deltabeslissing te voldoen, is de City Deal klimaatadaptatie. Het doel van City Deal klimaatadaptatie is het versterken van de aanpak voor klimaatbestendig realiseren en beheren van het stedelijk gebied met de grootste maatschappelijke meerwaarde voor de stedelijke samenleving. Hierbinnen is het werkspoor 'Nature Based Solutions' opgericht. Nature Based Solutions (NBS) is een beleidsthema van de Europese Commissie. NBS zijn in dit onderzoek op de natuur gebaseerde klimaatadaptatieve oplossingen voor problemen met sociale, economische en ecologische belangen, waarmee de omgeving wordt aangepast aan het huidige en toekomstige klimaat. Het werkspoor heeft als doelstelling de klimaatopgaven van drie gemeenten op te pakken en NBS mainstream te maken. Dit onderzoek levert het werkspoor advies omtrent het Nature Based herinrichten van de casussen van Eindhoven en Zwolle en de toepassing van NBS Nederland breed. Voor dit onderzoek is de volgende probleemstelling gehanteerd: *Welke NBS kunnen toegepast worden om bij te dragen aan klimaatadaptatie-opgaven in de steden Eindhoven en Zwolle en wat zijn de verwachte kosten en baten van deze oplossingen?*

De casus van gemeente Eindhoven heeft betrekking op de Markt, hier spelen wateroverlast en hittestress een grote rol. De casus van gemeente Zwolle gaat over woonstraat de Drecht. Klimaatproblemen spelen hier geen urgente rol, maar de gemeente wil vooruit lopen op het Deltaprogramma en vandaaruit haar openbare ruimte klimaatbestendig uitvoeren.

Voor de casussen van Eindhoven en Zwolle zijn gebiedsanalyses uitgevoerd en op basis hiervan zijn twee programma's van eisen opgesteld. Aan de hand van deze programma's kon een NBS-lijst worden opgesteld, met hierin NBS die zijn uitgevoerd in Nederland. Voor de herinrichting van de casussen van Eindhoven en Zwolle zijn zes kansrijke NBS onderzocht, die kunnen bijdragen aan de oplossing van de klimaatadaptatie-opgaven van de twee gemeenten: waterbufferende verharding, wadi, groenstrook, grasbetontegels, regenwormen en groendak/landschapsdak. Informatie hierover is verkregen uit bureauonderzoek en interviews met gemeenten, adviesbureaus en uitvoerende partijen. De zes kansrijke NBS zijn afgewogen tegenover vier civieltechnische oplossingen: molgoot, waterplein, infiltratiekratten en riolering. Aan de hand van een kosten-batenanalyse werd duidelijk welke oplossingen specifiek voor Eindhoven en Zwolle toepasbaar zijn. Uit de resultaten bleek dat de natuurvriendelijke wadi en -groenstrook en waterbufferende verharding zowel in Eindhoven als Zwolle toepasbaar zijn. Aanvullend zijn de regenworm en de molgoot voor Eindhoven en voor Zwolle de grasbetontegels toepasbaar. De casus van Zwolle heeft de meeste potentie om Nature Based ingericht te worden, omdat de Drecht een ruim opgezette woonstraat betreft en geen verdere grootschalige functies heeft. Bij de Markt van Eindhoven moet rekening worden gehouden met evenementen, terrassen en veel bezoekers. Dit maakt de herinrichting moeilijker.

De voornaamste conclusie die uit het onderzoek kan worden getrokken is dat de toepassing van NBS afhankelijk is van veel aspecten. De NBS passen wat betreft besluitvorming bijna allemaal binnen het verplichte Rioleringsplan of andere bestaande beleidsstukken. Dit betekent, dat NBS goed in gemeenten te integreren zijn. De oplossingen zijn meestal niet te grootschalig, wat positief is voor de kosteninvestering. De baten zijn te verwachten op de aanpak van hittestress en wateroverlast, verbeterde biodiversiteit, meer beleving en bewustwording. Werkgroep Nature Based Solutions wordt geadviseerd om casussen van Eindhoven en Zwolle als voorbeelden mee te nemen naar gesprekken met andere overheden in Nederland. Aanvullend hierop kan de werkgroep tevens op stad- en wijkniveau gaan kijken naar steden met klimaatadaptatie-opgaven. Wanneer op grotere schaal een opgave wordt bekeken, kan het groenblauwe netwerk van de stad worden verbeterd en mogelijk meer belangen worden aangepakt.

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Samenvatting.....	4
1. Inleiding	7
1.1. Situatieschets	7
1.2. Doelstelling	8
1.3. Probleemstelling	8
1.4. Kernbegrippen	9
2. Vooronderzoek Nature Based Solutions	10
2.1. Klimaatadaptatie	10
2.2. Nature Based Solutions.....	11
2.3. Bestaande NBS in het buitenland.....	12
2.4. Gemeenten Eindhoven en Zwolle	14
2.5. Conclusie.....	15
3. Onderzoeksmethoden	16
3.1. Onderzoeksvragen	16
3.2. Onderzoeksaanpak	16
3.3. Leeswijzer.....	20
4. Opgaven Eindhoven en Zwolle	21
4.1. Gemeente Eindhoven.....	21
4.2. Gemeente Zwolle	22
4.3. Programma's van eisen.....	23
5. Nature Based Solutions.....	24
6. Nature Based Solutions toegepast.....	27
6.1. Gemeente Enschede.....	28
6.2. Gemeente Deventer	29
6.3. Gemeente Arnhem	30
6.4. Bosch Beton, AquaBASE	31
6.5. Adviesbureau Tauw.....	32
6.6. Adviesbureau Antea Group	33
6.7. Conclusie.....	34

7. Kosten en baten Nature Based en civieltechnische oplossingen	36
7.1. Overzicht Kosten en baten	36
7.2. Waarnemingen kosten en baten.....	37
7.3. Besluitvorming	38
7.4. Conclusie	39
 8. Casussen Eindhoven en Zwolle	40
 9. Nieuwe situaties Eindhoven en Zwolle	41
9.1. Eindhoven.....	41
9.2. Zwolle	44
9.3. Brainstormsessie werkgroep Nature Based Solutions	45
 10. Nature Based Solutions mainstream	47
 11. Discussie	50
 12. Conclusie	52
 13. Aanbevelingen.....	54
 Bronnenlijst	56

1. Inleiding

1.1. Situatieschets

Klimaatverandering, een onderwerp waar de wereld tegenwoordig niet meer omheen kan. De aarde warmt op door onder meer een overschot aan broeikasgassen in de lucht. Dit brengt grote risico's met zich mee, zoals overstromingen door zeespiegelstijging, voedseltekorten in gebieden waar het steeds droger wordt, afname van de biodiversiteit en bosbranden (Milieu centraal, z.d.). Ook Nederland kampt met de gevolgen van een veranderd klimaat: de neerslag neemt toe en de temperatuur stijgt (PBL, 2013). Zeker in stedelijke gebieden leidt dit tot negatieve effecten voor de gezondheid en de leefomstandigheden van mensen. Dit kan zich uiten in bijvoorbeeld wateroverlast, wat vervolgens leidt tot waterschade aan gebouwen of infrastructuur. Ook kan er hittestress ontstaan, met als gevolg dat de arbeidsproductiviteit afneemt en extra sterfte van ouderen. Daarbij kunnen er effecten optreden als potentiële overstromingen, algengroei en toename van allergieën (RIVM, 2014). Om deze negatieve effecten het hoofd te bieden is het klimaatbestendig maken van de stad noodzakelijk en gewenst. Dit kan aan de hand van maatregelen om de gevolgen van klimaatverandering op te vangen (klimaatadaptatie) (IenM, 2013). In de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie zijn voorstellen opgenomen om met alle overheden de ruimtelijke inrichting van Nederland klimaatbestendig en waterrobuust te maken (Deltacommissaris, z.d.).

Een initiatief, om aan de Deltabeslissing te voldoen en klimaatverandering het hoofd te bieden, is de City Deal klimaatadaptatie. In City Deals worden samenwerkingsafspraken tussen steden, Rijksoverheid, andere overheden, bedrijven en maatschappelijke organisaties vastgesteld. Deze deals moeten leiden tot innovatieve oplossingen voor maatschappelijke vraagstukken om het economisch ecosysteem van stedelijke regio's te versterken (Agenda Stad, z.d.). Het doel van City Deal klimaatadaptatie is het versterken van de aanpak voor klimaatbestendig realiseren en beheren van het stedelijk gebied met de grootste maatschappelijke meerwaarde voor de stedelijke samenleving (City Deal Klimaatadaptatie, 2016). Eén van de werksporen binnen de City Deal Klimaatadaptatie is 'Nature Based Solutions' (NBS). NBS zijn op de natuur gebaseerde oplossingen voor problemen met sociale, economische of ecologische belangen, waarmee de omgeving wordt aangepast aan het huidige en toekomstige klimaat. NBS is een beleidsthema van de Europese Commissie en is opgenomen in de Research & Information beleidsagenda. De beleidsagenda is een essentieel onderdeel om de economie te vergroenen en duurzame ontwikkeling te bereiken (European Commission, 2015). Het doel van het project binnen de City Deal klimaatadaptatie is NBS meer 'mainstream' maken, zodat steden meer rendement halen uit klimaatadaptatieve maatregelen. Betrokken partijen hierbij zijn Tauw, Ecoshape en Deltares en gemeenten Dordrecht, Eindhoven en Zwolle (CD Klimaatadaptatie – Werkspoor 3, 2016). Tauw (z.d.) is een Europees advies- en ingenieursbureau dat milieuadviezen levert binnen zowel de duurzame ontwikkeling als de leefomgeving en draagt op deze manier bij aan een duurzame omgeving. Deltares (z.d.) is een kennisinstituut op het gebied van water en ondergrond, voornamelijk gericht op delta's, kustregio's en riviergebieden. Ecoshape (2016) is een stichting die het publiek-private innovatieprogramma Building with Nature uitvoert en duurzame oplossingen brengt in de waterbouw.

Opdracht NBS

Momenteel wordt binnen de gemeenten Zwolle, Dordrecht en Eindhoven gezocht naar concrete oplossingen voor klimaatadaptatie-opgaven in de stad. Binnen het onderdeel NBS zijn drie casussen gestart voor deze drie gemeenten. Dit onderzoek focust zich op de gemeenten Eindhoven en Zwolle. De gemeenten kampen met problemen op het gebied van water en hitte. De gemeenten willen weten wat de meerwaarde is van NBS voor hun klimaatadaptatie-opgaven versus civieltechnische maatregelen, zodat de gebieden robuuster en aantrekkelijker kunnen worden. Beide gemeenten gaan aan de slag met het bestrijden van wateroverlast en hittestress. Eindhoven zet in op vergroting van de effectiviteit van het vergroenen en ontharden van de stad. Zwolle gaat aan de slag met het

bestrijden van wateroverlast en hittestress in een woonwijk door integrale alternatieven te zoeken voor geasfalteerde wegen (City Deal Klimaatadaptatie, 2016).

Werkspoor Nature Based Solutions heeft als doelstelling de opgaven van de gemeenten op te pakken en aan de hand van een onderzoek informatie te leveren omtrent NBS in de stad. In het projectvoorstel van het werkspoor (bijlage 1) zijn vijf onderzoeksvragen opgenomen. Vragen 1 en 2 worden in dit onderzoek beantwoord: *Het in kaart brengen van het aanbod van Nature Based Solutions die toegepast kunnen worden in bestaand stedelijk gebied* en *Welke drempels ervaren de verschillende stakeholders (ontwikkelaars, beheerders, betrokkenen vanuit publiek en privaat) in het kiezen voor Nature Based Solutions?* Dit is een verkennend onderzoek naar welke NBS in de steden van Nederland al zijn toegepast, hoe zich deze verhouden tegenover civieltechnische klimaatadaptatieve oplossingen en welke van toepassing kunnen zijn op de problemen van de gemeenten. Voor de gemeenten Eindhoven en Zwolle worden NBS voorgesteld die hun klimaatadaptatie-opgaven in de stad kunnen oplossen. Het onderzoek biedt verheldering van het begrip NBS ten opzichte van klimaatadaptatie, BwN, Green Infrastructures (GI) en ecosysteemdiensten. Daarnaast is onderzocht hoe de keuze voor NBS wordt gevormd. Om hierachter te komen zijn gemeenten benaderd die reeds één of meerdere NBS hebben toegepast. Zij zijn gevraagd naar de financiën, de voor- en nadelen, lessons learned en meekoppelkansen. Dit leidde tot het besluitvormingsproces voor het toepassen van de NBS. Aan de hand van deze gegevens is, door middel van een kosten-batenanalyse, voor Eindhoven en Zwolle bepaald in hoeverre de NBS van toepassing is voor hun stad. Hieruit volgde aanbevelingen over toe te passen NBS voor de twee gemeenten. De aanbevelingen betreffen een schets en sfeerbeelden van de nieuwe omgeving waarin NBS zijn toegepast en een berekening in welke mate het klimaatgerelateerde probleem opgelost of verminderd is. Vervolgens is dit gegeneraliseerd naar de rest van Nederland. Dit biedt input voor werkgroep Nature Based Solutions om gesprekken aan te gaan met andere partijen en vormt daarnaast de eerste concrete stap voor het 'mainstream' maken van NBS.

1.2. Doelstelling

Aan het eind van het onderzoek heeft opdrachtgever Tauw een adviesrapport met aanbevelingen omtrent Nature Based Solutions voor de klimaatadaptatie-opgaven in de steden Eindhoven en Zwolle en input voor werkgroep Nature Based Solutions voor het breder toepassen van NBS in Nederland. Dit rapport biedt dusdanig handvatten voor andere steden om NBS vaker te integreren in hun beleid en beheer.

1.3. Probleemstelling

Welke NBS kunnen toegepast worden om bij te dragen aan klimaatadaptatie-opgaven in de steden Eindhoven en Zwolle en wat zijn de verwachte kosten en baten van deze oplossingen?

1.4. Kernbegrippen

Baten:	De gunstige gevolgen en meekoppelkansen die een oplossing kunnen bieden. Deze
	worden in dit onderzoek afgewogen tegenover de kosten van de oplossingen.
Handvatten:	Aanknopingspunten voor anderen gemeenten/steden om NBS vaker te gebruiken voor hun klimaatadaptatie-opgaven en op deze manier NBS een traditionele oplossing (mainstream) te maken.
Klimaatadaptatie-opgave:	Een probleem dat het gevolg is van klimaatverandering. In dit onderzoek gaat het om wateroverlast en hittestress.
Kosten:	De prijzen die de aanleg van de oplossingen kosten. Deze worden in dit onderzoek afgewogen tegenover de meekoppelkansen en gevolgen van de oplossingen.
NBS:	Afkorting van Nature Based Solutions. Dit zijn op de natuur gebaseerde oplossingen voor problemen met sociale, economische of ecologische belangen (European Commission, 2015). In dit onderzoek wordt de focus gelegd op de ecologische belangen om de klimaatadaptatie-opgaven van Eindhoven en Zwolle op te lossen.
Mate:	Door middel van een berekening wordt aangetoond in hoeverre het probleem verminderd wordt.
Toepassen:	Dusdanig met de NBS omgaan, zodat ze door de gemeenten Eindhoven en Zwolle en Nederland breed gebruikt kunnen worden.
Wijze:	Aan de hand van een schets van de omgeving van Eindhoven en Zwolle wordt aangetoond hoe en waar de NBS kan worden toegepast.

2. Vooronderzoek Nature Based Solutions

Om een beeld te kunnen vormen wat NBS zijn, is meer achtergrondinformatie vereist. Voor het vooronderzoek is de focus gelegd op klimaatadaptatie (paragraaf 2.1), omdat een NBS in dit onderzoek als oplossing zal gaan (kunnen) dienen voor in een klimaatadaptatie-opgave. Hierop volgend is gekeken naar de definitie van NBS en de verhoudingen tot ecosysteemdiensten, Building with Nature (BwN), Green Infrastructures (GI) en klimaatadaptatie (paragraaf 2.2). Dit om duidelijkheid te creëren over de verschillende begrippen en interpretaties hiervan. Voor de beeldvorming worden in paragraaf 2.3 twee 'extreme' voorbeelden van NBS toegelicht en tot slot zal een kleine verdiepingsslag worden gemaakt op de twee gemeenten (paragraaf 2.4). Dit is van belang om een indruk te krijgen van de opgaven, de klimaatambities en de bijbehorende klimaatadaptatie-opgaven van de gemeenten.

2.1. Klimaatadaptatie

Het veranderende klimaat zorgt voor extremere regenbuien, natte én droge periodes duren langer en ook hittegolven komen vaker voor. Bovendien hebben delen van Nederland te maken met een toenemende hoeveelheid rivierwater en een stijgende zeespiegel (Rijksoverheid, 2016). Daarbij wijkt het stadsklimaat af van het buitengebied. Verharde oppervlakken, stedelijke energiebronnen en een grote hoeveelheid (fijn)stof zorgen voor hogere temperaturen dan in het buitengebied (Veen, 2013). Dit brengt maatschappelijke effecten met zich mee: mogelijke verspreiding van plagen voor vee en gewassen, infectieziekten voor de mens, economische schade, voedselverontreiniging en meer (Bouwman, Dorland en Vonk, 2015).

In de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie heeft het Deltaprogramma het voorstel opgenomen om de ruimtelijke inrichting van Nederland klimaatbestendig en waterrobuust te maken, in samenwerking met de Rijksoverheid, de provincies, de gemeenten en de waterschappen. Een belangrijk onderdeel van de Deltabeslissing is dat alle overheden vanaf 2020 waterveiligheid en klimaatbestendigheid integraal meewegen bij ruimtelijke ontwikkelingen en dat in 2050 Nederland klimaatbestendig is ingericht (Deltacommissaris, z.d.). Een klimaatbestendige stad is er een die gezond, veilig en welvarend is en bestand tegen verandering van het klimaat. Het gaat hier met name om waterveiligheid en -overlast, droogte en hitte. Maar omdat steden ook te maken hebben met andere maatschappelijke effecten is het efficiënt om klimaatadaptatiemaatregelen te koppelen. Hierbij kan gedacht worden aan maatregelen rond waterbeheer, gezondheid, mobiliteit, groen, biodiversiteit en herinrichting (NKWK, 2015).

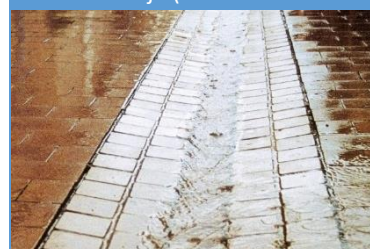
Nederland kan zich aanpassen aan de effecten van klimaatverandering. Dit wordt klimaatadaptatie genoemd. Klimaatadaptatie is het proces van aanpassing aan het actuele of verwachte klimaat en zijn effecten, zodat de (kansen op) schadelijke gevolgen door klimaateffecten kunnen worden beperkt of voorkomen en de voordelen van het veranderende klimaat kunnen worden benut (Ligtvoet, Bregman, Dorland, Brinke, Vos, Petersen en Visser, 2015). In het kader hiernaast zijn twee civieltechnische klimaatadaptatieve oplossingen beschreven, om een voorstelling te maken wat een adaptatiemaatregel kan zijn.

Boominfiltratiekratten (BIK): Een ondergronds aangepast regenwaterafvoersysteem, waardoor de groeiomstandigheden voor bomen verbetert. Het systeem bestaat uit een kolk met daaraan gekoppeld een boominfiltratiebuis. Wanneer er regenwater op het plein valt, wordt dit naar de BIK geleid. Hierin wordt het water verzameld en als eerste naar de boominfiltratiebuis gevoerd. Deze buis is geperforeerd en kan hierdoor water afgeven aan de wortels van de bomen op het plein. Mocht de infiltratiebuis vollopen, dan stijgt het water in de kolk en loopt het over naar het riool (Vechtstromen, z.d.).



Figuur 1: Boominfiltratiekratten (Vechtstromen, z.d.).

Holle wegen: Vergroten de bergings- en afvoercapaciteit van de straat. Als dit wordt gecombineerd met een trottoir en een iets verhoogde drempel of vloerpeil in huizen, kan dit wateroverlast voorkomen. Verkeer kan gewoon van de straat gebruik maken, ook tijdens een regenbui. Wel kan dit leiden tot opspattend water, communicatie over aangepast rijgedrag is noodzakelijk (Amsterdam



Figuur 2: Holle weg (Groenblauwe netwerken, 2012-a).

2.2. Nature Based Solutions

The European Commission

The European Commission, 2015 spreekt over: "NBS zijn oplossingen voor maatschappelijke uitdagingen die geïnspireerd en ondersteund worden door de natuur, die rendabel zijn en tegelijk zorgen voor ecologische, sociale en economische voordelen. Dergelijke oplossingen zorgen voor meer diversiteit, natuur en natuurlijke kenmerken en processen in steden, landschappen en zeegezichten, door middel van aanpassingen aan de plaatselijke omstandigheden en efficiënt gebruik van hulpbronnen."

NBS is een relatief 'jong' concept en nog steeds in proces tot inkadering (Cohen-Shacham, Walters, Janzen & Maginnis, 2016). In november 2014 is door de Europese Commissie een overleg georganiseerd. Tijdens dit overleg werd het volgende naar voren gebracht: "Verduidelijk de term NBS, verklaar de toegevoegde waarde en leg de verschillen met ecosysteemdiensten uit. Voorkom een nieuw 'buzz' woord, dat opnieuw onduidelijk is" (Berry, Hartig, Naumann en Sutherland, 2014).

Partijen gebruiken verschillende definities voor NBS. Voor dit onderzoek wordt de definitie van de Europese Commissie gebruikt. De reden hiervoor is, dat deze definitie de meeste elementen beschrijft uit andere definities als van de IUCN (National Committee of The Netherlands) of onderzoeksrapporten omtrent NBS.

"NBS zijn multifunctioneel en breder dan klimaat. De belangen gaan verder dan alleen ecologie, ook economische en sociale belangen zijn van toepassing. Dit betekent, dat NBS niet altijd oplossingen zijn bedoeld voor klimaatadaptatie. Een voorbeeld van NBS die niet klimaatadaptief zijn, is de creatie van groen voor recreatie voor sociale of economische belangen" (V. Beumer, persoonlijke communicatie, 11 oktober 2016). Belangrijk is, dat dit onderzoek gericht is op de klimaatadaptieve (ecologische) kant van NBS. Het verschil met civieltechnische klimaatadaptieve maatregelen is dat NBS natuurlijke oplossingen zijn. Het kan bijvoorbeeld het creëren of herstellen van groen in steden betreffen. Hierbij wordt bijvoorbeeld geen gebruik gemaakt van beton of plastic, maar van de onderdelen die de natuur biedt (IUCN, z.d.). Tijdens het onderzoek worden civieltechnische klimaatadaptieve oplossingen afgewogen tegen NBS.

NBS hebben ook raakvlakken met de termen BwN, GI en ecosysteemdiensten. BwN, ofwel bouwen met natuur: "Is het gebruik maken van natuurlijke processen om het watersysteem robuuster te maken" (Y. Joenje, persoonlijke communicatie, 28 september 2016). BwN biedt concrete, goed toepasbare én duurzame oplossingen voor klimaatadaptieve steden die de waterveiligheid willen vergroten (Deltares, z.d.). Het richt zich op de onderliggende oorzaken van kwetsbaarheid, is kosteneffectief en betaalbaar op de lange termijn. Het stimuleert economische groei terwijl het de leefomstandigheden verbetert (Wetlands International, 2016). Opvallend is dat BwN veelal overeenkomt met NBS, enig (nuance) verschil is dat BwN zich met name focust op watersystemen. GI is het tweede begrip met raakvlakken. GI, een strategisch gepland netwerk met hoogwaardige natuurlijke en semi-natuurlijke gebieden met andere milieu-eigenschappen, dat is ontworpen en beheerd om een breed scala van ecosysteemdiensten te leveren en biodiversiteit te beschermen in zowel landelijke als stedelijke omgevingen (European Commission, 2014). Beide begrippen kunnen worden gebruikt als oplossingen voor aanpassing op het klimaat, maar net zoals bij NBS zijn hier niet alle oplossingen klimaat gerelateerd. Een voorbeeld binnen GI is de The High Line in New York. De reden hierachter wordt nader toegelicht in paragraaf 2.3.

BwN en GI veroorzaken mogelijk interpretatieverschillen met NBS, omdat de projecten die binnen de begrippen BwN en GI vallen ook met het begrip NBS gelabeld kunnen worden. In dit onderzoek is gekozen om BwN en GI-projecten onder NBS te scharen, om op deze manier een zo breed mogelijk scala aan voorbeelden te kunnen verzamelen.

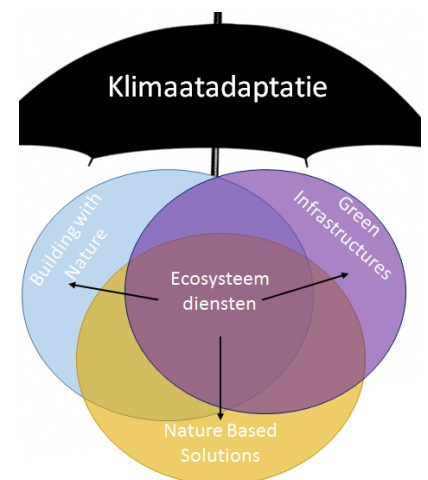
Het laatste begrip is ecosysteemdienst. Een ecosysteem is het geheel van flora en fauna die van elkaar afhankelijk zijn om te kunnen overleven (Amphipha, z.d.). Ecosysteemdiensten zijn diensten die door de natuur geleverd worden aan de mens. Op deze manier beschermen duinen Nederland tegen overstromingen en slaan bossen CO₂ op (PBL, 2010). Natuur levert bouwstenen, reageert op klimaatverandering en past zich aan. In Nederland zijn diverse kansen om deze door de natuur geleverde diensten te benutten. De natuur (inclusief diensten) kan worden ingezet om een aantal effecten van klimaatverandering op de maatschappij (en op de natuur zelf) te bufferen (Braakhekke, Berendse, Jong, Kreveld en Winden, 2014). Hier komen NBS van pas. Bij toepassing van een maatregel kan gebruik gemaakt en geleerd (geïnspireerd) worden van de manier van aanpassing van de natuur aan klimaatverandering. Hier zal, in tegenstelling tot BwN en GI, geen interpretatiefout gemaakt kunnen worden, omdat een ecosysteemdienst geen door de mens toegepaste oplossing is voor een klimaatadaptatie-opgave. Een voorbeeld van NBS gebaseerd op ecosysteemdiensten is het project mangroven herstel. Dit project wordt in paragraaf 2.3 besproken.

Zogezegd is er een relatie tussen BwN, GI, ecosysteemdiensten, klimaatadaptatie en NBS. Gezegd kan worden dat klimaatadaptatie (in dit onderzoek) een overkoepelende term is voor de begrippen NBS, BwN, GI en ecosysteemdiensten. Bij toepassing van klimaatadaptatie hoeft niet altijd gebruik gemaakt en/of geleerd te worden van 'lessen uit de natuur', maar bij het toepassen van NBS, BwN en GI is dit wel het geval. Bovendien wordt in dit onderzoek alleen gekeken naar de klimaatadaptatieve kant van deze drie begrippen. Een ecosysteemdienst is daarentegen geen oplossing voor een klimaatadaptatie-opgave, maar is juist 'de les uit de natuur' of een dienst voor NBS, BwN en GI die gebruikt kan worden voor klimaatadaptatie.

2.3. Bestaande NBS in het buitenland

Om een beeld te schetsen om wat voor NBS het kan gaan in de stad, volgen nu twee voorbeelden die zijn toegepast in het buitenland. De voorbeelden zijn twee extremen van elkaar, om aan te tonen hoe verschillend NBS geïnterpreteerd kunnen worden. Het eerste project, de High Line van New York, is een Nature Based oplossing die niet is toegepast uit klimaatadaptatieve redenen, maar wel extra voordeel creëert. Het tweede project, de herstel van mangroven, is een typisch voorbeeld van het gebruiken van de ecosysteemdiensten. Hier was klimaatadaptatie juist een streven.

The High Line, New York: Een 9 m hoge en 21 km lange spoorlijn dwars door de wijken van West Chelsea Amerika. Het is een voorbeeld van een herontwikkelingsproject van een oude infrastructuur in de stad, tot een openbare publieke ruimte. Tot 1980 reden hier treinen voor publiek vervoer, waarna het uiteindelijk gesloopt zou worden. Dankzij een non-profit organisatie, werd in samenwerking met de stad New York, gezocht naar mogelijkheden tot behoud. Na tien jaar ontwerpen en uitvoeren, werd in 2009 het eerste deel van het traject heropend. Het totale project bestaat uit voetpaden die oude stukken rails van de oorspronkelijke spoorbaan doorkruisen. Deze paden worden omzoomd door bomen, grassen en planten. Er is gekozen voor een zelfzaaiend landschap, zodat in de loop der jaren dit op natuurlijke wijze het tracé zou gaan begroeiën. Op deze manier is gekozen voor een duurzame en natuurlijke voortzetting van het gebied (The High Line,



Figuur 3: Klimaatadaptatie is de paraplu voor de toepassingen NBS, BwN en GI, waarbij ecosysteemdiensten 'de les uit de natuur' zijn en verweven in de toepassingen van NBS, BwN en GI.

2016). Het project droeg bij aan de groei van biodiversiteit, de sociale veiligheid in het park blijkt hoger dan andere parkstructuren en de High Line heeft het aangrenzende gebied een commercieel en culturele impuls gegeven (Bleuze en Pötz, 2012). Dit project is een voorbeeld dat is ontstaan uit sociale en economische belangen, waarbij de ecologie een extra voordeel was (V. Beumer, persoonlijke communicatie, 11 oktober 2016). Het project is een voorbeeld van een GI dat in het kader van dit onderzoek gelabeld wordt als NBS.



Figuur 4: *The High Line in New York (Groenblauwe Netwerken, 2012-b).*

Mangroven herstel: Een project dat van oorsprong al een Nature Based oplossing is en gebruik maakt van wat de natuur te bieden heeft. Mangroven functioneren als golfbreker en beschermen zodoende tegen kusterosie en afkalving van de kust. Daarnaast zijn ze flexibel en houden zij sediment vast, waardoor de mangrove potentie heeft om mee te bewegen met de stijgende zeespiegel. Mangroven zijn een ecosysteem en leveren diensten. Dit kan zich uiten in het functioneren als habitat voor vissoorten, biodiversiteit, kustbescherming, voedselkringlopen, koolstofopslag en meer (Blommenstijn, 2014). Door de diensten die de mangroven leveren, draagt restauratie en behoud bij aan sociale, ecologische en economische belangen. Bijvoorbeeld, een dorp is afhankelijk van visvangst. Door de restauratie van de mangroven worden kraamkamers gecreëerd voor vissen (ecologisch belang). Dit verhoogt de visopbrengst voor lokale vissers (economisch en sociaal belang) (IUCN, z.d.).



Figuur 5: *In stand houden van mangrovebossen, Indonesië (PMI. 2016).*

2.4. Gemeenten Eindhoven en Zwolle

Het onderzoek wordt uitgevoerd door Tauw binnen de City Deal Klimaatadaptatie, onder het werkspoor Nature Based Solutions. Binnen dit werkspoor zitten onder andere de gemeenten Eindhoven en Zwolle. Deze gemeenten zijn op zoek naar op de natuur gebaseerde oplossingen voor hittestress en wateroverlast in de stad.

Eindhoven algemeen

Eindhoven ligt in Brabant en heeft 224.788 inwoners (Eindhoven, 2016). De ondergrond in Eindhoven bestaat uit zandgronden en beekdalen (Berendsen, 2008). De beekdalen zetten leem af, wat zorgt voor een verminderde of slechte infiltratie van water in de ondergrond. Vooral de binnenstad ligt op een leemgebied. Dit komt doordat Eindhoven tussen twee rivieren (beekdalen) in ligt; de Dommel en de Gender.

Eindhoven zet zich in om de verharding van haar openbare terreinen te verminderen. Zij wil meer groen en minder verharding in de stad (City Deal Klimaatadaptatie, 2016). In de visie Binnenstad Eindhoven (2015) spreekt de gemeente de ambitie uit om 10% te vergroenen voor 2025. De gemeente trekt de komende jaren voor de aanpak van de gehele binnenstad €9 miljoen uit. Het onderzoek focust zich op de Markt (het *Rode steentjes* gebied) in de binnenstad, zie figuur 6. Eindhoven zoekt naar NBS om de hittestress te verminderen en het hemelwater tijdelijk vast te houden op de Markt, zodat het minder snel afloopt naar de waterprobleemgebieden. Bij aanpak van de Markt moeten de huidige functies (winkelgebied, recreatie, markt) worden behouden en moet de oplossing zichtbaar zijn (L. Postmes, persoonlijke communicatie, 23 november 2016). En omdat veel onderhoud jaarlijks terugkomt, heeft juist het onderhoud veel aandacht bij gemeenten als Eindhoven (Bakker, Kleerekoper, Klok, Kluck, Loeve, Rouvoet en Wentink, 2016).

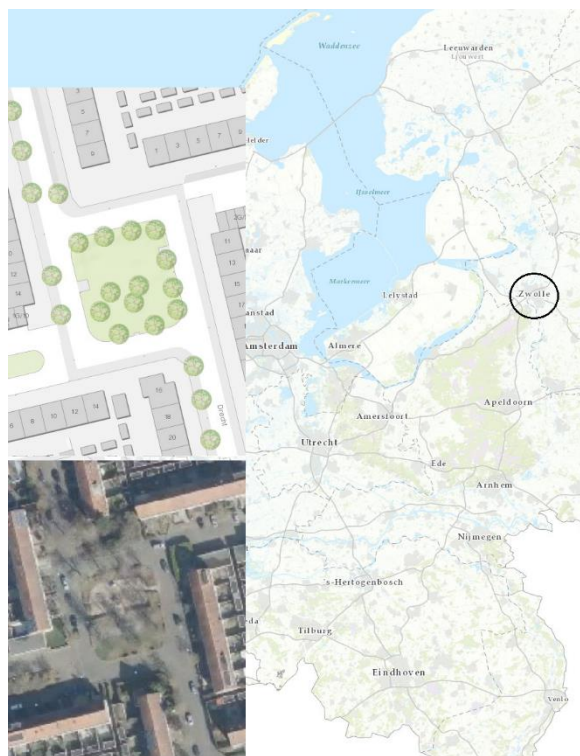


Figuur 6: Plattegrond Nederland en marktplein Eindhoven (AHN, 2016).

Zwolle

De gemeente Zwolle ligt in de provincie Overijssel en telt 125.445 inwoners (Zwolle, 2016). De gemeente heeft een rivierlandschap, waarvan een deel bestaat uit veen- en zandgronden met beekdalen (Berendsen, 2008). Dit brengt deels goede infiltratie met zich mee (zand), maar ook bodemdaling en inklinking (veen). Dit laatste kan leiden tot wateroverlast en schade aan woningen en infrastructuur (Deltares, 2014).

Zwolle wil een impuls geven aan de klimaatbestendigheid. In de Wateragenda Zwolle (2015) heeft de gemeente het over vooruitlopen op de klimaatadaptatiestrategie en kansen om te benutten, alsook ruimtelijke projecten en beheer en onderhoud van de openbare ruimte klimaatbestendig uit te voeren. Vandaaruit gedacht liggen er opgaven in de wijken Aa-landen-Zuid, Wipstrik, Veerallee en Holtenbroek. Er moeten oplossingen komen voor de geasfalteerde wegen in deze wijken (City Deal Klimaatadaptatie, 2016). De gemeente is momenteel bezig met een raadsvoorstel voor klimaatbestendige maatregelen voor asfaltwegen (A. Vrouwe, persoonlijke communicatie, 24 februari 2017). Daarbij wil de gemeente kijken naar NBS, waardoor het gebied robuuster en aantrekkelijker moet worden (City Deal Klimaatadaptatie, 2016). De gemeente Zwolle heeft een prioriteitenlijst opgesteld met tien woonstraten uit de vier wijken. Op deze lijst staan woonstraten die voornamelijk geasfalteerd zijn en die de gemeente wil ombouwen naar woonstraten met infiltrerende verharding. De gemeente zoekt in deze straten niet zozeer naar een probleemoplossing, maar naar minder beheer. Dit onderzoek focust zich op de woonstraat Drecht in de wijk AA-landen, figuur 7. Zwolle heeft hier geen grote urgentie op het gebied van wateroverlast en hittestress. Zeker hittestress speelt hier een minder grote rol, blijkt uit de Hittestresskaart en de WOLK (WaterOverlastLandschapsKaart) uit bijlage 3, figuren 11 en 12. De gemeente ziet graag meer biodiversiteit terug,. Tevens moet het een zichtbare oplossing zijn wordt eventuele bewonersparticipatie aangemoedigd (A. Vrouwe, persoonlijke communicatie, 29 november 2016).



Figuur 7: Plattegrond Nederland en woonstraat de Drecht Zwolle (AHN, 2016).

2.5. Conclusie

In de Deltabeslissing is afgesproken dat Nederland klimaatbestendig moet worden gemaakt. Uit het vooronderzoek kan geconcludeerd worden dat beide gemeenten in willen zetten in vergroenen en het klimaatbestendig maken van haar stad. NBS kunnen worden ingezet als klimaatadaptatie oplossingen en zijn hierom interessant voor de casussen van Eindhoven en Zwolle. NBS hebben in dit onderzoek raakvlakken met economische, sociale en ecologische belangen. Tijdens het onderzoek zijn oplossingen onderzocht die deze drie belangen beogen en die tegelijkertijd kunnen worden ingezet voor klimaatadaptatie. Daarbij moeten de oplossingen voor Eindhoven en Zwolle bijdragen aan het groen in hun steden. Op deze manier kunnen de klimaatadaptatie-opgaven van Eindhoven en Zwolle worden aangepakt en zijn zij weer een stap dichterbij bij een klimaatbestendige stad.

3. Onderzoeksmethoden

3.1. Onderzoeksvragen

Probleemstelling: *Welke NBS kunnen toegepast worden om bij te dragen aan klimaatadaptatie-opgaven in de steden Eindhoven en Zwolle en wat zijn de verwachte kosten en baten van deze oplossingen?*

Verkenning context

1. Wat is de huidige fysieke, sociale en beleidssituatie van Eindhoven en Zwolle?
2. Welke NBS zijn toegepast in Nederland binnen de thema's wateroverlast, hittestress, droogtestress en gezondheid?

Lessons learned

3. Welke resultaten zijn uit de eerder toegepaste NBS gekomen bij gemeenten en betrokkenen, wat waren de doelen, welke lessen zijn geleerd, wat kon anders en wat was het besluitvormingsproces tegenover een civieltechnische oplossing?
4. Wat zijn de voor- en/of nadelen, meekoppelkansen, financiën en succes- en faalfactoren van de toegepaste NBS tegenover een civieltechnische oplossing?

Kosten en baten

5. Welke van de onderzochte NBS kunnen een oplossing bieden voor de klimaatadaptatie-opgaven van Eindhoven en Zwolle?

Toetsing en toepassing elders

6. In welke mate en wijze zijn NBS toepasbaar voor de klimaatadaptatie-opgaven van gemeenten Eindhoven en Zwolle?
7. Welke lessen kunnen hieruit geleerd worden voor toepassing van NBS elders in Nederland?

3.2. Onderzoeksaanpak

Verkenning context

De aanpak van het onderzoek is verwerkt in een onderzoeksschema en is terug te vinden in bijlage 4. De informatie verkregen uit het vooronderzoek vormt een leidraad voor het beantwoorden van de deelvragen en is de eerste stap om tot de beantwoording van de probleemstelling te komen. De eerste stap die gezet is, is een gebiedsanalyse naar de fysieke, sociale en beleidssituatie van Eindhoven en Zwolle. Hiervoor zijn de locaties bezocht, is er een bureauonderzoek gedaan naar de hoogte, oppervlakte, ondergrond, stroomrichting hemelwater, hittestress en de beeldvorming rondom klimaat en is er met de gemeenten Eindhoven en Zwolle gesproken. Voor het bureauonderzoek zijn onder andere de Hittestresskaarten en de WOLK van Tauw gebruikt, de Coalitieakkoorden van de gemeenten, de Wateragenda en het structuurplan van Zwolle en de Binnenstadsvisie van Eindhoven. Vanuit de gebiedsanalyse en de opgaven zijn er programma's van eisen opgesteld. Elke gemeente een eigen programma. De programma's van eisen bevatten de eisen voor het Nature Based herinrichten van de casussen van Eindhoven en Zwolle.

Aan de hand van wat er geleerd is rondom klimaatadaptatie en NBS in het vooronderzoek, is gericht gezocht naar toegepaste NBS in Nederland en in het buitenland. De inventarisatie naar toegepaste NBS bestaat voornamelijk uit bureauonderzoek. Gebaseerd op de rapporten van onder andere 'Eco-engineering in the Netherlands' van Deltares, 'De rivier als getijdenpark' van de Urbanisten en 'Building with Nature' van Ecoshape worden BwN- en GI-projecten onderzocht. Uit bijvoorbeeld de rapporten van 'Nature-Based Solutions' van EpaResearch en 'Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities' van de European Commission, is onderzoek gedaan naar NBS. Deze rapporten vormen een belangrijke basis voor de inventarisatie, omdat dit al (on)succesvolle uitgevoerde projecten zijn

(binnen en buiten de stad) en omdat hier bij voorbaat al veel van geleerd kan worden. De gevonden projecten zijn verzameld in een lijst en gecategoriseerd op wateroverlast, hittestress, droogtestress en gezondheid in of buiten de stad. De keuze voor de onderverdeling in wateroverlast en hittestress is, omdat dit ook de klimaatadaptatie-opgaven zijn van de Eindhoven en Zwolle. Aan de hand van de programma's van eisen van Eindhoven en Zwolle zijn criteria bepaald en konden er zes NBS geselecteerd worden uit de NBS-lijst. De zes NBS moeten onder andere de problemen wateroverlast en hittestress oplossen. De zes NBS zijn in de bijlage uitgewerkt en later aangevuld met informatie uit de interviews. Tevens zijn er vier civieltechnische oplossingen onderzocht: de molgoot, infiltratiekratten, waterplein en aanpassing van het riool. Deze oplossingen zijn onderzocht aan de hand van dezelfde criteria als de NBS. Dit zodat er een afweging gemaakt kan worden tussen de best toepasbare NBS en civieltechnische oplossingen voor Eindhoven en Zwolle.

Lessons learned

Parallel aan het opstellen van de NBS-lijst zijn twee interviewprotocollen opgesteld, zie bijlage 8. Eén voor de gemeenten en één voor de betrokkenen. De vragen komen in de meeste gevallen overeen, maar er zit verschil in de vorm van de vraagstelling. De gemeenten en betrokkenen zijn vanuit andere achtergronden bij het project betrokken en daarom moet hen (deels) andere vragen worden gesteld. De vragenlijsten dienden als leidraad voor de interviews, opdat het gesprek gestuurd kon worden naar de benodigde informatie. De protocollen zijn gebaseerd op literatuur van de site beleidsevaluaties.info en in samenwerking met experts van Tauw opgesteld.

Op basis van de zes gekozen NBS uit de lijst, is bepaald welke partijen geïnterviewd konden worden. Er is uitgezocht in welke gemeenten de NBS zijn toegepast en welke partijen (adviesbureaus en aannemers) deze hebben uitgevoerd. Deze gemeenten en partijen zijn benaderd voor een interview. Uiteindelijk kon niet met alle gewenste gemeenten en partijen contact worden gelegd die betrokken waren bij de uitvoering van de zes gekozen NBS. Om toch zoveel mogelijk informatie te verzamelen, zijn er andere partijen benaderd en is hen gevraagd naar hun Nature Based oplossing voor de aanpak van wateroverlast en hittestress. De informatie uit deze gesprekken kan als vergelijkingsmateriaal dienen voor de zes gekozen NBS.

In totaal zijn er zes interviews afgenomen. Drie met gemeenten, twee met adviesbureaus en één met een onderaannemer. Aan elke gemeente zijn dezelfde vragen gesteld. Dit geldt eveneens voor de adviesbureaus en de onderaannemer. Op deze manier, is per uitgevoerd project dezelfde informatie verzameld. Dit is van belang voor de kosten-batenanalyse, zodat een concreet en eenduidig advies kan worden gevormd. De reden dat met deze partijen is gesproken, is dat er informatie nodig is vanuit zowel het gemeentelijk (beleids)oogpunt als het kennisoogpunt van uitvoerders. De gemeenten die benaderd zijn, zijn van vergelijkbare grootte met Eindhoven en Zwolle. Op deze manier correspondeert de situatie qua budget, aantal inwoners en bestuur zoveel mogelijk met Eindhoven en Zwolle. Binnen de gemeenten is met adviseurs en beleidsmedewerkers gesproken. De ambtenaren die geïnterviewd zijn, zijn experts op het gebied van klimaat, water en ruimtelijke ordening. Ambtenaren binnen deze werkgebieden kunnen de meeste informatie leveren over de oplossingen, aangezien zij ermee bekend zijn en dichtbij de projecten staan. Er is tevens geprobeerd om raadsleden en wethouders te spreken, echter is dit niet gelukt met als opgegeven reden, hun volle agenda's. De reden dat ook raadsleden en wethouders benaderd moesten worden, is om duidelijkheid te krijgen over het besluitvormingsproces om de oplossingen tot uitvoering te brengen. Met name wethouders kunnen hierover meer informatie leveren, omdat zij politiek verantwoordelijk zijn voor de uitvoering van de toepassing.

Er is ook voor gekozen om adviesbureaus en een onderaannemer te interviewen, omdat zij de oplossingen hebben uitgevoerd en deze veelal beheren. De adviesbureaus en onderaannemer zijn apart van elkaar geïnterviewd. Vanuit de adviesbureaus zijn adviseurs op de thema's klimaat, water,

en/of ruimtelijke ordening gesproken. Dit met dezelfde reden als bij de gemeenten. Vanuit de onderaannemer zat een hoofdverkoper aan tafel. Een hoofdverkoper kent zijn producten en kon hierdoor de meeste informatie leveren over een maatregel.

Tijdens de interviews draaide het om beleid, 'lessons learned', besluitvormingsproces, implementatie, meekoppelkansen, voor- en nadelen, succes- en faalfactoren, meten, verklaren en verbetering van het Nature Based-project en de afweging tegenover civieltechnische oplossingen. Dit vormt de basis voor de kosten-batenanalyse van de NBS voor Eindhoven en Zwolle. Voor de interviews werd een 'ex post evaluatie' gehanteerd. Literatuur hierover is verkregen van beleidsevaluaties.info. Met de ex post evaluatie is teruggekeken op het gehanteerde beleid van de gemeenten of betrokkenen en de beoordelingen van de uitvoering, om op deze manier tot een verbetering in de toepassing te komen voor oplossingen.

De resultaten van de interviews zijn verwerkt in schema's en beantwoorden op deze manier deelvragen 3 en 4. De geaccordeerde notulen van de interviews zijn tussenresultaten en zijn als bijlage toegevoegd. In tabellen 1 en 2 staan de gesproken experts van de gemeenten, adviesbureaus en onderaannemer. De contacten zijn voortgekomen uit bureauonderzoek naar NBS in Nederland en uit al bestaande contacten van Tauw.

Experts gemeenten

<i>Naam:</i> Rik Meijer <i>Functie:</i> Beleidsadviseur, gemeente Enschede	<i>Naam:</i> Freddy ten Kate <i>Functie:</i> Senior adviseur riolering en water, gemeente Deventer	<i>Naam:</i> Ronald Bos <i>Functie:</i> Bestuursadviseur openbare ruimte, water en ecologie, gemeente Arnhem
<i>Naam:</i> Hendrikjan Teekens <i>Functie:</i> Waterdesign, gemeente Enschede	<i>Naam:</i> Marcel Wenker <i>Functie:</i> Senior Adviseur Groen, gemeente Deventer	

Tabel 1: *Overzicht van de gesproken experts van de gemeenten.*

Experts adviesbureaus en

(onder)aannemer

<i>Naam:</i> Ronald Wentink <i>Functie:</i> Senior Adviseur, Tauw	<i>Naam:</i> Niels Ijseldijk <i>Functie:</i> Adviseur stedelijk water en klimaatadaptatie, Antea Group	<i>Naam:</i> Berry Mullink <i>Functie:</i> Hoofd verkoop, AquaBASE
--	---	---

Tabel 2: *Overzicht van gesproken experts van de adviesbureaus en onderaannemer.*

Kosten en baten

De volgende stap is de afweging van de kosten tegenover de baten van NBS. Belangrijke gegevens zijn hier:

- De kosten.
- De kwantificering van de impact op NBS op wateroverlast en hittestress, respectievelijk uitgedrukt in waterbergend volume (m³) en afname in hittestress in graden Celsius (°C).
- De meekoppelkansen op het gebied van esthetiek, educatie en biodiversiteit. Op deze manier worden de drie aspecten economie, sociaal en ecologie van het begrip NBS meegenomen in de afweging.

Op basis van de afweging, is naar voren gekomen welke oplossing het beste scoort betreffende de kosten, de kwantificering en de meekoppelkansen. De onderbouwing van de methode van scoren, is terug te lezen in bijlage 11. De gegevens voor de afweging zijn verwerkt in twee schema's, één voor NBS en één voor de civieltechnische oplossingen. Op basis hiervan zijn de slimme oplossingen voor Eindhoven en Zwolle geanalyseerd en zijn mogelijkheden bepaald voor de nieuwe situaties van de casussen.

Toetsing en toepassing elders

Aan de hand van de kosten-batenanalyse is duidelijk weergegeven welke NBS of civieltechnische oplossingen het beste scoren binnen dit onderzoek. De volgende stap is het bepalen van de toepasbaarheid van de oplossingen. Aan de hand van een berekening is duidelijk geworden in hoeverre de oplossing de wateroverlast en hittestress oplossen voor de gemeenten. Hierin is naar voren gekomen in welke mate de wateroverlast in waterbergend volume kan worden vastgehouden/geborgen en hittestress in graden Celsius omlaag gaat. De berekening is terug te lezen in bijlage 14. Om een beeld te creëren van de mogelijkheden waarop de oplossingen toepasbaar zijn in de omgeving, oftewel hoe de nieuwe situatie eruit kan komen te zien, zijn er schetsen gemaakt in samenspraak met ontwerpers van Tauw. De schetsen maken inzichtelijk waar en hoe de oplossingen kunnen worden toegepast. De schets is een realistische weergave van de mogelijke invulling van de casussen in Eindhoven en Zwolle. Aan de hand van de schetsen heeft ontwerper dhr. J. Viscaal van Tauw sfeerbeelden van de nieuwe situatie gemaakt. Middels de berekeningen, schetsen en sfeerbeelden is een advies gevormd voor de gemeenten Eindhoven en Zwolle. Dit advies bepaalt welke NBS het beste passen bij de klimaatadaptatie-opgaven van Eindhoven en Zwolle.

Het advies is op 27 februari 2017 gepresenteerd en teruggekoppeld aan gemeente Eindhoven, tijdens een brainstormsessie met werkgroep Nature Based Solutions. Nadat de verzamelde informatie gepresenteerd is, heeft de groep hierover kunnen discussiëren. Er is gevraagd naar hun mening over de nieuwe opzet voor Eindhoven en Zwolle en daarnaast of het binnen de kaders van het beleid en het plan past, de valkuilen en kansen en of de oplossingen aanspraken of juist tegen. Uit de sessie is naar voren gekomen hoe zij tegenover de nieuwe opzet staan en is de verdere feedback meegenomen als optie voor een vervolgonderzoek. Tijdens de sessie was helaas de beleidsmedewerker van Zwolle afwezig. De terugkoppeling van Zwolle is uiteindelijk via de mail verstuurd. De presentatie en de feedback uit de discussie zijn voortgekomen, zijn verwerkt in de bijlagen. Tevens is er een kort verslag te vinden van de sessie zelf. De sessie was belangrijk voor de werkgroep om een basis te leggen voor het vervolg van hun doel: NBS mainstream maken. Dankzij de sessie, is de groep aangezet tot denken over wat zij wel of juist niet willen. Op basis van de lessen geleerd uit de nieuwe situaties van de casussen van Eindhoven en Zwolle en de sessie kon er een advies worden gevormd hoe deze lessen kunnen worden gebruikt voor de rest van Nederland. Op deze manier, zet de groep aan de hand van dit onderzoek, de eerste stap richting mainstream en Eindhoven en Zwolle richting uitvoering van NBS.

In tabel 3 is weergegeven welke experts in de werkgroep Nature Based Solutions deel nemen.

Experts werkgroep Nature Based Solutions

<i>Naam:</i> Liesbeth Wilschut
<i>Functie:</i> Adviseur water en klimaatadaptatie, Tauw
<i>Naam:</i> Victor Beumer
<i>Functie:</i> Senior Landschap ecologist, Deltares
<i>Naam:</i> Aniel Balla
<i>Functie:</i> Projectleider watermanagement, Witteveen+Bos
<i>Naam:</i> Luuk Postmes
<i>Functie:</i> Projectleider-adviseur-beleidsmedewerker, gemeente Eindhoven
<i>Naam:</i> Anne Vrouwe
<i>Functie:</i> Adviseur stedelijk water, gemeente Zwolle
<i>Naam:</i> Ellen Kelder
<i>Functie:</i> Beleidsmedewerker, gemeente Dordrecht
<i>Naam:</i> Gemma van Eijdsen
<i>Functie:</i> WVL, Rijkswaterstaat
<i>Naam:</i> Egbert Roozen
<i>Functie:</i> Bestuurslid De Groene stad en directeur, VHG
<i>Naam:</i> Harry Boeschoten
<i>Functie:</i> Staatsbosbeheer

Tabel 3: Overzicht van experts binnen de werkgroep Nature Based Solutions.

3.3 Leeswijzer

Deelvraag

Hoofdstuk/bijlage

1. Wat is de huidige fysieke, sociale en beleidssituatie van Eindhoven en Zwolle?	Hoofdstuk 4 Bijlagen 2 en 3
2. Welke NBS zijn toegepast in Nederland binnen de thema's wateroverlast, hittestress, droogtestress en gezondheid?	Hoofdstuk 5 Bijlage 5
3. Welke resultaten zijn uit de eerder toegepaste NBS gekomen bij gemeenten en betrokkenen, wat waren de doelen, welke lessen zijn geleerd, wat kon anders en wat was het besluitvormingsproces tegenover een civieltechnische oplossing?	Hoofdstuk 6 Bijlagen 7 en 8
4. Wat zijn de voor- en/of nadelen, meekoppelkansen, financiën en succes- en faalfactoren van de toegepaste NBS tegenover een civieltechnische oplossing?	Hoofdstuk 6 Bijlagen 7 en 8
5. Welke van de onderzochte NBS zijn toepasbaar en kunnen een oplossing bieden voor de klimaatadaptatie-opgaven van Eindhoven en Zwolle?	Hoofdstukken 7 en 8 Bijlagen 6, 7, 9, 10 en 11
6. In welke mate en wijze zijn NBS toepasbaar voor de klimaatadaptatie-opgaven van gemeenten Eindhoven en Zwolle?	Hoofdstuk 9 Bijlagen 12, 13, 14 en 15
7. Welke lessen kunnen hieruit geleerd worden voor toepassing van NBS elders in Nederland	Hoofdstuk 10

Tabel 4: Leeswijzer advies- en bijlagenrapport.

4. Opgaven Eindhoven en Zwolle

Om de opgaven van Eindhoven en Zwolle te kunnen beantwoorden is er duidelijkheid nodig omtrent de fysieke- en sociale omgeving en de beeldvorming van deze gemeenten. Dit hoofdstuk gaat in op deelvraag 1: Wat is de huidige fysieke, sociale en beleidssituatie van Eindhoven en Zwolle?

4.1. Gemeente Eindhoven

Beleidsvorming

Eindhoven de volgende ambities met betrekking tot klimaat in de stad: bescherming en ontwikkeling van het waternetwerk, een duurzame instandhouding van functies, veilige voorzieningen en kwaliteit van de openbare ruimte. Momenteel zet de gemeente in op het terugbrengen van de oude grachten rond de binnenstad (Eindhoven, 2009). In het Coalitieakkoord 2014 – 2018 (2014) legt de raad van Eindhoven vast dat de gemeente gaat zoeken naar een ideaal evenwicht tussen ecologische, economische en sociale belangen en tegelijkertijd willen zij de innovatie bevorderen. Als extra ambitie spreekt de gemeente in haar Binnenstadsvisie over 10% van de huidige oppervlakte in de binnenstad transformeren van grijs naar groen voor 2025 (Eindhoven, 2016).

Kenmerken

- 4950 m² oppervlak;
- 95% verhard oppervlak;
- 4 platanen (in betonnen bakken);
- 18 aangrenzende panden met ondernemers en bewoners;
- hoogteverschil van 1,5 m met de Emmasingel en Vestedijk;
- drukbezocht.

Fysieke en sociale omgeving

De Markt is een drukbezocht gebied, waarop jaarlijks onder andere carnaval en Koningsdag wordt gevierd en waar vele restaurants met hun terrassen aan grenzen. In de zomerperiode, is de helft van het plein bedekt met terrassen. De looproutes van de bezoekers lopen over de lengte van het plein bijlage 2, figuur 3. Dit betekent, dat de bezoekers langs deze terrassen oplopen.

De Markt kampt met hittestress (veel steen weinig groen, zie bijlage 2 (figuren 4 en 7)) en rondom de binnenstad met wateroverlast, zie bijlage 2 (figuur 5, 6 en 8). Dit laatste wordt veroorzaakt door de hoge ligging van de Markt (16,8 m boven NAP (AHN, 2016)), de ondergrond van 27 m leemig-zand (infiltratiecapaciteit van ongeveer 6,6 mm per uur of liter per uur per m² (Coördinatiecommissie, 2012)) en de oude liggingen van de twee grachten rondom de binnenstad. Op de plaats van de oude grachten liggen nu de Emmasingel en Vestedijk. Hier stroomt al het hemelwater naartoe tijdens een piekbui, wat wateroverlast veroorzaakt. Dit is terug te zien op Waterkansenkaart van figuur 5 in bijlage 2. De bewoners van de binnenstad zijn gevraagd door de gemeente wat zij graag terugzien in hun omgeving. Het gaat hier met name om vergroeningsinitiatieven, ruimte voor ondernemersexperimenten, Smart City oplossingen, binnenstadsgebieden met ieder een andere profiel, levendig straatcultuur en ruim baan voor voetgangers, fietsers en modern en schoon openbaar vervoer (Eindhoven, 2016). Een lopend project in de binnenstad van de gemeente, is het plaatsen van bijenkorven op de Bijenkorf, om onder andere bijen te lokken en zo deze soort te helpen te blijven bestaan (L. Postmes, persoonlijke communicatie, 23 november 2016). De gemeente trekt €9 miljoen uit voor de aanpak van de gehele binnenstad. Voor dit onderzoek wordt uitgegaan van een maximale besteding van €1 miljoen voor de aanpak van de Markt.



Figuur 8: De Markt, Eindhoven.

4.2. Gemeente Zwolle

Beleidsvorming

In het Coalitieakkoord 2014 – 2018 (2014) legt Zwolle vast aan te willen sluiten met beheer van de openbare ruimte bij initiatieven in buurt en wijken voor zelfbeheer. Daarnaast willen zij inzetten op meer stadsnatuur, zoals natuurspeelplekken en het waarborgen van biodiversiteit onder andere door betere verbindingen tussen natuur en water. De gemeente heeft de volgende klimaatambities: het handhaven en meegroeien van de stedelijke hoofdgroenstructuur, waterberging combineren met ecologische zones of zuinig omgaan met ruimte door intensief en meervoudig ruimtegebruik (Structuurplan 2020, 2008). In de Wateragenda Zwolle (2015) wordt gesproken over een veiligere en robuuste stad. Dit uit zich onder andere in het aanpassen van het huidige openbaar groen en meer groen en blauw (netwerken) in de stad, zoals het opvangen van hemelwater en het vervolgens af te voeren via de bodem. Dat zorgt voor een verkoelend effect in tijden van hitte.

Fysieke en sociale omgeving

Woonstraat de Drecht is een straat die het noordelijk en zuidelijk deel van de straat de Botiek verbindt. De Drecht is een ruim opgezette straat met in het midden van de straat een groen pleintje met speeltuin. Verderop in de straat bevindt zich een basisschool, wat maakt dat de Drecht relatief gezien een drukke straat is. De Drecht is tweerichtingsverkeer, waarbij aan de rechterkant van de straat geparkeerd mag worden. Opvallend is, dat ongeveer de helft van de aangrenzende tuinen van bewoners versteend zijn. In gesprekken met twee bewoners van de Drecht kwam naar voren dat zij tevreden zijn met de opzet van de straat en zij geen groot wateroverlast kennen. Al vinden zij het verkeer van en naar de basisschool wel wat druk (anoniem, persoonlijke communicatie, 6 december 2016). De ondergrond heeft voornamelijk als toplaag klei, maar binnen 2 m volgt zand. Dit betekent, een goede infiltratie voor deze locatie. De gemeente stelt € 300.000 beschikbaar in 2017 en 2018 voor de aanpak van twee woonstraten in Zwolle. (A. Vrouwe, persoonlijke communicatie, 29 november 2016). Voor dit onderzoek zal gerekend worden met een maximale besteding van €150.000 voor de Drecht.

Kenmerken

- 2300 m² oppervlak;
- groen speelpleintje van 960 m²;
- 55% verhard oppervlak;
- 15 Zwarte Elzen, lepen en een Vleugelnoot;
- 24 aangrenzende woningen;
- geen hoogteverschil.

De Drecht ligt 1,3 m boven NAP en is een vrij vlak grondgebied, zie bijlage 3, figuur 10 (AHN, 2016). De ondergrond bestaat uit zandig klei, wat een infiltratiecapaciteit heeft van ongeveer 20 mm per uur, oftewel liter per uur per m² (coördinatiecommissie, 2012). In de WOLK van Zwolle, zie bijlage 3 (figuur 11), is weergegeven waar het water naartoe stroomt na een hevige regenbui en waar zich wateroverlast vormt. WOLK brengt het functioneren van de hemelwaterafvoer bij zeer extreme neerslag in beeld (Tauw, z.d.). Op de WOLK is te zien dat voornamelijk zich op het speelpleintje en de wegen wateroverlast kan voordoen. In bijlage 3 (figuur 12), is de Hittestresskaart te zien van de Drecht. Hier komt naar voren dat het versteende gedeelte een redelijk hoge temperatuur meet, maar dat het groen plein in het midden van de straat de temperatuur flink laat dalen.



Figuur 9: De Drecht, Zwolle.

4.3. Programma's van eisen

Vanuit de opgaven en gebiedsanalyse van Eindhoven en Zwolle, is een aantal eisen te bepalen. De eisen zijn hieronder opgenomen in twee programma's, voor Eindhoven en Zwolle. De programma's bevatten de wensen en eisen van Eindhoven en Zwolle voor het Nature-Bases herinrichten van de casussen. Deze punten bepalen hoe het ontwerp er uit zal komen te zien. Aan de hand van deze punten kan er gericht gezocht worden naar NBS die passend zijn voor de opgaven van de twee gemeenten.

Eindhoven	Zwolle
- 10% meer groen; - toepasbaar in een bestaande situatie; - minder verharding; - hemelwater tijdelijk vasthouden; - aanpak hittestress; - zichtbare oplossing; - functies plein behouden; - minder beheer als aandachtspunt; - levendig straatcultuur; - ruim baan voor voetgangers; - ander stadsprofiel; - insecten trekkende beplanting; - combineren met terug te brengen grachten; - kosten maximaal €1 miljoen.	- toepasbaar in een bestaande situatie; - asfalt eruit; - infiltrerende verharding; - klimaatbestendig inrichten; - aantrekkelijker en robuuster; - zichtbare oplossing; - minder beheer; - meer biodiversiteit; - (eventuele) bewonersparticipatie; - aanpak verkeersdrukke; - kosten maximaal €150.000.

5. Nature Based Solutions

Deelvraag 2: Welke NBS zijn toegepast in Nederland binnen de thema's wateroverlast, hittestress, droogtestress en gezondheid?, is in dit hoofdstuk beantwoord. Alle gevonden NBS zijn verwerkt in een lijst en terug te vinden in bijlage 5. In dit hoofdstuk zijn zes NBS uit de lijst samengevat. Voor deze NBS is gebruik gemaakt van informatie van de experts R. Wentink van Tauw, B. Mullink van AquaBASE en J. Rommers van Klep.

Op basis van de informatie uit het vooronderzoek, is gezocht naar toegepaste NBS in Nederland en het in buitenland. Het gaat hier met name om klimaatadaptieve NBS die wateroverlast, hittestress, droogtestress en gezondheid aanpakken. De gevonden oplossingen en projecten zijn verzameld en in een lijst gecategoriseerd op wateroverlast, hittestress, droogtestress en gezondheid in of buiten de stad. Aan de hand van de programma's van eisen, zijn criteria opgesteld en geaccordeerd door experts van Tauw. Vanuit deze criteria zijn zes kansrijke NBS bepaald die van toepassing kunnen zijn op de casussen van Eindhoven en Zwolle. De oplossingen zijn kwalitatief beoordeeld op de volgende criteria:

- aanpak hittestress en wateroverlast;
- toepasbaar in een bestaande situatie;
- zichtbare oplossing;
- kleinschalige oplossing.

Naar aanleiding van deze toetsing zijn de volgende NBS geselecteerd: waterbufferende verharding, grondverlaging/wadi, grasbetonstenen, groenstroken, regenwormen en het landschapsdak. Deze oplossingen zijn allen verder onderzocht en de resultaten hiervan zijn terug te vinden in bijlage 6. Het doel is helderheid krijgen over de bergingscapaciteit, de kosten, de aanpak van de hitte, het proces van aanpak van het probleem en de meekoppelkansen. Informatie wat nog toentertijd niet ingevuld worden, is naderhand aangevuld met informatie uit de interviews met gemeenten en betrokkenen van de betreffende oplossing. Parallel aan het verzamelen van informatie over de zes kansrijke NBS, zijn vier civieltechnische oplossingen onderzocht: molgoot, infiltratiekatten, waterplein en aanpassing van het riool. Deze oplossingen zijn geselecteerd aan de hand van vier identieke criteria als de kansrijke NBS. Tevens is dezelfde informatie verzameld over de civieltechnische oplossingen als over de NBS. Dit, zodat er een afweging gemaakt kan worden tussen de best toepasbare NBS en civieltechnische oplossingen voor Eindhoven en Zwolle. De civieltechnische oplossingen zijn opgenomen in bijlage 7. De samenvattingen van de zes kansrijke NBS zijn in dit hoofdstuk terug te lezen.

Waterbufferende verharding

Algemeen

Een waterbufferende verharding is een verharding waaronder tijdelijk regenwater wordt opgevangen. Dit gebeurt aan de hand van een fundering met een holle ruimte. Doordat het water tijdelijk wordt opgevangen, kan het langzaam infiltreren in de bodem.

Aanpak

De opzet van de maatregel is civieltechnisch, maar het proces is natuurlijk. Om deze reden kan de maatregel onder NBS geplaatst worden. Deze vorm van verharding en water opvangen, kan goed samengaan met afkoppelen. Een voordeel van waterbufferende verharding, is dat het ook een verkoelende werking heeft. Dit komt, doordat het water tijdelijk wordt vastgehouden, wat zorgt voor een verkoelende werking tijdens warme dagen.

Kosten

De kosten bedragen gemiddeld €60,- per m². Dit is duurder dan traditionele bestrating, maar de investering kan worden terugverdiend in vier jaar (B. Mullink, persoonlijke communicatie, 13 december 2016).

Verlaging/wadi

Algemeen

De term 'wadi' komt uit het Arabisch en betekent 'dal'.

De eerste wadi in Nederland is toegepast in het Ruwenbos in Enschede twintig jaar terug. De wadi ligt de meeste tijd van het jaar droog en is vaak begroeid met grassen en andere vegetatie (natuurlijke wadi), zie bijlage 6 voor de soorten vegetatie.

Aanpak

Wadi's fungeren als waterafvoer en -berging, waarna het langzaam kan infiltreren in de bodem. De wadi wordt veel uitgevoerd met een drainagesysteem. Dit systeem bestaat uit een 'koffer' met kleikorrels ondergronds, waardoor het regenwater gefilterd van zand de bodem in kan gaan. Een nadeel van de wadi in de stad, is dat deze intensief beheerd moet worden, zodat het geen zwerfvuil aantrekt en andere planten de bodem niet kunnen afsluiten. Ook is er een kans op dichtslibben door hondenpoep (Wierden, 2012).

Kosten

De kosten van een wadi betreffen ongeveer €6 per m². Beheer- en onderhoudskosten van een wadi zijn €0,37 per m² per jaar (Boogaard, Bruins en Wentink, 2006).

Regenwormen

Algemeen

Door de bouw van wegen, huizen en bedrijven gaat de grond dichtzitten en de bodemstructuur kapot. Het bodemleven is dan veelal gedood. Regenwormen kunnen helpen het bodemleven en de structuur van de grond weer te verbeteren (Jansen Hoveniers, 2013).

Aanpak

"Regenwormen kunnen de bodem loswoelen. Ten eerste krijg je dan doorgangen, waardoor het water kan weglopen. Ten tweede krijg je humus, wat als voeding voor de planten dient. Je krijgt een biologisch evenwicht, een soort biologische mest die de natuur in stand kan houden" (R. Wentink, persoonlijke communicatie, 10 januari 2017).

De regenwormen kunnen op elke bodem worden ingezet, aangezien het een mengsel betreft van Pendelaars (verticale gravers) en compostwormen (horizontale gravers). Wel is het belangrijk dat bij hele dichte gronden, zoals een leemgrond, meer Pendelaars ingezet moeten worden.

Kosten

De kosten per m² bedragen minimaal €50,-. De kosten lopen op met meer Pendelaars in het mengsel (J. Rommers, persoonlijke communicatie, 24 januari 2017).



Figuur 10: Waterpasserende bestrating in Nijverdal (Bosch Beton, 2016).



Figuur 11: Wadi Enschede (Boogaard, 2006).



Figuur 12: Inzet regenwormen (Jansen Hoveniers, 2013).

Grasbetontegels

Algemeen

Grasbetontegels zijn betonnen tegels met grote gaten, waar grassen en andere soorten vegetatie tussendoor kunnen groeien. Grasbetontegels worden tot nog toe veelal gebruikt bij parkeergelegenheden, opritten, wegverbredingen en taludverstevingen. In de stad of woonstraat worden ze over het algemeen (nog) niet gebruikt (Febe, 2008).

Aanpak

Door de gaten in het materiaal kan regenwater gemakkelijk in de grond infiltreren, omdat de grasbetontegels hemelwater in de structuur kunnen opnemen, is dit een volwaardig natuurlijk proces. De openingen kunnen gevuld worden met teelaarde (grasgroei) en steenslag (waterinfiltratie) (Febe, 2008). Het is een verhardingssoort waar groen in bewaard blijft.

Kosten

De kosten voor een standaard grasbetontegel zijn minimaal €8,95 per m² (Bosch Beton, 2016).

Groenstrook

Algemeen

Een simpele oplossing, is meer groen aan te brengen in steden. Groen zorgt voor infiltratie van regenwater en lagere temperaturen. Daarbij wordt de biodiversiteit verbeterd, omdat het onder andere vogels en insecten trekt (Vogelbescherming, 2014).

Aanpak

Een groenstrook kan water tijdelijk vasthouden, kan hittestress verminderen (schaduw creëren), windkracht verminderen en het welzijn verbeteren. "Je voegt in beperkte mate een stukje natuur toe aan de stad. De luchtvochtigheid zal hierdoor iets verhogen. Groenstroken zijn optimaler dan plantenbakken. De aanleg van groen kan gecombineerd worden met het weghalen van de verharding. Groenstroken zijn op elke bodem toe te passen" (R. Wentink, persoonlijke communicatie, 10 januari 2017).

Kosten

Deze oplossing is goedkoper in aanleg dan een gemiddelde civieltechnische oplossing. De aanleg kost €3 per m². Op jaarbasis is onderhoud daarentegen duurder dan een civieltechnische oplossing, aangezien het groen in het groeiseizoen intensief moet worden gemaaid (R. Wentink, persoonlijke communicatie, 10 januari 2017).

Groendak/landschapsdak

Algemeen

Een groen(plat)dak bestaat uit een dunne laag substraat met gras, kruiden, mos en/of sedum als vegetatie (Rotterdam, z.d.). Intensieve groene daken (landschapsdaken) hebben een dikkere laag substraat. De vegetatie is meer divers: gras en lage planten, maar ook struiken en bomen kunnen aanwezig zijn (Heesterbeek, 2014).

Aanpak

Extensieve dakbegroeiingen kenmerken zich doordat het systeem zichzelf in stand houdt. De beplanting moet daarom een groot aanpassing- en regeneratievermogen hebben. Het enige onderhoud aan deze daken bestaat uit een jaarlijkse controle van de waterafvoer na de herfst, het schoonmaken van de grindstroken en eventueel het verwijderen van (ongewenste) zaailingen. (Rotterdam, z.d.). Een extensief platdak kan ongeveer 25 mm hemelwater vasthouden per vierkante meter (Vegter en Philippart, 2016). Een landschapsdak gaat een stapje verder dan een groendak. Op dit dak sluit het groen aan bij de natuur in de directe omgeving. De daken hebben niet één soort substraat, maar meerdere, waardoor er verschillende begroeiingen en leefgebiedjes ontstaan (Heesterbeek, 2014).

Kosten

De prijs is voor een intensief dak bedraagt ongeveer €120 per m² (Heesterbeek, 2014).



Figuur 13: Grasbetontegel (Waterbewust bouwen, z.d.)



Figuur 14: Groenstrook (Steeds groen, 2015).



Figuur 15: Groen intensief dak (De oosterse watertuin (2010).

6. Nature Based Solutions toegepast

Dit hoofdstuk gaat in op deelvragen 3 en 4: Welke resultaten zijn uit de eerder toegepaste NBS gekomen bij gemeenten en betrokkenen, wat waren de doelen, welke lessen zijn geleerd, wat kon anders en wat was het besluitvormingsproces tegenover een civieltechnische oplossing? En wat zijn de voor- en/of nadelen, meekoppelkansen, financiën en succes- en faalfactoren van de toegepaste NBS tegenover een civieltechnische oplossing?. Door middel van interviews met verschillende partijen is het bureauonderzoek naar de zes kansrijke NBS uitgebreid. Op deze manier is er informatie verzameld over onder andere de besluitvorming en uitvoering van de oplossingen. De experts van de gesproken partijen zijn: dhr. R. Meijer, dhr. F. ten Kate en dhr. M. Wenker, dhr. R. Bos, dhr. B. Mullink, dhr. R. Wentink en dhr. N. Ijseldijk.

Nadat het bureauonderzoek over de zes kansrijke NBS is uitgewerkt, zijn er zes interviews afgenomen met verschillende partijen. Om duidelijkheid te krijgen over onder andere de besluitvorming zijn er drie gemeenten benaderd, gemeenten Enschede, Deventer en Arnhem. De interviews zijn bijgevoegd in bijlage 9. Deze drie gemeenten zijn van soortgelijke grootte (qua aantal inwoners) als Eindhoven en Zwolle, waardoor de informatie van de gesprekken beter te vergelijken is. Enschede en Arnhem hebben de wadi en groenstrook uitgevoerd en Arnhem is gevraagd naar de oplossing verticaal groen. Verticaal groen is niet opgenomen als kansrijke NBS, omdat het een oplossing is die particulieren gemakkelijk zelf kunnen toepassen. Het gesprek met Arnhem dient wel als vergelijkingsmateriaal met de andere zes NBS.

De andere drie partijen, waren adviesbureau Tauw, Antea Group en de onderaannemer Bosch Beton b.v.. Tauw heeft meer informatie kunnen leveren over de groenstrook en Bosch Beton over de oplossing AquaBASE (waterbufferende verharding). Antea Group had geen aanvullende informatie over één van de zes NBS, maar kon wel haar uitgevoerde oplossing 'De diepinfiltratieput' nader toelichten. Ook hier geldt dat de oplossing niet is meegenomen als kansrijke NBS, omdat de toepassing duur is en er geen meekoppelkansen op het gebied van ecologie en socialiteit spelen. Wel is informatie uit dit gesprek gebruikt als vergelijkingsmateriaal met de andere kansrijke NBS. Alle interviews zijn terug te lezen in bijlage 9.

Van elk gesprek is de informatie verwerkt in schema's, om de informatie gemakkelijk te kunnen vergelijken. Het eerste schema is een overzicht van het klimaatbeleid, het project/de maatregel en de doelen, resultaten, meekoppelkansen, voor- en nadelen en succes- en faalfactoren. Het tweede schema geeft een overzicht van de kosten, te bergen water of daling van de temperatuur, de besluitvorming en de verbeterpunten.

6.1. Gemeente Enschede

De gemeente Enschede heeft een inwonersaantal van 158.553 en is daarmee de grootste gemeente waarmee gesproken is (CBS, 2016). Tijdens het gesprek met Enschede is er gesproken over de toepassing van de wadi eind jaren negentig in de wijk Ruwenbos. De wadi is een groene waterberging bovengronds, waarbij gebruik wordt gemaakt van de infiltratiecapaciteit van de bodem. Tijdens het gesprek, is niet uitgeweid over andere civieltechnische mogelijkheden voor de aanpak van wateroverlast. De reden hierachter is dat Enschede voor de aanpak van de nieuwe te realiseren wijk wil aansluiten op de bestaande inrichting. Dit betekent groen en bomen in de wijk en geen civiele techniek. Het groen moet aangepast zijn aan kortstondige natte en langdurige droge periodes van een wadi. De wadi in het Ruwenbos van Enschede stond 87% van de tijd droog in een 3 jaar durende meting uitgevoerd door de gemeente.

Bovengrondse bergingen zijn over het algemeen goedkoper, maar de ruimte leent zich hier niet altijd voor. In de openbare ruimte is veel meer oppervlakte nodig om het op te kunnen vangen dan ondergronds. Zoals eerder is genoemd, is de aanleg van een wadi goedkoop (zie tabel 5), totdat het beheerd moet worden. Beheer is immers geen eenmalige kostenpost, maar komt meerdere keren per jaar terug. Als er met een civieltechnische oplossing gewerkt zou worden, bijvoorbeeld riolering, is de aanleg duurder (€8,97 per m²), maar het onderhoud goedkoper (€0,26 per m²). Bijlagen 6, 7 en 9 gaan hier verder op in.

De wadi kon binnen het besluit van het toenmalige Rioleringsplan (GRP) worden meegenomen. Dit is een van te voren vast gesteld en verplicht beleidsstuk van een gemeente, waardoor het plan voor de aan te leggen wadi van te voren al kon worden ingedekt. Als het bestuur de kaders heeft vastgesteld (beleidsmatig en financieel), is het voor dit soort oplossingen vaak niet nodig om het bestuur bij de maatregelkeuze te betrekken. Het bestuur stelt ambities vast en de medewerkers kijken in welke mate deze ambities kunnen worden gerealiseerd met een bepaald project.

Klimaatbeleid	Maatregel/ project	Doelen	Resultaten	Meekoppel- kansen	Voor- en nadelen	Succes- en faalfactoren
Ja Het Rioleringsplan (GRP), Watervisie en Actieprogramma duurzaamheid	Wadi	Waterbergen	40 mm berging en geen wateroverlast	Bewustwording	Voordelen: - Trekt geen muggen aan - Maakt gebruik van de omgeving	Succesfactor: - Doet waarvoor het toegepast is
		Aansluiting inrichting qua bomen en groenstroken	Behoud omgeving	Afkoppelen & kolkloze		
				Aansporen tot handelen	Nadelen - Hondenpoep - Intensief beheer	Faalfactor: - Dicht- slibbing
				Hittestress		
				Beleving		

Tabel 5: Overzicht klimaatbeleid en project/maatregel van gemeente Enschede.

Maatregel/ project	Kosten	M ³ en/of °C	Besluit- vorming	Verbeter- punten
Wadi	Aanleg €6 per m ² Beheer €0,37 per m ² Correctief onderhoud €1,40 per m ²	0,3 m ³ water met de afmetingen 0,3 x 1 x 1 meter & -2 graden Celsius	Valt onder het van te voren door de raad vast gestelde GRP	Afspoeling verontreinig- ing Multifunction- aliteit en verbreden behoeften en doelen

Tabel 6: Overzicht kosten, te bergen water/daling in temperatuur, besluitvorming en verbeterpunten van gemeente Enschede.

6.2. Gemeente Deventer

De gemeente Deventer heeft 98.535 inwoners (Deventer, 2015). Met Deventer is gesproken over het project voor het Lamme van Diesseplein en de Zutphenseweg. Twee totaal verschillende opgaven. Het Lamme van Diesseplein moest een aangename verblijfsplek worden met waterpasserende verharding. Bij de Zutphenseweg moest de wateroverlast worden aangepakt door middel van een wadi. Opvallend is, dat tijdens het gesprek naar voren kwam, dat Deventer nog geen klimaatbeleid heeft. Deventer is daarentegen wel actief bezig met de opzet hiervan. Het gesprek is terug te vinden in bijlage 9.

Een alternatief voor het Lamme van Diesseplein, was onder andere de toepassing van kolken. Hier is niet voor gekozen, omdat het een rommelig uiterlijk creëert en het geen zichtbare oplossing is. Deventer wilde een oplossing met meer potentie. Eén die klimaat integreert in meerdere branches. De oplossing heeft nu vanuit het ontwerpgebied meer potentie, omdat het er strakker uitziet.

Deventer heeft in haar GRP een investeringsprogramma opgenomen, dat bestaat uit de kosten voor het vervangen, renoveren en verbeteren van het rioolstelsel. Hieronder valt ook een jaarlijks budget, te besteden aan klimaatadaptieve verbeteringen van €150.000-, (Deventer, 2014). De aanpak van de Zutphenseweg kon binnen het GRP worden meegenomen en daarom worden betaald van dit budget. Dit betekent, dat er geen goedkeuring meer nodig was van de raad. Voor het Lamme van Diesseplein daarentegen wel. Het besluit voor de uitvoering is vastgelegd in 'Vaststelling definitief ontwerp inrichting Lamme van Diesseplein'.

De toepassing van groene oplossingen met verticale infiltratie van de Zutphenseweg, heeft geen verbetering nodig. Bij het Lamme van Diesseplein is meegegeven dat de communicatie over het gebruik van het plein verbeterd kan worden. Een voorbeeld hier, is het evenement Deventer op Stelten. Tijdens het festival, is een grasveld over de toegepaste waterpasserende verharding gelegd. dit deed de functie van de waterpasserende verharding teniet.

Klimaatbeleid	Maatregel/ project	Doelen	Resultaten	Meekoppel- kansen	Voor- en nadelen	Succes- en faalfactoren
Nee Wel conceptambitie	Zutphense weg	Wateroverlast oplossen	Waterberging en meer groen	Geen lozing op oppervlakte- water	Voordeel - Goedkoper dan civiel- technisch	Succesfactor - Onbekend
						Faalfactor - Onbekend
	Lamme van Diesseplein	Creëren van een aangename verblijfsplek	Aangename verblijfsplek	Betrokken bewoners	Voordeel - Voeding bomen	Succesfactor - Betrokkenheid
			Regenwater- infiltratie	Hittestress vermindering	Nadelen - Onzichtbaar	Faalfactor - Dichtslibbing

Tabel 7: Overzicht klimaatbeleid en project/maatregel van gemeente Deventer.

Maatregel/ project	Kosten	M ³ en/of °C	Besluit- vorming	Verbeter- punten
Zutphense weg	€250.000	-2 graden Celsius	Valt onder het van te voren door de raad vastgestelde GRP	Geen verbetering noodzakelijk
Lamme van Diesseplein	€400.000	0,2 m ³ over 2 ha	Besluit door de raad en opgenomen in 'Vaststelling definitief ontwerp	Communicatie gebruik plein tijdens evenementen

Tabel 8: Overzicht kosten, te bergen water/daling in temperatuur, besluitvorming en verbeterpunten van gemeente Deventer.

6.3. Gemeente Arnhem

Arnhem heeft 155.300 inwoners (Arnhem, 2016). De gemeente houdt zich veelal bezig met het vergroenen van de stad. Tijdens het gesprek (zie bijlage 9), is de oplossing verticaal groen besproken. Verticaal groen kunnen groene muren zijn, maar ook bomen, pergola's of andere hoge beplanting. Arnhem zet voornamelijk in op verticaal groen voor de bewustwording van haar inwoners. Daarnaast helpt het tegen hitte en minder fijnstof, ook stimuleert het de biodiversiteit. Naar de afname van de hitte en fijnstof, is geen concreet onderzoek uitgevoerd. Om deze reden worden de effecten als aanname meegenomen in dit onderzoek.

Voor de toepassing van verticaal groen, was geen civieltechnische alternatieve oplossing. Dit komt, doordat er geen civieltechnische oplossing bestaat die hittestress aanpakt, anders dan een betonnen zonwering. Arnhem wil vergroenen en dit was niet te behalen met een civieltechnische oplossing.

De kosten van verticaal groen verschillen, want bomen hebben een andere prijs dan een groene muur. In dit gesprek is verticale begroeiing langs de muur als voorbeeld genomen. De kosten komen neer op ongeveer €500-, per m². Verticale begroeiing pakt hittestress aan, maar in hoeverre de hitte daalt, is onbekend. Hier zijn nog geen onderzoeken naar gedaan.

Verticaal groen is een gemakkelijke toepassing en is hierdoor goed toe te passen door particulieren. Vanwege het feit dat het een simpele oplossing is, hoeft het niet door de raad worden goedgekeurd. Verbeterpunten zijn hier: werk met kleur en zorg dat hemelwater goed bij de begroeiing kan. De kleur zorgt ervoor dat het groen opvalt. Dit werkt tevens mee aan de bewustwording van de inwoners. Daarnaast zal het groen moeten worden omheind voor de veiligheid, maar ook om zwerfafval, hondenpoep in en het platlopen van het groen te voorkomen.

Klimaatbeleid	Maatregel/ project	Doelen	Resultaten	Meekoppel- kansen	Voor- en nadelen	Succes- en faalfactoren
Ja	Aanpak wateroverlast	Verticaal groen	Bewust- wording bewoners	Urban- farming	Voordelen: - Goedkoop - Makkelijk beheer	Succesfactor: - Doet waarvoor het toegepast is
			Biodiversiteit	Educatie		
			Aanpak hittestress	Horizontaal groen	Nadelen - Kans op slecht beheer bij uitbesteding	Faalfactor: - Vandalisme - Uitwerpselen honden en katten
			Minder fijnstof			

Tabel 9: Overzicht klimaatbeleid en project/maatregel van gemeente Arnhem.

Maatregel/ project	Kosten	M ³ en/of °C	Besluit- vorming	Verbeter- punten
Verticaal groen	€500 per m ²	-2 graden Celsius	Hoeft niet langs de raad, tenzij verwerkt in een groot plan Valt onder Groenplan Arnhem	Werk met kleur voor de bewust- wording en zet er een hek omheen voor de veiligheid

Tabel 10: Overzicht kosten, te bergen water/daling in temperatuur, besluitvorming en verbeterpunten van gemeente Arnhem.

6.4. Bosch Beton, AquaBASE

Bosch Beton produceert betonnen bestratingsmaterialen voor de professionele markt, zie bijlage 9. In het gesprek is waterbufferende verharding behandeld. Deze verharding wordt gepromoot onder de naam AquaBASE. Op het eerste gezicht lijkt de oplossing civieltechnisch, maar het proces van infiltratie in de bodem is natuurlijk. De verharding valt goed te combineren met afkoppelen en heeft als neveneffect, naast waterbuffering, een mogelijk tijdelijk verkoelend effect. Dit effect wordt niet meegenomen in de afweging naar potentiële NBS voor Eindhoven en Zwolle, omdat hier nog geen verder onderzoek naar is gedaan. Een alternatief voor waterbufferende verharding, is niet besproken tijdens het gesprek met Bosch Beton, aangezien Bosch Beton is gespecialiseerd in bestrating.

De kosten voor een waterbufferende verharding van AquaBASE bedraagt €60,- per m² voor een verharding met een buffer (waar het hemelwater onder de verharding in wordt opgevangen) van 10 cm. De kosten variëren wanneer de buffer verandert van hoogte. De aanleg van een waterbufferende verharding is duurder dan een traditionele verharding. Echter toont een eerder uitgevoerde berekening aan dat de investering in vier jaar terugverdiend kan worden. Dit komt doordat er minder water naar het riool en de rioolzuivering gaat, wat minder zuiveringskosten creëert voor een gemeente.

De buffer kan 30 mm neerslag bergen in 10 cm. Dit betekent, dat het een T=10 bui aankan. Dit is een bui die eens in de 10 jaar voorkomt, maar de nauwkeurigheid in millimeters en de frequentie waarmee een dergelijke bui daadwerkelijk voorkomt kan verschillen. Zodoende is het mogelijk dat een bui van 30 mm tweemaal in een maand valt (Kluck en Luijtelaar, 2010).

Een verbeterpunt binnen deze maatregel, is de mogelijkheid van het ontstaan van onkruid tussen de stenen. Dit komt met name voor bij verharding waar niet veel op gereden wordt. Op drukke wegen heeft onkruid geen kans om zich te ontwikkelen, doordat de auto's het wegslijten.

Maatregel/ project	Doelen	Resultaten	Meekoppel- kansen	Voor- en nadelen	Succes- en faalfactoren
Water- bufferende verharding	Waterbergen	Vermindering druk op het riool	Afkoppelen	Voordelen: - Draagkracht staat gelijk aan civiele- techniek, maar kans wateroverlast is verminderd	Succesfactor: - Doet waarvoor het toegepast is
	Langzame infiltratie	Behoud verhard oppervlak	Verkoeling	Nadelen - Kans op dichtslibben	Faalfactor: - Dichtslibbing

Tabel 11: Overzicht klimaatbeleid en project/maatregel van Bosch Beton b.v..

Maatregel/ project	Kosten	M ³ en/of °C	Besluit- vorming	Verbeter- punten
Water- bufferende verharding	€60,- per m ²	30 mm neerslag in het uur per 10 cm fundering	N.V.T.	Onkruid tussen de tegels

Tabel 12: Overzicht kosten, te bergen water/daling in temperatuur, besluitvorming en verbeterpunten van Bosch Beton b.v..

6.5. Adviesbureau Tauw

Tauw is een adviesbureau dat probeert doelen te koppelen en steden zodanig in te richten dat er weinig schade wordt aangericht door de klimaatverandering en de schade kan worden vereffend. Tauw adviseert onder andere groenstroken en wadi-achtige structuren. In het gesprek met Tauw ging het voornamelijk over groenstroken. De stroken worden geadviseerd, om wateroverlast tegen te gaan en op deze manier mogelijk de belasting op het riool te verminderen. In bijlage 9 is het interview met Tauw terug te lezen.

Een alternatief is een ondergrondse berging, door middel van kratten of holle betonnen ruimtes. De reden dat dit in mindere mate wordt geadviseerd, is omdat het een onnatuurlijke oplossing betreft. Het heeft meer onderhoud nodig, kost meer materiaal en is daardoor duurder. Dit systeem vergt veel om in stand te houden en een natuurlijke oplossing kan zichzelf in stand houden.

Groenstroken zijn een relatief goedkope maatregel. De aanleg van een groenstrook (alleen gras) bedraagt maar €1-, per m². Met toevoeging van grondverbetering stijgt de prijs naar €3-,. Het beheer en onderhoud is daarentegen duurder dan bij civieltechnische oplossingen. Maar als de schadepost wordt meegerekend, is de groenstrook weer voordeliger, aangezien hitte- en waterschades voorkomen worden.

Het volume dat een groenstrook kan bergen, komt overeen met dat van een wadi. Alleen is een wadi verdiept en een groenstrook niet. Een verbeterpunt is de vegetatie. De vegetatie hoeft niet altijd te bestaan uit grassen (natuurlijk vriendelijke groenstroken). Wanneer het alleen gras betreft, kan het uitnodigen de hond erop uit te laten of afval achter te laten.

Maatregel/ project	Doelen	Resultaten	Meekoppel- kansen	Voor- en nadelen	Succes- en faalfactoren
Groen- stroken	Waterbergen	Meer bergingscapaciteit	Aanpak Hittestress	Voordelen: - Beleving	Succesfactor: - Doet waarvoor het toegepast is
		Minder wateroverlast			
	Ontharden	Minder afstromend water	Meer groen	Nadelen: - Hondenpoep - Beheer en onderhoud	Faalfactor: - Beheer en onderhoud

Tabel 13: Overzicht klimaatbeleid en project/maatregel van Tauw.

Maatregel/ project	Kosten	M ³ en/of °C	Besluit- vorming	Verbeter- punten
Groen- stroken	Aanleg €1-, per m ² Aanleg en grondverbetering €3-, per m ²	0,005 m ³ water met de afmetingen 1 x 1 x 0,05 meter & -2 graden Celsius	N.V.T.	Vegetatie

Tabel 14: Overzicht kosten, te bergen water/daling in temperatuur, besluitvorming en verbeterpunten van Tauw.

6.6. Adviesbureau Antea Group

Antea Group is een technisch ingenieursbureau. Antea heeft voor Rijssen/Holten een diepinfiltratieput uitgevoerd. Dit is een put die hemelwater opvangt en langzaam laat infiltreren in de bodem. De diepinfiltratieput zit in de bodem en is hierdoor een onzichtbare oplossing. De put is aangelegd onderaan een stuwwal, waardoor door het natuurlijk reliëf van de omgeving het hemelwater vanzelf richting de put stroomt. Omdat het proces gebruik maakt van het natuurlijk reliëf en de infiltratiecapaciteit van de bodem, is het in dit onderzoek meegenomen als Nature Based oplossing. Een voordeel van dit project, is dat er maar een kleine oppervlakte nodig is om het probleem op te lossen. Vanuit beheer en onderhoud is dit prettiger dan veel infiltratiepunten verspreid over een groot gebied. Een nadeel van deze put, is de waterkwaliteit. Door de overstort kan vuilwater het grondwater instromen. Dit veroorzaakt een minder goede kwaliteit grondwater.

Opvallend is dat Rijssen/Holten als alternatieve oplossing een wadi of andere bergingsoplossing niet meegenomen heeft, door het gebrek aan oppervlakte. Een voordeel van de put is immers dat het qua oppervlakte weinig ruimte gebruikt. Een civieltechnische oplossing, zoals pompen is niet onderzocht, omdat de benodigde capaciteit, de transportafstand en het beheer een grote rol speelde in het besluit.

De diepinfiltratieput die uitgevoerd is in 2005 voor Rijssen/Holten kostte toentertijd €60.000,-. Dit is een hoog bedrag voor een enkele oplossing. De put heeft een infiltratiedebiet van 400 m³ per uur. Dit betekent, dat het een bui van 30 mm kan bergen. Een verbeterpunt dat werd meegegeven, was de mogelijkheid tot verstopping door bladeren. De rest van het gesprek met Antea Group is terug te lezen in bijlage 9.

Maatregel/ project	Doelen	Resultaten	Meekoppel- kansen	Voor- en nadelen	Succes- en faalfactoren
Diepte infiltratie	Water- overlast verhelpen	Locatiegericht infiltreren	Water verspreid niet	Voordelen: - Kleinschalig qua oppervlakte	Succesfactor: - Doet waarvoor het toegepast is
		Behoud omgeving	Afkoppelen	Nadelen - Water- Kwaliteit verminderd	Faalfactor: - Afhankelijk van het grondwaterpeil en de bodemopbouw

Tabel 16: Overzicht klimaatbeleid en project/maatregel van Antea Group.

Maatregel/ project	Kosten	M ³ en/of °C	Besluit- vorming	Verbeter- punten
Diep- infiltratie	€60.000,-	30 mm per uur met een	N.V.T.	Verstopping door bladeren

Tabel 15: Overzicht kosten, te bergen water/daling in temperatuur, besluitvorming en verbeterpunten van Antea Group.

6.7. Conclusie

Besluitvorming

Uit de interviews komt naar voren, dat alle gesproken gemeenten zich bezighouden met klimaatadaptatie in het stedelijk gebied. Arnhem en Enschede hebben beide een klimaatbeleid. Deventer is dit momenteel nog aan het vormgeven. Het verticaal groen van Arnhem, valt onder het Groenplan. De wadi van Enschede en de Zutphense weg van Deventer, vallen onder het GRP. Dit betekent, dat deze oplossingen geen verdere goedkeuring van de raad behoeven. Het Lamme van Diesseplein is een dusdanig groot project geweest, dat deze apart een besluitvormingsproces moest volgen.

Alle gemeenten zijn verplicht om een rioleringsplan te hebben, hierin staat onder andere dat zij zorg dragen voor het afvoeren van overtollig hemelwater. Dit betekent, dat de klimaatadaptatieve maatregelen voor een gemeente hieronder vallen. Dit geldt ook voor de gemeenten Arnhem, Deventer en Enschede. Kleinschalige oplossingen als een wadi, groenstrook en verticaal groen vallen onder dit plan. Dit maakt implementatie gemakkelijker en sneller. De grotere oplossingen zoals de diepinfiltratieput en het Lamme van Diesseplein moesten wel een apart besluitvormingsproces volgen. Terugkijkend op de zes kansrijke NBS, geldt dit waarschijnlijk ook voor het groendak/landschapsdak, aangezien het een grote dure oplossing is met veel impact op de omgeving. Voor wat betreft de waterbufferende verharding, grasbetontegels en voornamelijk de regenwormen, is de besluitvorming moeilijk te bepalen, omdat hier is nog te weinig informatie over beschikbaar.

Financiën

De kosten van de oplossingen variëren. Een landschapsdak en diepinfiltratieput zijn erg duur. Daarentegen zitten de waterbufferende verharding en regenwormen aan de wat minder dure kant en zijn de groenstrook, wadi en grasbetontegel goedkoop. Dit betekent, dat deze laatste drie het aantrekkelijkst zijn wat betreft de aanlegkosten. Er moet wel rekening mee worden gehouden, dat de kosten voor het beheer hierin niet zijn meegenomen. Voor de wadi en groenstrook zijn deze wel bekend. De beheerkosten zijn hier gemiddeld hoger dan bijvoorbeeld bij beheer aan het riool (bijlage 6), maar als de schadekosten worden meegerekend, die met de oplossing worden voorkomen, komen de wadi en groenstrook voordeliger uit.

Waterberging en hittestress

In de interviews is meerdere malen de effectiviteit van groen op hittestress genoemd. Gemeenten die kampen met hittestress, lossen het op door het toepassen van meer groen. De gemeenten Deventer en Arnhem en adviesbureau Tauw, spraken over een reductie van -2°C, maar hebben hier (nog) geen onderzoek naar gedaan of bewijsvoering voor. In dit onderzoek wordt de hittestressreductie van -2°C meegenomen als aanname. Groen toepassen voor het verminderen van hittestress, is een gemakkelijke en goedkope oplossing. De wadi, verticaal groen, groenstrook en landschapsdak zijn oplossingen die de hitte aanpakken. Voor wat betreft de waterberging, bergen de wadi en de diepinfiltratieput het meeste hemelwater en de groenstrook, grasbetontegels, waterbufferende verharding en het landschapsdak een kleinere maar respectabele hoeveelheid water. Gebieden met klimaatopgaven hebben allemaal andere afmetingen. De één heeft meer ruimte tot zijn beschikking dan de ander. Hier moet de oplossing op worden aangepast. Wanneer er weinig ruimte beschikbaar is, kan de infiltratieput een goede optie zijn. Bij een ruimer opgezet gebied, zijn een wadi en groenstrook aantrekkelijker. Wanneer het gebied bepaalde functies moet behouden, kan met de oplossingen waterbufferende verharding, grasbetontegels en landschapsdak gewerkt worden.

Meekoppelkansen

NBS bieden naast oplossingen voor hittestress en wateroverlast ook andere meekoppelkansen. Met name bewustwording, meer groen, educatie, beleving en afkoppelen, zijn meekoppelkansen die NBS vaak bieden. Deze kansen zijn onder andere genoemd tijdens de gesprekken met de gemeenten Enschede, Deventer en Arnhem en bij adviesbureau Tauw. Deze meekoppelkansen staan met elkaar in verbinding. Als er meer groen in een stedelijk gebied wordt aangelegd, worden mogelijk de bewoners zich mogelijk bewust van de bijbehorende functies. De mensen leren ervan en de beleving verbetert. Verder passen groen en afkoppelen goed bij elkaar. Wanneer huizen worden afgekoppeld, kan het hemelwater direct infiltreren in de bodem en hoeft het niet naar het riool. Hoe meer groen in een wijk, hoe gemakkelijker het water van de huizen kan infiltreren in de bodem. Een aandachtspunt, is dat alleen de zichtbare NBS deze meekoppelkansen hebben, de diepinfiltratie heeft dit niet. Dit komt, doordat het een oplossing betreft die onder de grond zit. De put draagt op deze manier niets bij aan de biodiversiteit, bewustwording en beleving.

Wat verder opvalt

Met de gemeente Arnhem is de Nature Based oplossing verticaal groen behandeld. Deze oplossing is goed en gemakkelijk toe te passen, ook door particulieren zelf en is hierdoor minder interessant om te onderzoeken. Het onderzoek focust op NBS het toepassen van door gemeenten in de openbare ruimten en het mainstream maken van de oplossingen. Als de oplossing gemakkelijk is toe te passen door particulieren, is er geen noodzaak voor de gemeenten om deze zelf uit te voeren. Om deze reden wordt verticaal groen niet meegenomen in de afweging. Met Antea Group is een oplossing besproken die niet zodanig snel als Nature Based gezien wordt, de diepinfiltratieput. Desondanks is de oplossing wel meegenomen in het onderzoek, omdat het proces gebruik maakt van het natuurlijk reliëf en de infiltratiecapaciteit van de bodem. De oplossing zal echter niet worden meegenomen in de afweging naar NBS voor Eindhoven en Zwolle, omdat het een onzichtbare en dure oplossing betreft.

7. Kosten en baten Nature Based en civieltechnische oplossingen

In dit hoofdstuk is de eerste stap gezet naar de beantwoording van vraag 5: Welke van de onderzochte NBS kunnen een oplossing bieden voor de klimaatadaptatie-opgaven van Eindhoven en Zwolle?. Dit betekent, dat in hoofdstuk 7 onderzoek is gedaan naar de kosten en baten van de zes Nature Based en vier civieltechnische oplossingen. Dit is gerealiseerd aan de hand van de informatie uit de interviews en het bureauonderzoek. De zes kansrijke NBS en vier civieltechnische oplossingen zijn terug te vinden in bijlage 6 en 7.

In de kosten-batenanalyse zijn de maatregelen diepinfiltratieput van Antea Group en het verticaal groen van de gemeente Arnhem niet meegenomen. De reden hiervoor, is dat de diepinfiltratieput een onzichtbare en vrij dure oplossing is zonder meekoppelkansen die kunnen bijdragen aan de biodiversiteit of de beleving. Een Nature Based oplossing in dit onderzoek heeft immers een koppeling met de ecologische, economische en sociale kant. Verticaal groen heeft daarentegen wel veel meekoppelkansen, maar de oplossing is vrij gemakkelijk toe te passen door particulieren zelf. Om deze redenen zijn deze oplossingen niet als optie meegenomen voor Eindhoven en Zwolle.

7.1. Overzicht Kosten en baten

Om te kunnen onderzoeken welke oplossingen haalbaar zijn voor Eindhoven en Zwolle, zijn de NBS en de civieltechnische oplossingen verwerkt in twee overzichten. Aan de hand van de overzichten wordt duidelijk welke oplossingen kostenefficiënt zijn, wat de bergingscapaciteit is en in hoeverre de hittestress wordt gereduceerd. Tevens komen de meekoppelkansen aan bod. In het vooronderzoek is uitgezocht dat NBS een sociaal, economisch en ecologisch belang hebben. Om deze reden worden de zes kansrijke NBS en de vier civieltechnische oplossingen geanalyseerd op deze drie belangen. Het economische aspect wordt geanalyseerd met de kosten, waterberging en hittestressreductie en de meekoppelkansen aan de hand van de esthetiek en educatie (sociaal) en biodiversiteit (ecologie). In bijlage 10 is berekend hoeveel water de NBS of civieltechnische oplossingen kunnen opvangen per vierkante meter en hoeveel de temperatuur daalt bij toepassing van de oplossingen.

Legenda		
		
Esthetisch	Educatie	Biodiversiteit
--	= zeer slecht	
-	= slecht	
-+	= matig	
+	= goed	
++	= zeer goed	

Er is gebruik gemaakt van drie verschillende figuren om de meekoppelkansen esthetisch, educatie en biodiversiteit aan te duiden. In de legenda zijn deze figuren weergegeven. Esthetisch is de beleving en de ervaring van de oplossing, educatie is de mate waarin de bewustwording wordt getriggerd en biodiversiteit de mate waarin de ecologie zich verbetert. De meekoppelkansen esthetisch, educatie en biodiversiteit zijn gescoord met behulp van een --/++ methode. Met deze scorebepaling wordt duidelijk welke oplossing hoog of laag scoort op de meekoppelkansen. De waardebepaling per oplossing is terug te lezen in bijlage 11.

Nature Based oplossingen	Kosten per m ²	Bergingscapaciteit in mm per m ²	Hittestress-reductie	Meekoppelkansen Ruimtelijke kwaliteit		
Groenstrook	€ 3,-	5	- 2 °C	 +	 +	 ++
Wadi/verlaging	€ 6,-	300	- 2 °C	 ++	 ++	 ++
Regenwormen	€ 50,-	N.V.T.	N.V.T.	 --	 --	 ++
Waterbufferende verharding	€ 60,-	0,03	N.V.T.	 -+	 --	 --
Grasbetontegels	€ 10,-	5	N.V.T.	 -+	 --	 -+
Groendak/ landschapsdak	€ 120,-	0,025	- 2 °C	 ++	 ++	 ++

Tabel 17: Overzicht kosten en baten Nature Based Solutions.

Civieltechnische oplossingen	Kosten per m ²	Bergingscapaciteit in mm per m ²	Hittestress-reductie	Meekoppelkansen Ruimtelijke kwaliteit		
Molgoot (BKK)	€ 8,32,-	N.V.T.	N.V.T.	 +	 -+	 --
Infiltratiekratten	€ 11,-	1000	N.V.T.	 --	 --	 --
Waterplein (BKK)	€ 8,32,-	1000	N.V.T.	 ++	 ++	 --
Riolering (per meter)	€ 400,-	70,7	N.V.T.	 --	 --	 --

Tabel 18: Overzicht kosten en baten civieltechnische oplossingen.

7.2. Waarnemingen kosten en baten

Er zijn een aantal opvallende resultaten af te lezen in de overzichten. Bijvoorbeeld, dat geen van de civieltechnische oplossingen bijdragen aan de reductie van hittestress. Dit was wel te verwachten, aangezien twee van de vier oplossingen, ondergrondse toepassingen zijn. De molgoot en het waterplein zijn hier uitzonderingen op, maar omdat het een versteend plein en goot betreft die af en toe gevuld zijn met (stromend) hemelwater, helpt dit niet mee aan de reductie van hittestress. Bovendien zal de biodiversiteit niet verbeteren bij de toepassing van de civieltechnische oplossingen, eveneens omdat het versteende en ondergrondse maatregelen zijn.

Daarnaast valt op dat de civieltechnische oplossingen vrij veel water kunnen vasthouden in tegenstelling tot de NBS. Dit geldt met name voor de infiltratiekratten en het waterplein. De reden hierachter, is dat de omvang vaak groter is dan bovengrondse groene maatregelen. Infiltratiekratten zitten ondergronds en krijgen daarom meer de ruimte om water op te vangen. Een waterplein ligt overigens wel bovengronds, maar krijgt nog steeds de ruimte. Het plein is verhard, waardoor de functies winkel-, speel of sportterrein niet in de weg worden gestaan. Hierdoor kunnen deze functies worden behouden. Bij toepassing van een bovengrondse groene oplossing, kan de functie van het

terrein worden belemmerd. Wanneer het bijvoorbeeld een winkelfunctie betreft, is een grootschalige groene maatregel vaak niet de juiste oplossing, omdat het kan zorgen voor een moeilijk begaanbaar terrein voor bezoekers. Een kanttekening bij het waterplein is de prijs per vierkante meter, dat is gebruikt voor het verharden. Voor de kostprijs van de verharding, is gerekend met betonklinkers. Kosten als bouwrijp maken zijn hier niet in meegenomen, omdat dit geen onderdeel uitmaakt van het onderzoek.

Een uitschieter bij de NBS is de wadi. De toepassing van de wadi is goedkoop, bergt 300 mm per m² en heeft een geschatte hittestressreductie van 2 °C. Bovendien scoort de wadi op de meekoppelkansen hoog. De toepassing van groen, zorgt voor een verhoogde biodiversiteit. Wanneer er meerdere soorten vegetatie worden toegepast, zoals in een natuurvriendelijke wadi, kan dit nog meer verbeteren. De toepassing van groen zorgt daarnaast voor bewustwording van de mensen, verantwoordelijkheid en aansporing tot handelen. Dit resulteert in een betere beleving van de omgeving. De uitkomst is niet verrassend, vergeleken met de andere NBS en civieltechnische oplossingen. De oorzaak hiervan is het feit dat de wadi veel oppervlakte gebruikt, maar ook de diepte ingaat, het een zichtbare oplossing is en natuurlijk. Een kanttekening is, dat de kosten van het beheer niet in de overzichten zijn meegenomen. In de overzichten is alleen rekening gehouden met de aanlegkosten. De uiteindelijke kosten van de wadi zullen daardoor hoger uitvallen dan in het overzicht is aangegeven. Echter kan dit verrekend worden met de schadekosten die door deze oplossing worden voorkomen. Hierdoor zal het kostenplaatje in totaliteit voordeliger zijn.

Een tweede uitschieter, is het groendak/landschapsdak. Dit is voornamelijk te zien binnen de meekoppelkansen. Een landschapsdak is een zichtbare oplossing. Doordat het dak opvalt tussen de andere 'gewone' daken, stimuleert het mensen en zet het aan tot denken. Dit maakt hen bewust van de functie van een landschapsdak. De groene omgeving zorgt voor minder hoge temperaturen, maar voornamelijk ook voor meer biodiversiteit in de omgeving. Een ander voordeel, is dat de functies van een openbaar terrein worden behouden. Juist, omdat het op een dak is aangelegd. Een nadeel van deze oplossing, is dat het op particulier terrein (of openbare gebouwen) uitgevoerd zou moeten worden. Dit betekent, dat een gemeentelijk water of hitteprobleem van openbaar terrein, opgelost wordt door gebruik te maken van particulier terrein. Een landschapsdak is niet de gemakkelijkste en snelste oplossing voor een gemeente. Het vergt veel overredingskracht van de gemeente, richting particuliere eigenaren, om hun daken vrij te stellen voor de toepassing van een landschapsdak.

De groenstrook komt eveneens als een goede oplossing uit het overzicht. De groenstrook is goedkoop, bergt een kleine 5 mm water per m², het groen zorgt voor een lagere temperatuur en draagt bij aan de biodiversiteit. De infiltratiesnelheid is wel een punt van kritiek. Wanneer de ondergrond over een lage infiltratiecapaciteit beschikt, zoals bij lemig-zand, zal het hemelwater minder snel verdwijnen. Daarbij is een groenstrook niet verlaagd. Oftewel, wanneer er een laagje water blijft staan, zal dit het groen en de beleving niet bevorderen. De bewustwording ligt iets lager dan bij de wadi, omdat bewoners mogelijk bij een groenstrook niet direct denken aan hittestressreductie of waterbuffering. Een wadi ligt verlaagd. Dit valt op en zet mensen aan het denken. Een groenstrook is een veelvoorkomend en bekend fenomeen. Er bestaat een mogelijkheid dat mensen hierdoor minder snel bewust zijn van de meekoppelkansen die een groenstrook kan bieden. Dit kan bepalend zijn voor de omgang met de groenstrook door bewoners en dit kan resulteren in een lagere belevingswaarde.

7.3. Besluitvorming

De besluitvorming van de NBS zijn niet opgenomen in de overzichten, omdat de besluitvorming alleen bekend is van de wadi, verticale begroeiing en het Lamme van Deseplein. Om vooralsnog een antwoord te kunnen geven op de toepasbaarheid van de oplossingen, wordt de besluitvorming van de Nature Based oplossing die wel bekend, is gereflecteerd op de overige oplossingen.

De wadi is een oplossing die binnen het gemeentelijk GRP valt. Elke gemeente maakt voor een bepaalde periode een Rioleringsplan, wat wordt vastgesteld door de gemeenteraad. Als een oplossing binnen de kaders van het GRP past, hoeft deze niet meer langs de raad voor goedkeuring. Met uitsluiting van de wadi's die worden toegepast binnen grootschalige projecten, aangezien grotere projecten vaak apart door de raad moeten worden gekeurd (zoals het Lamme van Dieseplein). Dit geldt ook voor de toepassing van een groenstrook.

Het waterplein is een zodanig groot project, dat het een apart besluitvormingsproces vereist. Het plein is te vergelijken met de herinrichting van het Lamme van Dieseplein. Grote projecten met veel impact op de omgeving en op de uitstraling van een wijk of stad, hebben vaak apart overleg en goedkeuring nodig. Dit geldt waarschijnlijk ook voor een landschapsdak. Daarnaast betreft het vaak openbare of particuliere daken en deze maken geen onderdeel uit van een beleidsstuk. Een beleidsstuk is immers een leidraad voor de gemeente en niet voor bewoners van de gemeente. Voor individuele oplossingen, als waterbufferende verharding en grasbetontegels is de besluitvorming moeilijker te bepalen, omdat er geen vergelijkingsmateriaal voor is in dit onderzoek. Bekend is wel, dat de gemeente Zwolle bezig is met een raadsvoorstel voor klimaatbestendige maatregelen voor asfaltwegen. Dit zou betekenen dat waterbufferende verharding en grasbetontegels binnen dit raadsvoorstel vallen en niet apart langs de raad hoeven.

De regenworm is tevens een oplossing waar het besluitvormingsproces nog onbekend van is. Verwacht wordt, dat de toepassing van regenwormen binnen een bestaand beleidsstuk omtrent klimaatadaptatie kan vallen, maar dit is nog niet definitief vast te stellen. Met als reden dat er nog te weinig informatie over de eventuele bergingscapaciteit beschikbaar is.

De aanleg of vervanging van het riool valt binnen het GRP. Dit is ook van toepassing op de molgoot. De molgoot is een goedkope en gemakkelijke oplossing, waardoor het binnen het budget van het GRP valt. Daarbij is het een kleinschalige oplossing, dat goed in combinatie met vervanging van het riool werkt. De toepassing van infiltratiekratten, is goedkoop en pakt de problemen aan die vervanging van het riool ook moet aanpakken. Alleen betreft dit een vele malen kleinere oplossing dan de aanpassing van het riool. Om deze reden past ook de infiltratiekrat binnen het GRP.

7.4. Conclusie

Qua bergingscapaciteit kunnen de civieltechnische oplossingen meer water bergen dan de meeste NBS. Dit komt, doordat ondergronds meer ruimte beschikbaar is voor waterberging. Een voordeel van een ondergrondse oplossing, is dat het de functies bovengronds niet in de weg staat. Al met al komen het waterplein en de infiltratiekratten het beste naar voren voor wat betreft de kosten en bergingscapaciteit. De wadi, groenstrook en landschapsdak komen als de betere NBS naar voren, voornamelijk omdat ze op het sociaal en ecologisch vlak goed scoren. Economisch zijn vooral de wadi en de groenstrook van deze drie oplossingen aantrekkelijk. Een voordeel van alle NBS, is dat het bovengrondse oplossingen zijn. Het zijn zichtbare oplossingen. Dit voordeel levert een grote bijdrage aan de esthetiek, educatie en de biodiversiteit.

Voor wat betreft de besluitvorming, vallen de wadi en groenstrook binnen het GRP en hebben hierom geen verdere besluitvorming nodig. Dit geldt ook voor de civieltechnische oplossingen de molgoot, infiltratiekratten en aanpassing van het riool. Het waterplein is een grootschalig project en moet daarom apart langs de raad en valt niet onder een beleidsstuk. Een ander grootschalig project is het landschapsdak, ook hier kan van worden aangenomen dat het een eigen besluitvormingsproces nodig heeft. Om het doel mainstream maken van NBS te behalen, is het gemakkelijker om oplossingen te kiezen die onder een bestaand beleidsstuk vallen.

8. Casussen Eindhoven en Zwolle

In het vorige hoofdstuk is een analyse gedaan naar de kosten en baten van zes kansrijke NBS en vier civieltechnische oplossingen. Om vraag 5 volledig te kunnen beantwoorden, is in dit hoofdstuk onderzocht welke NBS of civieltechnische oplossingen passend zijn voor Eindhoven en Zwolle. Welke passen budgettair binnen de casussen en welke oplossingen pakken het probleem en beheer aan en zijn toepasbaar. Per gemeente is beschreven wat slimme oplossingen zijn voor de herinrichting van de casus.

Kijkend naar de financiën in combinatie met de bergingscapaciteit, komen duidelijk de wadi, infiltratiekratten en het waterplein als het beste uit de afweging. Wordt er gekeken naar hittestressreductie en meekoppelkansen, scoren de groenstrook, wadi en landschapsdak het hoogst. Omdat de casussen van Eindhoven en Zwolle gemeentelijk en daardoor openbaar terrein betreffen, is het landschapsdak geen optie voor de herinrichting van de casussen. Bovendien willen de gemeenten graag inzetten op zichtbare en groene oplossingen, waardoor de civieltechnische oplossingen infiltratiekrat en riool aanpassing afvallen.

Eindhoven

Eindhoven leent zich voor een combinatie van NBS en civieltechnische oplossingen. Eindhoven heeft onder andere de ambitie 10% te vergroenen in de binnenstad. De wadi en de groenstrook zijn om deze reden goede oplossingen voor Eindhoven. Deze oplossingen houden hemelwater tijdelijk vast, verminderen hittestress én zorgen voor meer groen in de stad. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat Eindhoven een slechte infiltrerende bodem heeft. Een ondersteunende oplossing is hier, de regenworm. De mate waarin de regenworm zorgt voor een betere doorlatendheid, is binnen dit onderzoek onbekend. Wel is dat duidelijk de inzet van wormen de doorlatendheid verbetert. Ook zorgen de wormen voor meer voeding in de bodem, wat een biologisch evenwicht creëert. Voor Eindhoven is minder beheer een aandachtspunt. Een natuurvriendelijke wadi past binnen deze opgave en binnen het beleid. De natuurvriendelijke wadi hoeft immers maar twee keer per jaar gemaaid te worden. Een vierde optie, is de waterbufferende verharding. Het is geen goedkope oplossing, maar zorgt er wel voor dat het water tijdelijk kan worden vastgehouden én de functie van het terrein kan worden behouden. Vanuit de civieltechnische kant gekeken, zijn de molgoot en het waterplein goede opties. De molgoot kan het tijdelijk opgevangen water laten wegstromen naar de daarvoor bestemde locatie en met de toepassing van het waterplein kan de functie worden behouden. Punt van kritiek bij het waterplein is dat bij een hevige regenbui het plein tijdelijk niet te gebruiken is door de bezoekers van de aangrenzende terrassen.

Zwolle

Specifiek voor Zwolle, geldt dat ook zij meer groen wil zien en minder asfalt, maar met een kleiner budget dan Eindhoven. Handig is hier te kijken naar goedkopere oplossingen. De Drecht is kansrijk voor groene oplossingen, omdat het plein in het midden momenteel al groen is en de ruimte zich hier goed voor leent. Ook hier zijn de wadi en de groenstrook goede opties. Zeker, omdat Zwolle een goede infiltratiecapaciteit heeft in tegenstelling tot Eindhoven. Zwolle zoekt naar minder beheer en de natuurvriendelijke versie van de wadi is hier het antwoord op. Bovendien zoekt Zwolle naar klimaatbestendige verharding in haar woonstraat. Daarom kunnen de waterbufferende verharding en grasbetontegels worden meegenomen in de herinrichting. Voor wat betreft de civieltechnische kant, zijn er weinig mogelijkheden. Het waterplein is te grootschalig en niet groen. De riolering aanpassen, past ook niet in de ambitie vergroenen en de molgoot is niet noodzakelijk, omdat het hemelwater direct kan infiltreren. Infiltratiekratten zijn wel mogelijk, al is dit een wat dure oplossing voor Zwolle vergeleken met wat zij ervoor terug zou krijgen, aangezien de meekoppelkansen hier minimaal zijn. Al met al liggen er bij Zwolle meer kansen om Nature Based te worden ingericht dan bij Eindhoven.

9. Nieuwe situaties Eindhoven en Zwolle

Aan de hand van schetsen (bijlage 12), sfeerbeelden en berekeningen (bijlage 14) van de haalbare oplossingen voor de gemeenten Eindhoven en Zwolle wordt in dit hoofdstuk duidelijk wat er met NBS bereikt kan worden. Dit beantwoordt vraag 6: In welke mate en wijze zijn NBS toepasbaar voor de klimaatadaptatie-opgaven van gemeenten Eindhoven en Zwolle?

9.1. Eindhoven



Figuur 16: Sfeerbeeld fotopunt 1 van de Markt in Eindhoven.



Figuur 17: Sfeerbeeld fotopunt 2 van de Markt in Eindhoven.

Voor Eindhoven is gekozen om gebruik te maken van een natuurvriendelijke groenstrook, natuurvriendelijke wadi, waterbufferende verharding, molgoten en regenwormen. Extra zijn in de nieuwe situatie vrijrijdbare plantenbakken toegevoegd. Er is gekozen voor vrijrijdbare plantenbakken, zodat tijdens evenementen de bakken aan de kant kunnen worden gereden en er meer ruimte wordt gecreëerd voor bezoekers. Geschat kan worden dat de plantenbakken in samenwerking met het groen van de groenstrook en wadi de hittestress op de Markt met 2 °C kan verlagen. In verschillende interviews is genoemd dat de aanleg van groen de plaatselijke temperatuur met 2 °C kan verlagen, maar dit is (nog) niet bewezen. Om deze reden wordt de hittestressreductie van 2 °C voor Eindhoven opgenomen als aanname.

Er is gekozen om de vier bomen op het plein meer ruimte te geven. Dit gebeurt aan de hand van een natuurvriendelijke groenstrook en wadi. De groenstrook en wadi krijgen de benaming natuurvriendelijk, omdat ze met meer dan alleen gras beplant zijn. Ze zijn beplant met vochtminnende planten. In bijlage 9 is onderzocht dat een wadi gedurende 24 uur onder water staat en dat het water tientallen centimeters diep kan gaan. Buiten deze periode staat de wadi langdurig droog, ongeveer 341 dagen in het jaar. De beplanting moet op deze omstandigheden ingesteld zijn, daarom is er gekozen voor een soort vegetatie die van nature in vochtige omstandigheden groeit. Bijlage 13 gaat verder in op de vegetatiesoorten. De natuurvriendelijke groenstrook en wadi hebben als bijkomend voordeel dat ze maar twee keer per jaar gemaaid hoeven te worden. De boomspiegel van de drie bomen in figuur 16 wordt in de nieuwe situatie verbreed, gelijk getrokken met het bestratingsniveau en verandert in een groenstrook. Op deze manier krijgen de bomen niet alleen meer ruimte, maar oogt de Markt aantrekkelijker en kan water hier langzaam infiltreren. De groenstrook komt op dezelfde hoogte te liggen als de bestrating. Dit om hemelwater soepel naar de groenstrook te kunnen laten stromen. De groenstrook wordt onder andere beplant met wadibeplanting als penningkruid en moerasvergeetmijnetjes. Deze soort vegetatie is bestand tegen regelmatig onderwater staan. Om te voorkomen dat bezoekers van de Markt de groenstrook kapot lopen en eventueel hun hond erin uitlaten, is er een bank geplaatst rondom de strook. Omdat Eindhoven bestaat uit een ondergrond van lemig-zand en hierom een dichte bodem heeft, kunnen in de groenstrook regenwormen worden uitgezet. De regenwormen spitten de grond door, waardoor er doorgangen ontstaan voor lucht en water. Dit werkt positief voor de micro-organismen en plantenwortels, aangezien deze lucht en water nodig hebben.

Als tweede is ter plaatse van de stoep, die over de lengte van het plein loopt, een natuurvriendelijke wadi toegepast die uitmondt in een verbreding rondom de vierde boom van het plein, te zien in figuur 17. De wadi wordt ter hoogte van de stoep 2 m breed en ter hoogte van de boom 10 m breed. Omdat de wadi verlaagd is, is het noodzakelijk om ter hoogte van de terrassen constructies te plaatsen (loopplanken of platte bruggetjes) waar de bediening en de terrassgasten zich gemakkelijk over kunnen verplaatsten. Op deze manier wordt de functie behouden van de terrassen, de omgeving niet verkleind én kan vooralsnog bij een hevige regenbui het hemelwater wegstromen en worden opgevangen. De wadi is beplant in de nieuwe situatie met hoger opgaande begroeiing die bijdraagt aan de stedelijke biodiversiteit. Met deze aanpak wordt ervoor gezorgd dat bezoekers van de Markt niet in de wadi komen. Dit uit veiligheidsredenen en om de wadi intact te houden. Er is gekozen voor onder andere de planten poelruit en leliegras, bijlage 13 geeft meer informatie over deze en de overige toegepaste beplanting. De beplanting is uitgekozen op bestendigheid tegen natte voeten, koude wintermaanden, hoogte, of het insectentrekken zijn en op 'uitstraling'. Dit laatste is belangrijk om de beleving een boost te geven. De kwaliteit insectentrekker speelt in op het lopende project van de gemeente Eindhoven 'Bijenkorven op de Bijenkorf'. Op deze manier wordt er meer leefgebied gecreëerd voor bijen en andere insecten en wordt de bij geholpen te blijven bestaan. Omdat de ondergrond van de Markt bestaat uit lemig-zand, wordt ook hier de regenworm ingezet. Extra is het toepassen van de civieltechnische oplossing de molgoot. Als het hemelwater in de wadi vooralsnog niet snel genoeg kan infiltreren en dreigt te overstromen, loopt het hemelwater over op

de molgoten. Deze molgoten leiden het hemelwater terug naar de Emmasingel en Vestdijk, waar op dat moment de oude grachten al zijn teruggebracht. De molgoten maken hierdoor gebruik van het natuurlijk reliëf en leiden op deze manier het hemelwater terug naar het dichtbij zijnde oppervlaktewater.

Tot slot is er waterbufferende verharding toegepast over de gehele lengte van de Markt. Voor de Markt is het noodzakelijk dat de functies zoveel mogelijk konden worden behouden, dat de nieuwe situatie de looproutes en de terrassen niet in de weg zouden liggen en het beheer niet verveelvoudigd zou worden. Aan de hand van deze vorm van verharding kunnen de bezoekers nog dezelfde looproutes gebruiken, te zien in bijlage 2. De terrassen hoeven niet verkleind of verschoven te worden. Waterbufferende verharding heeft wel de zwakte te kunnen dichtslibben. Dit is een verbeterpunt waar de gemeente aan moet denken bij eventuele uitvoering.

Besluitvorming

Qua besluitvorming zijn de wadi en groenstrook gemakkelijk te integreren in bestaande beleidsstukken, zoals het GRP. De wadi en groenstrook passen perfect binnen de ambitie 10% vergroenen. Voor de waterbufferende verharding en de regenwormen geldt wat anders. De verharding vervangen door bufferende verharding is een groot project en is over het algemeen duurder. Over de besluitvorming voor het inzetten van regenwormen is in dit onderzoek nog weinig bekend. Ook hier betreft het hoge bedragen. Al met al kan gezegd worden dat de besluitvorming voor een deel van de NBS binnen bestaande beleidsstukken passen. Maar voor een project in de binnenstad van dit formaat is het waarschijnlijk dat de raad een rol zal spelen bij de besluitvorming over de inrichting.

Kosten en te bergen hemelwater

Voor de Markt van Eindhoven is een maximum van €1 miljoen gehanteerd. Als alle bovengenoemde maatregelen worden toegepast, met dezelfde afmeting als geschetst in bijlage 12, figuren 23 en 24, komt het totaal bedrag voor de aanleg uit op ongeveer €213.000. In bijlage 14 is de berekening van Eindhoven terug te lezen. Een kanttekening is hier dat dit geen kostenraming is van het totale project, maar puur ingaat op de aanleg van de maatregelen. Hier zijn bijvoorbeeld geen saneringskosten in meegenomen. Een ander punt is dat de kosten voor het toekomstige beheer niet zijn berekend. Dit betekent, dat met de nieuwe oplossingen er wel minder beheer is voor de gemeente, maar de kosten hiervan nog niet bekend zijn.

Alle oplossingen samen creëren ongeveer 218 m³, oftewel 218.000 mm waterberging, zie bijlage 14. Dit betekent, dat de nieuwe situatie een T=10 bui van ongeveer 40 mm in 45 minuten kan opvangen. Het totale geschatte hemelwater dat afwatert van de daken en het trottoir resulteert in ongeveer 135 m³ te bergen hemelwater in 45 minuten. In de huidige situatie wordt het hemelwater van de daken direct naar het riool geleid, zodoende ligt er potentie in het afkoppelen van de gebouwen aan de Markt. Een aandachtspunt is dat ook hier rekening moet worden gehouden met de slechte doorlatendheid van de bodem. Hemelwater heeft 6,55 mm per m² per uur nodig om te infiltreren in lemig-zand. Dit betekent, dat als er binnen een korte periode nogmaals een bui van 40 mm valt, er kan worden aangenomen dat de vorige bui grotendeels nog niet is geïnfiltreerd.

9.2. Zwolle



Figuur 18: *Sfeerbeeld nieuwe situatie Drecht Zwolle.*

De nieuwe situatie van de Drecht in Zwolle krijgt grasbetontegels voor langsparkeren, waterbufferende verharding in plaats van asfalt, een verbreding van het groene plein met een groenstrook en een natuurvriendelijke wadi. Een extra maatregel voor de Drecht is de aanpassing naar een eenrichtingsweg. Deze maatregel pakt niet de klimaatadaptatie-opgaven aan, maar kan wel de drukte tijdens de schooltijden verminderen. Als de weg maar één kant op werkt, is het aannemelijk dat het aantal auto's afneemt doordat de Drecht niet meer als sluiproute gebruikt kan worden.

Van buiten naar binnen begint de nieuwe situatie van de Drecht met de toepassing van grasbetontegels. Hierop kan geparkeerd worden. Er is gekozen voor grasbetontegels, omdat deze hemelwater kunnen laten infiltreren in de bodem en omdat het natuurlijk oogt. Het verhoogt de beleving van de omgeving. Grasbetontegels zijn tot nog toe alleen toegepast als wegverbredingen, taludsverstevingen en bij opritten en parkeergelegenheden buiten de stad. Hier moet wel opgemerkt worden dat grasbetontegels in een woonstraat een nieuw concept is in Zwolle. Dit kan wellicht weerstand teweeg brengen bij de inwoners van de straat. Hier speelt de 'schoon- en rommeligheid' van de omgeving een rol.

De rijbaan van de Drecht krijgt waterbufferende verharding van 3 m breed. Omdat de weg verandert naar een eenrichtingsweg, is er geen brede rijbaan meer nodig waar auto's elkaar moeten kunnen passeren. De nieuwe breedte van de rijbaan is in overleg met ontwerpers van Tauw bepaald. De waterbufferende verharding zal hemelwater tijdelijk kunnen opvangen en door de goede infiltratiecapaciteit van de bodem van Zwolle zal het water snel kunnen infiltreren. Deze vorm van verharding pakt het waterprobleem aan én zorgt dat de functies van de straat worden behouden.

Na de verharding loopt de straat over in het groene plein. Dit plein zal op dezelfde hoogte liggen als de verharding. Dit voorkomt dat afstromend water wordt tegengehouden door een stoeprand. Het groene plein kon dankzij het versmallen van de weg verbreed worden met ongeveer 1,5 m. De extra 1,5 m wordt veranderd in een groenstrook.

Figuur 18 laat zien dat in het zuidelijke deel van het groene plein een natuurvriendelijke wadi is toegepast. De wadi heeft een parkachtige structuur met zwerfkeien en laagblijvende wadi beplanting. De soort beplanting is terug te vinden in bijlage 13. Het voordeel aan de wadi is dat het maar 2 keer per jaar gemaaid hoeft te worden. Dit pakt het vraagstuk minder beheer aan. Het groene plein is een aantrekkelijke plek, de wadi zal dit alleen maar meer onderstrepen. In tijden dat er geen hevige regenval is, zal de wadi droog liggen en kunnen omwonenden er recreëren. De wadi zal als verlengde van de speeltuin dienen. Met de juiste wadibepanting, dat 'mooi' oogt, kan de bewustwording van de bewoners worden getriggerd en kunnen zij verantwoordelijkheidsgevoel ontwikkelen voor de wadi. Dit kan ervoor zorgen dat de wadi (en de rest van de omgeving) schoon blijft van afval en hondenpoep.

Besluitvorming

Ook hier geldt dat de wadi en de groenstrook binnen het GRP van Zwolle vallen. Dit betekent, dat deze oplossingen individueel niet langs de raad hoeven. Beleidsmedewerkers van Zwolle stellen hier zelf een plan op dat passend is bij de ambities en taken van het GRP. Waterbufferende verharding is een vrij dure oplossing en grasbetontegels is een soort verharding dat (nog) niet is gebruikt in de stad. De gemeente Zwolle geeft aan momenteel bezig te zijn met een voorstel aan de raad over het inzetten van middelen voor klimaatbestendige maatregelen vanaf 2017. Met als voorbeeld het ombouwen van asfaltwoonstraten. Als dit voorstel wordt goedgekeurd zal het plan voor de nieuwe situatie voor de Drecht van Zwolle niet meer langs de raad hoeven, aangezien het al eerder in het voorstel goedkeuring heeft gekregen.

Kosten en te bergen hemelwater

Zwolle heeft een totaal bedrag van €300.000 voor de aanpak van twee woonstraten klaar liggen. Voor de Drecht is met de helft van het budget gerekend, oftewel €150.000. In bijlage 14, tabel 6 is een kostenberekening gemaakt van de totale aanleg van de gekozen oplossingen. Ook hier moet rekening mee worden gehouden met het feit dat de sanering of andere voorbereidingskosten hierin niet zijn meegenomen. De totaalprijs komt neer op €54.000, wat betekent dat het binnen het budget blijft van de gemeente.

De totale waterberging van de nieuwe situatie komt neer op ongeveer 40.000 mm, met andere woorden 64 m³. De Drecht is momenteel niet afgekoppeld. Als dit in de toekomst wel de wens is, kan de nieuwe situatie een T=10 bui niet opvangen, aangezien het geschatte te bergen volume van de Drecht 110 m³ moet zijn (bijlage 14, tabellen 4 en 5). Wel moet hierbij worden opgemerkt dat in deze berekening de regenval dat infiltreert in de tuinen van de bewoners en in het speeltuintje niet is meegenomen. Een voordeel voor Zwolle is de goede doorlatendheid van de bodem (22 mm per m² per uur). Het water zal in een minimum van tijd zijn geïnfiltreerd in de ondergrond.

9.3. Brainstormsessie werkgroep Nature Based Solutions

De nieuwe situaties van Eindhoven en Zwolle zijn teruggekoppeld tijdens een brainstormsessie op 27 februari 2017. De nieuwe situaties zijn gepresenteerd en aan de hand van twee plenaire discussies is feedback gevraagd aan werkgroep Nature Based Solutions. De presentatie en het verslag van de sessie zijn terug te lezen in bijlage 15. De resultaten zijn gearchiveerd en tevens opgenomen in deze bijlage.

Eindhoven

Tijdens de discussies betreffende de casus van Eindhoven stond centraal: de mening over de algemene opzet, past het binnen de kaders van het beleid en de opgave en wat zijn de valkuilen en kansen. Tijdens de discussie over de casus werd opgemerkt dat de bodem van Eindhoven waarschijnlijk een extra laag nieuwe grond nodig heeft, omdat de huidige grond mogelijk is uitgeput en de beplanting aan het 'overleven' is. Daarnaast is gesuggereerd gebruik te maken van witte

klinkers bij de toepassing van waterbufferende verharding. Dit houdt warmtestraling minder vast dan donkere klinkers, wat mogelijk de hittestress op de helpt Markt verminderen.

Vervolgens kwam de beleidsambitie 10% vergroenen van Eindhoven aan bod. Er is gediscussieerd over de vraag of dit met de nieuwe situatie is behaald en wat de waarde is die de nieuwe natuur mogelijk oplevert. Beide punten zijn in dit onderzoek niet uitgezocht en zijn hierom interessant voor een vervolgstudie. Het zijn onderdelen die tijdens de besluitvorming van een project een doorslag kunnen geven. Dit geldt ook voor de onderwerpen gezondheid en sociale cohesie. In hoeverre leveren deze onderwerpen een meerwaarde op? De waarde die de natuur mogelijk opbrengt is bovendien ook een onderwerp dat op Zwolle van toepassing is.

Op dit moment is het onderzoek uitgevoerd voor twee specifieke locaties, maar hoe wordt er naar NBS gekeken vanuit een groter geheel, Nederland breed? De werkgroep zoekt naar de verbinding met groenblauwe netwerken, naar de integrale visie van de netwerken op de verschillende schaalniveaus van het stedelijk gebied. Binnen deze structuur kunnen uiteindelijke specifieke NBS worden toegepast.

De gemeente Eindhoven gaf aan op korte termijn te beginnen met het opknappen van de binnenstad. In de opdracht 'visie van de binnenstad' is de ambitie 10% meer groen opgenomen. Hoe dat vorm te geven en waar dat groen kan worden aangelegd zijn twee grote vragen. De nieuwe situatie van de Markt van Eindhoven dient als inspiratie om dat voor elkaar te krijgen.

Zwolle

De terugkoppeling van de nieuwe situatie van Zwolle verliep enigszins anders, omdat de beleidsmedewerker van Zwolle niet aanwezig kon zijn. De nieuwe situatie van woonstraat de Drecht is aan de gemeente Zwolle via de mail teruggekoppeld. De gemeente vindt dat de opzet grotendeels binnen het kader van het klimaatbestendig maken van de bestaande stad past. Zwolle is ambtelijk bezig met geld aanvragen voor straten zoals de Drecht, waarbij asfalt kan worden vervangen door waterpasserende elementenverharding. De nieuwe situatie sluit hier goed op aan. De opzet van de nieuwe situatie wordt toegevoegd aan de achtergrondnotitie die bij het investeringsvoorstel hoort. Dit ter inspiratie. De nieuwe opzet helpt naast de gemeente tevens werkgroep Nature Based Solutions, omdat de werkgroep nu daadwerkelijk een voorbeeld heeft om over na te denken. Aan de hand van een pilot kan geleerd worden van de combinaties die mogelijk zijn bij klimaatopgaven, bewonerswensen, NBS en de link met de opgaven.

Aanvullend kwam naar voren dat het investeringsvoorstel van de gemeente Zwolle nog niet helemaal rond is, oftewel het heeft nog geen akkoord van het college. Vooral omdat de gemeente tegelijkertijd met een klimaatadaptatiestrategie bezig is, maar ook omdat er veel kosten bij komen kijken. Uit de klimaatadaptatiestrategie moeten nog de prioritaire gebieden én de meest effectieve maatregelen per wijk blijken. Voor nu is het argument van de gemeente Zwolle dat daadwerkelijk uitvoeren en investeren in klimaatbestendigheid van de bestaande stad een geen-spijt-maatregel is.

Werkgroep Nature Based Solutions merkte op dat er gecombineerd moet worden met andere maatschappelijk doelen, zodat er meerdere doelen van de gemeente, particulieren en andere belanghebbende bereikt kunnen worden. Om te kunnen combineren met andere maatschappelijke doelen is er kennis nodig over de belangen van de particulieren en belanghebbende. Hiervan is in dit onderzoek nog te weinig kennis. Als het project breder wordt getrokken, is het van belang dat er met meerdere partijen gesproken wordt en gevraagd wordt naar hun belangen. Dit geldt overigens ook voor de gemeente Eindhoven.

10. Nature Based Solutions mainstream

Het vorige hoofdstuk geeft advies over de nieuwe situaties van de Markt in Eindhoven en woonstraat de Drecht in Zwolle, maar hoe verhoudt dit zich tot de rest van Nederland en hoe koppelt dit zich aan de verschillende schaalniveaus? In dit hoofdstuk is onderzocht hoe de NBS kunnen worden ingepast in andere gemeenten van Nederland en zijn de oplossingen gekoppeld aan de schalen stad en wijk. Dit beantwoordt deelvraag 7: Welke lessen kunnen hieruit geleerd worden voor toepassing van NBS elders in Nederland?

Besluitvorming

In de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie is besloten dat alle overheden in Nederland vanaf 2020 waterveiligheid en klimaatbestendigheid integraal moeten meewegen bij ruimtelijke ontwikkelingen en dat in 2050 Nederland klimaatbestendig ingericht moet zijn. Klimaatadaptatie moet om deze reden bij alle gemeenten in het beleid worden opgenomen. NBS zijn hier een antwoord op. NBS zijn in dit onderzoek oplossingen die de effecten van het veranderend klimaat adapteren. Het gaat hier met name om wateroverlast en hittestress in het stedelijk gebied.

De zes meest kansrijke NBS die in dit onderzoek zijn onderzocht sluiten hier goed op aan. Alle zes pakken ze wateroverlast en/of hittestress aan. Wat betreft de besluitvorming, zijn de wadi en de groenstrook beide oplossingen die binnen het verplicht door gemeenten op te stellen Rioleringsplan vallen. Van de waterbufferende verharding, grasbetontegels en de inzet van regenwormen is in dit onderzoek de besluitvorming niet onderzocht. Een mogelijkheid is dat een gemeente een van tevoren goedgekeurd (beleids)plan heeft liggen omtrent klimaatbestendighedsmaatregelen, zoals waar de gemeente Zwolle momenteel mee bezig is. Dit plan functioneert als de leidraad voor het klimaatbestendig maken van de gemeente. Binnen dit plan passen mogelijk de NBS waterbufferende verharding, grasbetontegels en regenwormen. Hierdoor hebben deze oplossingen geen verdere goedkeuring nodig van de raad. Van het landschapsdak is eveneens geen besluitvormingsproces bekend. Deze oplossing is vele malen grootschaliger dan de voorgaande drie oplossingen. Grote projecten met veel impact op de omgeving en op de uitstraling van een wijk of stad hebben vaak apart overleg en goedkeuring nodig. Daarnaast betreft het vaak openbare of particuliere daken en deze maken geen onderdeel uit van een beleidsstuk. Een beleidsstuk is immers een leidraad voor de gemeente zelf en niet voor de bewoners van de gemeente. Al met al betekent dit dat vijf van de zes NBS mogelijk passen binnen beleidsstukken van de gemeenten in Nederland. Een kanttekening is wel dat er genoeg kennis nodig is over een NBS, wil het worden toegepast. De inzet van regenwormen is bijvoorbeeld een vrij nieuw concept en is nog weinig over bekend. Dit kan weerstand oproepen en op deze manier het besluitvormingsproces vertragen, of zelfs tot afkeuring van de oplossing leiden. Om NBS mainstream te maken in alle gemeenten van Nederland, is er voldoende kennis nodig voor de onderbouwing. Zodanig kunnen oplossingen sneller worden goedgekeurd en toegepast.

Kosten

De kosten van de zes kansrijke NBS zullen niet veel variëren, als deze worden toegepast in andere gemeenten van Nederland. De wadi, groenstrook en grasbetontegels zullen ook voor andere gemeente het aantrekkelijkst zijn wat betreft het kostenaspect. Wat wel varieert is de ruimte per gemeente, waardoor de kosten kunnen gaan verschillen. Wanneer de oppervlakte vele malen kleiner of groter is dan die van de opgaven van Eindhoven en Zwolle, zal dit het financiële plaatje beïnvloeden. Aannemelijk is dat grotere gemeenten als Amsterdam minder ruimte beschikbaar hebben om een klimaatopgave aan te pakken dan een kleinere gemeente.

Baten

De baten zijn afhankelijk per regio en voornamelijk per ondergrond. Groen groeit bijvoorbeeld niet op elke ondergrond even gemakkelijk, maar het heeft tevens te maken met de bodemkwaliteit en ruimte die een gemeente kan bieden aan groen. Wanneer bijvoorbeeld bomen niet de ruimte krijgen en hierdoor gaan 'overleven' in een stedelijk gebied, zullen de baten hier niet optimaal zijn. De bomen volgroeien niet, waardoor mogelijk de biodiversiteit niet verbetert. Daarnaast kan hemelwater niet in alle gronden even gemakkelijk infiltreren. Of de grondwaterstand is te hoog, waardoor er veel sneller wateroverlast optreedt dan in andere gebieden. Een ander argument voor een gemeente is de mate waarin hittestress speelt in haar stedelijk gebied. Een grotere en dichter bebouwde gemeente heeft meer hittestress, dan een kleinere ruim opgezette gemeente. Bijvoorbeeld een dichtgegroeide gemeente als Amsterdam, welke voor het merendeel bestaat uit gebouwen, zal sneller hittestress ervaren. Dit alles beïnvloedt de beredenering voor een gemeente om te gaan voor NBS.

Meekoppelkansen

De meekoppelkansen zullen Nederland breed overal praktisch hetzelfde zijn, maar de urgentie om te gaan voor een dergelijke meekoppelkans als meer groen, beleving, bewustwording of biodiversiteit verschilt. Een kleinere gemeente, ver weg van de randstad, heeft mogelijk minder urgentie om deze meekoppelkansen aan te grijpen. Kleinere gemeenten hebben immers vaak het buitengebied naast de deur en daardoor biodiversiteit en beleving genoeg. Bovendien zijn veel straten al groen opgezet. Daarnaast hebben kleinere gemeenten ook vaker een grotere achtertuin waar gemakkelijk (afgekoppeld) hemelwater kan infiltreren, wat kan resulteren in weinig tot geen wateroverlast of hittestress. Er kan gezegd worden dat de meekoppelkansen van NBS het aantrekkelijkste zijn in grotere steden. Hier is minder ruimte beschikbaar, woningen hebben in mindere mate een eigen tuin, er zijn minder groene straten en het buitengebied ligt niet direct naast de deur. De toepassing van NBS hebben meer impact in een grotere gemeente. NBS kunnen om deze reden gemakkelijker mainstream gemaakt worden in de grotere gemeenten van Nederland dan in de kleinere.

Werkgroep Nature Based Solutions

Om NBS mainstream te maken in Nederland zal werkgroep Nature Based Solutions voorgaande opmerkingen mee moeten nemen in gesprekken met andere partijen. Dit kunnen gemeenten zijn, maar ook andere overheden, omdat ook zij de verplichting hebben om klimaatbestendigheid mee te nemen vanaf 2020 in ruimtelijke ontwikkelingen. Veel van de onderzochte NBS zijn al bekende klimaatadaptieve oplossingen. Dit zal de gesprekken met andere partijen gemakkelijker maken. De werkgroep moet rekening houden met de verschillende locaties waar een klimaatopgave speelt. Dit betekent, dat de fysieke omgeving in kaart moet worden gebracht, de ondergrond, de probleemgebieden en andere factoren die een opgave beïnvloeden. De sfeerbeelden en schetsen voor de nieuwe situaties van de Markt in Eindhoven en woonstraat de Drecht in Zwolle dienen als voorbeelden tijdens deze gesprekken. Verder dienen de nieuwe situaties ook als trigger voor de werkgroep zelf. Aan de hand van de sfeerbeelden en schetsen wordt duidelijk wat de werkgroep kan doen, of misschien juist niet in andere situaties. De beelden zetten aan tot denken en handelen en vormen dusdanig een basis voor de pilotprojecten van de gemeenten Eindhoven en Zwolle.

Toepassing NBS op schaalniveau

De inpassing van de NBS is per gemeente verschillend, wel kan globaal besproken worden waar welke oplossing passend is op verschillende schaalniveaus binnen een stad. Dit concept is bepaald niet nieuw. Rapporten als "The Green City Guidelines", "Synergie in stromenbeheer" en "Green Infrastructure, An integrated approach to land use" gaan hier onder andere op in. In dit onderzoek is voor de casussen van Eindhoven en Zwolle gewerkt op straatniveau. Aanvullend zijn er nog de schaalniveaus stad en wijk.

Op schaalniveau stad is het slim om gebruik te maken van de bestaande groenblauwe netwerken van de stad. Een gemeente met een natuurgebied aan de rand van de stad, kan hier haar groenblauwe netwerk op aansluiten. In de stad wordt bijvoorbeeld meer groen aangelegd, aansluitend op het natuurgebied, langs de wegen die vanuit het natuurgebied naar de binnenstad leiden of de stadsparken kunnen worden verbonden met elkaar. Dieren krijgen op deze manier een groter netwerk van habitatten en kunnen zich hierdoor gemakkelijker verplaatsen binnen steden. Bovendien zorgt een verbeterd groen netwerk veelal voor veiligere wandel- en fietsroutes van en naar bijvoorbeeld parken, speelterreinen, scholen. Wat betreft de aanpak van wateroverlast is het altijd slim om het ter plekke op te kunnen vangen en te infiltreren. Wanneer dit niet mogelijk is, kan ervoor gekozen worden om het hemelwater te laten afstromen naar bestaand oppervlakte water of naar het buitengebied. Dit kan bijvoorbeeld door gebruik te maken van het bestaande reliëf van het gebied. Ook hier kan gebruik worden gemaakt van het bestaande blauwe netwerk. Om het netwerk te verbeteren kunnen bestaande rivieren, meren en beken met elkaar worden verbonden. Dit creëert mogelijk veiliger vaarverkeer en meer recreatie.

Op wijkniveau kan worden gekeken naar parken, industrieterreinen, speelterreinen en woonwijken. Allen hebben potentie om de groenblauwe netwerken van een stad te verbeteren en te verbinden. Een groenblauw speelterrein bijvoorbeeld, verbonden met de bestaande netwerken, stimuleert de creativiteit, kinderen komen op een creatieve manier in contact met de natuur en dit stimuleert de motoriek en interactie met anderen.

Op wijkniveau kan al wat specifieker worden gekeken naar oplossingen om de netwerken van de stad te verbeteren. Bijvoorbeeld de soort vegetatie die kan worden geplant op een specifieke locatie, zoals bomen. Bomen zorgen voor schaduw, de hitte vermindert en waarschijnlijk ook de fijnstof. Wat betreft NBS zijn landschapsdaken ideaal om aan te sluiten op het bestaande groene netwerk van de stad en gemakkelijk toepasbaar op daken van industrieterreinen of kantoorgebouwen. Waterberging aan de hand van een wadi kan op ruim opgezette locaties, bijvoorbeeld een park centraal of aan de rand van een wijk. Hier kan gespeeld worden met groenstroken die het hemelwater naar de wadi kunnen leiden. Op deze manier wordt ingezet op het versterken van het groenblauwe netwerk van de stad. Wanneer het een nieuw te bouwen wijk betreft kan gedacht worden aan de toepassing van grasbetontegels en waterbufferende verharding. Waterbufferende verharding kan in plaats van asfalt worden toegepast en de grasbetontegel voor langsparkeren of op een lokale parkeerplaats. Beide oplossingen pakken wateroverlast aan en zorgen dat de functie van een rijbaan of parkeerplek wordt behouden. Aanvullend kan de grasbetontegel met vegetatiesoorten worden beplant die aansluiten bij de omgeving. Een voordeel van Nature Based inrichten op wijkniveau is dat er meerdere belangen meegepakt kunnen worden, van bijvoorbeeld de bewoners. Dit creëert mogelijkheden om in gesprek te gaan met burgers over burgerparticipatie wat kan resulteren in verbeterde sociale cohesie, veiligheid, bewustwording en verantwoordelijkheidsgevoel.

11. Discussie

In het onderzoek over Nature Based Solutions in de stad is het begrip Nature Based Solutions gedefinieerd, zijn er zes kansrijke NBS onderzocht en afgewogen tegenover vier civieltechnische oplossingen, zijn de casussen van de gemeenten Eindhoven en Zwolle Nature Based heringericht en zijn NBS gegeneraliseerd naar heel Nederland. Informatie is onder andere verkregen uit bureauonderzoek en interviews met verschillende partijen. Dit hoofdstuk gaat in op de verwachtingen ten aanzien van de uitkomsten, welke beperkingen het onderzoek kent en de aandachtspunten voor vervolgonderzoek

Definitie NBS

Op basis van het theoretisch kader komen de uitkomsten van het onderzoek niet overeen met wat er van te voren werd verwacht. Het theoretisch kader geeft een definitie weer van NBS die voornamelijk natuurlijk zijn, waar volledig gebruik gemaakt wordt van de natuur en die bovendien groen van zichzelf zijn. Naarmate het onderzoek vorderde is de definitie van NBS verbreed. In het onderzoek zijn niet alleen natuurlijke oplossingen onderzocht, maar ook oplossingen waar alleen gebruik wordt gemaakt van natuurlijke processen. Een voorbeeld hiervan is de waterbufferende verharding. Op het eerste gezicht is dit een civieltechnische oplossing, maar de oplossing is gebaseerd op het natuurlijke proces infiltratie. Nadat het water tijdelijk wordt opgeslagen in de buffer, infiltreert het langzaam in de bodem. Dit past niet in de eerdere definitie dat NBS allemaal groene oplossingen zijn. Het betekent dat er verschillende invullingen mogelijk zijn. De grens van de definitie kan verlegd worden. NBS zijn groene, natuurlijke oplossingen waarbij tegelijkertijd gebruik wordt gemaakt van de natuur, haar kwaliteiten én mogelijk in een andere vorm gegoten dan van te voren gedacht wordt.

NBS in Zwolle en Eindhoven

De casus van Zwolle heeft naar verwachting meer potentie om Nature Based heringericht te worden dan Eindhoven. De Drecht in Zwolle is een ruim opgezette woonstraat waar alleen bestemmingsverkeer komt. De Markt van Eindhoven heeft meer functies dan de Drecht, er moet rekening mee worden gehouden met veel bezoekers, evenementen en terrassen. Dit maakt de herinrichting van de Markt moeilijker. De Drecht is momenteel al vrij groen en ruim opgezet, bovengrondse groene oplossingen krijgen hier meer de ruimte. NBS zijn hier gemakkelijker in te passen. Een punt van kritiek voor beide casussen is dat er weinig tot geen kennis is over het draagvlak betreffende een mogelijke herinrichting. Hiervoor is een vervolgonderzoek nodig. De opgedane kennis uit dit vervolgonderzoek kunnen de gemeenten gebruiken om in gesprek te gaan met burgers over burgerparticipatie. Op deze manier kan meer dan alleen het openbare terrein worden aangepakt.

In het algemeen is het waarschijnlijk dat per casus binnen een gemeente opnieuw moet worden gekeken welke NBS toepasbaar zijn. De toepassing van NBS is van veel factoren afhankelijk, bijvoorbeeld de ondergrond, omgeving, opgave, kosten en besluitvorming. Implementatie van NBS blijft maatwerk, daarentegen is dit met traditionele oplossingen hetzelfde.

Betrouwbaarheid onderzoek

Tijdens het onderzoek zijn niet alle partijen gesproken, zoals van te voren was gepland. Voor het onderzoek was het belangrijk om drie gemeenten te interviewen, inclusief de partijen die verantwoordelijk waren voor de uitvoering van de NBS van de gemeenten. Dit was voornamelijk belangrijk voor de besluitvorming en uitvoering van een oplossing. In de huidige vorm van het onderzoek zijn niet de uitvoerende partijen gesproken van bijvoorbeeld de wadi in het Ruwenbos van gemeente Enschede. Dit had het onderzoek krachtiger kunnen maken. In de huidige vorm is de gemeente zelf naar de technische achtergrond gevraagd van een oplossing, maar beschikte zij niet altijd over deze kennis.

Bovendien was het belangrijk voor de besluitvorming van een Nature Based oplossing dat een raadslid of wethouder gesproken werd. Een raadslid of wethouder beschikt over de politieke kennis van een oplossing, aangezien zij verantwoordelijk zijn voor de besluitvorming. De gesproken beleidsmedewerkers konden wel informatie leveren over de besluitvorming, maar niet over het besluitvormingsproces van de desbetreffende oplossing.

De mate van generaliseerbaarheid in dit onderzoek is beperkt, aangezien er maar met een beperkt aantal gemeenten gesproken is. Wanneer er meer mensen of gemeenten gesproken worden, kunnen er uitspraken worden gedaan over de toepasbaarheid in andere gemeenten. Een mogelijkheid, naast interviews, is om alle partijen uit te nodigen voor eenmalige bijeenkomst. Op deze manier kan er van elkaar geleerd worden en wordt mogelijk meer informatie opgehaald.

Uitvoering onderzoek

Het onderzoek gaat in op de kosten voor de aanleg van een oplossing. Momenteel passen de gekozen oplossingen binnen de budgetten van Eindhoven en Zwolle, maar het is geen kostenraming. Dit betekent, dat er geen volledige berekening is gemaakt per toe te passen oplossing. De grondverbetering en uitvoeringskosten zijn bijvoorbeeld niet meegenomen in deze berekening. Dit maakt de huidige berekening niet compleet. Dit geldt ook voor de berekening van het op te vangen hemelwater bij een T=10 bui. De dak-, schuur- en trottoiroppervlaktes die gebruikt zijn, zijn geschatte waardes. De oppervlaktes zijn niet berekend met bijvoorbeeld de WOLK. Dit geeft wel de richting aan van het op te vangen volume hemelwater, maar het is geen definitief resultaat. Om deze resultaten compleet te maken, voor Eindhoven en Zwolle, is mogelijk een vervolgstudie nodig.

12. Conclusie

Met dit onderzoek heeft werkspoor Nature Based Solutions inzicht gekregen in de definitie Nature Based Solutions, welke NBS er ingezet kunnen worden als klimaatadaptatie en is onderzocht hoe de casussen van Eindhoven en Zwolle Nature Based heringericht kunnen worden. Dit beantwoordt de hoofdvraag: *Welke NBS kunnen toegepast worden om bij te dragen aan klimaatadaptatie-opgaven in de steden Eindhoven en Zwolle en wat zijn de verwachte kosten en baten van deze oplossingen?*

NBS zijn oplossingen die geïnspireerd, ondersteund en gekopieerd zijn uit de natuur en zorgen voor ecologische, sociale en economische voordelen. In dit onderzoek zijn NBS ingezet als klimaatadaptatieve oplossingen, maar NBS zijn multifunctioneel en breder dan klimaat. Het verschil met civieltechnische oplossingen is dat NBS natuurlijke oplossingen zijn of gebaseerd zijn op een natuurlijk proces. NBS zijn in het begin van het onderzoek gedefinieerd als natuurlijke (groene) oplossingen. De definitie beschrijft oplossingen die geïnspireerd, ondersteund en gekopieerd zijn uit de natuur. Dit kunnen echter ook civieltechnische oplossingen zijn, zoals grasbetontegels en waterbufferende verharding. Het proces waarop de oplossing gebaseerd is, is natuurlijk (infiltratie in de bodem). Geconcludeerd kan worden dat de grens van de definitie van NBS verbreed kan worden, naar civieltechnische oplossingen die gebruik maken van een natuurlijk proces wanneer een klimaatopgave wordt aangepakt.

Nadat de definitie afgebakend is, zijn er zes kansrijke NBS bepaald voor de klimaatadaptatie-opgaven in de steden van Eindhoven en Zwolle. Dit is gebeurt aan de hand van criteria. Deze oplossingen zijn onderzocht en afgewogen tegenover vier civieltechnische oplossingen. Hieruit kwam een aantal oplossingen het beste naar voren specifiek voor Eindhoven en Zwolle.

Voor de casus van de Markt in Eindhoven zijn vier van de kansrijke NBS toegepast en een civieltechnische oplossing: waterbufferende verharding, natuurvriendelijk wadi en -groenstrook, regenwormen en de molgoot. Kenmerkend voor de Markt van Eindhoven zijn de volle terrassen, de vele evenementen en bezoekers. Dit betekent, dat er met veel functies rekening moet worden gehouden tijdens het Nature Based herinrichten van de casus. De vijf oplossingen bieden hiervoor een uitkomst. Door gebruik te maken van waterbufferende verharding blijft vooralsnog de Markt grotendeels verhard en kunnen de terrassen, evenementen en bezoekers blijven. De kosten voor de aanleg van de natuurvriendelijke wadi en -groenstrook zijn laag en de baten resulteren zich in meer biodiversiteit, beleving en minder hittestress. Tevens zorgt deze natuurvriendelijke vorm voor minder beheer voor de gemeente. Omdat Eindhoven bestaat uit lemig-zand zijn er regenwormen toegepast, zij vormen tunnels waar lucht en water kan instromen. Dit voorkomt wateroverlast en creëert een gezondere bodem. Tevens is het handzaam om een extra laag nieuwe grond toe te voegen, omdat de huidige grond mogelijk is uitgeput. Door middel van civieltechnische molgoten kan overtollig water afstromen naar oppervlaktewater in de buurt.

De Drecht in Zwolle heeft de meeste potentie om Nature Based ingericht te worden. De woonstraat kampt niet zozeer met wateroverlast en hittestress, maar staat wel op de prioriteitenlijst van de gemeente. Op deze lijst staan woonstraten die voornamelijk geasfalteerd zijn en die de gemeente wil ombouwen naar woonstraten met infiltrerende verharding. De nieuwe situatie van de Drecht krijgt waterbufferende verharding op de rijbaan en grasbetontegels waarop geparkeerd kan worden. Beide oplossingen zorgen voor infiltratie van hemelwater. Het plein in het midden van de straat krijgt een natuurvriendelijke wadi met parkachtige structuur. Nu kan water infiltreren en creëert het tegelijkertijd bewustwording, minder beheer, beleving en hopelijk verantwoordelijkheidsgevoel.

Breder kijkend naar heel Nederland passen de zes onderzocht NBS goed binnen de Deltabeslissing Ruimtelijke Adaptatie. Hierin staat dat Nederland in 2050 klimaatbestendig moet zijn ingericht. NBS zijn in dit onderzoek oplossingen die de effecten van het veranderend klimaat adapteren, met name wateroverlast en hittestress in het stedelijk gebied. De NBS passen wat betreft besluitvorming bijna allemaal binnen het verplichte Rioleringsplan of andere bestaande beleidsstukken. Dit betekent, dat NBS goed te integreren zijn in het beleid van gemeenten. De oplossingen zijn meestal niet te grootschalig, wat positief is voor de kosteninvestering. De baten zijn afhankelijk per regio. Dit hangt af van de ondergrond, bodemkwaliteit, de urgentie voor een klimaatadaptatie-opgave en de ligging van de gemeente. Grotere steden ervaren bijvoorbeeld sneller hittestress, hebben minder groen in de nabije omgeving en minder de ruimte. Een klimaatadaptatie-opgave krijgt hierdoor meer urgentie dan in een kleinere gemeente, waar het buitengebied naast de deur ligt. Dit zijn allemaal elementen die de keuze voor NBS kunnen beïnvloeden.

Per gemeente is de inpassing van NBS weliswaar verschillend, maar op de verschillende schaalniveaus van de stad is hier wel een uitspraak over te doen. De casussen van Eindhoven en Zwolle zijn op straatniveau uitgevoerd. Op stads- en wijkniveau is het slim om gebruik te maken van de bestaande groenblauwe netwerken. Op stadsniveau kunnen bestaande rivieren, beken, meren, parken en natuurgebieden met elkaar worden verbonden met of in de stad. Wanneer de groenblauwe netwerken worden verbonden met de stad, krijgen de dieren een groter netwerk van habitatten en zorgt dit andere voor veilige wandel- en fietsroutes. Op wijkniveau kan al wat specifieker worden gekeken naar oplossingen om de netwerken van de stad te verbeteren. Dit kan bijvoorbeeld in parken, industrieterreinen, speelterreinen en woonwijken. Een groenblauw speelterrein bijvoorbeeld, verbonden met de bestaande netwerken, stimuleert de creativiteit van kinderen. Bovendien komen kinderen op een creatieve manier in contact met de natuur en stimuleert het de motoriek en interactie met anderen. Een voordeel van Nature Based inrichten op wijkniveau is dat er meerdere belangen meegepakt kunnen worden, van bijvoorbeeld de bewoners. Dit creëert mogelijkheden om in gesprek te gaan met burgers over burgerparticipatie wat kan resulteren in verbeterde sociale cohesie, veiligheid, bewustwording en verantwoordelijkheidsgevoel.

Werkgroep Nature Based Solutions heeft als doel NBS mainstream te maken, zodat Nederlandse steden meer rendement halen uit klimaatadaptatieve maatregelen. Dit onderzoek kan als basis dienen om het doel van het werkspoor te behalen. De nieuwe situaties voor Eindhoven en Zwolle en de genomen stappen in dit onderzoek dienen als voorbeeld voor het vervolg van het werkspoor Nature Based Solutions. Aan de hand van de sfeerbeelden en schetsen kan de werkgroep in gesprek gaan met andere partijen, waarbij de casussen van Eindhoven en Zwolle als pilotprojecten dienen. Elke nieuwe opgave moet anders worden bekeken dan die van Eindhoven en Zwolle.

13. Aanbevelingen

Werkspoor Nature Based Solutions heeft in haar projectvoorstel de volgende vragen opgenomen: *In kaart brengen van het aanbod van Nature Based Solutions die toegepast kunnen worden in bestaand stedelijk gebied* en *Welke drempels ervaren de verschillende stakeholders (ontwikkelaars, beheerders, betrokkenen vanuit publiek en privaat) in het kiezen voor Nature Based Solutions?* Dit onderzoek beantwoordt deze twee onderzoeksvragen en is het tweede product dat opgeleverd wordt binnen het werkspoor. Op basis van de resultaten van dit onderzoek kunnen een aantal aanbevelingen worden gedaan. Werkgroep Nature Based Solutions wordt geadviseerd om als volgende stap de nieuwe situaties van de Markt in Eindhoven en woonstraat de Drecht in Zwolle te hanteren als pilotprojecten en mee te nemen naar gesprekken met andere overheden in Nederland. De nieuwe situaties kunnen de andere overheden aan het denken zetten om NBS te gebruiken bij de aanpak van hun klimaatadaptatie-opgaven. Wel wordt aanbevolen om iedere klimaatopgave als een compleet nieuwe opgave te bekijken, omdat elke regio andere behoeften, urgenties en ondergrond heeft. Dit betekent, dat de zes onderzochte NBS niet in elke regio hetzelfde effect zullen hebben en hierom niet in alle gebieden van Nederland de juiste oplossing zijn. De zes NBS kunnen worden gebruikt als voorbeeld en eventueel in een andere opzet opnieuw worden toegepast bij klimaatadaptatie-opgaven in de stad. Voor meer mogelijke NBS kan worden verwezen naar de NBS-lijst in bijlage 5 van het bijlagenrapport. Aanvullend op de specifieke NBS kan werkgroep Nature Based Solutions op grotere schaal kijken naar steden met klimaatadaptatie-opgaven. In dit onderzoek is op straatniveau gekeken, maar een aanbeveling is om ook op stad- en wijkniveau een opgave te bestuderen. Wanneer op grotere schaal een opgave wordt bekeken, kan het groenblauwe netwerk van de stad worden verbeterd en mogelijk meer belangen worden aangepakt.

Vervolgens is er in dit onderzoek de aanname gedaan dat de inzet van groen lokaal de omgevingstemperatuur verlaagt met 2°C. Deze aanname is gebaseerd op schattingen van de gesproken partijen. Tauw beschikt over een tool om hitte in kaart te brengen per locatie; de Hittestresskaart. Aan de hand van deze kaart kan Tauw doorrekenen wat de temperatuurstijgingen zijn, wanneer het groen op een bepaalde locatie ontbreekt. Echter is er nog geen tool ontwikkeld die berekent wat de toevoeging van groen met de temperatuur doet. Een aanbeveling voor Tauw is om deze tool te verfijnen, waardoor voor specifieke locaties de mogelijke daling van de temperatuur gemeten kan worden wanneer er groen wordt toegevoegd. De mate waarin NBS hittestress vermindert kan een doorslag geven om te gaan voor deze oplossingen. Aanvullend is het van belang om duidelijkheid te creëren over de waarde dat het toegevoegde groen oplevert aan de casussen van Eindhoven en Zwolle. Dit is in dit onderzoek niet onderzocht. Een mogelijkheid hiervoor is de toepassing van de tool TEEB-stad. Een kanttekening hierbij is wel dat de waarde van groen in deze tool alleen wordt gedefinieerd in geld, maar de toevoeging van groen levert meer op dan alleen geld. Dit is specifiek voor Eindhoven en Zwolle aantrekkelijk om te onderzoeken, maar ook voor werkgroep Nature Based Solutions zelf. Het kan eveneens zorgen voor een verbeterde onderbouwing om NBS in te zetten voor het oplossen van de klimaatopgaven.

Specifiek voor de gemeenten Eindhoven en Zwolle kan worden aanbevolen om de sfeerbeelden en schetsen te gebruiken ter inspiratie bij het invullen van hun opgaven. De nieuwe situaties geven voorbeelden over de vorm van invulling en waar de oplossingen kunnen worden aangelegd. Eindhoven geeft aan 10% te willen vergroenen in de binnenstad. De nieuwe situatie van de Markt is groener dan de huidige situatie, hoeveel groener in percentage is niet onderzocht. Een aanbeveling voor de gemeente is dit eerst te onderzoeken in een eventuele vervolgstudie. Dit kan als onderbouwing dienen om de casus Nature Based in te richten. Verder is voor beide casussen belangrijk om de belangen van andere partijen te kennen en draagvlak te creëren bij omwonenden. Wanneer er draagvlak wordt gecreëerd kan gewerkt gaan worden met eventuele burgerparticipatie, waardoor afkoppelen van de woningen mogelijk wordt en er mogelijk verantwoordelijkheidsgevoel

ontstaat voor de behoud van de omgeving. De casus van Eindhoven betreft een druk bezocht evenemententerrein met veel terrassen. Burgerparticipatie kan een uitkomst bieden om te gaan werken met NBS op particuliere en openbare daken. Tot slot de aanbeveling om voor de casussen te berekenen hoeveel dak-, trottoir- en schuuroppervlak er afwatert op de Markt en de Drecht. Dit geldt ook voor de kosten van de NBS. In dit onderzoek is het totaal afwaterend oppervlak geschat en alleen de kosten voor de aanleg berekend. Wanneer het totaal afwaterend oppervlak definitief wordt berekend en de kosten van de NBS zijn begroot in een kostenraming, zijn de toe te passen NBS goed onderbouwd en zal het bestuur sneller een akkoord kunnen geven voor de uitvoering.

Bronnenlijst

- Agenda Stad. (Z.d.). *City Deals*. Geraadpleegd op 29 september 2016, van <http://agendastad.nl/city-deals/>
- AHN. (2016). *Actueel hoogtebestand Nederland*. Geraadpleegd op 30 november 2016, van <http://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>
- AHN. (2016). *Actueel hoogtebestand Nederland* [foto].
- Amphia. (Z.d.). *Een compleet ecosysteem*. Geraadpleegd op 11 oktober 2016, van <https://www.amphia.nl/nl-nl/over-ons/nieuwbouw/een-compleet-ecosysteem>
- Amsterdam Rainproof. (Z.d.). *Waterpleinen*. Geraadpleegd op 30 januari 2017, van <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/waterpleinen>
- Amsterdam Rainproof. (2016). *Holle weg*. Geraadpleegd op 6 oktober 2016, van <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/holle-weg>
- Amsterdam Rainproof. (2017). *Infiltratiekratten*. Geraadpleegd op 26 januari 2017, van <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/infiltratiekratten>
- Amsterdam Rainproof. (2017). *Schematische doorsnede van infiltratiekratten onder de weg* [foto]. Geraadpleegd op 26 januari 2017, van <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/infiltratiekratten>
- Arnhem. (2015). *Aanpak wateroverlast in Arnhem-noord*. Arnhem: auteur.
- Arnhem. (2016). Arnhem in cijfers. Geraadpleegd op 27 januari 2017, van <https://arnhem.buurtmonitor.nl/jive/jivereportcontents.ashx?report=bevolking>
- Bakker W., Kleerekoper L., Klok L., Kluck J., Loeve R., Rouvoet M. & Wentink R. (2016). *Voor hetzelfde geld klimaatbestendig*. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam.
- Berendsen H.J.A. (2008). *Landschappelijk Nederland*. Assen: Van Gorcum.
- Berry P.M., Hartig T., Naumann S. & Sutherland W.J. (2014). *Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*. Brussel, België: European Commission.
- Bleuze P. & Pötz H. (2012). *De High Line, New York*. Z.pl.: Coop For Life.
- Blommenstijn M.M. (2014). *Waardebepaling van kustecosystemen ten behoeve van Ecosystem-based Adaptation (EbA)*. Utrecht: Universiteit Utrecht.
- Boogaard F. (2006). *Wadi Enschede* [foto]. Geraadpleegd van, <https://www.rainproof.nl/toolbox/maatregelen/wadis>
- Boogaard F., Bruins G. & Wentink R. (2006). *Wadi's: aanbevelingen voor ontwerp, aanleg en beheer*. Bennekom: Auteur.
- Bosch Beton. (2016). *AquaBASE – de stabiele basis voor waterbuffering*. Geraadpleegd op 12 januari 2017, van <http://www.vdboschbeton.nl/nieuws/aquabase>
- Bosch Beton. (2016). *Grasbetontegels* [foto]. Geraadpleegd van, <http://www.vdboschbeton.nl/nieuws/aquabase>
- Bosch Beton. (2016). *Opbouw waterbufferende verharding* [foto]. Geraadpleegd van, <http://www.vdboschbeton.nl/nieuws/aquabase>
- Bosch Beton. (2016). *Waterpasserende stenen* [foto].
- Bosch Beton. (2016). *Prijzen grasbeton*. Almelo: auteur.
- Bosch Beton. (2016). *Prijzen klinkers*. Almelo: auteur.
- Bouwman A., Dorland R. van & Vonk M. (2015). *Wereldwijde klimaateffecten*. Den Haag: PBL.
- Boer, F. (2015). *Piekbuien opvangen op het waterplein*. Z.pl.: Tuin en Landschap.
- Braakhekke W.G., Berendse F., Jong M. de, Kreveld A. van & Winden A. van. (2014). *Samenvatting en conclusies*. Z.pl.: Wageningen Universiteit, Kennis voor Klimaat en Strooming.
- CBS. (2016). *Bevolking; ontwikkeling in gemeenten met 100 000 of meer inwoners*. Geraadpleegd op 27 januari 2017, van <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=70748NED&D1=0,2,4,16,18,20,22,24&D2=a&D3=0&D4=a&D5=l&HD=090707-1905&HDR=T&STB=G4,G2,G1,G3>
- CD Klimaatadaptatie – Werkspoor 3. (2016). *Projectvoorstel*. Z.pl.
- City Deal klimaatadaptatie. (2016). *Partijen en partners komen overeen*. Z.pl.

City Deal Klimaatadaptatie. (2016). *Nature Based Solutions* [Brochure].

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds.) (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland, Switzerland: IUCN.

Coördinatiecommissie. (2012). *Code van goede praktijk voor het ontwerp, de aanleg en het onderhoud van rioleringsystemen*. Erembodegem: auteur.

Cruydhoeck. (2017). *Lythrum salicaria - Grote kattenstaart* [foto]. Opgehaald, van <http://www.cruydhoeck.nl/winkel/lythrum-salicaria/p156>

De groene stad. (2009). Arnhem is de groenste stad van Europa. Geraadpleegd op 27 januari 2017, van <http://degroenestad.nl/arnhem-is-groenste-stad-van-europa/>

De groene stad. (2011). Deventer, Groenste Stad van Europa. Geraadpleegd op 27 januari 2017, van <http://degroenestad.nl/deventer-groenste-stad-van-europa/>

De oosterse watertuin. (2010). *Groen intensief dak* [foto]. Opgehaald van http://deoostersewatertuin.nl/?page_id=1615

Deltacommissaris. (Z.d.). *Deltabeslissing Ruimtelijke adaptatie*. Geraadpleegd op 26 oktober 2016, van <https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/inhoud/deltabeslissingen/deltabeslissing-ruimtelijke-adaptatie>

Deltares. (Z.d.-a). *Over ons*. Geraadpleegd op 26 oktober 2016, van <https://www.deltares.nl/nl/over-ons/>

Deltares. (2014). *Bodemdaling*. Geraadpleegd op 31 oktober 2016, van <https://www.deltares.nl/nl/nieuws/bodemdaling-grote-kostenpost-voor-nederland/>

Deventer. (2014). *Gemeentelijk Rioleringsplan Deventer 2015-2020*. Deventer: auteur.

Deventer. (2015). *Bevolkingsprognose Deventer 2015*. Geraadpleegd op 27 januari 2017, van <https://kennisnet.deventer.nl/kennisnet/kennisbank/bestuur/bestuur-algemeen/bevolkingsprognose-deventer-2015>

Dordrecht. (Z.d.). *Natuur en Milieu*. Geraadpleegd op 20 oktober 2016, van <https://cms.dordrecht.nl/inwoners/natuur-en-milieu>

Dordrecht. (2013). *Structuurvisie Dordrecht 2040*. Dordrecht: auteur.

Driessen P.P.J., Mijerink S.V., Rijswick H.F.M.W. van & Termeer C.J.A.M. (2011). *Beleids- en rechtswetenschappelijke aspecten van klimaatadaptatie*. Z.pl.: Klimaat voor ruimte en Kennis voor Klimaat.

Dutch Water tech. (Z.d.). *Moerasvergeetmenietje* [foto]. Opgehaald, van <https://www.dutchwatertech.net/vijvercenter/vijverplanten/moerasplanten/losse-moerasplanten/moerasvergeetmenietje.html>

Ecoshape. (2016). *Over Ecoshape*. Geraadpleegd op 26 oktober 2016, van <https://www.ecoshape.org/nl/over-ecoshape/>

Eindhoven. (2009). *Interimstructuurvisie 2009*. Eindhoven: auteur.

Eindhoven. (2014). *Coalitieakkoord 2014-2018*. Eindhoven: auteur.

Eindhoven. (2016). *Binnenstadvisie Eindhoven 2025*. Eindhoven: auteur.

Eindhoven. (2016). *Oppervlakte van de Markt in Eindhoven* [foto].

Eindhoven. (2016). *Waterkansenkaart* [foto].

Eindhoven. (2016). *Eindhoven in cijfers*. Geraadpleegd op 27 oktober 2016, van <http://eindhoven.buurtmonitor.nl/jive/>

Eindhoven. (2017). *Looproutes van de Markt in Eindhoven* [foto].

European Commission. (2015). *Building a GI for Europe*. Brussel, België: auteur.

European Commission. (2015). *Nature-Based Solutions*. Geraadpleegd op 6 oktober 2016, van <https://ec.europa.eu/research/environment/index.cfm?pg=nbs>

European Commission. (2015). *Nature-Based Solutions & Re-naturing Cities*. Brussel, België: auteur.

European Environment Agency. (2015). *Can nature help reduce the impacts of climate change* [foto]? Opgehaald, van <http://www.eea.europa.eu/highlights/can-nature-help-reduce-the>

Febe. (2008). *Grasbetontegels*. Brussel, België: auteur.

Flora Fauna. (2014). *Moerasrolklaver* [foto]. Opgehaald, van <http://floraf fauna.middendelfland.net/zomer7.htm>

[Gras] [foto] (Z.d.). Opgehaald, van <http://www.gras.nl/>

Greenfingers. (2017). *Buddleja / Vlinderstruik* [foto]. Opgehaald, van <http://greenfingersonline.nl/tuinplanten/buddleja/>

Groenblauwe netwerken. (2012-a). *Holle wegen* [foto]. Opgehaald, van <http://www.groenblauwenetwerken.com/measures/hollow-roads/>

Groenblauwe netwerken. (2012-b). *De High Line, New York* [foto]. Opgehaald, van <http://www.groenblauwenetwerken.com/projects/the-high-line-new-york/>

Groenblauwe netwerken. (2012-c). *Molgoten*. Geraadpleegd op 30 januari 2017, van Heesterbeek A. (2014). *Landschapsak heeft toekomst*. De Meern: Leven op Daken.

IUCN. (Z.d.). *Ecosystem-based Adaptation*. Geraadpleegd op 17 oktober 2016, van <https://www.iucn.nl/oplossingen/ecosystem-based-adaptation>

Jansen Hoveniers. (2013). *Regenwormen, de natuurlijke oplossing voor wateroverlast*. Geraadpleegd op 16 januari 2017, van <http://www.jansenhoveniers.com/nieuws/regenwormen-de-natuurlijke-oplossing-voor-wateroverlast>

Jansen Hoveniers. (2013). *Regenwormen, de natuurlijke oplossing voor wateroverlast* [foto].

Kijk in de natuur (Z.d.). *Watermunt* [foto]. Opgehaald, van <http://kijkenindenatuur.nl/bloemen/watermunt.htm>

Klemm W., Slabbers S. & Verburg A. (2010). *Klimaatadaptatie in de stad*. Z.pl.: Bosch Slabbers.

Kluck, J. & Luijtelaar, H. van. (2010). Extreme neerslag in bebouwd gebied. Z. pl.: Rioned.

Ligtvoet W., Bregman B., Dorland R. van, Brinke W. ten, Vos R. de, Petersen A. & Visser H. (2015). *Klimaatverandering*. Den Haag: PBL.

Linden, M. van der. (Z.d.). *Schematische doorsnede molgoot* [foto]. Opgehaald, van <http://www.groenblauwenetwerken.com/measures/gutters/fluted-gutters/>

Mijn Tuin. (Z.d.). *Penningkruid* [foto]. Opgehaald, van <https://www.mijntuin.org/plants/232-penningkruid>

Milieu centraal. (Z.d.). *Klimaatverandering*. Geraadpleegd op 14 november 2016, van <https://www.milieucentraal.nl/klimaat-en-aarde/klimaatverandering/>

Mojet, R. (2016). *Aanleg natuurakkers: bloemenweidemengsel zaaien* [foto]. Opgehaald, van <http://vechtdaldichtbij.nl/aanleg-natuurakkers-bloemenweidemengsel-zaaien/>

NKWK. (2015). *Klimaatbestendige stad*. Geraadpleegd op 27 oktober 2016, van <http://www.waterenklimaat.nl/?s=klimaatadaptatiemaatregelen++koppelen>

Onderzoekscentrum Drechtsteden. (2016). *Bevolking*. Geraadpleegd op 20 oktober 2016, van <http://www.kerncijfers-drechtsteden.nl/jaar/2016/bevolking/>

ONRI-werkgroep riolering. (2009). *Module Riolering voor het HBO*. Den Haag: KIVI-NIRA

PBL. (2010). *Wat de natuur de mens biedt*. Geraadpleegd op 6 oktober 2016, van http://www.pbl.nl/publicaties/2010/Wat-natuur-de-mens-biedt_-Ecosysteemdiensten-verkend

PBL. (2013). *IPCC: klimaatverandering zet door*. Geraadpleegd op 25 oktober 2016, van <http://www.pbl.nl/nieuws/nieuwsberichten/2013/IPCC-klimaatverandering-zet-door>

Plant&Grow. (z.d.-a). *Poelruit* [foto]. Opgehaald, van <http://www.plantengrow.nl/vaste-planten/thalictrum-flavum-subsp-glaucum-poelruit-645.htm>

Plant&Grow. (z.d.-b). *Leliegras* [foto]. Opgehaald, van <http://www.plantengrow.nl/vaste-planten/liriope-muscari-moneymaker-leliegras-7.htm>

Plant&Grow. (z.d.-c). *Zenegroen* [foto]. Opgehaald, van <http://www.plantengrow.nl/bodembedekkers/ajuga-reptans-kruipend-zenegroen-410.htm>

PMI. (2016). *De plaatselijke dorpen gaan een actieve rol spelen bij het behoud en beheer van een mangrovereservaat* [foto]. Opgehaald van http://www.pmi.com/nld/about_us/charitable_giving/environmental_sustainability/pages/indonesia_mangrove_conservation.aspx

- Regenworm. (2017). *Alles over de regenworm*. Geraadpleegd op 16 januari 2017, van <http://www.regenworm.com/>
- Renssen H. van. (2016). *Water* [foto]. Opgehaald, van <https://community.greentech.nl/water/b/industry-news/posts/water-footprints-can-lead-to-bad-decisions>
- RIVM. (2014). *Wat zijn de gezondheidsgevolgen van klimaatverandering?* Geraadpleegd op 13 oktober 2016, van <http://www.nationaalkompas.nl/gezondheidsdeterminanten/omgeving/milieu/klimaatverandering/wat-zijn-de-gezondheidsgevolgen-van-klimaatverandering/>
- Rioned. (2015). *D1100 kostenkengetallen rioleringszorg*. Z.pl.: auteur.
- Rijksoverheid. (2016). *City Deal voor klimaatbestendige steden*. Geraadpleegd op 5 oktober 2016, van <https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2016/03/08/city-deal-voor-klimaatbestendige-steden>
- Roggeveld, K. (2012). *Koninginnekruid* [foto]. Opgehaald, van <http://www.koosroggeveld.nl/foto/planten/drentse-aa>
- Roofs. (2015). *Glooiend landschapsdak vergroot biodiversiteit*. Geraadpleegd op 16 januari 2017, van <http://www.roofs.nl/editie/roofs-2015-09-30-glooiend-landschapsdak-vergroot-biodiversiteit>
- Rotterdam. (Z.d.). *Toepassing van groene daken in Rotterdam*. Rotterdam: auteur.
- Rotterdam. (Z.d.). *Schematische doorsnede plat extensief groendak* [foto].
- Stadsplanten Breda. (Z.d.). *Moerasrolklaver* [foto]. Opgehaald, van
- Steeds groen. (2015). *Groenstrook* [foto]. Opgehaald van, <http://www.stadsplantenbreda.nl/products/moerasrolklaver/>
<https://steedsgroen.nl/2015/03/03/uitdaging/>
- Stichting Rioned. (Z.d.-a) *Gemengd riool*. Geraadpleegd op 26 januari 2017, van <https://www.riool.info/gemengd-riool>
- Stichting Rioned. (Z.d.-b) *(Verbeterd) gescheiden riool*. Geraadpleegd op 26 januari 2017, van <https://www.riool.info/-/-verbeterd-gescheiden-riool>
- Tauw. (Z.d.). *Over Tauw*. Geraadpleegd op 26 oktober 2016, van <http://www.tauw.nl/over-tauw/>
- Tauw. (Z.d.). *Wateroverlast in beeld* [brochure].
- Tauw. (2013). *WOLK Zwolle*. Deventer: auteur.
- Tauw. (2014). *Hittestresskaart Eindhoven 2014* [foto].
- Tauw. (2016). *Bodem* [foto].
- Tauw. (2016). *Aanleg riolering* [foto].
- The High Line. (2016). *About the High Line*. Geraadpleegd op 13 oktober 2016 van, <http://www.thehighline.org/about>
- Tuin en landschap. (2015). *Benthemplein Rotterdam* [foto].
- Tuincentrum. Z.d.). *Cortaderia selloana 'Pumila'* [foto]. Opgehaald, van <https://www.tuincentrum.nl/cortaderia-selloana-pumila>
- Vechtstromen. (Z.d.) *Ruimte voor bomen én water*. Geraadpleegd op 6 oktober 2016, van <http://www.vechtstromen.nl/projecten/projecten/klimaatactieve-stad/kas-nieuws/@35608/ruimte-bomen-water/>
- Vechtstromen. (Z.d.) *Boominfiltratiekratten* [foto]. Opgehaald, van <http://www.vechtstromen.nl/projecten/projecten/klimaatactieve-stad/kas-nieuws/@35608/ruimte-bomen-water/>
- Veen J. van der. (2013, 10 oktober). *Klimaatadaptatie deel 6: de Stad*. Geraadpleegd op 26 oktober 2016, van <http://www.duurzaamgebouwd.nl/overheid/20131010-klimaatadaptatie-deel-6-de-stad>
- Vegter K, & Philippart M. (2016). *Klimaatadaptatie in een Stroomversnelling*. Z.pl.: Stroomversnelling.
- Vogelbescherming. (2014). *Minder wateroverlast door meer groen*. Geraadpleegd op 16 januari

2017, van <https://www.vogelbescherming.nl/actueel/bericht/?bericht=1479>

Waterbewust bouwen. (Z.d.) *Grasbetontegel* [foto]. Opgehaald van, <http://infiltratiewaaier.waterbewustbouwen.be/infiltratiesysteem/3>

Wesselingh F. (Z.d.-a). *Zeekleilandschap*. Geraadpleegd op 31 oktober 2016, van <http://www.geologievannederland.nl/landschap/landschappen/zeekleilandschap>

Wetlands International. (2016). *Building with Nature Indonesia – reaching scale for coastal resilience* [brochure].

Weyhenke M. (2016). *Klimaatadaptief Eindhoven* [PowerPoint].

Wierden. (2012). *Wadi's, wat wel en wat niet*. Wierden: auteur.

Zwolle. (2008). *Structuurplan 2020*. Zwolle: auteur.

Zwolle. (2014). *Coalitieakkoord 2014 – 2018*. Zwolle: auteur.

Zwolle. (2015). *Wateragenda Zwolle*. Zwolle: auteur.

Zwolle. (2016). *Bevolkingsontwikkeling Zwolle, 3^e kwartaal 2016*. Zwolle: auteur.