

# “de groene compacte stad”

---

Een verkennende studie naar de kwantitatieve resultaten van het wegnemen van verharding in stedelijke gebieden.



Barry de Vries

Pieter Boone

Bertram de Rooij

Linde Keip

**April 2017**



## inhoudsopgave

<b>Samenvatting</b> .....	<b>5</b>
<b>1. Inleiding</b> .....	<b>7</b>
1.1 Aanleiding .....	7
1.2 Doel .....	7
1.3 Aanpak .....	7
1.4 Leeswijzer .....	8
<b>2. Achtergronden en begrippenkader</b> .....	<b>9</b>
2.1 De stad omljnd .....	9
2.2 De mal en de contramal .....	10
2.3 Stedelijke typologie en de stedelijke groene open ruimte .....	11
2.4 Verschil tussen vergroenen en ontharden .....	13
2.6 Het landschapsecologisch 'patch-corridor-matrix'- model en de toepasbaarheid .....	15
2.7 Scenariostudie en –planning .....	17
<b>3 Methode</b> .....	<b>19</b>
3.1 Gebruik maken van scenario's .....	19
3.2 Stappenplan .....	19
3.3 Beoordeling van de resultaten .....	21
<b>4 uitwerking</b> .....	<b>22</b>
4.1 STAP 1: Case-selectie .....	22
4.2 STAP 2: Inventarisatie uitgangssituatie .....	24
4.3 STAP 3: Bepalen van de stedenbouwkundige typologieën .....	25
4.4 STAP 4: De maatregelen voor ontharden en vergroenen .....	29
4.5 STAP 5: Toepassing van de maatregelen .....	30
4.6 STAP 6: Resultaten in beeld .....	40
<b>5. Reflectie van experts</b> .....	<b>45</b>
5.1 Gezondheid .....	45
5.2 Water en Klimaat .....	49
5.3 Circulariteit .....	54
5.4 Leefbaarheid .....	57
5.5 Biomassa en beheer .....	59
<b>6. Conclusies en aanbevelingen</b> .....	<b>63</b>
6.1 Conclusies op basis van het onderzoek .....	63
6.2 Conclusies ten aanzien van de resultaten .....	63
6.3 Aanbevelingen met betrekking tot de werkwijze .....	63
6.4 Aanbevelingen voor toekomstig gebruik in de praktijk .....	64
<b>7. Bronvermelding</b> .....	<b>65</b>
<b>Bijlagen</b> .....	<b>69</b>
<b>Bijlage 1 Betrokken experts</b> .....	<b>70</b>
<b>Bijlage 2 Resultaten van de ontharding in Nijmegen en Utrecht</b> .....	<b>71</b>



## Samenvatting

Europa is een van de meest verstedelijkte continenten ter wereld. Meer dan twee derde van de Europeanen woont in stedelijke gebieden en dit aantal neemt nog steeds toe (Europese Commissie, 2011). De prognose voor Nederland is dat tussen 2016 en 2040 het inwoneraantal in de meeste steden in Nederland zal blijven toenemen (PBL, 2016). Om in Nederland de verstedelijking in goede banen te leiden was het beleid er op gericht om compacter te bouwen: de compacte stad. De wijze waarop wij in Nederland het compacte-stad-beleid voerden heeft voor- en nadelen. In deze notitie wordt gekeken in hoeverre het nadeel van de toenemende verharding kan worden omgebogen en wat dat betekent voor stedelijke vraagstukken rondom de thema's gezondheid, leefbaarheid, urbaan metabolisme, klimaatbestendigheid en biodiversiteit.

Er is een scenariostudie uitgevoerd waarin een basisscenario en een plusscenario zijn ontwikkeld. In deze scenariostudie zijn de steden Nijmegen en Utrecht onderwerp van onderzoek. Eerst is met behulp van GIS het huidige verhard oppervlak in beeld gebracht. Eveneens zijn de stedenbouwkundige typologieën in de steden beschreven. Vervolgens zijn twee maatregelensets ontwikkeld, een voor de basisscenario's en een voor de plusscenario's. De maatregelensets bestaan uit (groene) ingrepen die in de stad gedaan kunnen worden om het verhard oppervlak te kunnen verminderen. In het basisscenario zijn maatregelen opgenomen die logisch passen in vigerend gemeentelijk beleid en lopende projecten, meerjarenplannen en beheerplannen. Het plusscenario gaat uit de maatregelen uit het basisscenario aangevuld met een aantal maatregelen die veel verder gaan. Deze maatregelen zijn bedoeld als mogelijk koers voor de lange termijn.

Per stedenbouwkundige typologie zijn maatregelen benoemd en de mate van omvang van de maatregel. Vervolgens zijn de resultaten doorgerekend en is gekeken naar hoeveel verhard oppervlak omgevormd kon worden naar een onverhard, meestal groen oppervlak. Het blijkt dat zowel in Nijmegen als Utrecht het verhard oppervlak zowel in het plusscenario als in het basisscenario sterk kan dalen met de voorgestelde maatregelen.

De resultaten zijn voorgelegd aan experts op gebied van gezondheid, leefbaarheid, urbaan metabolisme, klimaatbestendigheid en biodiversiteit. Aan hen is gevraagd om een *expert-judgement* te geven. Hieruit is naar voren gekomen dat voor wat betreft het basisscenario hebben de maatregelen vooral betekenis voor de thema's Gezondheid en Water en Klimaat. Voor de andere thema's is de betekenis in het basisscenario minder groot. De maatregelen in het plusscenario versterken de betekenis op alle thema's, met name ook op leefbaarheid. Alleen blijft het voor circulariteit wel zoeken naar de waarde. Die zal mogelijk via de weg van extra biomassa-productie wel gevonden kunnen worden. Vanuit het beheerogpunt ontstaan er wel extra vragen over hoe de onderhoudskosten beheersbaar blijven.

De zoektocht in dit onderzoek had twee kanten, enerzijds inhoudelijk: is het mogelijk om een substantiële ontharding van de stad te realiseren en wat was daar de betekenis van. Anderzijds was het een test om te kijken hoe een dergelijke vraag kon worden uitgevoerd. Bij het in beeld brengen van de verharding is er voor gekozen om randeffecten van grid-cellen te voorkomen door de invulling van een cel mee te laten wegen in een de naastgelegen cellen. Vanuit de thema's gezondheid, leefbaarheid, urbaan metabolisme, klimaatbestendigheid en biodiversiteit is, is dit een logische insteek. Gevolg van de keuze is dat ook het absolute aandeel verhard oppervlak genivelleerd worden. Concreet betekent dat het absolute percentage verhard oppervlak lokaal hoger is en dat dat niet terug te zien is op de kaarten. Dit doet echter niets af aan het feit dat met de maatregelen een substantiële ontharding mogelijk is, noch aan de impact van de maatregelen. Aanbevolen wordt om in mogelijk vervolgonderzoek dieper in te gaan op de verschillende insteken die gekozen kunnen worden bij het in kaart brengen van het verhard oppervlak en de betekenis van de gemaakte keuze.



# 1. Inleiding

## 1.1 Aanleiding

Europa is een van de meest verstedelijkte continenten ter wereld. Meer dan twee derde van de Europeanen woont in stedelijke gebieden en dit aantal neemt nog steeds toe.<sup>1</sup> De prognose voor Nederland is dat tussen 2016 en 2040 het inwoneraantal in de meeste steden in Nederland zal blijven toenemen.<sup>2</sup>

De compacte stad is "een concept om de steeds verdere uitwaaiering van stedelijke elementen over de regio tegen te gaan, evenals de sterk doorgevoerde functiescheiding in de stad zelf".<sup>3</sup> In het compacte stadbeleid werd gestreefd naar een concentratie van functies (wonen, werken, voorzieningen) in de stad.<sup>4</sup> Met het concentreren van de bevolking en het verweven functies in de stad was de redenatie, dat het landelijk gebied open gehouden kon worden en de verkeersstromen beperkt konden worden. Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) constateerde in 2010 dat dit beleid inderdaad zijn effect had op het open houden van het landelijk gebied. Nieuwe bebouwing vond in de stad plaats (verdichting) of in de stadsrand.<sup>5</sup>

Aan de andere kant leidt het streven naar een compacte stad, althans zoals het afgelopen jaren is ingevuld in Nederland, ook tot meer verhard oppervlak. Groenstroken zijn omgevormd tot parkeerplaatsen en gebouwen zijn verrezen op plaatsen waar voorheen veldjes en parkjes lagen. Kunstmatige verharding is over het algemeen permanent. Bovendien heeft het een grote invloed op naastgelegen ecosystemen/gebieden.<sup>6</sup> Een kunstmatige verharding slaat meer warmte op en heeft daarmee invloed op het stadsklimaat. Door de opslag van warmte in de kunstmatige verharding, kunnen er hitte-eilanden ontstaan. Hierdoor kan tijdens windstille nachten het temperatuurverschil tussen verstedelijkt en landelijk gebied oplopen tot 8°C.<sup>7</sup> Deze hitte-eilanden hebben hun weerslag op de leefbaarheid en gezondheid in de stad. Ook een dalende grondwaterstand is het gevolg van een overmaat aan verharding. Er kan minder water infiltreren, regenbuien zorgen voor meer run-off, verharding beïnvloedt via verdrogingseffecten in de bodem de biodiversiteit, de luchtkwaliteit, watererosie en maakt het gebied uniformier.<sup>8</sup>

De compacte stad heeft enerzijds dus voordelen, maar door de verschijningsvorm treden er ook allerlei nadelen op. Automatisch rijst daarmee de vraag of een stad anders ingericht kan worden deze nadelen om te buigen. Kan de stedelijke openbare ruimte substantieel ontdaan worden van de grote mate van verharding?

## 1.2 Doel

Doel van dit onderzoek is om te verkennen wat de betekenis is van een substantiële vermindering van het verhard oppervlak in het stedelijk gebied voor de thema's gezondheid, water & klimaat, circulariteit, leefbaarheid en biomassa & beheer.

Onder een substantiële vermindering wordt verstaan dat gestreefd wordt naar een verdubbeling van het onverharde oppervlak en dit in te vullen met groen.

Gekozen is om te kijken naar gezondheid, leefbaarheid, urbaan metabolisme klimaatbestendigheid en biodiversiteit. Dit zijn het belangrijke thema's binnen het programma Metropolitan Solutions. Bovendien zijn het thema's waarop een impact verwacht kan worden als het verhard oppervlak kleiner wordt. De mate van de impact is uiteraard afhankelijk van de schaal waarop gekeken wordt en de ruimtelijke invulling die gekozen wordt.

## 1.3 Aanpak

In deze verkenning is een basis- en een plusscenario uitgewerkt. Het basisscenario is gericht op maatregelen die (bij wijze van spreken morgen) in het beleid van de steden kunnen worden ingevoerd,

<sup>1</sup> Europese Commissie, 2011. *Cities of tomorrow – challenges, visions, ways forward*. Luxemburg. ISBN: 978-92-79-21307-6

<sup>2</sup> Kooiman, N., et al. 2016. *PBL/CBS Regionale bevolkings- en huishoudensprognose 2016-2040: sterke regionale verschillen*. CBS, Den Haag/Heerlen/Bonaire

<sup>3</sup> Kok, J. & Wijk, F. van. 1986. *Haalbaarheid compacte stad*. Verkenningen in planologie en demografie, 37-16

<sup>4</sup> Bartelds, H.J. & Roo, G. de., 1995. *Dilemma's van de compacte stad. Uitdagingen voor het beleid*. 's Gravenhage

<sup>5</sup> Nabielek, K. et al. (2012), *Stedelijke verdichting: een ruimtelijke verkenning van binnenstedelijk wonen en werken*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.

<sup>6</sup> Burghardt, W., 2006. *Soil Sealing and Soil Properties Related to Sealing*. Geological Society, London, Special Publications 266, pp. 117-124.

<sup>7</sup> Kennis voor Klimaat, 2011. *Hittestress in Rotterdam*. KVK-rapportnummer KvK/039/2011. ISBN : 978-94-90070-44-1

<sup>8</sup> Scalenghe R., & F. Ajmone-Marsan, 2009. *The anthropogenic sealing of soils in urban areas*. Landscape and Urban Planning. 90, pp.1-10

hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan vluchtheuvels vergroenen en wegen versmallen en daarmee de bermen verbreden. Het plusscenario gaat uit van maatregelen die verder in de toekomst liggen en niet per direct kunnen worden gerealiseerd hierbij valt bijvoorbeeld te denken aan de ondertunneling van wegen in combinatie met de ontwikkeling van een park op het dak van de tunnel. De scenario's worden uitgewerkt in twee cases, die vergelijkbaar zijn, maar wel voldoende van elkaar verschillen. De uitkomsten van deze verkenning worden voorgelegd aan experts die een eerste indicatie geven of de vooronderstellende ontharding en maatregelen positief effect hebben op de stedelijke thema's: Gezondheid, Leefbaarheid, Klimaatbestendigheid, Biodiversiteit en Urbaan metabolisme.

#### 1.4 Leeswijzer

Met dit onderzoek zijn de eerste stappen gezet naar een methodiek om het aandeel verharding in een stad in beeld te brengen. Hieraan zijn mogelijke maatregelen om het aandeel verharding te verminderen gekoppeld. Evenals de betekenis voor andere sector-overschrijdende beleidsthema's. Met dit onderzoek wordt een perspectief geboden om de buitenruimte in bebouwd gebied anders te benaderen en anders in te richten. Daartoe is eerst aan de hand van een begrippenkader en achtergronden de denkrichting uiteengezet. Vervolgens is beschreven hoe hiermee aan het werk gegaan is. Hiervoor is onder andere het te doorlopen stappenplan uiteengezet. In de uitwerking zijn de resultaten uiteengezet. Er is door experts op de thema's gezondheid, water & klimaat, circulariteit, leefbaarheid en biomassa & beheer een reflectie op gegeven (1 á 2 experts per thema). Tot slot zijn de bevindingen van dit onderzoek opgenomen in de conclusies.



## 2. Achtergronden en begrippenkader

In dit hoofdstuk wordt het begrippenkader behandeld en onderbouwd dat in deze studie is gehanteerd, alsmede de wijze waarop en concepten waarin de stad wordt geïnterpreteerd en uiteengelegd en de relevante aspecten daarin.

### 2.1 De stad omlijnd

Het begrip 'stad' is een breed begrip, waarvoor geen eensluitende definitie of betekenis te geven is. Een stad werd in het verleden vooral bepaald door de toegekende rechten (stadsrechten) en daaraan gelieerde bestuursvormen. De oude steden werden vaak ook ruimtelijk sterk gedefinieerd door vestingwerken. Tijdens de industriële revolutie ontstonden naast deze oude steden ook nieuwe steden door de samensmelting van kleinere dorpen tot een aaneengesloten stedelijke gebied en nieuwe functionerende eenheid. In de 20<sup>e</sup> eeuw ontstaat daarnaast ook een derde type stad, 'New Towns': een geplande stad of nieuwe stad is een stad die zorgvuldig vooraf gepland is. Waar vroeger door stadsrechten de administratieve eenheid 'stad' bestond, is in de huidige Nederlandse wetgeving het begrip 'stad' niet omlijnd en zelfs op Europees en internationaal niveau is het begrip 'stad' onderwerp van discussie. In deze paragraaf worden de verschillende definities, hoewel niet uitputtend, maar wel volledig in aanligroutes, beschouwd en gekoppeld aan het bestaande begrippenkader in wet- en regelgeving en beleid.

Steden zijn grote en permanente nederzettingen.<sup>9,10</sup> Van Dale beschrijft de stad als 'een uitgebreid, samenhangend geheel van huizen en gebouwen', maar volgens een oudere druk van Van Dale is een stad 'een conglomeratie die onafhankelijk kan opereren zonder de rurale (plattelands-)omgeving'. In het Nederlandse beleid en in de wetgeving de begrippen 'gemeente', 'bebouwde kom' en 'stedelijk gebied' gehanteerd. Een gemeente als bestuurlijk-administratieve eenheid kan zowel stedelijk als landelijk gebied omvatten. De bebouwde kom wordt in beleidsregels en op kaart vastgelegd en is een interpretatie van waar de bebouwing feitelijk (nagenoeg) ophoudt. Omvang en concentratie zijn momenteel de belangrijkste eigenschappen om steden te onderscheiden. Beter is dus van stedelijk gebied te spreken.

Ook de OECD concludeert dat een eensluitende definitie van 'een stad' ontbreekt en heeft daarop een definitie en methode ontwikkeld die het begrip 'stad' ook loskoppelt van de administratieve eenheid en ingaat op de dichtheden en het sociaal en economisch functioneren van stedelijk gebied. Daarbij onderscheiden zij steden als 'stedelijke centra van minimaal 50000 inwoners' met daaraan direct functioneel gerelateerd omliggend gebied. Ze spreken daarbij ook wel van Functioneel Stedelijk Gebied (Functional Urban Areas) of Functioneel Economische Eenheden (Functional Economic Units). Kortom, ook de OECD spreekt liever van stedelijk gebied en ten opzichte van de eerder genoemde definities stelt de OECD de stad juist ook duidelijk in een bredere context en een breder samenstel.<sup>11,12</sup>

De definitie voor bestaand stedelijk gebied uit het Besluit Ruimtelijk Ordening (artikel 1.1.1, lid 1, Bro) is: *(bestaand) stedenbouwkundig samenstel van bebouwing ten behoeve van wonen, dienstverlening, bedrijvigheid, detailhandel of horeca, alsmede de daarbij behorende openbare of sociaal culturele voorzieningen, stedelijk groen en infrastructuur*.<sup>13</sup>

Het Compendium voor de leefomgeving vult daarop aan dat het stedelijke gebied te zien is als 'het gebied waar het oorspronkelijke landschap vrijwel geheel vervangen door bebouwing, wegen en aangelegd groen en water'.<sup>14</sup> In de analyses van het stedelijk gebied definieert het Compendium tevens het stedelijk gebied aan de hand van de hoofdklasse bebouwd terrein uit het CBS Bestand Bodemgebruik.<sup>15</sup>

Tenslotte specificeert het CBS vervolgens stedelijk gebied in Nederland als 'de omgevingsadressendichtheid (OAD) van een betrokken rastervierkant ( 500 bij 500 meter) 1500 of meer adressen per vierkante kilometer is'.<sup>16</sup> In de mate van stedelijkheid hanteert het CBS vijf categorieën:

- zeer sterk stedelijk (gemiddelde OAD van 2500 of meer adressen per km<sup>2</sup>)
- sterk stedelijk (gemiddelde OAD van 1500 tot 2500 adressen per km<sup>2</sup>)
- matig stedelijk (gemiddelde OAD van 1000 tot 1500 adressen per km<sup>2</sup>)
- weinig stedelijk (gemiddelde OAD van 500 tot 1000 adressen per km<sup>2</sup>)
- niet stedelijk (gemiddelde OAD van minder dan 500 adressen per km<sup>2</sup>)

<sup>9</sup> Goodall, B. (1987) *The Penguin Dictionary of Human Geography*. London: Penguin.

<sup>10</sup> Jump up^ Kuper, A. and Kuper, J., eds (1996) *The Social Science Encyclopedia*. 2nd edition. London: Routledge.

<sup>11</sup> Dijkstra, L., Poelman, H., *Cities in Europe –the new OECD-EC definition*, RF 01/2012, OECD, 2012

<sup>12</sup> *Definition of Functional Urban Areas (FUA) for the OECD metropolitan database*, OECD, 2013

<sup>13</sup> <http://wetten.overheid.nl/BWBR0023798/2015-07-01>

<sup>14</sup> <http://www.clo.nl/indicatoren/nl1192-beschrijving-van-stedelijk-gebied>

<sup>15</sup> <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0063-stedelijk-gebied-in-nederland>

<sup>16</sup> <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/begrippen>

Dit allemaal beschouwende, bestaat dé stad dus feitelijk niet. Om aan te sluiten bij bestaand begrippenkader in beleid, wet- en regelgeving gaan we in dit onderzoek uit van de stad als stedelijk gebied binnen een gemeente bepaald door de gedefinieerde bebouwde kommen van de grotere gemeenten op basis van inwoneraantal.

## 2.2 De mal en de contramal

Stedelijke systemen zijn complex en divers, zowel functioneel als ruimtelijk. Om verandering in functie en veranderingen in (stedelijk) landschap te kunnen beoordelen, is het van belang de ruimtelijke structuur inzichtelijk te hebben. De ruimtelijke structuur is de uitdrukking van de ruimtelijk patroon van landschapselementen en de verbindingen tussen de diverse onderdelen. Het wordt beoordeeld om de relaties tussen de onderdelen, in onder meer omvang, aantal en vorm.<sup>17</sup>

Om een groenblauwe dooradering door te ontwikkelen zullen allereerst ruimtelijke patronen van stedelijk groen op verschillende schalen geanalyseerd moeten worden.<sup>18</sup> Op basis van en aansluitend op dit bestaande systeem kan vervolgens dan ook de potentie voor 'ontharden' en 'vergroenen' in beeld worden gebracht.

In de ruimtelijke opbouw van de stad is duidelijk onderscheid te maken tussen bebouwd gebied (de feitelijke bebouwing) en niet-bebouwd gebied, zowel tussen 'stad' en 'land' als binnen de stad. De mal van het stedelijk gebied in deze studie wordt gedefinieerd als het bebouwde gebied en de harde infrastructuur. De contramal binnen het stedelijk gebied bestaat uit water, begroeide en onbegroeide gebieden, publiek en privaat, en de verbindingen daartussen: de stedelijke open ruimte en de groenblauwe dooradering.

Eensluitend in de internationaal gebruikte termen voor deze contramal, 'urban open spaces', 'urban green spaces' en 'green infrastructure', is de koppeling met groen; harde infrastructuur wordt duidelijk gezien als onderdeel van de mal. Hoewel de terminologie en accenten verschillen, zijn deze concepten en termen duidelijk aan elkaar gelieerd. Ze geven invulling aan de wijze waarop de contramal kan worden beschouwd en de waarde van deze contramal in het stedelijk functioneren en de kwaliteiten.

'Urban Green Spaces (UGS)' worden gedefinieerd als 'openluchtplekken in stedelijk gebied met significante hoeveelheid vegetatie'. Deze zijn in de stad aanwezig als semi-natuurlijke gebieden, parken en tuinen, aangevuld met verspreide begroeide delen gekoppeld aan infrastructuur of restruimten.<sup>19</sup> Of als 'publieke en private open ruimte in stedelijke gebieden, voornamelijk begroeid met vegetatie, die direct of indirect beschikbaar zijn voor gebruikers'.<sup>20</sup>

'Green Infrastructure (GI)' voegt aan deze urban green spaces nog sterker de gebruikswaarden toe: 'een verbonden netwerk van groene ruimte welke natuurlijke ecosysteemwaarden en functies beschermt en de daaraan gelieerde diensten of voordelen levert aan de menselijke populatie'.<sup>21</sup> De groenblauwe dooradering wordt gezien als de integratie en interactie van verschillende diensten en voordelen vanuit hetzelfde gebied.<sup>22</sup> De groenblauwe dooradering wordt ook wel in structurele zin gedefinieerd als verschillende componenten die samenwerken om een netwerk te vormen of te handhaven welke ecologische en sociale processen ondersteunen. Hierbij zijn 'hubs' (knooppunten) en 'links' (verbindingen) de belangrijkste onderdelen.<sup>23</sup> De EEA heeft dit uiteindelijk samengebracht: 'groenblauwe dooradering als een concept dat de connectiviteit van ecosystemen, hun bescherming en de levering van ecosystemediensten en goederen samenbrengt, waarbij ook mitigatie en adaptatie aan klimaatsverandering wordt geadresseerd'.<sup>24</sup>

Wereldwijd zijn talrijke studies en ruimtelijke analyses uitgevoerd om de groenblauwe dooradering of 'Urban Green Spaces' in beeld te brengen, veelal ook met behulp van landschapsmetrieke ('landscape metrics'). Bestudering van enkele studies en analyses uit dit brede spectrum geven vooral kwantitatieve inzichten in het ruimtelijk patroon van de groenblauwe dooradering en de 'urban green spaces' en de mate van connectiviteit. De studies lopen ook sterk uiteen op de te behalen doelen, zoals klimaatbestendigheid, circulariteit en gezondheid.<sup>25</sup> Een integrale analyse naar de effectiviteit voor diverse functies of belangen ontbreekt veelal. Sectoraal zijn er wel diverse studies die de effectiviteit op

17 Gökyer, E, *Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics*, Intech, 2013 (<http://dx.doi.org/10.5772/55758>)

18 Bacchin, T. K., Ashley, R., Veerbeek, W., Berghauer Pont. (2013). *A multi-scale approach in the planning and design of water sensitive environments*. *Proceedings of the 8th International Conference Novatech 2013*, 22-27 June, 2013, Lyon, France

19 Jim, C. Y. , *Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies*, *Urban Ecosystems* (2013) 16:741–761

20 Shah Md. Atiqul Haq, *Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment* , *Journal of Environmental Protection*, 2011, 2, 601-608, doi: 10.4236/jep.2011.25069

21 Benedict, Mark A. and McMahon, Edward T. *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*. Washington, D.C., *Sprawl Watch Clearing House*. May 2002

22 Davies, C, McGloin, C, MacFarlane, R & Roe, M (2006) *Green Infrastructure Planning Guide Project: Final Report*.

23 Ortega-Alvarez, R., MacGregor-Fors, I, *Living in the big city: Effects of urban land use on bird community structure, diversity and composition*, *Landscape and Urban Planning* 90:189-95, doi 10.1016/j.landurbplan.2008.11.003, 2009

24 EEA Technical report No 18/2011 *Green infrastructure and territorial cohesion The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, 2011

25 M'Kiugu, M. M., Kinoshita, I., & Tashiro, Y. (2012). *Urban Green Space Analysis and Identification of its Potential Expansion Areas*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 35(December 2011), 449- 458. doi:10.1016/j.sbspro.2012.02.110

een bepaald gebied, bijvoorbeeld watersensitiviteit, relateren aan de patronen en mate van connectiviteit op verschillende schaalniveaus. Terecht mag geconcludeerd worden dat duidelijke handvatten voor daadwerkelijk operationalisering van de multifunctionaliteit als planningsprincipe nog ontbreken.<sup>26</sup>

Het onderzoek focust zich op de contramal binnen het gedefinieerde stedelijk gebied. De contramal bestaat uit water, begroeide en onbegroeide gebieden, publiek en privaat, en de verbindingen daartussen: de stedelijke open ruimte en de groenblauwe dooradering. De uitkomsten geven een beeld van kwantitatieve oplossingen en ontwerpprincipes, maar vormen ook een opmaat naar een multifunctioneel afwegingskader.

### 2.3 Stedelijke typologie en de stedelijke groene open ruimte

De stedelijke morfologie leest als een staalkaart van huidige en voorbije perioden en is daarmee ook een spiegel van de samenleving. De fysieke invulling van het stedelijke gebied –de open ruimte, de vorm, de patronen en de structuur- is sterk afhankelijk van de specifieke context. Niet alleen de oorsprong en natuurlijke grondslag van het stedelijk gebied spelen daarin een rol, maar ook de stedenbouwkundige opzet, het sociaal-cultureel perspectief en de politiek-maatschappelijke context.<sup>27,28</sup> Dit zijn ook aspecten die meewegen in de wijze waarop 'ontharden' en 'vergroenen' kan plaats vinden, alsmede de effectiviteit van een substantiële vergroening voor de diverse aspecten.

Ter illustratie, een historische vestingstad als Deventer heeft in vergelijking met de modernistische, poly-centrische stad als Almere een geheel andere opzet qua groene open ruimte, welke voortkomt uit de ontstaansgeschiedenis en de basisfilosofie. Almere is opgezet als geplande, poly-centrische nieuwe stad met lage dichtheden en een uitgebreid en sterk gestructureerd groenblauw netwerk. Deventer daarentegen, is een historische vestingstad. Een sterk verdicht stedelijk centrum, de oorspronkelijke vesting –tot 1874 onder wet beschermd, en een gelaagde uitbreiding vanaf 1874 die een beeld geeft van de diverse stedenbouwkundige stromingen met bijbehorende karakteristieken en opbouw van de groenblauwe dooradering door de jaren heen. In de maatregelen sfeer van 'ontharden' en 'vergroenen' is de vergelijking tussen steden op klei of veen en het zand goed te trekken. Neem nu klimaatadaptatie en kansen in 'ontharden' en 'vergroenen' om piekbuien op te vangen of verdroging tegen te gaan. De infiltratiecapaciteit op klei of veen en zand verschilt drastisch, waardoor de effectiviteit per m2 van 'ontharden' en 'vergroenen' sterk uiteenloopt.

Het Planbureau voor de Leefomgeving heeft de ruimtelijke dynamiek in steden kan aan de hand van ontwikkelingen in 'stedelijke milieus' geschetst. Dit is een indeling op basis van het bodemgebruik en van de dichtheden en mate van menging van de functies wonen, werken en winkelen. De milieus zijn niet ingedeeld op basis van vooraf vastgestelde criteria, maar volgen min of meer direct uit de in de praktijk voorkomende combinaties van bodemgebruik en dichtheden, en zijn vastgesteld door middel van een statistische analyse. De stedelijke milieus kunnen worden ingedeeld in vier hoofdcategorieën<sup>29</sup>:

- de centrummilieu (waarvoor vooral de concentratie van winkels en andere voorzieningen karakteristiek is, maar waar ook wonen en werken in hoge dichtheden kunnen voorkomen)
- de woonmilieu (waar de woonfunctie dominant is)
- de werkmilieu (waar de werkfunctie dominant is)
- overige milieus (die gekenmerkt worden door lage dichtheden van zowel inwoners als arbeidsplaatsen en winkels, maar die op basis van het bodemgebruik toch als 'stedelijk' zijn gekarakteriseerd)

Deze indeling in milieus gaat in op dichtheden, concentraties van functies en voorzieningen, maar geeft geen blijk van de ruimtelijke configuratie en de diversiteit daarin als gevolg van stedenbouwkundige opzet en culturele aspecten.

Steden groeien, in fasen, en dat maakt het beeld van de stad zeer uiteenlopend, van heel compacte plattegronden met een hoge bebouwingsdichtheid, zoals in de oude binnensteden, tot aan heel open wijken waarin gestreefd is om bebouwing in een groene omgeving te situeren. De stedenbouwkundige filosofie en de daaraan gekoppelde ontwerpprincipes bepaalden ook sterk de mate van de stedelijke open groene ruimte en de wijze waarop deze ingebed werd. In bepaalde perioden was een bepaalde bebouwingsdichtheid zelfs uitgangspunt, zoals in de Vinex wijken (Vierde Nota Extra) waarbij gekoerst werd op een woningdichtheid van circa 30 woningen per hectare. De groei van de stad in verschillende tijdsperiodes heeft er voor gezorgd dat er derhalve een afwisselend beeld in de openbare ruimte is ontstaan. Het gaat dan niet alleen om publieke open ruimte, waaronder openbaar groen en bomenstructuren, maar ook om particuliere ruimte, zoals privé-tuinen, kloostertuinen en groen en water

<sup>26</sup> Hansen, R. & Pauleit, *From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas*, S. *AMBIO* (2014) 43: 516

<sup>27</sup> Rutte, R., Abrahamse, J.E., *Atlas van de verstedelijking in Nederland - 1000 jaar ruimtelijke ontwikkeling*, TOTH, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2014

<sup>28</sup> Timmermans, W et al., *The Rooted City –European Capitals and their connection with the landscape*, Blauwdruk, 2015

<sup>29</sup> *Ruimtelijke ontwikkelingen in het stedelijk gebied. Dynamiek stedelijke milieus 2000-2006*, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag/Bilthoven, 2009

in al dan niet geheel gesloten bouwblokken. Zo heeft dit onder meer geleid tot grote contrasten, zoals in het centrum van Amsterdam met het contrast tussen de stenige profielen van de grachten en de veelal grote groene binnentuinen met vaak monumentale (boom)beplantingen.

In deze studie is een categorisering gemaakt op basis van cultuurhistorische en stedenbouwkundige typologieën voor de te onderscheiden wijken en stadsdelen. Er is onderscheid gemaakt in de volgende stedenbouwkundige typologieën:

1. De middeleeuwse plattegrond (binnenstad)

*Eeuwen lang heeft de groei van steden zich beperkt tot groei binnen de ter verdediging opgerichte bolwerken, stadswallen en vestingwerken. Dit heeft geresulteerd in de meest compacte woon- en werkmilieus die we in Nederland kennen. Compact naar zowel aantal inwoners per km<sup>2</sup> als naar de morfologie van de bebouwde ruimte met relatief nauwe straten, hoge (stads)huizen en vrijwel overal een versteende openbare ruimte. Langs de invalswegen naar de (versterkte) stad werd ook gebouwd maar doorgaans incidenteel en met een agrarische bestemming. De betekenis van deze invalswegen is in de huidige stedenbouwkundige morfologie vaak nog zichtbaar en heeft als 'lijn' en betekenis en niet als stedenbouwkundig 'vlak'.*

2. Wijken met gesloten/half open bouwblokken (19<sup>e</sup> eeuw tot 1940)

*De eerste bebouwing die planmatig buiten de verdedigingswerken werd gebouwd vond plaats in de 19<sup>e</sup> eeuw. De sprong over de stadswallen werd daarmee gemaakt. Qua openbare ruimte zijn de straatprofielen sterk gelijkend met die in de 'binnenstedelijke bebouwing' maar met een meer herkenbaar planmatig patroon omdat deze wijken als één geheel werden aangelegd. Er werd vrijwel uitsluitend gebouwd in dichte bouwblokken. Ook hier treffen we veel verharding aan, behoudens de nu vaker bewust toegepaste wijk- of buurtparken. In de meeste Nederlandse steden spreken we van een gordel van 19<sup>e</sup> -eeuwse bebouwing omdat de bouw concentrisch rond de stadswallen werd geprojecteerd. Zoals ook op de middeleeuwse plattegrond vinden we stedelijk groen vooral op de binnenterreinen van de volledig gesloten bouwblokken. In navolging op de 19<sup>de</sup> -eeuwse bouw is in de 20<sup>ste</sup> eeuw goeddeels voortgegaan op het bouwen in gesloten bouwblokken hoewel dat bouwblok steeds meer open gewerkt werd op de hoeken. Hiermee kwam in het stedelijk beeld meer relatie tussen binnen en buiten het bouwblok tot stand. Belangrijker in het kader van deze studie is echter het feit dat straatprofielen breder werden (met dus meer mogelijke fysieke ruimte voor boombeplantingen) en dat woningen steeds vaker een (smal) voortuintje kregen aan de straatzijde. Gecombineerd met een lagere bouwhoogte en schuine kapvormen kregen de straten hiermee een geheel andere ruimtelijke verhouding. In dit stedenbouwkundige type werden ook steeds meer groene geledingen ontworpen in de vorm van singels (water en groen), straatbomen, parkstrookjes.*

3. Naoorlogse stedelijke uitleg (1950-1970)

*Na de Tweede Wereldoorlog was de woningnood hoog. Zó hoog dat van overheidswege besloten werd tot grootschalige stedenbouwkundige uitbreiding. Deze is dan ook als 'stadsuitleg' gekenmerkt. Qua omvang hele stadsdelen werden buitenwaarts aangelegd in een hoog bouwtempo. Gekoppeld aan een volledige trendbreuk in de architectonische en stedenbouwkundige opvattingen (reeds ingezet in periode vóór WOII) heeft dit geresulteerd in grote stedenbouwkundige 'vlakken' met strokenbouw en half-open verkavelingen met etagebouw (tot 4 verdiepingen hoog) en hoogbouw in grote uniforme eenheden. Licht, lucht en ruimte was de fysieke uitdrukking van 'het nieuwe bouwen'. Met als gevolg een relatief groot oppervlak aan openbare ruimte met bovendien een groene invulling. Zowel op de plattegrond als in het straatbeeld lijkt het of de bebouwing los in de groene ruimte staat.*

4. Het woonerf (1970 -1990)

*Als reactie op het nieuwe bouwen van na de oorlog werd er vanaf eind jaren '60 gebouwd in woonbuurten in het groen. Kleinschaligheid en variatie in architectuur werden de nieuwe uitgangspunten en resulteerden in woonmilieus waarin de auto te gast was, spelende kinderen het beeld moesten bepalen en bewoners meer op elkaar betrokken zouden zijn. Kortom: de hoogtijdagen van de wijkgedachte, uitgedrukt in de stedenbouwkundige structuur van het stadswonerf. Later zijn deze wijken en stadsdelen vaak betiteld als 'bloemkoolwijken', naar de opmerkelijke structuur in de plattegronden met een opvallende parallel met organisch vertakkende structuren. Kenmerkend in de openbare ruimte is de toch vaak grote mate van verstening in de straatprofielen die doorgaans gefragmenteerd aandoet door onder meer wegasverspringingen, overhoeken, gevarieerde vormen van parkeren en verspringende rooilijnen. Ten dele is dit een beheerkwestie; veel kleinschalig groen werd dicht gestraat om onderhoudskosten te besparen en een gebrek aan parkeerfaciliteit te compenseren. Dit*

*stedenbouwkundig type kent veel groen in goed aaneengesloten en tamelijk robuuste structuren (doorgaans als contramal van de ontsluitingsstructuur).*

5. Hedendaagse bouw

*Vanaf midden jaren '90 kwam de Vinex opgave op gang: door de centrale overheid bepaalde uitbreidingswijken rond grote steden (Utrecht: Leidse Rijn, Nijmegen: Waalsprong) met een vooraf ingeprogrammeerde (gemiddelde) woningdichtheid per hectare en percentages te realiseren openbaar groen. Verschillende architectonische en stedenbouwkundige inzichten uit voorgaande perioden werden verenigd tot nieuwe wijken en buurten en zodoende kwam weer een geheel eigen stadsbeeld tot stand. Dit is echter als geheel veel minder makkelijk te typeren omdat de wijken meer eclectisch zijn opgebouwd uit verschillende stijlenmerken. Het beeld van rechte straten en min of meer gesloten bouwblokken overheerst weer, voortuinen doen weer hun intrede, bouwhoogten variëren per blok maar doorgaand grondgebonden woningen. Duidelijke groenstructuren met fietsverbindingen worden ontworpen en aangelegd en het aandeel openbaar water is (naar oppervlakte) groter dan ooit vanwege het inzicht in de effecten van overmatig aanwezig verharding op de waterbalans in de stad.*

6. Kantoren en bedrijvent centra

*Aan de randen van de hedendaagse steden zijn kantoren en dienstencentra ingericht. Soms vinden we die ook nog op voormalige fabrieksterreinen net buiten de (voormalige) stadswallen (vanuit onze hedendaagse blik dus gelegen aan de rand van de binnenstad). Deze stadsdelen kenmerken zich door de grote dakoppervlakken en grote parkeerterreinen. Als gevolg van een 'nuts-denken' bestaat er over het algemeen geen aandacht voor een groene of waterrijke inrichting. De openbare ruimte moest efficiënt en doelgericht (lees zakelijk) worden ingericht.*

Aan de hand van deze stedenbouwkundige typologie wordt in deze studie nader invulling gegeven aan de huidige karakteristiek van de aanwezige groenblauwe dooradering en de kansen voor ontharden en vergroenen. Opgemerkt daarbij dient te worden dat de ruimtelijke en temporele dynamiek van de groenblauwe dooradering en de te leveren ecosysteemdiensten niet alleen op gebiedsniveau gezien moet worden, maar juist ook gebiedsoverstijgend om effectief te zijn.<sup>30</sup>

#### 2.4 Verschil tussen vergroenen en ontharden

Zoals in de inleiding aangegeven, is de compacte stad "een concept om de steeds verdere uitwaaiing van stedelijke elementen over de regio tegen te gaan, evenals de sterk doorgevoerde functiescheiding in de stad zelf".<sup>31</sup> Daarbij wordt ingezet op concentratie van functies en verdichting. Verdichting van stedelijk gebied wordt ook gezien om op diverse gebieden, zoals klimaatbestendigheid en circulariteit, duurzaamheid te bereiken, maar wordt ook kritisch gezien als planningsideaal. Hoewel stedelijk gebied met hogere dichtheid beter kan voorzien in voorzieningen, is ook duidelijk zichtbaar dat de kwaliteit en beschikbaarheid van groene ruimte afneemt, hetgeen leidt tot een sterker gevoel van onveiligheid en minder sociale interactie. Stedelijke verdichting kan gerealiseerd worden op verschillende wijze, maar behoeft ook een noodzaak tot verdichting en versterking van de groenstructuur.<sup>32</sup> Dit kan door middel van een kwantitatieve strategie, ontharden en vergroenen en/of een kwalitatieve strategie voor de stedelijk open ruimte. Immers de betekenis en waarde van stedelijk groen hangt niet alleen af van de beschikbaarheid, maar ook van de complexe interacties in het stedelijke sociaal-ecologische systeem.<sup>33</sup> In deze studie wordt in beginsel ingegaan op de kwantitatieve strategie, het benoemen van potenties voor ontharden en vergroenen.

Met *ontharden* wordt ingezet op het vergroten van de contramal door het feitelijk geheel of gedeeltelijk verwijderen of transformeren van verharding in het stedelijk weefsel. Met verharding wordt zowel infrastructuur, zoals wegen en parkeerplaatsen, als bebouwing bedoeld. Transformatie van verharding kan gebeuren door andersoortig materiaal, zoals halfverharding in plaats van betonplaten en/of asfalt, of door het toevoegen van bijvoorbeeld groene gevels en groene daken in geval van bebouwing. Het multifunctionele gebruik hierdoor herstelt de oorspronkelijke situatie niet, maar zorgt er wel voor dat de impact van de verharding kleiner is doordat de verloren gegane baten (ten dele) hersteld worden.

<sup>30</sup> Andersson, E., Barthel, S., Borgstrom, E., *Reconnecting Cities to the Biosphere: stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services*, *AMBIO* 2014 43: 445-453, doi. 10.1007/s13280-014-0506-y, 2014

<sup>31</sup> Kok, J. & Wijk, F. van. 1986. *Haalbaarheid compacte stad. Verkenningen in planologie en demografie*, 37-16

<sup>32</sup> Jansson, M., *Green space in compact cities: the benefits and values of urban ecosystem services in planning*, *Nordic Journal of Architectural Research* 2:2014 p139-152

<sup>33</sup> Andersson, E., Barthel, S., Borgstrom, E., *Reconnecting Cities to the Biosphere: stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services*, *AMBIO* 2014 43: 445-453, doi. 10.1007/s13280-014-0506-y, 2014

Het *vergroenen* van een stedelijk milieu betreft het toevoegen van groen(blauwe) elementen aan de stedelijke groene open ruimte in de stad, zoals bomen, struiken, gras en kruidachtige vegetaties of waterpartijen.

Hoewel *ontharden* en *vergroenen* vaak hand in hand samen gaan, is het niet per definitie één en dezelfde maatregel. Het plaatsen van deze groene 'elementen' kan plaatsvinden in bestaande groengebieden, stedelijke open ruimte of kan plaats vinden na ontharden. Ontharden kan echter ook betekenisvol plaatsvinden zónder groen te gebruiken. Het vervangen van tegels, klinkers of asfalt door grind of zogenaamde halfverharding en grasstenen 'onthardt' het stedelijk maaiveld eveneens.

Belangrijk is op te merken dat een substantieel deel van deze stedelijke groene open ruimte bepaald wordt door particuliere ruimten: voor- en achtertuinen, binnenplaatsen en dakterrassen. Het aandeel van deze particuliere ruimte ten opzicht van de publieke ruimte verschilt sterk per stedenbouwkundige typologie. De betekenis mag echter niet onderschat worden.

De verwachting is dat vergroenen waarschijnlijk een meer eenvoudige opgave zal zijn dan ontharden. Vergroenen heeft een positieve connotatie in het maatschappelijk debat. Veelal betekent vergroenen een kwalitatieve verbetering in bestaande stedelijke open ruimte. De kansrijkheid van ontharden is echter afhankelijk van de politiek-maatschappelijke context, de demografische ontwikkeling en de doorontwikkeling van en ontvankelijkheid van nieuwe functionele stedelijke ontwerpprincipes. Immers, het ontharden van infrastructuur behoeft bijvoorbeeld een nieuwe kijk op mobiliteit en het verwijderen van bebouwing kan alleen plaatsvinden indien dit gebeurd in het systeem van vraag en aanbod. Zo zal in krimpgebieden deze opgave een passend antwoord zijn op bestaande vraagstukken, waarbij door herstructurering van stedelijk gebied langdurige leegstand van bebouwing wordt voorkomen door sloop en het investeren in nieuwe, meer passende functies als openbare ruimte en stadslandbouw. Een goed voorbeeld hiervan is de krimpstrategie en de pilot Gebrookerbos in Heerlen.<sup>34</sup>

Samenvattend, in deze studie wordt ingezet op ontharden en vergroenen. *Ontharden* is hierbij het vergroten van de contramal door het feitelijk geheel of gedeeltelijk verwijderen of transformeren van verharding in het stedelijk weefsel. Het *vergroenen* van een stedelijk milieu gaat over het toevoegen van groen(blauwe) elementen aan de stedelijke groene open ruimte in de stad. In de scenario-ontwikkeling zal het geheel van publiek en privaat domein meegewogen moeten worden, alsmede blijk gegeven moeten worden van de politiek-maatschappelijke acceptatie en complexiteit rondom beide maatregelen.

## 2.5 De stad als ecosysteem

Dit onderzoek gebeurd in het kader van het programma Metropolitan Solutions. De stad wordt in dit programma duidelijk gezien als ecosysteem, waarbij de natuur leermeester kan zijn voor sociaal-maatschappelijke vraagstukken. Een complex ecosysteem, vol relaties en verbindingen, zowel ruimtelijk, functioneel als sociaal.

Het PBL concludeert in *De Innovatieve Stad*, dat -hoewel vanuit verschillende domeinen of opvattingen- er een redelijke consensus is in de literatuur en beleid, zowel op nationaal als Europees niveau, dat de stad als ecosysteem beschouwd moet worden. Daarbij halen zij ook aan dat de Europese Commissie opmerkt dat het stedelijk ecosysteem onder druk staat, hetgeen een nieuwe benadering vergt van beleid. De Europese Commissie doelt daarmee primair op de ruimtelijke, milieu- en klimaataspecten van het stedelijk beleid, maar benadrukt daarbij dat het natuurlijke ecosysteem op een complexe manier is verweven met het sociale, economische en culturele systeem, waardoor beleid dat oplossingen zoekt voor domeinoverschrijdende problemen de nodige samenhang zal moeten vertonen.<sup>35</sup>

De stedelijke ruimtelijke structuur en open groene ruimte kunnen daar een goed medium in zijn, mits op de correcte manier beschouwd. Terwijl het belang van stedelijke open (groene) ruimte steeds meer in beeld komt, is er nog steeds een beperkt begrip van de mechanismes achter de werking van ecosysteemdiensten vanuit deze groenblauwe dooradering. Er is echt behoefte aan een gedegen begrip van wat het groenblauwe netwerk daadwerkelijk betekent in de stedelijke context en welke waarden toegevoegd worden.<sup>36</sup> Ook het belang van multifunctionaliteit, schaalafhankelijkheden en temporele

<sup>34</sup> Fontein, R.J., Arnouts, R.C.M., Kuindersma, W., Breman, B.C., Leren van Krimp, -Vraagsturing in de pilots Gebrookerbos (Heerlen) en Groen voor Rood (Delfzijl), Alterra, 2010

<sup>35</sup> De innovatieve stad, PBL Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag, 2016

<sup>36</sup> Andersson, E., Barthel, S., Borgstrom, E., *Reconnecting Cities to the Biosphere: stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services*, AMBIO 2014 43: 445-453, doi. 10.1007/s13280-014-0506-y, 2014



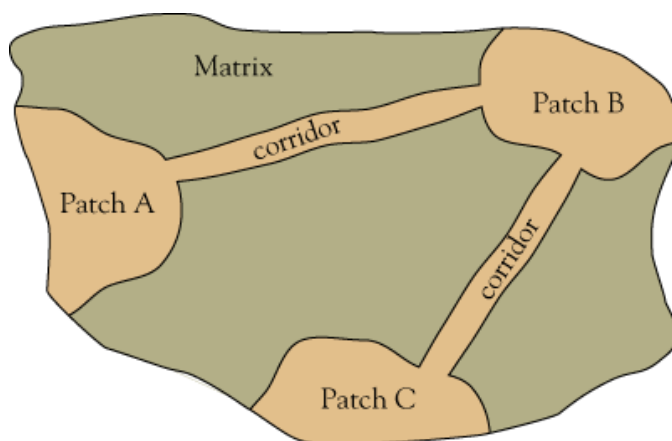
verbanden zijn essentieel.<sup>37</sup> Voor het onderzoek is gekeken naar bestaande criteria of uitgangspunten vanuit de verschillende domeinen, zoals klimaatbestendigheid, gezondheid en circulariteit. Zoals hierboven al aangegeven, zijn deze echter nog weinig specifiek of operationeel en de multifunctionaliteit, de schaalafhankelijkheden en de temporele verbanden compliceren de opgave enorm.

Voor dit onderzoek is het daarom aanbevelingswaardig, qua werkbaarheid en inzichtelijkheid, om te starten vanuit het ruimtelijk systeem, de patronen en de mogelijkheden voor versterking daarvan, om vervolgens de effecten voor het functioneren en de waarde te bekijken en uitspraken te doen over de verschillende afhankelijkheden qua schaal en tijd. Voor deze ruimtelijke insteek is, aansluitend bij het beeld dat de stad een ecosysteem is, gekozen voor het 'patch-corridor-matrix'-model, een methode die wereldwijd veelvuldig wordt toegepast en erkend is in de analyse van stedelijke (groene) open ruimte en haar oorsprong vindt in de landschapsecologie.

## 2.6 Het landschapsecologisch 'patch-corridor-matrix'- model en de toepasbaarheid

In de landschapsecologie is het zogenaamde 'patch-corridor-matrix'-model gemeengoed. Dit model is in 1995 door Forman geïntroduceerd.<sup>38</sup> Landschappen zijn daarbij samengesteld uit elementen, de ruimtelijke componenten die het (stedelijk) landschap samen bepalen. In dit model worden drie belangrijke elementen onderscheiden: patch, corridor en matrix. De omvang en configuratie van deze elementen bepalen het patroon en de structuur van het (stedelijk) landschap.<sup>39</sup> De volgende definities worden daarin gehanteerd:

- **Patch:** Landschappen zijn opgebouwd uit een mozaïek van 'patches'. Patches zijn relatief goed afgebakende gebieden met homogene omgevingscondities of eigenschappen en duidelijk te onderscheiden ruimtelijke grenzen.<sup>40</sup>
- **Corridor:** Corridors zijn lineaire landschapselementen die gedefinieerd kunnen worden op basis van structuur of functie. Forman and Godron definiëren corridors als 'smalle stroken van land welke zich onderscheiden van de matrix aan weerszijden'.<sup>41</sup>
- **Matrix:** De matrix is de meest dominante component in het (stedelijk) landschap en het meest uitgebreide en verbonden landschapstype. De matrix speelt daardoor de meest dominante rol in het functioneren van een landschap.<sup>42</sup>



Figuur 1. Landschappen opgedeeld in patches, corridors en matrices.<sup>43</sup>

Deze systematiek wordt inmiddels ook veelvuldig toegepast in de analyse van stedelijke (groene) open ruimte (Urban Green Space Analysis), gecombineerd met het gebruik van zogenaamde landschapsmetrieken.<sup>44,45,46,47</sup> Deze analysemethode en metrieken geven een kwantitatief beeld van de

<sup>37</sup> Laforzezza, R., Davies, C., Sanesi, G., Koninkendijk, CC, *Green Infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions*, *iForest*, vol. 6, 2013, pp. 102-108

<sup>38</sup> Forman, R.T.T., 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, UK

<sup>39</sup> Forman, R.T.T., *Land mosaics: the ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge, 1995

<sup>40</sup> Forman, R.T.T. and Godron, M., *Landscape ecology*. John Wiley, New York, 1986

<sup>41</sup> Forman, R.T.T. and Godron, M., *Landscape ecology*. John Wiley, New York, 1986

<sup>42</sup> Barnes, T., *Landscape Ecology and Ecosystems Management*, FOR-76, 2000

<sup>43</sup> Barnes, T., *Landscape Ecology and Ecosystems Management*, FOR-76, 2000 ( <http://www2.ca.uky.edu/agcomm/pubs/for/for76/01.gif>)

<sup>44</sup> Ahern, J., *Green infrastructure for cities: the spatial dimension*, V. Novotny, P. Brown (Eds.), *Cities of the future: Towards integrated sustainable water and landscape management*, IWA Publishing, London (2007), pp. 267-283

ruimtelijke configuratie en opbouw van de groenblauwe dooradering. De patches en corridors sluiten aan bij de eerder benoemde 'hubs' en 'links', zoals uiteengezet door Ortega-Alvarez & MacGregor-Fors.<sup>48</sup>

### Netwerk en connectiviteit

Naast de ruimtelijke configuratie, gevat in patches, corridor en matrices, zijn ook de begrippen 'netwerk' en 'connectiviteit', ook ontleend aan de landschapsecologie, wezenlijke aspecten. Stedelijke omgevingen behoren tot de meest gefragmenteerde landschappen, maar de relevantie van connectiviteit in de stad, zelfs op ecologisch gebied, is nog steeds onderwerp van discussie.<sup>49</sup> De groenblauwe dooradering als een groenblauw netwerk met een bepaalde mate en vorm van connectiviteit is van belang voor het ecologisch, economisch en sociaal functioneren van het stedelijk gebied. De eerder genoemde definitie van de EEA (2011), 'groenblauwe dooradering als een concept dat de connectiviteit van ecosystemen, hun bescherming en de levering van ecosysteemdiensten en goederen samenbrengt, waarbij ook mitigatie en adaptatie aan klimaatverandering wordt geadresseerd', adresseert ook duidelijk het belang van connectiviteit.<sup>50</sup> De mate en wijze van connectiviteit van stedelijke (groene) open ruimte is nog steeds onderwerp van onderzoek en uitwerking, vooral ook op het gebied van de verschillende deelaspecten zoals klimaatbestendigheid, gezondheid en resource efficiency, maar biedt zeker kansen voor nieuwe ruimtelijke strategieën in de stad en het leggen van verbanden tussen natuurlijke en culturele processen.<sup>51,52,53,54,55</sup>

Connectiviteit (in dit kader ook wel landschapsconnectiviteit genoemd) is de mate waarin het landschap beweging of uitwisseling faciliteert of juist belemmert. In de literatuur wordt in het algemeen de ruimtelijke structuur daarvoor veelal gekoppeld aan het type gebruiker (in landschapsecologie het organisme): functionele of ruimtelijk-functionele connectiviteit. De groenblauwe dooradering kan in structurele termen worden beschreven als componenten die samenwerken om een netwerk van plaatsen te onderhouden, welke ecologische en sociale processen ondersteunen. Deze componenten variëren in omvang en vorm, afhankelijk van het type functie of dienst dat wordt geleverd.<sup>56</sup> In de connectiviteitstheorie en netwerktheorie zijn diverse typen netwerken te onderscheiden alsmede verschillende vormen van connectiviteit, zoals structurele connectiviteit en functionele connectiviteit.<sup>57</sup>

### Schaal

In het 'patch-corridor-matrix'-model is de *ruimtelijke schaal* ook een belangrijk onderdeel. Er bestaan verschillende indelingen in mogelijk te hanteren schaalniveaus. Zo kan onderscheid gemaakt worden in metropolitane regio/stad, districten/buurt en gebieden<sup>58</sup> of regio, stad en buurt.<sup>59</sup> Voor elk van deze schaalniveaus kan het 'patch-corridor-matrix'-model worden toegepast en verfijnd. De relevantie en betekenis van de te onderscheiden patches, corridors of matrices veranderen ook per schaalniveau. Daarbij moet worden opgemerkt dat de versterking van groenblauwe dooradering niet slechts op één schaalniveau gepland moet worden, maar dat juist 'door de schalen heen' gewerkt moet worden.<sup>60</sup>

45 Venn, S., *Development of Urban Green Spaces to Improve the Quality of Life in Cities and Urban Regions*, URGE, 2001

46 Jim, C.Y. (2013) *Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies*. Urban Ecosystems (Springer, New York) 16: 741–761

47 Kowe, P., Pedziszai, E., Gumindoga, W., Rwasoka, D.T. (2014): *An analysis of changes in the urban landscape composition and configuration in the Sancaktepe District of Istanbul Metropolitan City, Turkey using landscape metrics and satellite data*, Geocarto International, DOI: 0.1080/10106049.2014.905638

48 Ortega-Alvarez, R., MacGregor-Fors, I, *Living in the big city: Effects of urban land use on bird community structure, diversity and composition*, Landscape and Urban Planning 90:189-95, doi 10.1016/j.landurbplan.2008.11.003, 2009

49 Braaker S, et al. *Urban connectivity. Enhance. Enhancing ecosystem connectivity through intervention—benefits for nature and society? Final Report*. Swiss Federal Research Institute. 2012;57-62

50 EEA Technical report No 18/2011 *Green infrastructure and territorial cohesion The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, 2011

51 Costa, L.M.S.A., Soares, F.F., *Open space and connectivity in landscape design*, ISOCARP paper platform, 2009

52 Neal, Z., *The connected city – Networks are shaping the modern metropolis*, Routledge, New York, 2013

53 Science for Environment Policy (2015) *Indicators for Sustainable cities In-depth Report 12*, Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol

54 Ekkel, D., de Vries, Sjerp, *Nearby green space and human health: Evaluating accessibility metrics*, Landscape and Urban Planning 157 (2016) 214–220

55 Bacchin T.; Ashley R.; Veerbeek W.; Berghauser Pont M., *A multi-scale approach in the planning and design of water sensitive environments*, 2014, GRAIE, Lyon

56 Manins, P.C., Cope, M.E., Hurley, P.J., Newton, P.W., Smith, N.C., Marquez, L.O., *The impact of urban development on air quality and energy use*, Proceedings of the 14th International Clean Air and Environment Conference (1998) Melbourne, Australia, 19–22 October 1998, pp. 331–337

57 Ortega-Alvarez, R., MacGregor-Fors, I, *Living in the big city: Effects of urban land use on bird community structure, diversity and composition*, Landscape and Urban Planning 90:189-95, doi 10.1016/j.landurbplan.2008.11.003, 2009

58 Science for Environment Policy. (2012) *The Multifunctionality of Green Infrastructure*. Brussels: European Commission's Directorate-General Environment. In-depth Report March 2012

59 Ahern, J., *Green infrastructure for cities: the spatial dimension*, V. Novotny, P. Brown (Eds.), *Cities of the future: Towards integrated sustainable water and landscape management*, IWA Publishing, London (2007), pp. 267–283

60 Timmermans, W et al., *The Rooted City – European Capitals and their connection with the landscape*, Blauwdruk, 2015

60 Laforetza, R, Davies, C, Sanesi, G., Konijkendijk, CC, *Green Infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions*, iForest, vol. 6, 2013, pp. 102-108



### *De toepasbaarheid*

Er is gekozen om het 'patch-corridor-matrix'-model te hanteren omdat het een solide en erkende basis vormt om de stad, haar groenblauwe dooradering en de potentie voor versterking op een systematische wijze in beeld te brengen.

In dit onderzoek wordt daarbij de indeling 'regio, stad en buurt' gehanteerd, waarbij de focus ligt op stad en buurt. Voor de werkwijze langs stedenbouwkundige typologieën is dit het meest toereikend, aangezien daarin de buurten vaak gerelateerd zijn de stedenbouwkundige ontstaansgeschiedenis. Er wordt vooral ingegaan op de bestaande patronen, structuren en netwerk en de versterking daarvan, zonder specifiek in te gaan op de afzonderlijke individuele waarden van de diverse groenblauwe elementen. Waar op het niveau 'stad' de stedelijke hoofdgroenstructuur vooral zichtbaar zal zijn als groenblauwe dooradering, naast een breed palet aan matrices – het stedelijk weefsel, zal op buurtniveau een verfijning zichtbaar worden. De matrices zullen zich op een schaal niveau lager openbaren als een fijnmazig divers systeem van kleinsoortige patches, corridors en mogelijk andersoortig potentieel voor ontharden en vergroenen. Hiermee wordt ook blijk gegeven aan het belang van schaal. Tenslotte gaan wij in dit onderzoek uit van structurele connectiviteit. Hierbij wordt in beginsel specifiek gekeken naar de feitelijke, ruimtelijke structuur en verbindingen daarin. Uiteraard zal later de functionele connectiviteit vanuit de verschillende thema's hieraan gerelateerd kunnen worden, maar in de huidige set maatregelen zal dit nog niet meegewogen worden.

### **2.7 Scenariostudie en -planning**

Scenario's, scenarioanalyses en scenarioplanning zijn populaire technieken. Er is echter geen eenduidige definitie, model of aanpak. Scenariostudies worden met verschillende doelen en in verschillende context uitgevoerd. De keuze voor het type scenario en de methode is daarvan sterk afhankelijk.

Er zijn verschillende type scenariostudies en methoden te onderscheiden. Chermack & Lynham (2002) definiëren scenario planning als "een proces waarin verschillende weloverwogen, plausibele en verbeelde alternatieve toekomstbeelden worden verondersteld, waarlangs beslissingen over de toekomst worden ondersteund met het belang om het huidige denken te veranderen, besluitvorming te verbeteren, het versterken van de kennisbasis van mens en organisatie en het verbeteren van de prestatie".<sup>61</sup>

In de handreiking 'Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte',<sup>62</sup> wordt uitgegaan van de brede definitie: 'Scenario's verkennen mogelijk geachte toekomst en de ontwikkelingen die daar naartoe kunnen leiden en/of wenselijk geachte toekomst en de ontwikkelingen die nodig zijn om die te bereiken'.<sup>63</sup> Belangrijker nog, PBL omschrijft de werking van scenario's verder als 'scenario's doen op basis van kennis en gegevens over het verleden uitspraken over verschillende richtingen waarin een samenstel van ontwikkelingen in de toekomst kan lopen. Hierbij kan het gaan om mogelijk geachte, maar ook om wenselijk geachte of een combinatie van beiden'. Kort gesteld, gebaseerd op de kennis en feitelijke informatie over de huidige toestand kunnen scenario's de verschillende koersen verbeelden over hoe complexe ontwikkelingen in de toekomst uitpakken. De handreiking 'Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte' biedt naast het inhoudelijk kader, ook heldere keuzen te maken in de te kiezen methodiek en reikwijdte.<sup>64</sup>

Tenslotte kunnen scenario's vooral ook gebruikt worden als bouwstenen om strategische conversatiedialogen te ontwerpen die leiden tot continue leren over besluitvorming en prioritering.<sup>65</sup> Een scenario bestaat altijd uit drie onderdelen:

- een beschrijving van de huidige situatie
- een beschrijving van mogelijk toekomstige situaties
- een beschrijving van een aantal acties of gebeurtenissen die de huidige situatie met de nieuwe situatie kunnen verbinden.<sup>66</sup>

Gelet op de aard en complexiteit van het vraagstuk wordt in dit onderzoek gekozen voor de opzet van een kwantitatieve scenariostudie met een verkennend en beschrijvend karakter. Door middel van case studies en ontwerpend onderzoek, zullen scenario's ook kwalitatief moeten worden verdiept, kwantitatief worden uitgewerkt en verbeeld. De scenario's dienen consistent, voldoende contrastrijk, vergelijkbaar en voldoende specifiek te zijn, met een juiste balans in verbeeldingskracht en realiteitszin. De scenariostudie is vooral bedoeld om een eerste beeld te geven van het potentieel van 'ontharden' en

<sup>61</sup> Chermack, T.J., S.A. Lynham. "Definitions and Outcome Variables of Scenario Planning," *Human Resource Development Review*, Vol. 1, NO. 3 (2002), 366-383

<sup>62</sup> PBL (2013), *Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte: een handreiking*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving

<sup>63</sup> Dammers, E., Hinsberg, A. van, Vader, J., Wiersinga, W., *Scenario-ontwikkeling voor het natuurbeleid*. Landschap 28 (4): 183-191, 2011

<sup>64</sup> PBL (2013), *Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte: een handreiking*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving

<sup>65</sup> Schwartz, P. (1991), *The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World*, Currency Doubleday, New York.

<sup>66</sup> Torrieri, F., Nijkamp, P., *Scenario analysis in spatial impact assessment: a methodological approach*, Serie research memoranda, 2009-26, Vrije Universiteit Amsterdam, Facultad de Económicas y Administración de Empresas.

'vergroenen' en daarmee een start te geven aan verdiepend vervolgonderzoek en vooral ook de politiek-maatschappelijke discussie.

De complexiteit van het voorliggende vraagstuk en de verschillende deelaspecten, zoals in voorgaande paragrafen beschreven, maakt het aantal mogelijke variabelen in de potentiële scenario-ontwikkeling enorm. Daarbij gaat het onder meer over cognitieve en/of normatieve onzekerheden. Normatieve onzekerheid gaat over de ongekendheid van wie in de toekomst belanghebbenden zijn en wat hun normen en waarden daarbij zullen zijn. Cognitieve onzekerheid gaat over de complexiteit van en interactie tussen alle relevante factoren die het moeilijk maken om het resultaat te kunnen voorzien.<sup>67</sup> Het is van belang om daarin strategisch te kiezen op de meest wezenlijke variabelen, gelet op de belangrijkste onzekerheden in operationeel perspectief. In dit onderzoek zullen normatieve onzekerheden een goede basis vormen voor de te kiezen scenario's, aangezien de cognitieve aspecten waarschijnlijk zullen leiden tot een te breed keuzespectrum.

---

<sup>67</sup> PBL (2011), *Nederland in 2040: een land van regio's. Ruimtelijke Verkenning 2011*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving

## 3 Methode

### 3.1 Gebruik maken van scenario's

Voor de te ontwikkelen scenario's is uitgegaan van de versterking van de stedelijke groene ruimte als systeem. De scenario's en daarin geselecteerde maatregelen dragen vooral bij aan de (door)ontwikkeling van een methodiek om de groenblauwe dooradering, samen met de daaraan gekoppelde voordelen en diensten, eenduidig in beeld te brengen en systematische keuzen daarin te onderbouwen en inzichtelijk te maken. Bewust is gekozen om de scenariostudie niet op te zetten vanuit de thematische velden, zoals scenario's voor een klimaatbestendige stad, circulaire stad of gezonde stad. De insteek van deze studie is vooral in te zetten op generieke principes waarlangs een kwantitatieve vergroening ingezet zou kunnen worden, die rekenschap kan geven uiteindelijk aan alle thematische velden.

De modelmatige aanpak betekent een duidelijke definitiestelling en ruimtelijke beschrijving van het systeem van de groenblauwe dooradering en de verschillende onderdelen. In deze studie wordt uitgegaan van het 'patch-corridor-matrix'-model als denkmodel. Dit model wordt veelvuldig toegepast in de (landschaps)ecologie. Zowel functioneel als ruimtelijk is dit model goed toepasbaar op de stad en zijn groenblauwe dooradering als contramal van de stenige omgeving. Het model is duidelijk communiceerbaar en ook toepasbaar op de diverse schaalniveaus met verschillende resolutie. Het denkmodel vormt de basis voor het interactief ontwerpend onderzoek.

Om de mogelijk toekomstige situatie in beeld te brengen wordt een basisscenario en een plusscenario gehanteerd. Deze scenario's verschillen vooral in de mate waarin de normatieve onzekerheid een weerslag vindt in de mate waarin en de wijze waarop het bestaand stedelijk gebied kan worden 'onthard' en/of 'vergroend'. Het basisscenario gaat uit van mogelijke maatregelen met een beperkte impact en een verwacht hoger acceptatieniveau (geredeneerd vanuit de huidige politiek-maatschappelijke discussie), het plusscenario daarentegen gaat uit van meer grootschalige en rigoureuze maatregelen, waarbij de politiek-maatschappelijke discussie en acceptatie grote aandacht behoeft.

#### *Het basisscenario*

Het basisscenario bestaat uit de uitvoering van een pakket maatregelen voor ontharding en vergroening. Dit betekent dat in het basisscenario maatregelen zijn opgenomen die logisch passen in vigerend gemeentelijk beleid en lopende projecten, meerjarenplannen en beheerplannen. Een voorbeeld is de in veel gemeenten gebruikelijke praktijk om veranderingen in de openbare ruimte door te voeren in een fasering die door de meerjaren-rioleringsplannen wordt ingegeven. Zo kunnen tegen betrekkelijk geringe meerkosten verbeteringen in het maaiveld worden doorgevoerd omdat die openbare ruimte toch helemaal 'op de schop' gaat.

#### *Het plusscenario*

Het plusscenario gaat uit de maatregelen uit het basisscenario aangevuld met een aantal maatregelen die veel verder gaan. Deze maatregelen worden onderzocht omdat er een grote impact van verwacht mag worden. Deze maatregelen zijn bedoeld als mogelijk koers voor de lange termijn en passen niet in vigerend beleid en lopende planvormen.

### 3.2 Stappenplan

Door middel van ontwerpend onderzoek is in zes stappen een systematisch verband gelegd tussen enerzijds mogelijke maatregelen van vergroenen en ontharden en anderzijds de stedenbouwkundige typologie van twee steden.

#### *stap 1: Case-selectie*

Er is gekozen om voor twee steden een basisscenario en een plusscenario uit te werken, waarbij:

- De voorkeur gaat uit naar grote steden. Daarom is gekozen om bij de case selectie ons te beperken steden die qua inwoneraantal behoren tot de tien grootste steden in Nederland;
- Om steden te kunnen vergelijken, is gezocht naar steden die een vergelijkbaar aantal huishoudens per km<sup>2</sup> hebben;
- De voorkeur uit gaat naar steden die een duidelijk verschil hebben in het beschikbare hoeveelheid openbaar groen;
- Voor de case selectie wordt gebruik gemaakt van de demografische kerncijfers per gemeente uit 2015;
- Voor de beschikbare hoeveelheid groen per huishouden wordt uitgegaan van de gegevens van Groene Meters 2015.

### **stap 2: Inventarisatie uitgangssituatie: GIS-analyse percentage verharding**

Voor het bepalen van de verhardingspercentages in de onderzochte steden is gebruik gemaakt van de MetSol hittestress-methode. Met deze methode kan zowel een uitgangssituatie als de betekenis van een ontworpen toekomstscenario worden doorgerekend. Als bronnen zijn gebruikt:

- Top10NL vlakken november 2016, omgezet naar 2.5m raster en ingedeeld in klasse: water, wegen/verhard, overig mogelijk verhard;
- Top10NL Inrichtingselement, november 2016 selectie hoogspanningen leidingen om onterechte groene hoogte objecten met 12.5m buffer te filteren;
- Lufo2008 NDVI 0.25m selectie ndvi > 0 = 1 en omgezet naar 2.5m opgetelde waarde, dus 100 is compleet groen;
- Lufo2013 NDVI 0.25m selectie ndvi > 0 = 1 en omgezet naar 2.5m opgetelde waarde, dus 100 is compleet groen
- Object Hoogte Nederland (OHN), 0.5m in m omgezet naar 2.5m maximale waarde afgekapt op 1m in integers;
- Basis Administratie Gebouwen BAG2010 omgezet naar 0.5m en daarna naar 2.5m.

Om de bomen in beeld te brengen, zijn groene hoogte-objecten op de bronbestanden zijn geselecteerd. Het gebruikte criterium is 'hoogte > 4 meter' en het criterium 'niet zijnde gebouwen'. Pixel geeft hoogte waarde. NDVI Groen (lager dan 4 meter) is geselecteerd waar geen 'Top10 wegen/verhard en water' en 'geen BAG' voorkomen. De restgroep (overig onbegroeid) bestaand uit parkeerplaatsen, kale akkers en verharde tuinen. Zodoende kan een basiskaart worden opgebouwd die het aanwezige groen en het verharde oppervlak weer geeft.

Vervolgens zijn een drietal 'ruimtelijke aandeel' kaarten voor NDVI Groen, Verhard en Bomen. Deze hebben een straal van 250m. Hierop is het percentage NDVI Groen, Verhard en Bomen te zien. Dit is verdeeld in drie categorieën: <25%, 25-50% en >50%. Met het resultaat is een visuele interpretatie mogelijk van het aandeel verhard en het aandeel groen in een gebied

### **stap 3: Bepalen van de stedenbouwkundige typologieën**

De groei van een stad in verschillende tijdperiodes zorgt er voor dat de stad is opgebouwd uit wijken met verschillende ruimtelijke eigenschappen. De ruimtelijke verschillen bieden verschillen in mogelijkheden om gebieden te ontharden en/of vergroenen. De steden in de casestudy zijn op basis van deze verschillen de wijken en buurten geclusterd naar 6 stedenbouwkundige typologieën. Hierbij is gebruik gemaakt van gemeentelijke (groen)structuurvisies, ontwikkelbeelden en beschrijvingen van de historische stedelijke ontwikkeling. De 6 stedenbouwkundige typologieën zijn:

1. de middeleeuwse plattegrond (binnenstad)
2. wijken met gesloten/half open bouwblokken (19<sup>e</sup> eeuw tot 1940)
3. naoorlogse stedelijke uitleg (1950-1970)
4. het woonerf (1970 -1990)
5. hedendaagse bouw
6. kantoren en bedrijventra

### **stap 4: Opstellen van de mogelijke maatregelen**

Er zijn 5 maatregelen geselecteerd waarmee het verhard oppervlak in de stad verminderd kan worden. Vervolgens is gekeken naar welke vorm die maatregelen kunnen krijgen. In totaal zijn 22 vormen geïdentificeerd. Op basis van *expert-judgement* zijn deze verdeeld over het basisscenario en het plusscenario

### **stap 5: Koppeling van de maatregelen aan de stedenbouwkundige typologieën**

Op basis van de stedenbouwkundige typologie van de wijken en de hoofdstructuur is per stad een pakket van maatregelen gekoppeld aan elke typologie. Uitgangspunt hierbij zijn de hoofdkenmerken van deze stedenbouwkundige vlakken, zoals breedte van het straatprofiel, de aanwezigheid van bomen en het gebruik van openbare ruimte, voor o.a. parkeren, trottoir, rijloper, en berm. Op basis van de beschikbare ruimte en de inschatting van intensiteit van het gebruik (*expert-judgement*) is bepaald welke maatregelen in welke percentages zouden kunnen worden doorgevoerd.

### **stap 6: Effect van de maatregelen in kaart gebracht met GIS**

De maatregelen die in bepaalde percentages per typologie worden voorgesteld worden in de GIS data ingevoerd en de resulterende kaartbeelden laten in visuele zin het effect zien van de voorgestelde maatregelen in het basis- en plusscenario. Hiervoor is de methode beschreven in stap 2 wederom gebruikt.

### 3.3 Beoordeling van de resultaten

De resultaten van stap 6 worden voorgelegd aan experts op gebied van gezondheid, water & klimaat, circulariteit, leefbaarheid en biomassa & beheer. Aan de experts wordt gevraagd om een expert-judgement te geven vanuit hun expertiseveld op de resultaten van deze studie (zie bijlage 1). De focus van de expert-judgement wordt gelegd op wat op het schaalniveau van de stedenbouwkundige typologie verwacht kan worden. De vorm van de expert-judgements is vrij gehouden omdat per expertiseveld het kan verschillen wat de meest zinvolle insteek van de expert-judgement.

## 4 uitwerking

### 4.1 STAP 1: Case-selectie

Er is gekozen om twee steden te selecteren die op basis van inwoneraantal beschouwd mogen worden als de tien grootste Nederlandse steden. Deze top tien bestaat uit Amsterdam, Rotterdam, 's-Gravenhage, Utrecht, Eindhoven, Tilburg, Groningen, Almere, Breda en Nijmegen.<sup>68</sup> Om de dichtheid is ook het aantal inwoners/km<sup>2</sup> en het aantal huishoudens/km<sup>2</sup> in beeld gebracht.

Tabel 1: Demografische kerncijfers per gemeente.<sup>69</sup>

Stad	Inwoners	Landoppervlak (in km <sup>2</sup> )	Inwoners/km <sup>2</sup>	Woningdichtheid/km <sup>2</sup>
Amsterdam	821.752	219,49	4.954	2.514
Rotterdam	623.652	208,88	2.986	1.490
's-Gravenhage	514.861	81,87	6.289	3.070
Utrecht	334.176	94,26	3.545	1.565
Eindhoven	223.209	87,67	2.546	1.190
Tilburg	211.648	117,24	1.805	813
Groningen	200.336	78,27	2.559	1.251
Almere	196.932	129,30	1.523	611
Breda	180.937	126,05	1.435	645
Nijmegen	170.681	53,61	3.183	1.467

Ondanks dat Amsterdam de meeste inwoners heeft, is zowel het aantal inwoners per vierkante kilometer als de woningdichtheid per vierkante kilometer groter in 's-Gravenhage. Nijmegen is op basis van aantal inwoners de tiende gemeente, maar als het gaat om aantal inwoners per vierkante kilometer, passeert het onder andere Eindhoven, Groningen en Tilburg en komt dus op basis van de woningdichtheid in de buurt van Utrecht en Rotterdam. Ook Groningen en Eindhoven hebben een vergelijkbare woningdichtheid, evenals Almere en Breda.

In de uit te voeren scenariostudie geniet het de voorkeur om zowel een relatief groene als een relatief rode stad te onderzoeken. Sinds 2002 wordt er regelmatig onder de titel "Groene Meters" onderzocht hoeveel stedelijk groen per woning beschikbaar is. Dit onderzoek vindt plaats in grote en middelgrote Nederlandse gemeenten, en is gebaseerd op de CBS-bodemstatistiek. Doel van dit onderzoek zicht te krijgen op de ontwikkeling van de balans tussen rood en groen in stedelijk gebied. De laatste groene meters is in 2015 uitgevoerd. Hierin is de hoeveelheid groen per huishouden bepaald voor 32 grote en middelgrote gemeenten. In onderstaande tabel staan de uitkomsten voor de 10 grootste gemeenten.<sup>70</sup>

Tabel 2: beschikbare hoeveelheid groen per woning.<sup>71</sup>

	Gemeente	m <sup>2</sup> groen per woning	woningdichtheid/km <sup>2</sup>
1	Eindhoven	102,0	1.190
2	Groningen	94,3	1.251
3	Nijmegen	87,7	1.467
4	Rotterdam	77,0	1.490
5	Tilburg	68,1	813
6	Amsterdam	63,6	2.514
7	Breda	63,0	645
8	's-Gravenhage	54,4	3.070
9	Utrecht	53,2	1.565
10	Almere	onbekend	611

Uit de tabel blijkt Almere niet is meegenomen in Groen Meters 2015. Van de tien grootste gemeenten in Nederland heeft Eindhoven het meeste openbaar groen per huishouden. Groningen en Nijmegen volgen op gepaste afstand. Utrecht en 's-Gravenhage staan onderaan.

<sup>68</sup> CBS, 2015. Demografische kerncijfers per gemeente 2015. CBS, Den Haag/Heerlen/Bonaire.

<sup>69</sup> CBS, 2015. Demografische kerncijfers per gemeente 2015. CBS, Den Haag/Heerlen/Bonaire.

<sup>70</sup> Visschedijk, P.A.M. & M. Huizinga, 2009. Groene Meters III. Analyse van het stedelijke groen in de G31-steden. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 1919.

<sup>71</sup> Visschedijk, P.A.M. & M. Huizinga, 2009. Groene Meters III. Analyse van het stedelijke groen in de G31-steden. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 1919.



Op basis van de voorkeur om twee gemeenten te kiezen die sterk verschillen in de beschikbare hoeveelheid groen per woning, vallen de combinatie Almere en Breda en de combinatie Eindhoven en Groningen af. Almere is niet meegenomen in groene meters. Het verschil in m<sup>2</sup> groen per woning is slechts 7.7m<sup>2</sup>. Ook Nijmegen en Rotterdam redelijk dicht bij elkaar. Binnen de mogelijke combinaties is het verschil tussen Nijmegen en Utrecht het grootst (35,5 m<sup>2</sup>).

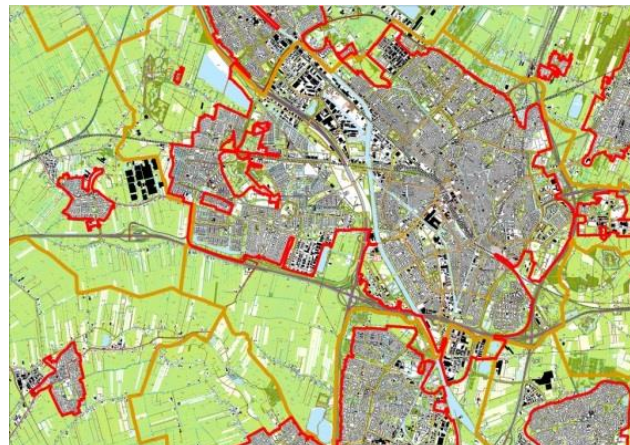
#### Keuze

Op basis van de voorkeur om een vergelijkbare woningdichtheid per km<sup>2</sup> komen de combinaties volgende combinaties in aanmerking: 1). Almere en Breda, 2). Eindhoven en Groningen en 3). een combinatie van Nijmegen, Rotterdam en Utrecht.

Indien gekeken wordt naar het aantal huishoudens per vierkante kilometer, is het verschil tussen Eindhoven en Groningen enerzijds, en Utrecht anderzijds, groot. Het aantal huishoudens per vierkante kilometer in Nijmegen benaderd de dichtheid van Utrecht redelijk, maar de hoeveelheid beschikbaar openbaar groen is in Nijmegen veel groter (35,5m<sup>2</sup> meer). Nijmegen is één van de groenste steden met zijn 87,7 m<sup>2</sup> groen per woning, terwijl Utrecht één van de minst groene steden is met 53,2 m<sup>2</sup> groen per woning.

Tabel 3: Overzichtstabel voor de gemeente Nijmegen en de gemeente Utrecht.

	Gemeente Nijmegen	Gemeente Utrecht
Inwoneraantal (januari 2015)	170.681	334.176
Landoppervlakte (in km <sup>2</sup> )	53,61	94,26
Inwoneraantal (per km <sup>2</sup> )	3.183	3.545
Woningdichtheid (per km <sup>2</sup> )	1.467	1.565
Beschikbaar m <sup>2</sup> groen (per woning)	87,7	53,2



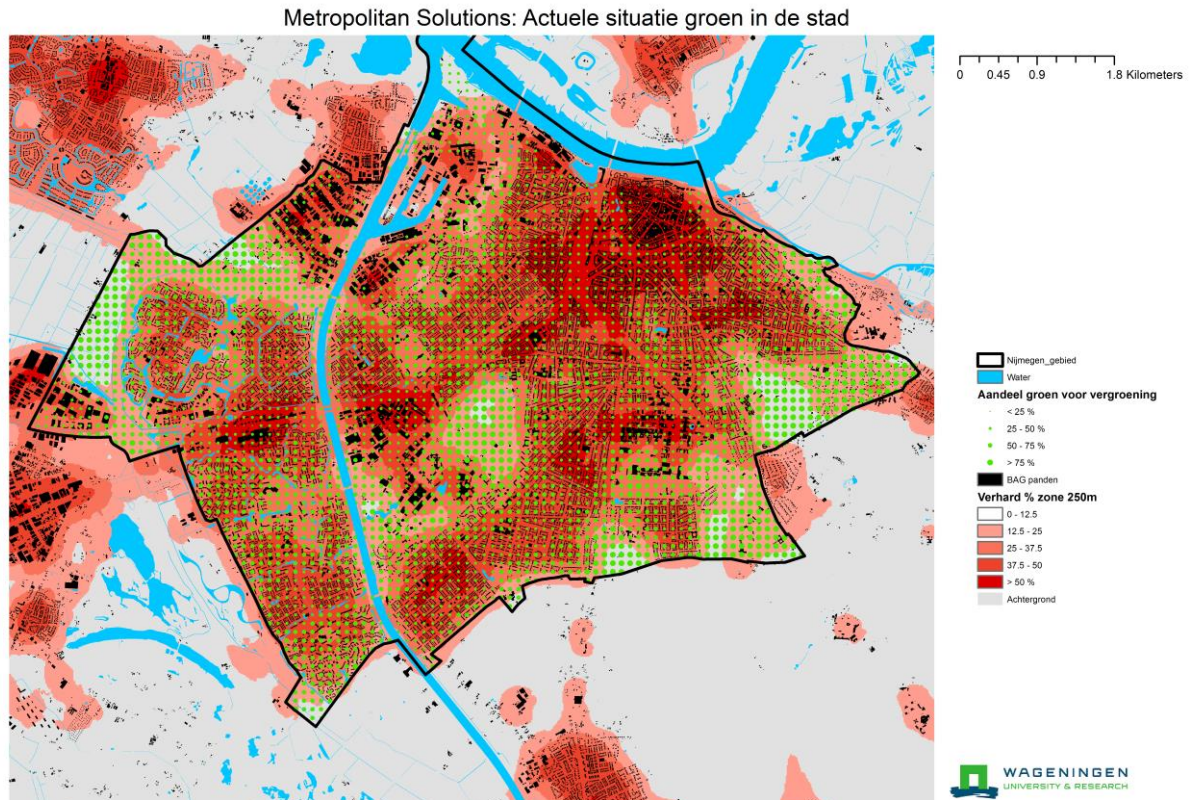
Figuur 2: Links: Nijmegen met grens bebouwde kom (rood) en gemeentegrens (oranje). Rechts: Utrecht en omliggende kernen met grens bebouwde kom (rood) en gemeentegrenzen (oranje).

## 4.2 STAP 2: Inventarisatie Ausgangssituatie

Voor de gemeenten Nijmegen en Utrecht is met de GIS-analyse 'Groen Blauw Rood' een kaartweergave van de huidige situatie opgesteld voor beide steden. Dit is de Ausgangssituatie voor de te verwerken maatregelen en dient als ijkpunt voor een vergelijking met de uit het onderzoek behaalde resultaten.

### Nijmegen

Op kaart 1 is het verhard oppervlak in de huidige situatie in de gemeente Nijmegen weergegeven (kleurschakering), als percentage van het totale oppervlak openbare ruimte. Tevens is het aandeel bomen (grootte van de groene punten) aangegeven als percentage van het totale oppervlak openbare ruimte. Als gevolg van technische obstakels is Nijmegen-Noord, ook wel Waalsprong genoemd, niet meegenomen.



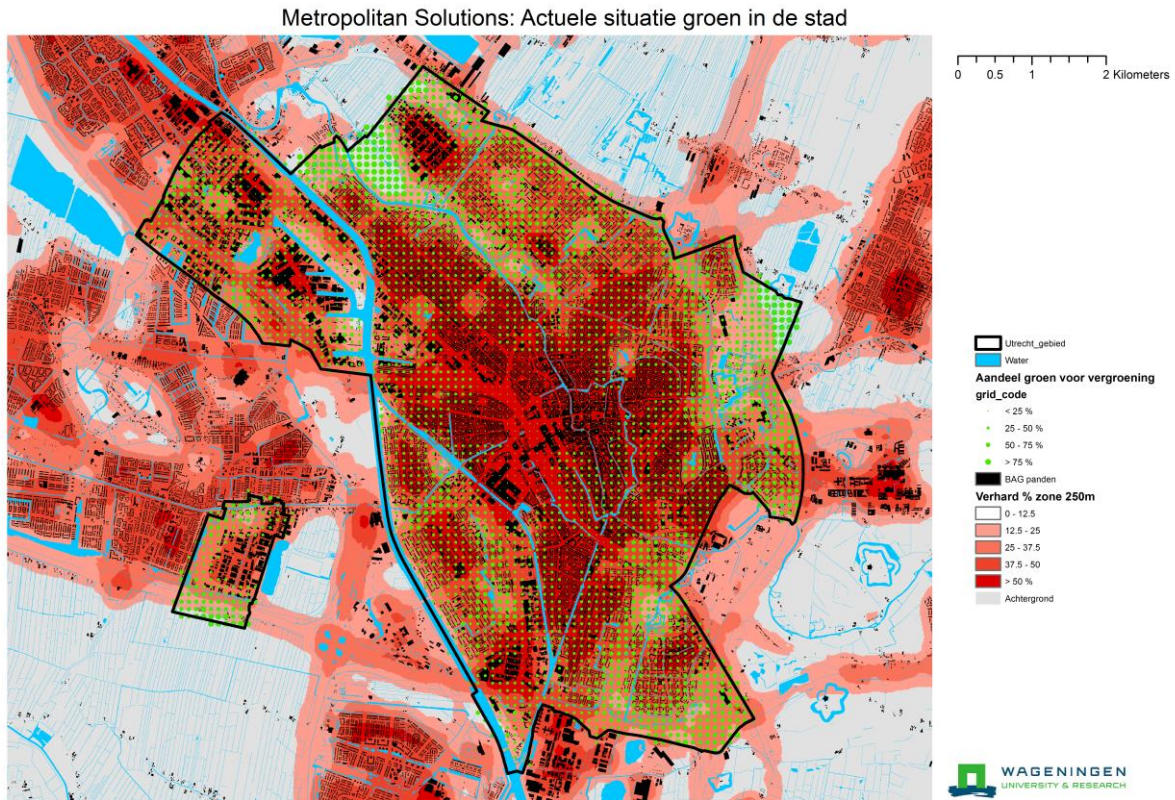
Kaart 1. Huidige situatie verharding en bomen in percentages van het oppervlak openbare ruimte in Nijmegen.

Op de kaart is te zien dat er in Nijmegen verspreid over de stad verschillende gebieden zijn waar het verhard oppervlak boven de 37,5% ligt. Duidelijk te zien is dat met name de binnenstad en bedrijventerreinen zowel qua verharding als een klein percentage bomen 'hoog' scoren. Aan de andere kant springen Nijmegen-Oost, Goffertpark, Dukenburg, delen de campus van het UMC Radbouduniversiteit eruit als gebieden met een laag percentage verharding.



## Utrecht

Op kaart 2 is het verhard oppervlak in de huidige situatie in de gemeente Utrecht weergegeven (kleurschakering), als percentage van het totale oppervlak openbare ruimte. Tevens is het aandeel bomen (grootte van de groene punten) aangegeven als percentage van het totale oppervlak openbare ruimte. Als gevolg van technische obstakels is de meest recente wijk, Leidsche Rijn, niet meegenomen.



Kaart 2. Huidige situatie verharding en bomen in percentages van het oppervlak openbare ruimte in Utrecht.

Op de kaart is te zien dat Utrecht een afname van het verhardingspercentage laat zien vanuit de binnenstad naar de randen van de stad met de meer recente stadsdelen en wijken. Dit patroon wordt ook gevolgd door het percentage boombeplanting. Evenals in Nijmegen springen de binnenstad en de bedrijventerreinen er – met een hoog percentage verharding - direct uit.

### 4.3 STAP 3: Bepalen van de stedenbouwkundige typologieën

#### Nijmegen<sup>72</sup>

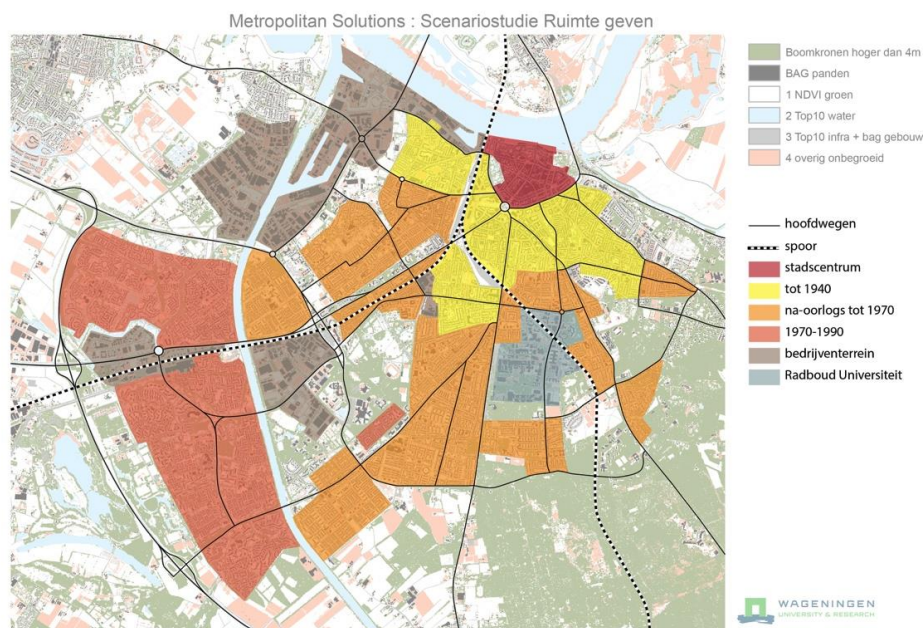
Grote groengebieden zijn de oude en nieuwere stadsparken: Kronenburgerpark, Valkhof/Hunnerpark, Goffertpark, Park Staddijk, maar ook de groene terreinen van het Universitair Medisch Centrum en de Radboud Universiteit in Heijendaal. Het areaal openbaar groen binnen de 19e -eeuwse wijken wordt hoofdzakelijk bepaald door de verspreid liggende hofjes en parkjes. Aaneengesloten groenarealen ontbreken hier vrijwel. De daaropvolgende periode van uitbreiding vond plaats tussen de radialen (oude invalswegen) en bestond uit compacte wijken met minder openbaar groen. Dat geldt in het bijzonder voor wijken als St. Anna, Nije Veld en de Biezen. Hier is zowel de omvang van de aanwezige boomstructuur als het areaal groen beperkt. In mindere mate geldt dit voor wijken zoals Hazenkamp en Hatertse Hei en delen van Grootstal, die door fraaie bomenlanen en groene voortuinen toch als groen worden ervaren. Aan de zuidelijke en zuidoostelijke rand van Nijmegen is een min of meer geleidelijke overgang ontstaan van de bos- en natuurrijke omgeving naar het stedelijk gebied. Deze overgang sluit aan op de grotere groenarealen in de omgeving; de stuwwal die zich doorzet naar het zuidoosten en de boscomplexen ten zuiden van de stad (Heumensoord en Boswachterij Groesbeek). Vooral in Kwakkenberg, Brakkenstein, Hunnerberg en Heijendaal is een verweving ontstaan tussen de groene omgeving en het stedelijk gebied. Met de realisering van het Goffertpark wordt in 1935 aan de rand van

<sup>72</sup> Gemeente Nijmegen, 2007. De Groene Draad; Kansen voor het Nijmeegse groen. Gemeente Nijmegen, Nijmegen.

de stad een groot groengebied toegevoegd in de traditie van het 'volkspark'. De dorpskernen die door de naoorlogse bouwperiode in de stad worden opgenomen voegen groen toe aan de stad als geheel. Met de sprong over het Maas-Waalkanaal breekt er een periode aan van ruim opgezette woonwijken met veel groen. De wijken Dukenburg en Lindenholt springen eruit ten aanzien van het areaal openbaar groen en zijn binnen de groenstructuur nadrukkelijk aanwezig. De wijken hebben zowel een groene omlijsting als een groene dooradering enerzijds maar kennen ook opvallend veel – schijnbaar overbodige – verhardingsoppervlakken.

In de huidige opzet van de stad vormt de infrastructuur een dominante factor; de oude veldwegen lopen als radialen vanuit het centrum richting het groene buitengebied. Deze wegen worden gemarkeerd door bomen die daarmee een belangrijke rol spelen in de uitstraling van de infrastructuur en van de stad als geheel. Dit geldt ook op wijkniveau waar verschillende wegen als een groene ader doorheen lopen. De stedenbouwkundige opzet van Nijmegen Noord gaat uit van verschillende typen woonwijken variërend van de hoogstedelijke citadel, tot het ruim opgezette woonpark Oosterhout. Zoals gezegd maken veel historische groene lijnen deel uit van de nieuwbouwplannen. Nieuwe hoofdlijnen in de infrastructuur worden ook voorzien van laanbeplanting zodat deze onderdeel gaan uitmaken van de groenstructuur in Nijmegen-Noord. In Nijmegen-Noord worden nieuwe parken toegevoegd: de Landschapszone en park de Woerdt als onderdeel van Park Lingezegen. Dit groene landschap ligt tussen Arnhem en Nijmegen en loopt aan de Nijmeegse kant ten oosten van Lent helemaal door naar de Waaluitwaarden.

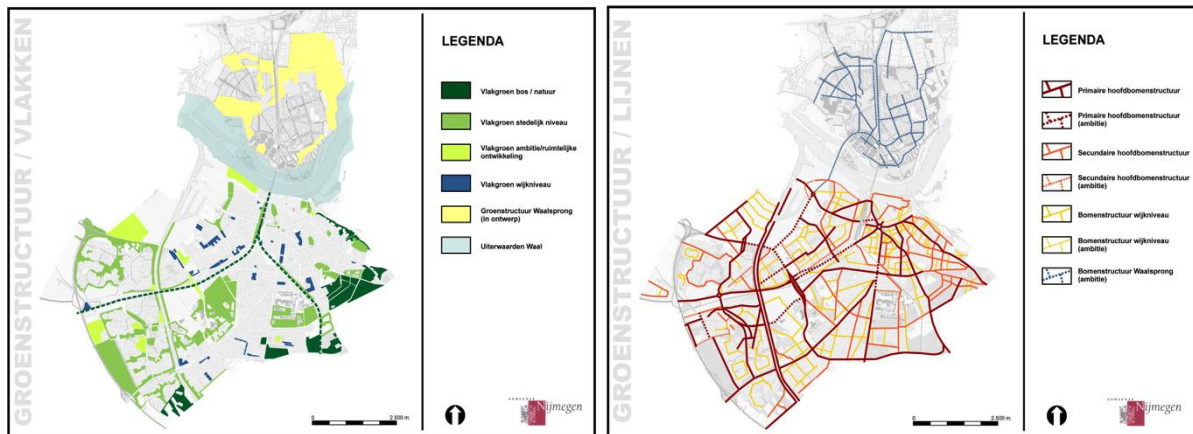
Spoorwegen doorsnijden Nijmegen. Niet in die dominante vorm als in Utrecht maar toch duidelijk herkenbaar in de morfologie van Nijmegen. In het plusscenario binnen deze studie is dan ook onderzocht wat de impact zou kunnen zijn van vergroening als deze railstructuren ondergronds zouden komen te liggen of overkapt zouden kunnen worden. Dit nog afgezien van de winst die onmiddellijk optreedt indien dergelijke bestaande blokkades in het stedelijk weefsel zouden worden opgeheven (zie bij voorbeeld treintunnels in Rijswijk (ZH) en Delft).



Kaart 3. De stedenbouwkundige typologie van de wijken van Nijmegen.

Op de kaart is de groei van de stad in de verschillende perioden goed af te lezen: karakteristiek is allereerst de ligging van de binnenstad aan de rivier de Waal en van daaruit de vooroorlogse uitbreidingen (geel) naar het westen, zuiden en oosten. Samen vormen deze wijken een ring rond de binnenstad. In de decennia van de ook in Nijmegen omvangrijke na-oorlogse uitbreidingen (jaren 50-60) zien we 'vingervormige' structuur (lobben) ontstaan in zowel het laaggelegen deel van Nijmegen (west/zuidwest) als het hooggelegen deel op de stuwwal (oost). De contramal wordt gevormd door grotere aaneengesloten groengebieden dan met stedelijke functies zoals het universiteitsterrein. Na 1970 is in het zuidwesten uitgebreid en is de stap over het kanaal gemaakt. De laatste 'sprong' is gemaakt met de Vinex realisatie ten noorden; het is de zogenaamde 'Waal sprong'





Kaarten 4 en 5. Kaarten patches en corridors uit groenstructuurvisie Nijmegen.<sup>73</sup>

Kaart 3 is in deze scenario studie gemaakt in aanvulling op bovenstaande kaarten 4 en 5. Deze bestaande kaarten van de gemeente Nijmegen laten de hoofdgroenstructuur van de stad zien in lineaire elementen (infrastructuur met bestaande of gewenste groenelementen) en vlakvormige delen zoals stadsparken, waterrijke verbindingen etc. De voorliggende scenario studie is feitelijk aanvullend op deze structuren en gaat in op de mogelijke maatregelen voor vergroening en (afname van) verharding in de wijken.

#### Utrecht<sup>74</sup>

Grote groengebieden zijn bij voorbeeld de stadsparken: Wilhelminapark, het Maximapark, Grifftpark, park Overvecht, het Sjanghaipark, het Baden Powellpark en groenstructuren die – doorgaans gekoppeld aan waterlopen - van buiten de stad indringen zoals de parkzone langs het Amsterdam-Rijnkanaal en de vergroening van de binnenstedelijke Vechtoevers, het Leidsche Rijn park het Nifterlakeplantsoen in Zuilen, het Amaliapark in Parkwijk. Net buiten de stad liggen grote groen- en recreatiegebieden zoals het Noorderpark en landgoederen als Haarzuilens, Oud en Nieuw Amelisweerd en Rhijnauwen. Kenmerkend voor de recreatieve en groene/waterrijke hoofdstructuur van Utrecht zijn de – de stad indringende – rivierlopen en de zogenaamde accessen. Beide structurelementen verbinden delen van de bebouwde kom met het buitengebied Utrecht ligt op een kruispunt van kromme Rijn, de Vecht, de Hollandse IJssel en de Leidsche Rijn. Bovendien lopen het Amsterdam Rijn kanaal en het Merwedekanaal door Utrecht. In het groenbeleid worden de kanalen en hun oevers, net als bij de rivierlopen, benut voor vergroening en recreatieve routing. Accessen zijn de oude invalswegen die bij de aanleg van de Nieuwe Hollandse waterlinie (1815) zijn opgenomen in de verdedigingslinie. Bij de accessen horen derhalve forten zoals fort Vechte, fort bij Rhijnauwen, de Lunetten, fort op de Biltstraat e.a. Allemaal plekken met grote betekenis voor de Utrechtse groenstructuur.

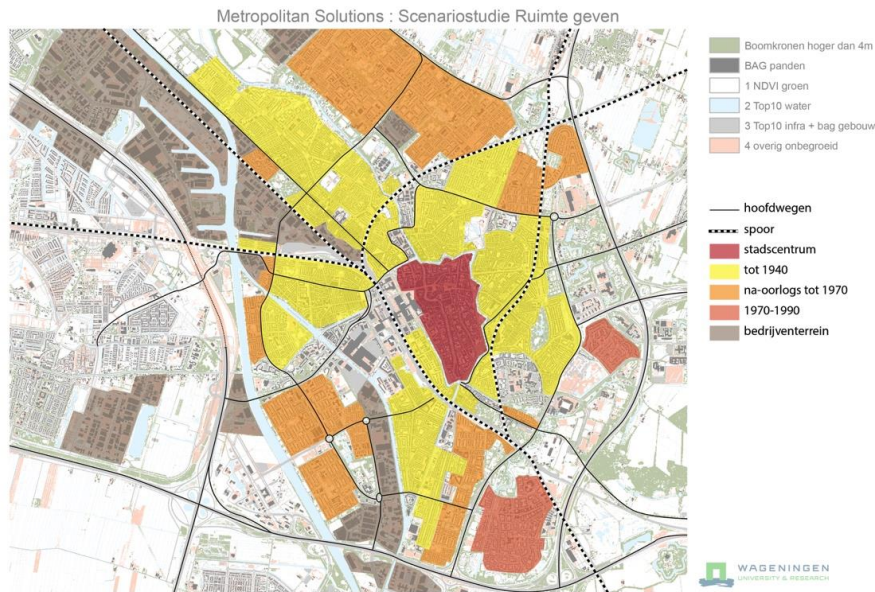
In contrast hiermee is het areaal openbaar groen binnen de 19e -eeuwse en daaropvolgende wijken tot 1940 hoofdzakelijk bepaald door de verspreid liggende stadslanen en stadsparken. Aaneengesloten groenarealen ontbreken hier en het beeld van deze stadsdelen is uitgesproken stenig. De stadslanen zijn in dit stadsbeeld vallen door hun betrekkelijke zeldzaamheid extra op. Deze stadslanen stammen uit het uitbreidingsplan Utrecht (1924) door Berlage. Voorbeelden zijn de Maliebaan en Rijn-Kennemerlaan. Zeer bekend in Utrecht zijn de voormalige bolwerken / stadswallen en de zo kenmerkende voormalige werven die de grachten in de binnenstad hun unieke vorm en functioneren geven. De stadswallen zijn als ruimtelijke structuur goeddeels bewaard gebleven maar geheel gesloopt (1828) en getransformeerd tot het huidige Zocherpark. Met de aanleg van Hoog Catharijne is indertijd een deel van de stadsgracht gedempt. Heel recent is in het kader van de binnenstadsaanpak, CU 2030, deze stadsgracht weer teruggebracht in het stadsbeeld. Exemplarisch en ook zeer in het oog springend voor de naoorlogse uitleg is het stadsdeel Overvecht met zijn etage- en flatbouw in een uitgebreide groenstructuur. Het meest recent gebouwde stadsdeel, Leidsche Rijn, één van de VINEX-locaties, kent eveneens veel groen en een grote mate van stedenbouwkundige afwisseling.

Utrecht wordt, méér nog dan Nijmegen, doorsneden door naar alle windrichtingen uitgaande spoorlijnen, inclusief opstel- en rangeerspooren. Kijkend naar de morfologie van Utrecht vallen deze sporgebieden (vaak veel breder dan een spoorlijn) als eerste op. In het plusscenario binnen deze studie is dan ook

<sup>73</sup> Gemeente Nijmegen, 2007. De Groene Draad; Kansen voor het Nijmeegse groen. Gemeente Nijmegen, Nijmegen.

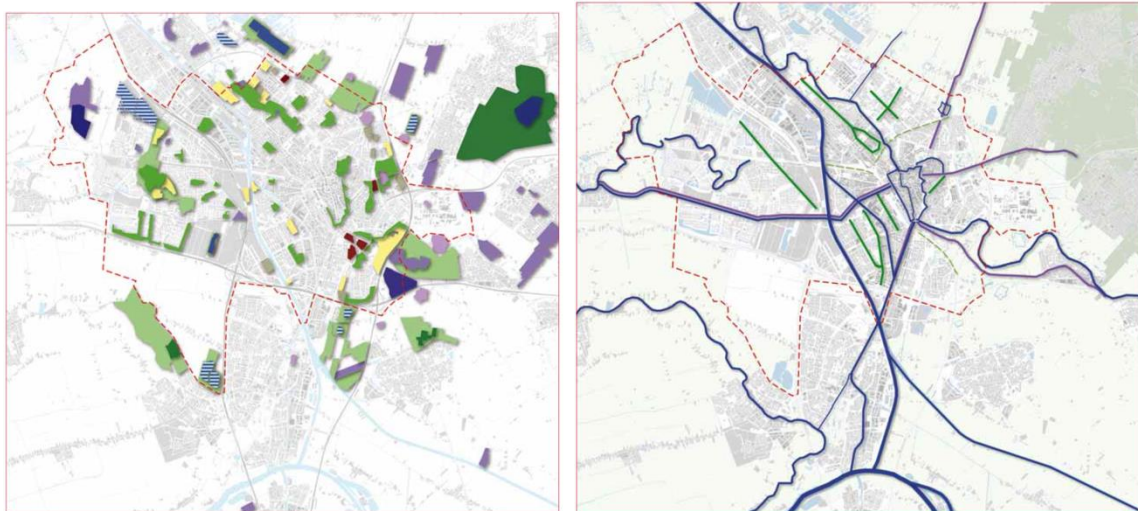
<sup>74</sup> Gemeente Utrecht, 2007. Groenstructuurplan Utrecht; Stad en land verbonden. Gemeente Utrecht, Utrecht.

onderzocht wat de impact zou kunnen zijn van vergroening als deze railstructuren ondergronds zouden komen te liggen of overkapt zouden kunnen worden. Dit nog afgezien van de winst die onmiddellijk optreedt indien dergelijke bestaande blokkades in het stedelijk weefsel zouden worden opgeheven (zie bij voorbeeld treintunnels in Rijswijk (ZH) en Delft).



Kaart 6. De stedenbouwkundige typologie van Utrecht.

De kaart van Utrecht maakt de relatief compacte groei van de stad duidelijk. In alle richtingen is vanuit de binnenstad voortgebouwd in zowel de vooroorlogse – als naoorlogse perioden. In tegenstelling tot Nijmegen is Utrecht niet lobvorming uitgebreid maar meer concentrisch. Een tweede opvallend aspect is de doorsnijding door de vele spoorlijnen en - complexen die vanuit het centrum van de stad uitwaaiëren naar alle windrichtingen. De wijk Leidsche Rijn (de zeer omvangrijke en meest recente westelijke uitbreiding) is om technische redenen in deze scenariostudie niet meegenomen.



Kaarten 7 en 8 patches en corridors uit groenstructuurplan Utrecht.<sup>75</sup>

Kaart 6 is in deze scenariostudie gemaakt in aanvulling op bovenstaande kaarten 7 en 8. Deze bestaande kaarten van de gemeente Utrecht laten de hoofdgroenstructuur van de stad zien in lineaire elementen (infrastructuur met bestaande of gewenste groenelementen) en vlakvormige delen zoals stadsparken, waterrijke verbindingen etc. De voorliggende scenariostudie is feitelijk aanvullend op deze structuren en gaat in op de mogelijke maatregelen voor vergroening en (afname van) verharding in de wijken.

<sup>75</sup> Gemeente Utrecht, 2007. Groenstructuurplan Utrecht; Stad en land verbonden. Gemeente Utrecht, Utrecht.

Het resultaat van stap 3 (het bepalen van de stedenbouwkundige typologieën) is voor beide steden: Nijmegen en Utrecht, een kaartbeeld als basis voor het doorrekenen van mogelijke maatregelen voor het terugdringen van de hoeveelheid verharding in de openbare ruimte. Deze kaartbeelden zijn verbonden met de historie van beide steden en de wijze waarop deze zijn gegroeid. De kaartbeelden maken beide steden ook vergelijkbaar omdat de omschreven stedenbouwkundige typologie voor beide steden gelijkwaardig en eenduidig is.

Opgemerkt moet nog worden dat de stedenbouwkundige typologie in vlakken (wijken, stadsdelen) aanvullend is op de bestaande kaarten met groengebieden en lijnvormige elementen. De voor beide steden bestaande kaarten met de hoofdgroenstructuur mogen we beschouwen als de kaarten met de "patches en corridors" (zie hoofdstuk 2). Voor deze scenariostudie zijn beide kaarten uitgebreid met een kaart van de stedenbouwkundige vlakken, zijnde de 'matrix' in het stedelijk weefsel.

#### 4.4 STAP 4: De maatregelen voor ontharden en vergroenen

Op basis van jarenlange ervaring in de stedenbouwkundige en landschapsarchitectonische kenmerken van het stedelijk gebied en de openbare ruimte zijn zinvolle maatregelen bedacht die bijdragen aan het verminderen van de aanwezige verharding en/of bijdragen aan een toenemende vergroening in het stedelijk gebied. De maatregelen zijn vervolgens verdeeld over het basis- en het plusscenario op basis van het criterium 'directe realistische toepasbaarheid in de gemeentelijke praktijk binnen bestaand beleid' (tabel 4). Met andere woorden: relatief eenvoudig op de korte termijn door te voeren maatregelen vormen het basisscenario en de maatregelen die een (zeer) forse investeringen vragen en niet passen binnen bestaande beleidskaders vormen het plusscenario.

Tabel 4: Maatregelen verdeeld over de scenario's

mogelijke maatregelen	<b>basisscenario</b>	<b>plusscenario</b>
<b>verharding vervangen</b>	aanleg pocketpark (<0,5 ha.) parkeerplaatsen in grastegels of halfverharding  speelplekken vergroenen versmallen wegen tbv bermen trambanen in gras of grind fietspaden in halfverharding trottoirs versmallen tbv bermen vluchtheuvels vergroenen	grotere pleinen omzetten in plantsoen/park  aanleg groene daken opheffen wegen en vervangen door groen
<b>verharding combineren met andere functie</b>	aanleg geveltuintjes aanplanten bomen in verharding (boomspiegels)	wegen ondertunnelen, parkaanleg terugbrengen  wegen overkappen met dakparken
<b>vergroenen gebouwen</b>	platte daken vergroenen	alle daken vergroenen gevelbeplanting toepassen/verticale tuinen
<b>tijdelijke maatregelen</b>	tijdelijke groenaanleg op braakliggende terreinen	permanente groenaanleg op braakliggende  Terreinen
<b>transitie bestaand groen</b>	meer bomen planten in bestaand groen openbaar groen omzetten naar stadslandbouw	

Op basis van de stedenbouwkundige typologie van de wijken en de hoofdstructuur is per stad een pakket van maatregelen gekoppeld aan elke type (tabel 5). Uitgangspunt hierbij zijn de hoofdkenmerken van deze stedenbouwkundige vlakken, zoals breedte van het straatprofiel, de aanwezigheid van bomen en het gebruik van openbare ruimte, voor o.a. parkeren, trottoir, rijloper, en bermen. Door te kijken naar de beschikbare ruimte en de intensiteit van het gebruik is bepaald welke maatregelen in welke percentages zouden kunnen worden doorgevoerd. Vanwege het korte tijdsbestek waarin deze studie is verricht was het niet mogelijk om alle mogelijke stedelijke situaties en profielen afzonderlijk te beoordelen. Op basis van gerichte 'steekproeven' via luchtfoto's, aangevuld met aanwezige kennis van beide steden bij de makers van de studie, is uitgegaan van kenmerkende straatprofielen kenmerkend voor de stedenbouwkundige typologie. Deze kenmerken zijn als gemiddelde genomen. In dit gemiddeld



straatprofiel is gekeken naar een percentage van de ruimte die beschikbaar is voor een bepaalde maatregel en vervolgens is bepaald in welke hoeveelheid (percentages) de maatregel mogelijk of wenselijk is op wijkniveau.

Tabel 5. Verdeling van de maatregelen over een basis- en plusscenario

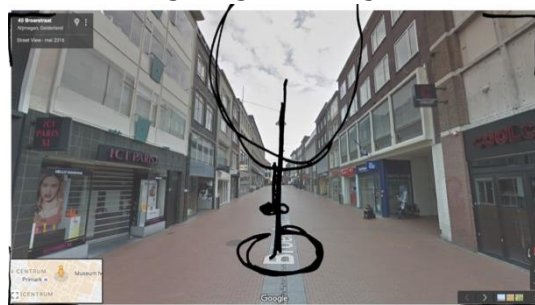
typologie	maatregelen basisscenario	maatregelen plusscenario
middeleeuwse plattegrond (binnenstad)	geveltuintjes bomen in verharding (klein oppervlak) pleinen ontharden of vergroenen platte daken vergroenen (kleine oppervlakken)	gevelbegroeiing alle daken vergroenen
wijken met gesloten/half open bouwblokken (tot 1940)	geveltuintjes bomen in verharding trottoirversmalling platte daken vergroenen parkeren in halfverharding	gevelbegroeiing alle daken vergroenen
na-oorlogse stedelijke uitleg (1950-1970)	trottoirversmalling bomen in verharding bomen in grasvlakken parkeren in halfverharding platte daken vergroenen	grote pleinen vergroenen gevelbegroeiing alle daken vergroenen
het woonerf (1970-1990)	bomen in brede bermen parkeren in halfverharding trottoirversmalling (overhoeken ed.)	grote pleinen vergroenen gevelbegroeiing alle daken vergroenen
hedendaagse bouw	<i>noot: weinig potenties aanwezig vanwege een doorgaans reeds doordachte groenstructuur</i> Parkeren in halfverharding Bomen in verharding	grote pleinen vergroenen gevelbegroeiing
kantoren en bedrijventra	bomen in verharding bomen in bermen parkeren in halfverharding (grote oppervlakken) platte daken vergroenen	alle daken vergroenen

#### 4.5 STAP 5: Toepassing van de maatregelen

##### Basisscenario: Maatregelen in Nijmegen

###### Stadscentrum middeleeuwse plattegrond

Ook hier geldt dat het percentage verharding hoog ligt en de beschikbare ruimte beperkt is. Wel zijn er bepaalde pleinen waar ruimte ligt voor de aanplant van bomen, zie afb Valkenhof, en ook in een aantal winkelstraten die nu volledig verhard zijn waar ruimte is voor een bomenrij, zie afb Broerstraat. Hiermee wordt ook toegevoegd aan de 'groene allure' van het centrum.<sup>76</sup>

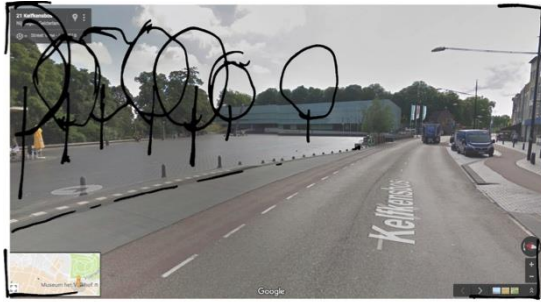


Afb. 1: huidige situatie Broerstraat



afb. 2: voor de huidige situatie Pijkestraat

<sup>76</sup> Gemeente Nijmegen, 2007. De Groene Draad; Kansen voor het Nijmeegse groen. Gemeente Nijmegen, Nijmegen.



Afb. 3: huidige situatie Valkenhof

- **gevelbegroeiing en geveltuintjes:**  
25% van de straten met geveltuin/groengevel
- **incidentele bomen in verharding**  
pleksgewijs invoeren, Broerstraat
- **pleinen ontharden of vergroenen**  
Grote markt, Plein 1944, Het valkhof, parkeerdak Molenpoort : pleksgewijs invoeren
- **kade ontharden**  
50% bomen planten/NDVI groen: pleksgewijs invoeren

#### Wijken tot 1940 gesloten bouwblok

Veel van deze ring valt onder het bescherm stadsgezicht wat invloed heeft op de maatregelen die hier kunnen worden genomen. Op enkele plekken zijn er mogelijkheden voor het parkeren in halfverharding en het versmallen van het trottoir voor het plaatsen van bomen.



Afb. 4: huidige situatie Slichtenhorststraat kans voor parkeren in halfverharding en bomen in verharding



afb. 5: voor de huidige situatie Bijleveldsingel kans voor parkeren in halfverharding en bomen in verharding



Afb. 6: voorbeeldsituatie Johannes Vijghstraat

- **parkeren in halfverharding (is dit wenselijk? stedelijk uiterlijk)**  
20% parkeren in halfverharding
- **bomen in verharding**  
25% meer bomen in verharding

#### Naoorlogse wijken tot 1970

Net als in Utrecht is in deze delen van de stad veel ruimte en liggen er kansen voor het wegnemen van verharding en verhogen van de kwaliteit van het groen. Vaak ligt er een enorm oppervlak aan trottoir waar bomen of groene bermen zouden kunnen worden geplaatst en uitgestrekte parkeervelden zonder bomen in de verharding. Ook bestaat het openbaar groen voornamelijk uit grasvelden en lage struiken

terwijl bomen hier klimaattechnisch meer waarde zouden hebben. De gebouwen in deze typologie hebben grotendeels platte daken waar groene daken kunnen worden aangebracht.



afb. 7: huidige situatie Heidevenstraat



afb. 8: huidige situatie Zonstraat



afb. 9: voorbeeld parkeren in halfverharding

- **verkleinen trottoirs 20%**  
ruimte voor boomaanplant of NDVI
- **parkeren in halfverharding** (anders ...)  
50% parkeren in halfverharding
- **bomen in grasvlakken**  
40% meer bomen in grasvlakken (bijv. Fruit)
- **platte daken worden groene daken**

#### Wijken 1970 - 1990

Ondanks de ruime opzet van deze wijken is er relatief weinig groen op wijkniveau te vinden. Tussen de buurten door lopen groene aders maar in het straatbeeld zelf is er heel veel onnodige verharding. Hier ligt veel ruimte voor het planten van bomen en zelfs op een deel van de oppervlakte als tuin vrij te geven voor de bewoners. Daarbij is de gebruiksintensiteit van deze wijken lager en zijn er daarom goede mogelijkheden om maatregelen als (dwars) parkeren in halfverharding toe te passen.



afb. 10: huidige situatie Zwanenveld kans voor parkeren in halfverharding



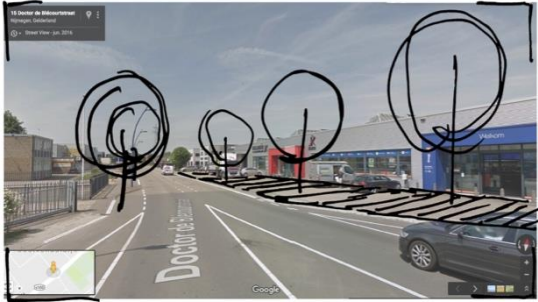
afb. 11: huidige situatie Zwanenveld kans voor parkeren in halfverharding

- **wegnemen verharding (20%)**  
vergroenen  
als tuin vrijgeven  
bomen planten  
midden of zij berm aanbrengen, vluchtheuvels ontharden
- **parkeren in halfverharding**  
75% parkeren in halfverharding



### *Industrie- en bedrijventerreinen*

Ook in Nijmegen komt deze categorie naar voren als urgent, op hittekaarten en kaarten met percentages verharding komen deze gebieden sterk naar voren. Er ligt veel onnodige verharding waar mogelijk bomen kunnen worden geplant of laag groen wordt aangelegd. Daarbij zijn ook hier veel platte daken te vinden die geschikt zijn voor groene daken.



afb. 12: huidige situatie Doctor de Blécourtstraat

- **groene daken**  
50% groene daken
- **parkeervlakken in halfverharding**  
75% parkeren in halfverharding
- **bomen in verharding**  
50% meer bomen in verharding

### *Campus Heijendaal*

Op deze campus zijn hele grote oppervlakten verhard, er staan weinig bomen en veel gebouwen hebben platte daken.



afb. 13: huidige situatie Campus Heijendaal

- **platte daken worden groene daken**
- **versmallen trottoirs (10%)**
- **bomen toevoegen**

### Hoofdstructuren

Ook de wegenstructuur van Nijmegen bevat radiale wegen waar vaak de bomenlaan kan worden aangevuld, de bermen worden onthard en de waar de ventwegen in halfverharding kunnen worden gelegd. Daarbij komt dat in de structuurvisie van de stad staat aangegeven dat er wordt aangestuurd op de ontwikkeling van de 'Groene route' een ringweg met een overtuigend groen uiterlijk.



afb. 14: voor de huidige situatie st. Anna kans ventwegen in halfverharding en meer bomen in straatbeeld



afb. 15: voorbeeld groene bermen

- **doorgaande uitvalswegen**  
50% meer bomen  
bermen ontharden  
ventwegen in halfverharding

### Basisscenario: Maatregelen in Utrecht

#### Stadscentrum middeleeuwse plattegrond

Het stadscentrum van Utrecht heeft een heel hoog percentage verharding, daarbij is het straat profiel overwegend smal en ligt de intensiteit van gebruik heel hoog. Dit heeft tot gevolg dat maatregelen niet op grote schaal kunnen worden toegepast maar dat er specifieke maatregelen zijn bedacht voor het centrum. Zo zou het vergroenen van het noordelijk deel van de vestingmuren, zie afb. 1, bijdragen aan een groenere uitstraling van het centrum, zoals dit reeds het geval is bij de zuidelijke kant van de vestingmuren. Pleinen als de Neude en het Domplein zijn grote versteende oppervlakten zonder enige begroeiing waar ruimte ligt voor de aanplant van bomen, zie afb 2. In straten zoals Achter St. Pieter, zie afb. 3 is er ruimte voor geveltuinen in 5% van het straatprofiel, in deze studie is ervan uitgegaan dat deze maatregel in 10% van de straten in het centrum toepasbaar is.



afb 16: huidige situatie Begeinekade: kans voor vergroenen vestingskade



afb 17: huidige situatie Achter st Pieter kans voor geveltuin



afb 18: huidige situatie Neude kans voor (kleinblijvende) bomen op verharding

- **gevelbegroeiing en geveltuinjes**  
10% van de straten met geveltuin/groengevel

- **incidentele bomen in verharding**  
25% van de straten met 1 rij bomen (pleksgewijs)
- **pleinen ontharden of vergroenen**  
Domplein, Neude (pleksgewijs)
- **Vestingkade noordelijke punten**  
50% bomen bij parkeren (pleksgewijs)  
groene daken

#### *Wijken tot 1940 gesloten bouwblok*

In Utrecht blijken deze wijken qua verharding bijna gelijk te zijn aan het stadscentrum, wel is het straatprofiel breder en ligt de intensiteit van gebruik lager, zie afb. 4 en 5. Hier is meer ruimte om smalle geveltuintjes te implementeren en aan te sturen op gevelbegroeiing, daarom is in deze categorie uitgegaan van 50% van de straten die geschikt zijn voor deze maatregel. In de stad zelf zijn al voorbeelden te vinden voor deze maatregel zie afb. 6 en 7 voor een smalle straat met geveltuinen. Ook is er in sommige gevallen ruimte voor bomen in verharding, voor voorbeeld zie afb. 8.



afb 19: huidige situatie Griftstraat kans bomen in verharding



afb 20: huidige situatie Orionstraat kans voor geveltuinen



afb. 21: voorbeeldsituatie voor geveltuinen



afb. 22: voorbeeld bomen in verharding poortstraat

- **gevelbegroeiing en geveltuintjes**  
50% van de straten met geveltuin/groengevel
- **bomen in verharding**  
10% van de straten bomen in verharding
- **trottoirversmalling**  
10%, groen toevoegen, niet zijnde bomen
- **parkeren in halfverharding**  
10% parkeren in halfverharding

#### *Naoorlogse wijken tot 1970 grote uitleg*

In deze delen van de stad is veel ruimte en liggen er veel kansen voor het wegnemen van verharding en verhogen van de kwaliteit van het groen. Vaak ligt er een enorm oppervlak aan trottoir en parkeervelden zonder bomen, zie afb. 9 en 10. Omdat in deze wijken vaak zulke grote oppervlakten overbodig trottoir zijn kan 50% hiervan voor de aanplant van bomen of laag groen kan worden gebruikt. Ook bestaat het openbaar groen voornamelijk uit grasvelden en lage struiken terwijl bomen hier klimaattechnisch meer waarde zouden hebben. De parkeervoorzieningen in de wijken zijn vaak op aparte parkeervelden en maar deels langsparkeren, juist de aaneengesloten parkeervelden zijn geschikt om in halfverharding aan te leggen, vandaar 75% parkeren in halfverharding. De gebouwen in deze typologie hebben grotendeels platte daken waar groene daken kunnen worden aangebracht.





afb. 23: huidige situatie Falklanddreef



afb. 24: huidige situatie Rhodosdreef



afb. 25: voorbeeld groene bermen



afb. 26: voorbeeld parkeren in halfverharding

- **verkleinen trottoirs (50%)**  
ruimte voor zowel boomaanplant als ander groen
- **parkeren in halfverharding**  
75% parkeren in halfverharding
- **bomen in parkeervlakken**  
50% van de straten meer bomen
- **bomen in grasvlakken**  
50% meer bomen in straatbeeld (bijv. Fruit)
- **platte daken verschillende percentages**  
Daar waar mogelijk tot 100%

#### Wijken 1970 - 1990

In Utrecht is de groenvoorziening in deze wijken al hoog. Waar hier nog kansen liggen is bijvoorbeeld bij het parkeren in halfverharding en incidenteel het versmallen van het trottoir voor bijvoorbeeld het aanbrengen van een groene berm of het toevoegen van bomen.



afb. 27: huidige situatie Walcheren, kans voor parkeren in halfverharding



afb. 28: voorbeeldsituatie voor groene bermen tussen voet- en fietspad en veel bomen in het straatbeeld

- **trottoir versmallen**  
groene bermen  
bomen planten
- **parkeren in halfverharding**  
75% parkeren in halfverharding

#### Industrie- en bedrijventerreinen

Deze categorie is urgent, op hittekaarten en kaarten met percentages verharding komen deze gebieden sterk naar voren. Ook liggen er veel kansen omdat er veel platte daken aanwezig zijn en grote delen van het verhard oppervlak mogelijkheden hebben tot vergroening. De uitgestrekte parkeervlakken zijn

geschikt om in halfverharding aan te leggen en het brede straatprofiel bied ruimte voor de aanplant van bomen of aanleg van groene bermen.



afb. 29: huidige situatie Nijverheidsweg

- **groene daken**
- **parkeervlakken in halfverharding**  
75% parkeren in halfverharding
- **bomen in verharding**  
50% van de straten

#### Hoofdstructuren

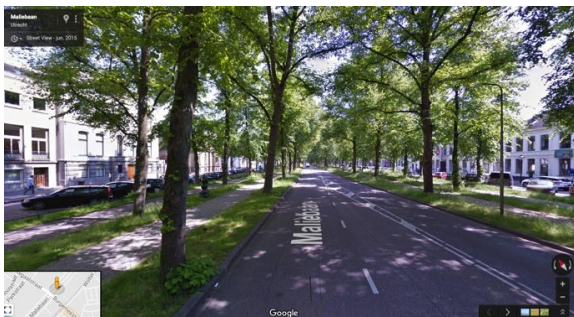
De radiale uitvalswegen worden intensief gebruikt en hebben een breed profiel. Op sommige plekken langs deze radialen zijn de bermen nog verhard en kunnen dus worden vergroend, zie afb. Churchillaan. Ook liggen er naast deze wegen vaak ventwegen die veel minder intensief worden gebruikt en dus in halfverharding zouden kunnen worden gelegd. Vaak zijn de bomenlanen aan weerszijden niet compleet en kunnen worden aangevuld. Voor voorbeeldsituatie zie afb. Maliebaan. In de groenstructuurvisie van de stad Utrecht worden deze radiale uitvalswegen evenals de oevers en bermen genoemd als belangrijke lineaire verbindingen tussen de vlakken. 'De grote, lange maat van de oevers langs de kanalen biedt bovendien oriëntatie, herkenning en geeft een gevoel van ruimte en samenhang. Bewoners, dieren en planten kunnen zich langs de oevers van de rivieren en de kanalen verplaatsen. De groene verbindingen in Utrecht zijn nu nog slechts ten dele als doorgaande lijnen aanwezig.' (Groenstructuurplan 2007)



afb. 30: huidige situatie Churchillaan



afb. 31: voorbeeld situatie groene bermen



afb. 32: voorbeeldsituatie Maliebaan

- **doorgaande uitvalswegen en stadslanen**  
50% meer bomen  
25% bermen ontharden  
75% ventwegen in halfverharding



### *Maatregelen in het plusscenario: Vergelijkbare maatregelen in Nijmegen en Utrecht*

De maatregelen in het plusscenario zijn in tegenstelling tot de maatregelen in het basisscenario niet per stedenbouwkundige typologie uitgewerkt, omdat de maatregelen veelal de stedenbouwkundige typologie overstijgen. De maatregelen worden genomen op stadsniveau. In het plusscenario zijn de maatregelen in Nijmegen en Utrecht hetzelfde, maar door toch een verschil in opbouw van de stad is de uitwerking anders, waardoor er verschillen in resultaten te zien zijn. Het betreft het volgende maatregelen:

- **alle daken vergroenen (100%)**
- **gevelbegroeiing (50%)**
- **grote pleinen vergroenen (zoveel mogelijk)**
- **spoorlijn en – complex in het centrum van Nijmegen ondertunnelen of overkappen met groendaken (incidenteel)**
- **Het overkappen van hoofdwegen (incidenteel)**

### *Referentiebeelden*



Afb.33: alle daken vergroenen (bron: <http://www.landscapeandurbanism.com/category/green-roofs/>)



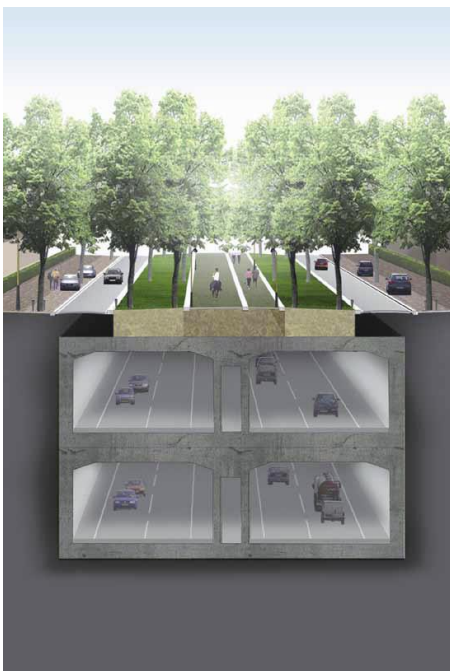
afb. 34: Gevelbegroeiing op 50% van de gevels (foto: B. de Vries)



Afb 35: Zoveel mogelijk grote pleinen vergroenen (bron: <http://fotos.searc.nl/gelderland/nijmegen/nijmegen-31915/>)



Afb. 36: Spoorlijn en -complex overkappen met groendaken (Bron: <http://www.nieuwdelft.nl/deelgebieden/van-leeuwenhoekpark/>)

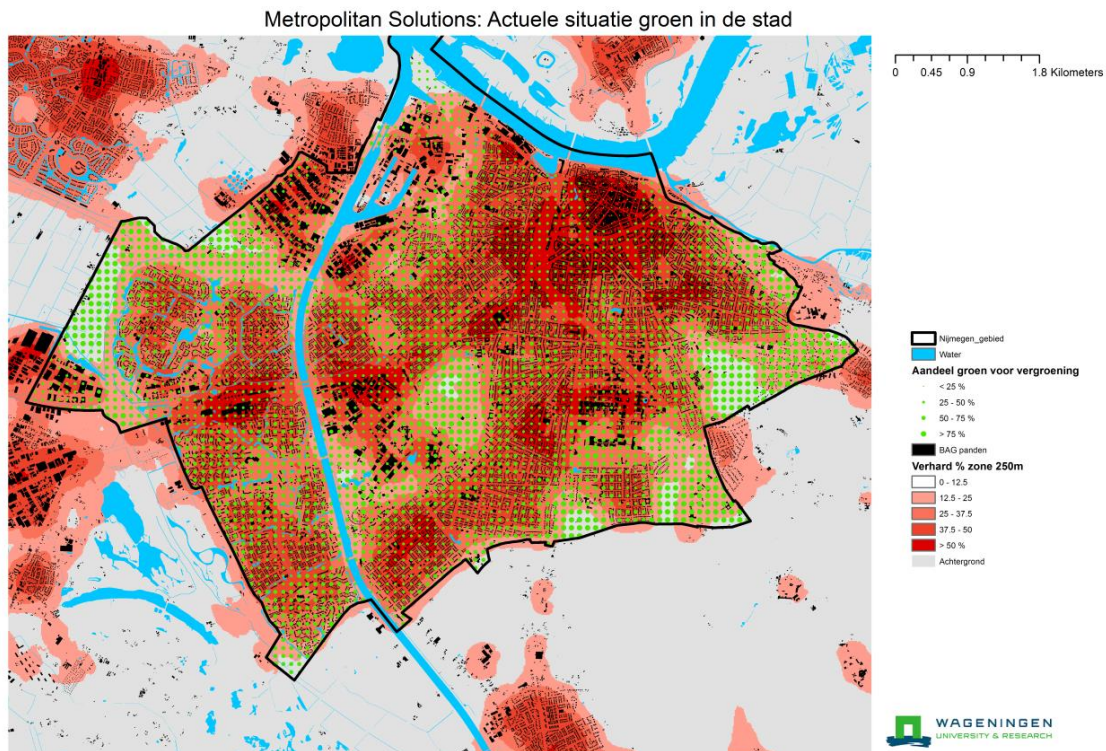


Afb. 37: Overkappen van hoofdwegen (bron; [http://a2maastricht.nl/data/files/alg/id879/A2-Symposium\\_boekje%20DEF.pdf](http://a2maastricht.nl/data/files/alg/id879/A2-Symposium_boekje%20DEF.pdf))



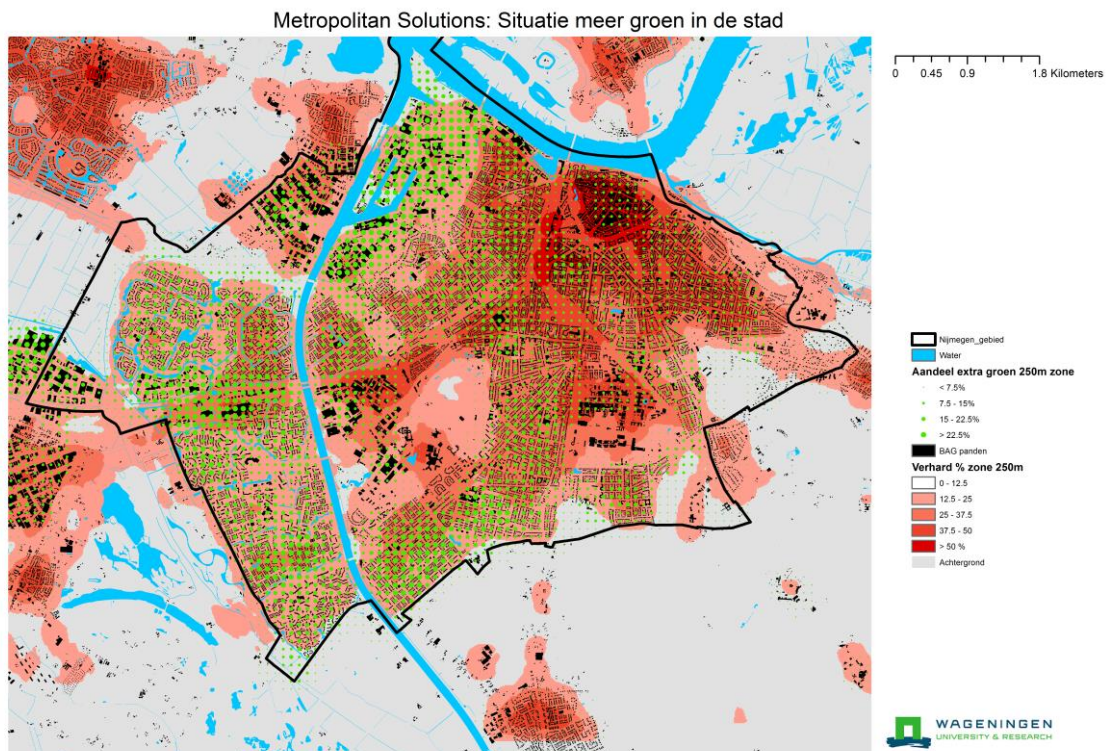
#### 4.6 STAP 6: Resultaten in beeld

##### Nijmegen: huidige situatie



Kaart 9: Huidige situatie verharding en bomen in percentages van het oppervlak openbare ruimte in Nijmegen.

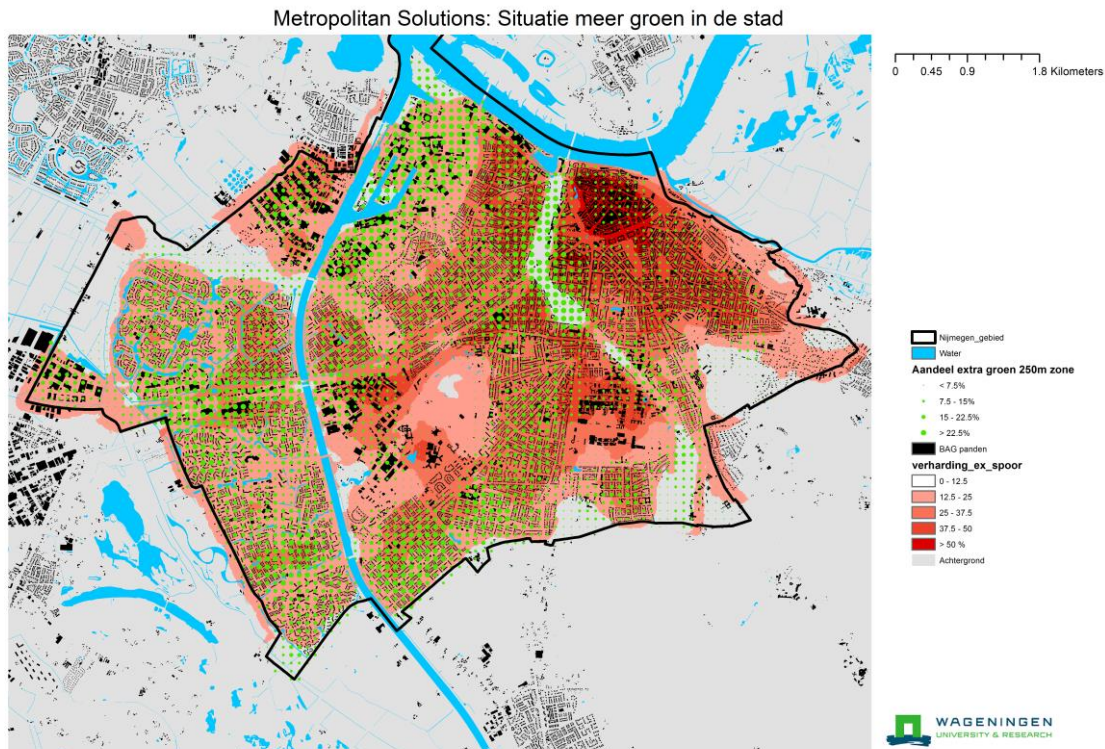
##### Nijmegen: Basisscenario



Kaart 10: Basisscenario verharding en bomen in percentages van het oppervlak openbare ruimte in Nijmegen.



## Nijmegen: Plusscenario



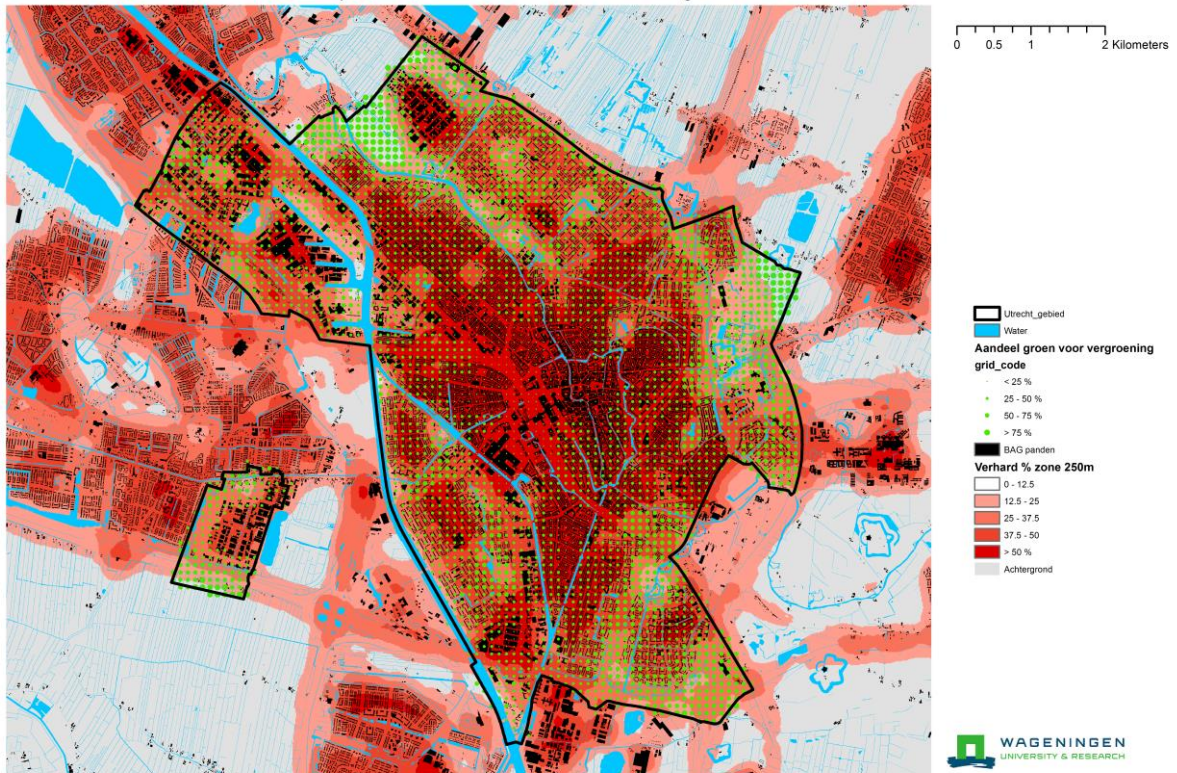
Kaart 11: Plusscenario verharding en bomen in percentages van het oppervlak openbare ruimte in Nijmegen.

De kaarten 9, 10 en 11 tonen de situatie in Nijmegen in de bestaande situatie, na het doorvoeren van de maatregelen in het basisscenario en tot slot het doorvoeren van de maatregelen in het plusscenario. Op basis van een 'visuele inspectie' van de drie kaarten is het direct duidelijk dat de genomen maatregelen een 'grote mate' van effect hebben op de hoeveelheid verharding in het stedelijk areaal van Nijmegen (het aandeel 'rood' neemt sterk af per kaart en anderzijds neemt het aantal grote groene bolletjes toe). De grootste effecten zijn waarneembaar in de naoorlogse wijken en stadsdelen omdat daar de vastgestelde maatregelen het meest vergaand en op meer plekken dan in oudere wijken zijn toe te passen. De effecten in bedrijventerreinen zijn eveneens groot. Dit komt vooral door het toepassen van groen op platte daken die – uit de aard der zaak – veel voorkomen in die gebieden (in het plusscenario wordt hier uitgegaan van 100% vergroening van platte daken). Opvallend is ook de 'leegte' die de spooreplacements van Nijmegen vrijlaten indien het spoor overkapt zou worden of ondertunneld zou worden. De plek die deze ruimten in de stad innemen wordt in het plusscenario in grafische zin opeens echt duidelijk. De binnenstad blijft een zó intensief en compact stenig stadsdeel dat met in achtname van de vastgestelde maatregelen een substantiële afname van de verharding niet wordt bereikt. Wél wordt het oppervlak waarvoor dit geldt kleiner.



**Utrecht: Huidige situatie**

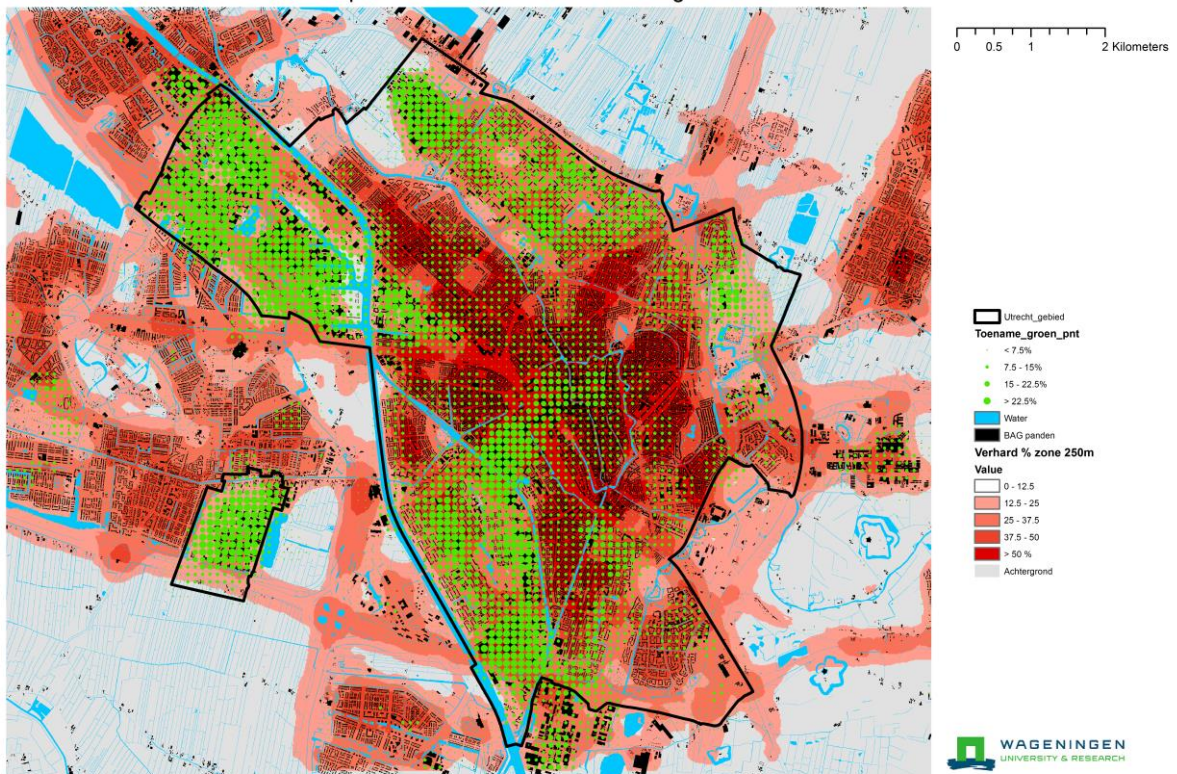
Metropolitan Solutions: Actuele situatie groen in de stad



Kaart 12: Huidige situatie verharding en bomen in percentages van het oppervlak openbare ruimte in Utrecht.

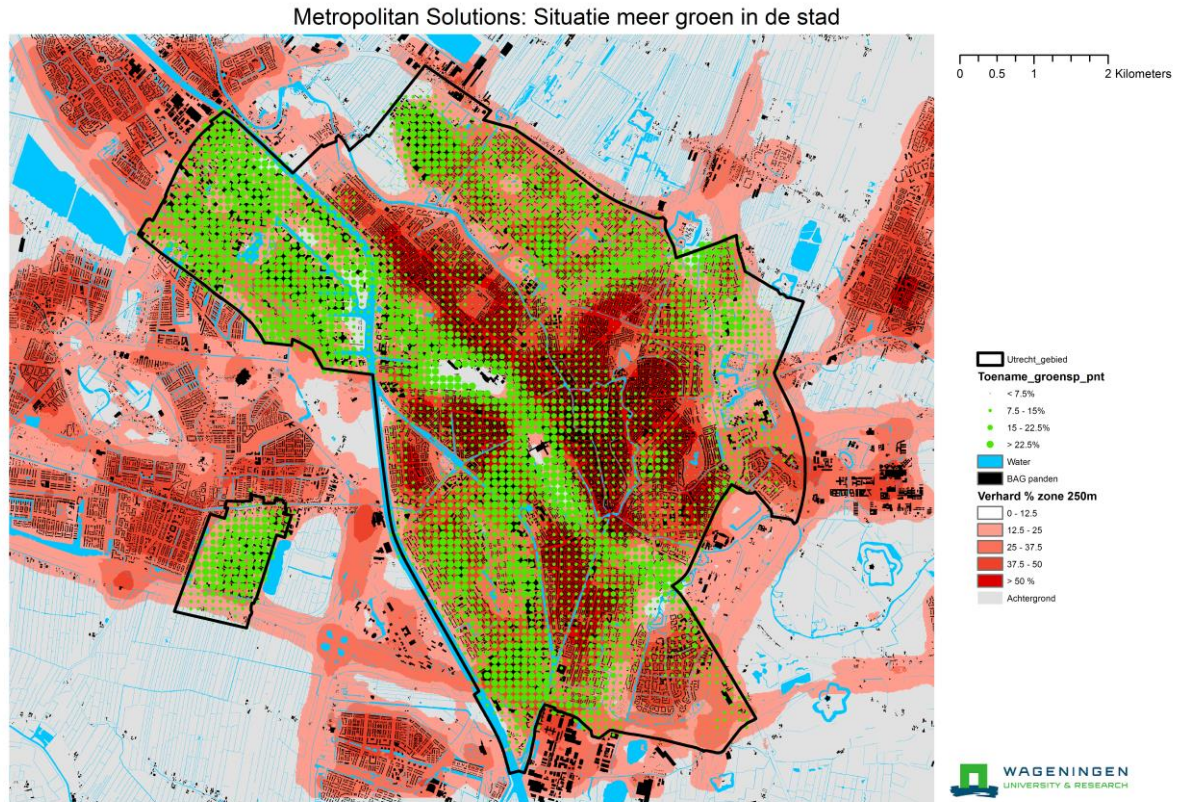
**Utrecht: Basisscenario**

Metropolitan Solutions: Situatie meer groen in de stad



Kaart 13: Basisscenario verharding en bomen in percentages van het oppervlak openbare ruimte in Utrecht.





Kaart 14: Plusscenario verharding en bomen in percentages van het oppervlak openbare ruimte in Utrecht.

De kaarten 12, 13 en 14 tonen de situatie in Utrecht in de bestaande situatie, na het doorvoeren van de maatregelen in het basisscenario en tot slot het doorvoeren van de maatregelen in het plusscenario. Ook hier is direct duidelijk dat de genomen maatregelen een 'grote mate' van effect hebben op de hoeveelheid verharding in het stedelijk areaal. Net als in Nijmegen zijn de grootste effecten waarneembaar in de naoorlogse wijken en stadsdelen omdat daar de vastgestelde maatregelen het meest vergaand en op meer plekken dan in oudere wijken zijn toe te passen. Ondanks de accentverschillen zijn de effecten in bedrijventerreinen zijn eveneens groot. Opvallend is de toename van de hoeveelheid bomen in Utrecht (weergegeven met de grootte van de groene bolletjes). Het verschil tussen zowel de huidige situatie en het basisscenario, als het verschil tussen het basisscenario en het plusscenario is groot. Ook in Utrecht is in het plusscenario de 'leegte' van de spooreplacements van Utrecht te overkapt, dan wel ondertunneld en bedekt met groen. De binnenstad blijft een zó intensief en compact stenig stadsdeel in vergelijking met de andere stadsdelen. Met in achtneming van de vastgestelde maatregelen kan een substantiële afname van de verharding niet overal in bereikt worden, maar het oppervlak waarvoor dit geldt wel kleiner worden.

### Overzichtstabel van de resultaten

In betekenis van de maatregelen zijn voor het basisscenario per stedenbouwkundige typologie doorgerekend. In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 6: Overzichtstabel van de resultaten voor het basisscenario

Stedenbouwkundige typologie	Nijmegen		Utrecht	
	Verharding	Bomen	Verharding	bomen
Middeleeuwse plattegrond (binnenstad)	29.3%	+3.4%	27.5%	+9.9%
Wijken met gesloten/half open bouwblokken (1800-1940)	24.2%	+6.6%	29.3%	+3.9%
Naoorlogse stedelijke uitleg (1950-1970)	12.2%	+11.8%	16.6%	+24.6%
Het Woonerf (1970-1990)	10.9%	0.0%	22.9%	+22.4%
Kantoren en bedrijvent centra	17.2%	+8.5%	23.9%	+14.5%
<b>Totaal</b>	<b>15.9%</b>	<b>+7.1%</b>	<b>25.2%</b>	<b>+13.9%</b>

Uit de tabel blijkt dat de mogelijke maatregelen voor ontharding op stadsniveau er voor zorgt dat het verhard oppervlak in Nijmegen kan dalen naar minder dan 16%. In Utrecht is ook een daling van het verhard oppervlak, maar daar daalt het tot net boven de 25%. Per stedenbouwkundige typologie blijkt dat het verharde oppervlak het grootst blijft in de oudste delen van de stad (zie ook bijlage 2). De mogelijkheden om meer bomen in toe te voegen in de stedenbouwkundige typologieën zijn in Utrecht over het algemeen groter dan in Nijmegen. Wijken met gesloten/half open bouwblokken (1800-1940) vormen daar een uitzondering op. Dit leidt er toe dat de resultaten ten aanzien van het toevoegen van bomen in Utrecht op stadsniveau groter zijn, dan in Nijmegen.

## 5. Reflectie van experts

### 5.1 Gezondheid

#### 5.1.1 Fysieke omgeving en gezondheid

In meerdere epidemiologische studies is een verband aangetoond tussen de hoeveelheid groen in de woonomgeving en de gezondheid en het welzijn van mensen.<sup>77</sup> Hierbij zijn verschillende gezondheidsmaten gehanteerd, lopend van zelfgerapporteerde gezondheid,<sup>78</sup> via aandoeningen zoals geregistreerd door de huisarts<sup>79</sup> en diagnostische interviews,<sup>80</sup> tot de levensverwachting.<sup>81</sup> Speciaal aandachtspunt daarbij is dat met name minder welgestelde bevolkingsgroepen baat lijken te hebben bij de aanwezigheid van natuur in de directe woonomgeving. Er komen steeds meer aanwijzingen dat sociaaleconomische gezondheidsverschillen kleiner zijn binnen de categorie van groenrijke woonomgevingen dan binnen de categorie van groenarme woonomgevingen.<sup>82,83</sup>

Gezondheid en welzijn zijn in belangrijke mate te beschouwen als eindpunten: uiteindelijke doelen waaraan veel van de andere genoemde zaken indirect aan bij kunnen dragen. Dit geldt bijvoorbeeld heel duidelijk voor het tegengaan van hittestress en het voorkomen van wateroverlast voor inwoners. Daarnaast zijn er uiteraard ook andere eindpunten, zoals (bedrijfs)economische belangen en biodiversiteit. Op hittestress en wateroverlast wordt elders specifiek ingegaan. Deze sectie beperkt zich daarom in belangrijke mate tot andere paden waarlangs de groenblauwe infrastructuur van invloed kan zijn op de gezondheid en het welzijn van de stedeling. Verder kan nog opgemerkt worden dat leefbaarheid en welzijn twee conceptueel sterk gerelateerde begrippen zijn. Maar waar leefbaarheid een oordeel is over de omgeving, is welzijn een kenmerk van individuen. Het idee is echter dat een grotere leefbaarheid tot uiting komt in een hoger welzijn.<sup>84</sup> In die zin is ook leefbaarheid een tussenliggende stap tussen de (hier: fysieke) omgeving en welzijn, waarbij leefbaarheid dan het overkoepelende begrip is aan de omgevingszijde.

Vanuit de wetenschappelijke literatuur kunnen dan twee belangrijke paden onderscheiden worden. Op de eerste plaats is dat contact met groen, of breder: natuur (hier breed opgevat) kan helpen bij het verlagen van het stressniveau, het herstellen van mentale vermoeidheid en het verbeteren van de gemoedstoestand.<sup>85</sup> Chronische stress is in de hedendaagse Westerse samenleving een belangrijke risicofactor die betrokken is bij tal van niet-overdraagbare aandoeningen, van cardiovasculaire aandoeningen tot depressie. Het is een belangrijke factor voor de ziektelast. Zo werd volgens de Inspectie Sociale Zaken en Werkgelegenheid in 2014 33 procent van het ziekteverzuim van werknemers veroorzaakt door stress.

Stressreductie lijkt een belangrijke rol te spelen bij de relatie tussen groen en gezondheid.<sup>86</sup> Evenzo zijn er aanwijzingen dat mentale gezondheid een belangrijke rol speelt bij de relatie tussen groen en levensverwachting.<sup>87</sup> Hierbij zijn waarschijnlijk zowel fysiologische als psychische/cognitieve processen werkzaam.<sup>88</sup> Enerzijds heeft visueel contact op fysiologisch niveau al aantoonbare effecten.

<sup>77</sup> Hartig, T., Mitchell, R., De Vries, S., & Frumkin, H. (2014). Nature and health. *Annual Review of Public Health*, 35, 207-228

<sup>78</sup> Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., De Vries, S., & Spreeuwenberg, P. (2006). Green space, urbanity, and health: how strong is the relation?. *Journal of epidemiology and community health*, 60(7), 587-592

<sup>79</sup> Maas, J., Verheij, R. A., de Vries, S., Spreeuwenberg, P., Schellevis, F. G., & Groenewegen, P. P. (2009). Morbidity is related to a green living environment. *Journal of epidemiology and community health*, 63(12), 967-973

<sup>80</sup> de Vries, S., ten Have, M., van Dorsselaer, S., van Wezep, M., Hermans, T., & de Graaf, R. (2016). Local availability of green and blue space and prevalence of common mental disorders in the Netherlands. *British Journal of Psychiatry Open*, 2(6), 366-372

<sup>81</sup> Gascon, M., Triguero-Mas, M., Martínez, D., Davand, P., Rojas-Rueda, D., Plasència, A., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2016). Residential green spaces and mortality: a systematic review. *Environment international*, 86, 60-67

<sup>82</sup> Mitchell, R. J., Richardson, E. A., Shortt, N. K., & Pearce, J. R. (2015). Neighborhood environments and socioeconomic inequalities in mental well-being. *American journal of preventive medicine*, 49(1), 80-84

<sup>83</sup> Mitchell, R. J., Richardson, E. A., Shortt, N. K., & Pearce, J. R. (2015). Neighborhood environments and socioeconomic inequalities in mental well-being. *American journal of preventive medicine*, 49(1), 80-84

<sup>84</sup> Veenhoven, R. (2013). The four qualities of life ordering concepts and measures of good life. In: *The Exploration of Happiness* (pp. 195-226). Springer, The Netherlands

<sup>85</sup> Berto, R. (2014). The role of nature in coping with psycho-physiological stress: a literature review on restorativeness. *Behavioral sciences*, 4(4), 394-409

<sup>86</sup> de Vries, S., van Dillen, S. M., Groenewegen, P. P., & Spreeuwenberg, P. (2013). Streetscape greenery and health: stress, social cohesion and physical activity as mediators. *Social Science & Medicine*, 94, 26-33

<sup>87</sup> James, P., Hart, J. E., Banay, R. F., & Laden, F. (2016). Exposure to greenness and mortality in a nationwide prospective cohort study of women

<sup>88</sup> Berto, R. (2014). The role of nature in coping with psycho-physiological stress: a literature review on restorativeness. *Behavioral sciences*, 4(4), 394-409



Anderzijds is het aannemelijk dat de kwaliteit van de omgeving als geheel van belang is: als de omgeving een rustgevend of restauratief karakter heeft (mede dankzij de aanwezige natuur), kan het welzijnseffect wel eens groter zijn. Hier enigszins mee samenhangend kan ook een onderscheid worden gemaakt tussen groen en natuur waar de stedeling tijdens zijn dagelijkse bezigheden mee in contact komt (bijv. straatgroen), zonder dit bewust op te zoeken, en natuur die doelbewust wordt opgezocht (bijv. een park). Het eerste kan het voordeel hebben van veelvuldig contact, het tweede eerder dat van de kwaliteit van de ervaring ter plekke. Het is onduidelijk welke van deze twee factoren in de praktijk een grotere invloed heeft.

Naast een stressreducerende werking komt er recent steeds meer onderbouwing voor dat groen in de woonomgeving bijdraagt aan de sociale samenhang in de buurt, en langs die weg aan (in eerste instantie) de mentale gezondheid.<sup>89,90</sup> Beide mechanismen sluiten elkaar overigens geenszins uit, maar kunnen elkaar juist versterken. Zo kan een positievere gemoedstoestand op individueel niveau bijdragen aan een meer ontspannen sociaal klimaat op collectief niveau. Anderzijds kan de aanwezigheid van anderen de mate van rustgevendheid verlagen. Voor beide mechanismen lijken twee randvoorwaarden in ieder geval van belang. Op de eerste plaats is dit de veiligheid, zowel fysiek als sociaal. Indien de omgeving als onveilig wordt ervaren, dan zal zij om te beginnen eerder worden vermeden dan opgezocht. Verder zal het aanwezig zijn in zo'n omgeving niet snel stress reduceren, maar eerder opwekken. Op de tweede plaats ligt het voor de hand dat het helpt als de omgeving aantrekkelijk wordt gevonden. Zeker als het gaat om het bewust opzoeken van die omgeving, kan een hogere aantrekkelijkheid hierbij helpen. En bij intensiever gebruik wordt de kans op sociale interacties groter. Aantrekkelijkheid is wellicht lastig te definiëren en niet voor iedereen hetzelfde. Een gevarieerd lokaal groenaanbod vergroot de kans dat er voor ieder wat wils is.<sup>91</sup> Daarnaast bestaat aan de negatieve kant van de schaal wellicht meer overeenstemming: weinig mensen vinden een slecht onderhouden en verwaarloosde omgeving aantrekkelijk. Bovendien draagt dit bij aan gevoelens van onveiligheid.

---

<sup>89</sup> de Vries, S., van Dillen, S. M., Groenewegen, P. P., & Spreeuwenberg, P. (2013). Streetscape greenery and health: stress, social cohesion and physical activity as mediators. *Social Science & Medicine*, 94, 26-33

<sup>90</sup> James, P., Hart, J. E., Banay, R. F., & Laden, F. (2016). Exposure to greenness and mortality in a nationwide prospective cohort study of women

<sup>91</sup> Eckel, E. D., & de Vries, S. (2017). Nearby green space and human health: Evaluating accessibility metrics. *Landscape and Urban Planning*, 157, 214-220

### 5.1.2 Potenties voor gezondheid per stedenbouwkundige typologie

Bij de beoordeling van de relatie tussen gezondheid en de maatregelen is vooral geredeneerd vanuit twee principes: stressreductie en het bevorderen van sociale samenhang op buurtniveau

Tabel 7: Potenties voor gezondheid per stedenbouwkundige typologie

Stedenbouwkundig type	Scenario	Maatregel	Effect op gezondheid	Motivatie
1. middeleeuws stadscentrum	Basis	geveltuintjes	+	Uitgaande van een woonstraat waar vrij systematisch sprake is van geveltuintjes, wordt het straatbeeld hierdoor groener/minder stenig. Onderzoek heeft laten zien dat een groener straatbeeld gepaard gaat met een betere gezondheid (van volwassen straatbewoners). Dit loopt vooral via een verlaagd stressniveau en een hogere sociale samenhang in de buurt. Hierbij is de kwaliteit van het groen ook van belang. Hetzelfde geldt voor de sociale veiligheid, maar dit hangt samen met het kwaliteitsaspect beheer & onderhoud. Aandachtspunt is wie de geveltuintjes verzorgd. Indien de bewoners dit ieder zelf goed doen, kan dit de welzijnsbijdrage verhogen.
		bomen in verharding (klein oppervlak)	++	Bij een woonstraat geldt hier min of meer hetzelfde als bij geveltuintjes, maar de verwachting is dat straatbomen een grotere impact hebben op de groenheid van het straatbeeld dan de geveltuintjes. Als het gaat om doorgaande straten met in mindere mate een woonfunctie, dan profiteren passanten hier ook van, maar per persoon minder dan bewoners. NB: bomen kunnen m.n. tijdens hittegolven door hun schaduw ook een toevluchtsoord bieden (ook tegen UV-straling). Dit werkt het best als de bomen een aaneengesloten bladerdak vormen.
		pleinen ontharden of vergroenen	0/**	Ontharden zonder vergroenen zal weinig effect op het welzijn hebben via het beleevingspad. Vergroenen middels halfverharding ook niet. Als er ook sprake is van opgaande beplanting, dan kan het effect aanzienlijk zijn door een verbeterde sociale functie, met name als het plein een verblijfsfunctie heeft.
		platte daken vergroenen (kleine opp.)	0/+	Er hebben doorgaans weinig mensen veel zicht op platte daken. Zeker als het gaat om lage begroeiing, valt hier weinig effect van te verwachten. Gaat het om daktuinen (met opgaande begroeiing die van straatniveau zichtbaar is), dan kan er wel sprake zijn van enig effect (in de orde van geveltuintjes).
	Plus	gevelbegroeiing	+	Gevelbegroeiing impliceert meer groen dan geveltuintjes, maar aan de andere kant kan deze wellicht minder gevarieerd zijn. Vandaar ingeschat als een soortgelijk effect als geveltuintjes.
		alle daken vergroenen	+	Schuine daken zijn meer in het zicht dan platte daken (vanaf de straat). Vandaar ingeschat als redelijk overeenkomstig met daktuinen. Hierbij geldt ook weer de overweging dat er wellicht sprake is van minder variatie dan bij daktuinen; dus meer groen dan bij incidentele daktuinen, maar minder gevarieerd. Daarom ondanks de grotere mate van groen geen hoger effect toegekend.
	2. wijken tot 1940	Basis	geveltuintjes	+
bomen in verharding			++	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.
trottoirversmalling			+ / ++	Ervan uitgaande dat het vrijgekomen deel groen wordt ingevuld, zal het straatbeeld groener worden. Van opgaande begroeiing, met name bomen, wordt daarbij een groter effect verwacht dan van lage begroeiing (gras etc.). Kanttekening is dat brede trottoirs bij afwezigheid van expliciete speelruimte voor kinderen soms als substituut hiervoor kunnen dienen. Dan is de vraag of met de versmalling die officieuze speelruimte ook verkleind wordt. Dit kan voor kinderen dan nadelig uitpakken.
platte daken vergroenen			0/+	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.
Plus		parkeren in halfverharding	0	Hier wordt geen effect op gezondheid en welzijn van verwacht (tenzij indirect via hittestress en voorkomen wateroverlast, maar deze zijn elders al behandeld).
		gevelbegroeiing	+	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.
		alle daken vergroenen	+	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.
3. naoorlogse uitleg (tot 1970)	Basis	trottoirversmalling	+ / ++	Zie stedenbouwkundig type 2. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken..
		bomen in verharding	++	Zie stedenbouwkundig type 2. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.

		bomen in grasvlakken	++	Zeker als dit de eerste bomen zijn, dan wordt hier een gunstige uitwerking van verwacht. Dit met name vanuit de gedachte dat dit de vlakke aantrekkelijker maakt voor recreatie of verblijf. Langs die weg kan dan meer of langduriger contact met groen bewerkstelligd worden (door meer gebruik).
		parkeren in halfverharding	0	Zie stedenbouwkundig type 2. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.
		platte daken vergroenen	0/+	Zie stedenbouwkundig type 2. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Eventueel kan de meerwaarde geringer zijn (als er al meer groen is).
	Plus	grote pleinen vergroenen	++/+++	Met name als dit ook bomen betreft, kan het pleinbeeld hierdoor aanzienlijk vergroend worden. Hierdoor kan ook de verblijfsfunctie verbeterd worden; daarbij wordt dan niet uitgegaan van solitaire bomen, maar eerder clusters. De geschiktheid van het plein voor een verblijfsfunctie is ook afhankelijk van andere factoren (veel verkeer is minpunt, bankjes e.d. zijn pluspunt).
		gevelbegroeiing	+	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Eventueel kan de meerwaarde geringer zijn (als er al meer groen is).
		alle daken vergroenen	+	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Eventueel kan de meerwaarde geringer zijn (als er al meer groen is).
4. het woonerf (tot 1990)	Basis	bomen in brede berm	+ / ++	Als er nog geen bomen aanwezig waren, kan dit het woonerfbeeld aanzienlijk vergroenen. In dat geval wordt een positief effect verwacht. Een aaneengesloten bladerdak (cluster van bomen) kan ook aan een aantrekkelijk plek vormen om bij een hittegolf enige tijd door te brengen.
		parkeren in halfverharding	0	Zie stedenbouwkundig type 2. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.
		trottoirversmalling (overhoeken ed.)	+ / ++	Zie stedenbouwkundig type 2. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Wellicht is de meerwaarde hier geringer, doordat er al meer groen aanwezig is? Maar dan ook geen nadelig effect voor kinderen.
	Plus	grote pleinen vergroenen	++ / +++	Zie stedenbouwkundig type 3. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Wellicht is de meerwaarde hier geringer, doordat er al meer groen aanwezig is?
		gevelbegroeiing	+	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Wellicht is de meerwaarde hier geringer, doordat er al meer groen aanwezig is?
		alle daken vergroenen	+	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Wellicht is de meerwaarde hier geringer, doordat er al meer groen aanwezig is?
5. hedendaagse bouw	Basis	Parkeren in halfverharding	0	Zie stedenbouwkundig type 2. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.
		Bomen in verharding	++	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Wellicht is de meerwaarde hier geringer, doordat er al meer groen aanwezig is?
	Plus	grote pleinen vergroenen	++ / +++	Zie stedenbouwkundig type 3. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Wellicht is de meerwaarde hier geringer, doordat er al meer groen aanwezig is?
		gevelbegroeiing	+	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Wellicht is de meerwaarde hier geringer, doordat er al meer groen aanwezig is?
6. kantoren en bedrijventra	Basis	bomen in verharding	++	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.
		bomen in berm	+ / ++	De waarde hiervan is afhankelijk van hoeveel mensen er in welke mate mee in contact komen. Dit kan bij medewerkers gaan om uitkijken op, of opzoeken tijdens (lunch)pauzes, of om passanten.
		parkeren in halfverharding	0	Zie stedenbouwkundig type 2. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.
		platte daken vergroenen	0 / +	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken.
	Plus	alle daken vergroenen	+	Zie stedenbouwkundig type 1. Er lijkt op voorhand geen reden waarom dit hier anders zal uitpakken. Alhoewel: de verhouding plat/schuin kan hier anders liggen, waardoor het verschil met alleen platte daken vergroenen geringer is.

## 5.2 Water en Klimaat

### 5.2.1 Klimaat en stedelijke open ruimte

Klimatologische condities en veranderingen hebben een grote impact op de leefbaarheid van het stedelijk gebied. Een klimaatbestendige stad geeft rekenschap geven aan hitteproblematiek en waterproblematiek. Waterproblematiek gaat daarbij dan over zowel waterbeschikbaarheid als wateroverlast en overstromingsrisico. Ontharding en vergroening spelen in de ontwikkeling van een klimaatbestendige stad een belangrijke rol.

#### *Hitte en stedelijke open ruimte*

Veel steden zijn zogenaamde hitte-eilanden. Overwegend is stedelijk gebied aanzienlijk warmer dan het omliggend gebied. Vooral bij hittegolven veroorzaakt dit grote problemen voor de leefbaarheid van de stad. Langdurige blootstelling aan hitte zorgt daarbij niet alleen voor lagere productiviteit, maar vooral ook gezondheidsproblemen en een hoger sterfterisico. In het licht van klimaatverandering zullen hittegolven in de nabije toekomst aanzienlijk vaker voorkomen en langer duren. Uit Nederlands onderzoek komt een vuistregel naar voren om het effect van groen op wijken en steden te beschrijven: voor elke 10% groenbedekking neemt de intensiteit van het urbane hitte-eiland met ongeveer 0.6 graden af. Deze vuistregel beschrijft een geaccumuleerd effect van groen en geldt van wijk tot stadsniveau. Hoewel de hiervoor genoemde vuistregel op de schaal van wijk tot stad vooralsnog geen onderscheid maakt tussen soorten groen is de aanname, dat variatie in groen op het schaalniveau van steden het gunstigst uitpakt tijdens hete periodes.<sup>92 93</sup> Dit geaccumuleerde effect werkt waarschijnlijk via verdampingskoeling: vegetatie transpireert en de warmte die daarvoor nodig is kan niet meer gebruikt worden voor verwarming van de lucht. Hieruit blijkt ook dat voldoende water nodig is om dit effect te bereiken, maar juist lange hete periodes gaan in Nederland vaak gepaard met droogte, zodat er in de praktijk mogelijk minder water beschikbaar zal zijn voor koeling in zulke periodes. De effectiviteit van maatregelen op het gebied van water en de stad, zoals hierop volgende beschreven zal worden, zullen dus sterk meewegen ook op het gebied van de effectiviteit op hitte.

Hoe mensen hitte ervaren en ondergaan hangt niet alleen af van de luchttemperatuur. De meeste mensen weten uit ervaring dat ook luchtvochtigheid, windsnelheid en de hoeveelheid inkomende zonne- en warmtestraling een rol spelen. Bij de beschouwing van thermisch comfort worden twee of meerdere van deze factoren gewogen. De bekende 'windchill' en hitte-index zijn hier voorbeelden van. Meer geavanceerde indices wegen ook zonne- en warmtestraling mee.

Het effect van groene en blauwe structuren op thermisch comfort hangt sterk af van de specifieke omstandigheden en is in de meeste gevallen pas te kwantificeren op grond van een voor een specifieke situatie ontworpen modelstudie of een "veldexperiment". In zijn algemeenheid en in kwalitatieve zin is vaak wel al iets over effectiviteit van vergroening of ontharding te zeggen. Sommige effecten lijken generiek, andere effecten zijn meer context-afhankelijk<sup>94</sup>. Zo hebben zaken als oriëntatie en lokaal achtergrondklimaat soms een duidelijke invloed op het te bereiken effect van bomen. Keuze van boomsoort, vooral loof- versus naaldboom, kan met dit soort specifieke omstandigheden samenhangen. In het geval van open water zijn timing (moment in het seizoen), het optredende weer en het weer in periode daarvoor mede bepalend voor effecten van waterlichamen op de omgevingstemperatuur en het thermisch comfort.<sup>95,96</sup> Aansluitend bij de gekozen benadering in deze studie, is ook bij de inschatting van de effecten van maatregelen op thermisch comfort in de stad het te beschouwen schaalniveau belangrijk (Rovers et al., 2015). Hierbij wordt onderscheid gemaakt tussen lokale schaal of gebouwschaal, straten tot wijken en stad/regio.

Sommige maatregelen vertonen hun sterkste effect op de lokale schaal. Dit geldt bijvoorbeeld voor een boom: het effect op de luchttemperatuur in de directe omgeving is beperkt, maar desondanks kan door de schaduw het verkoelend effect in termen van thermisch comfort lokaal sterk zijn. Kleine, vrijwel verwaarloosbare effecten op de lokale schaal kunnen samen wél een merkbare invloed op straat tot wijkniveau en stadsniveau te hebben. Op lokaal niveau zijn enige verschillen gevonden tussen de

<sup>92</sup> World Economic Forum, Global Risk Report 2015

<sup>93</sup> Gehrels, H., S. van der Meulen, F. Schasfoort, P. Bosch, R. Broksma, D. van Dinther, G. Geerling, M. Goossens, C. Jacobs, M. de Jong, S. Kok, H. Massop, L. Osté, M. Pérez-Soba, V. Rovers, A. Smit, P. Verweij, B. de Vries and E. Weijers, 2016. Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living. TO2 federatie

<sup>94</sup> World Economic Forum, Global Risk Report 2015

<sup>95</sup> Jacobs, C.M.J., I. La Rivière and H. Goosen, 2014. Cool Water Tool. Landschap 2014/3: 132-138.

<sup>96</sup> Steeneveld, G. J., S. Koopmans, B. G. Heusinkveld and N. E. Theeuwes, 2014. Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect. Landscape Urban Plan. 121: 92-96.

effectiviteit van verschillende soorten groen, soms op basis van waarnemingen en soms op basis van modelstudies. Toepassing van verschillende soorten groen in het straatbeeld leidt er ook toe dat mensen de hitte draaglijker vinden en draagt in die zin bij aan verkoeling. Vanwege de rol van straling is schaduw een belangrijke, soms dominante koelende factor waarvan het effect zich vooral op lokale schaal manifesteert. Naast deze omgevingsfactoren zijn persoonlijke factoren zoals leeftijd, activiteit en kleding van belang. Ten slotte beïnvloeden ook psychologische factoren de beleving van het thermisch comfort. Zo blijkt, dat mensen een groene straat niet alleen esthetisch beter waarderen dan een versteende straat, maar doorgaans ook als thermisch comfortabel ervaren<sup>97</sup>.

*Bomen* lijken het beste te koelen: ze dragen bij aan het geaccumuleerde effect op wijk- en stadsniveau via verdampingskoeling en op lokaal niveau vooral via schaduwwerking. Daarbij is plaatsing en soortkeuze van belang, ook in verband met ventilatie. Een te dicht kroondak kan de circulatie beperken.

*Parken* blijken significant koeler te zijn dan hun omgeving en zowel overdag als 's nachts bij te dragen aan verbetering van thermisch comfort, zowel lokaal als via de accumulatie van effecten van groen op wijk- tot stadsniveau. Toepassing van bomen heeft daarbij een extra gunstig effect vanwege hun schaduwwerking, mits ventilatie gewaarborgd is.

*Ventilatie* speelt ook een belangrijke rol bij de effectiviteit van open water op hete dagen. Juist deze ventilatie kan in combinatie met een koeler wateroppervlak bijdragen aan verbetering van thermisch comfort. Het effect op het hitte-eiland is echter niet eenduidig: vooral gedurende de nacht kan water juist bijdragen aan extra opwarming van de lucht, afhankelijk van het seizoen het verloop van het weer voorafgaande aan de hete dag.<sup>98 99</sup> Stroming heeft hierop waarschijnlijk alleen een gunstige invloed als daarmee ook koeler water, bijvoorbeeld uit de ondergrond wordt aangevoerd, of als dat leidt tot extra verdamping en dus koeling van een waterpartij, zoals bij een fontein.

*Groene daken* hebben nauwelijks effect op temperatuur en thermisch comfort op leefniveau, maar kunnen in principe wel bijdragen aan koeling op stadsniveau mits ze voldoende verdampen. Dit is in het geval van groene daken lang niet altijd gewaarborgd.

Uit een Nederlandse inventarisatie van onder andere een groot aantal recente Nederlandse studies<sup>100</sup>, komt het beeld naar voren dat *lage vegetatie of gevelbegroeiing* over het algemeen een zeer beperkt effect op de temperatuur in de directe omgeving heeft, maar wel bijdraagt aan het geaccumuleerde effect van groen op stads- en wijkniveau. Maatregelen in de buitenruimte kunnen ook belangrijke positieve of negatieve effecten hebben op het binnenklimaat van gebouwen<sup>101</sup>. Zulke effecten zijn hier niet beschouwd, maar kunnen uiteraard van belang zijn voor totale blootstelling aan hitte.

Kortom, in bijna alle gevallen draagt groen bij aan reductie van het hitte-eiland in de stad. Omdat deze reductie deels is gebaseerd op verdampingskoeling moet voldoende water beschikbaar zijn om dit effect te optimaliseren. Vanuit de hitteproblematiek is de combinatie tussen ontharden én vergroenen dus het meest wenselijk. Het type groen speelt daarin een belangrijke rol. Vanuit de patch-corridor-matrix gedachte, kan gesteld worden dat vooral de combinatie van voldoende parken als 'cool spots' in samenhang met een netwerk van boomstructuren van waarde zijn. De ruimtelijke configuratie van corridors kan mede bijdragen aan de ventilatiemogelijkheden van een stad. Kijkend naar de voorgestelde maatregelen in de beide scenario's, basis en plus, mag dus gesteld worden dat de component vergroening en type vergroening de effectiviteit van de maatregel voor de hitteproblematiek vergroot.

#### Water en stedelijke open ruimte

Waterproblematiek gaat, zoals in de inleiding al aangehaald, zowel over waterbeschikbaarheid als wateroverlast en overstromingsrisico. Water crises worden gezien als het risico met de grootste wereldwijde impact in de komende decennia<sup>102</sup>. Zo heeft één op de vier grote steden wereldwijd te kampen met waterstress<sup>103</sup>. Een disbalans tussen de watervraag en de beschikbare watervoorraden. Water wordt steeds meer een schaars goed. Daarentegen neemt als gevolg van klimaatverandering ook

<sup>97</sup> Klemm, W., B. G. Heusinkveld, S. Lenzholzer, M. H. Jacobs and B. Van Hove, 2015. Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. *Building and Environment* 83: 120-128

<sup>98</sup> Jacobs, C.M.J., I. La Rivière and H. Goosen, 2014. Cool Water Tool. *Landschap* 2014/3: 132-138.

<sup>99</sup> Steeneveld, G. J., S. Koopmans, B. G. Heusinkveld and N. E. Theeuwes, 2014. Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect. *Landscape Urban Plan.* 121: 92-96.

<sup>100</sup> World Economic Forum, *Global Risk Report 2015*

<sup>101</sup> Rovers, V., et al., *Climate Proof Cities-Final Report*. Knowledge for Climate, Report 129/2014

<sup>102</sup> World Economic Forum, *Global Risk Report 2015*

<sup>103</sup> McDonald, et al., *Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure*. *Global Environmental Change*, 2014/27, pp.96-105



extreem weer toe, waaronder piekbuien. De mate van verharding, het rioleringsstelsel en de infiltratiecapaciteit spelen een belangrijke rol op de wijze waarop stedelijk gebied deze extremen kan opvangen. Daarnaast resulteren watertekorten ook in significante onomkeerbare processen als bodemdaling. Zoals opgemerkt in de beschouwing van stedelijk gebied en hitteproblematiek, speelt water ook een belangrijke rol in de aanpak van hittestress.

Het concept 'Water Smart Cities' koppelt duurzame stedelijke ontwikkeling en ontwerp aan het minimaliseren van de hydrologische van en op de stedelijke omgeving en het omliggende gebied.<sup>104</sup> Het concept integreert drie essentiële onderdelen in stedelijk waterbeheer voor een duurzame stedelijke ontwikkeling: een duurzame watervoorziening, de behandeling van en het beperken van afstroom van oppervlaktewater en de behandeling van en afname van afvalwater. Dit laatste onderdeel valt in deze beschouwing buiten het aspect van klimaat en maakt integraal onderdeel uit van de circulaire stad, zoals besproken in de voorgaande paragraaf. In het rapport 'Towards Water Smart Cities' is een overzicht gegeven van mogelijke strategieën en maatregelen naar schaalniveau en doel. Naast het sluiten van de stedelijke waterkringloop (circulariteit), wordt vooral ingezet op het herstellen van de natuurlijke drainage capaciteit van steden door middel van 'nature based solutions'. Daarbij speelt in het stedelijk waterbeheer schaal dus ook een belangrijke rol. Water Smart Cities en bijbehorende strategieën en maatregelen worden daarbij ingedeeld naar gebouwniveau, straat/wijk en de stad als geheel.<sup>105</sup> Het herstellen van de natuurlijke drainage capaciteit van steden wordt gezien als een combinatie van maatregelen, een samenspel tussen retentie, infiltratie, waterberging en -opslag, waterzuivering, adaptief waterbeheer en drainage. In veel benoemde maatregelen spelen ontharding en vergroening een rol, maar daarnaast zijn ook diverse technische maatregelen toe te passen die los van de mate van verharding of vergroening staan.

In onderstaande tabel zijn naar schaalniveau en doel mogelijke maatregelen opgesomd gerelateerd aan de ontharding en vergroening.

Tabel 8: Doel en mogelijke maatregelen vanuit water en klimaat

Schaal	Doel	Maatregelen (gerelateerd aan ontharding/vergroening)
Stad	Integrale implementatie van 'water smart' maatregelen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aanleg groenblauwe corridors</li> <li>- Realisatie groen ventilatienetwerk</li> <li>- Aanleg Stadsbos</li> <li>- Aanleg Groene oevers</li> <li>- Herstel wetlands in peri-urbane zone</li> </ul>
	Waterrobuust ontwerp om overstromingsschade te voorkomen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realiseren overstroombaar stedelijk gebied</li> <li>- Realiseren evacuatie routes op hoogte</li> </ul>
Straat/Wijk	Retentie <i>Regenwater wordt opgevangen om het overstromingsrisico te beperken, oppervlaktewaterstroming te verminderen, overbelasting van rioleringsystemen te beperken en de natuurlijke hydrologie te herstellen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aanleg groenblauwe daken</li> <li>- Aanleg (collectieve) regentuinen</li> </ul>
	Infiltratie <i>Regenwater wordt geïnfilteerd in de grond</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduceren verhard oppervlak</li> <li>- Meer groene ruimte ontwikkelen</li> <li>- Aanleg infiltratiezones of greppels</li> </ul>
	Wateropslag <i>Grote hoeveelheden water worden tijdelijk opgeslagen om overstromingen te voorkomen</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aanleg bassins of vijvers</li> <li>- Aanleg waterpleinen</li> </ul>
	Waterzuivering	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aanleg helofytenfilters, grind- of zandfilters</li> <li>- Aanleg filterstrips of filterbodems</li> </ul>
	Open water systemen (opslag en drainage)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Realisatie meer oppervlaktewater</li> <li>- Aanleg greppels</li> <li>- Aanleg holle wegen</li> <li>- Aanleg kanalen</li> </ul>
Gebouwniveau	Retentie (en wateropslag)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aanleg groenblauwe daken</li> <li>- Realiseren groene gevels</li> <li>- Aanleg regentuinen</li> </ul>
	Infiltratie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduceren verharding (tuinen)</li> </ul>

<sup>104</sup> Wong, T.H.F. and Brown, R.R., 2009. The water sensitive city: principles for practice. Water Science and Technology, 60(3), pp.673-682.

<sup>105</sup> Hattum, T. van, Blauw, M., Towards Water Smart Cities, EIT Climate Kic, 2016

Duidelijk mag zijn dat de wijze van 'ontharden' en 'vergroenen' bijdraagt aan het vormen van een stedelijk watersysteem in de vorm van groenblauwe corridors en een groen ventilatienetwerk, maar dat op de lagere schaalniveaus ontharden vooral bijdraagt aan het vergroten van de opslagcapaciteit en infiltratiemogelijkheden. Dit vergroot de waterbeschikbaarheid, beperkt overlast en het aandeel open water draagt daarbij door beïnvloeding van stroming en door verdamping ook bij aan de reductie van hittestress. Het aantal m<sup>2</sup> ontharding gerelateerd aan gemiddeld 800mm neerslag per jaar (Nederlands gemiddelde) geeft al snel een indicatie aan het aantal m<sup>3</sup> water waarmee het riool ontlast wordt en het potentieel aan infiltratie waarmee het grondwater wordt aangevuld. Daarbij moet opgemerkt worden dat de infiltratiepotentie ook sterk afhankelijk is van het aanwezige bodemtype. Het ontwikkelen en het gebruik van waterinfiltratiepotentiekaarten of regenwaterstructuurkaarten kan daarbij een goed hulpmiddel zijn om maatregelen voor 'ontharden' en 'vergroenen' nog beter in te zetten.

Uitgaande van het 'patch-corridor-matrix'-model mag gesteld worden dat voor het totale stedelijk waterbeheer patches en corridors ook een belangrijke rol spelen, maar dat in de matrix veel winst te behalen is, aan de voorkant. De potentie van 'ontharden' en 'vergroenen' van het grote areaal aan particuliere tuinen, het toepassen van groenblauwe daken, het verkleinen van het aandeel verharding in straten en een aangepaste inrichting, zoals de aanleg van boomspiegels die ook afstromend water opvangen, maken dat de afwenteling op het grotere systeem mogelijk beperkt of vertraagd zal worden. Het ruimtebeslag van deze stedelijke hoofdstructuur zal daarvan dus sterk afhankelijk zijn.

#### *5.2.2 Potenties voor water en klimaat per stedenbouwkundige typologie*

De diverse maatregelen, gerelateerd aan 'ontharden' en 'vergroenen', die een bijdrage leveren aan de klimaatbestendigheid en de mate waarin deze toepasbaar zijn is uiteraard sterk afhankelijk van de stedenbouwkundige opbouw en typologie. Voor de in deze studie gehanteerde typologieën is uiteengezet in hoeverre maatregelen toepasbaar en effectief lijken te zijn, vanuit de verschillende klimaataspecten.

##### *De Middeleeuwse plattegrond (binnenstad)*

Binnensteden typeren zich overwegend als compacte stedelijk gebied met een hoge dichtheid aan bebouwing met relatief smalle straten en een hoog aandeel verharding in de openbare ruimte. De beperkte openbare ruimte is vooral functioneel ingericht als verkeersruimte met soms enkele groeneenheden in de vorm van stadsparken. Afhankelijk van de oorsprong is mogelijk ook een grachtenpatroon aanwezig. Door de hoge dichtheid en de mate van verstening zijn de binnensteden sterk onderhevig aan het hitte-eilandeffect en is het waterbeheer sterk gereguleerd, waarbij technische maatregelen zoals riolering essentieel zijn. De mogelijkheden van 'ontharden' lijken gering. Er zijn reële kansen voor vergroening, die ook kansen meebrengen om de binnenstad zowel Water Smart als hitte-regulerend in te richten.

Om het hitte-eiland te reduceren zal vooral de boomstructuur en de kansen voor uitbreiding daarvan van waarde zijn. Daarbij moet opgemerkt worden dat de effectiviteit sterk afhankelijk is van de maatvoering van de straten. Schaduwwerking van bomen in smalle straten zullen weinig bijdragen, omdat de bebouwing zelf al voor schaduw vormt en bomen de ventilatie zullen hinderen. In bredere straten zijn bomen meest effectief omdat zij naast een kleine verlaging van de temperatuur ook schaduw tot gevolg hebben. Ventilatie dient daarbij echter wel gewaarborgd te blijven. Keuzen voor loofbomen pakt daarbij vaak gunstig uit omdat zij na bladverlies in de winter gewenste zonnestraling toelaten. Gevarieerd groen helpt hitte draaglijk te maken via een gunstig effect op de beleving en heeft een klein effect op de luchttemperatuur. Aanleg van brede waterpartijen in brede straten moet doordacht gebeuren om hun bijdrage aan opwarming gedurende de nacht te voorkomen. Dezelfde principes gelden ook voor pleinen en zeer brede straten. Bestaande parken en parkstructuren moeten gekoesterd worden en waar uitbreiding mogelijk is moet dit zeker benut worden. Deze fungeren zowel overdag, als 's nachts als zogenaamde 'cool spots'. De reikwijdte van het effect op temperatuur is doorgaans beperkt, afhankelijk van de situatie. Desondanks bieden ze de gelegenheid aan mensen om verkoeling te zoeken en maken ze hitte draaglijker via beleving. Ook hier kunnen waterpartijen en wadi-achtige structuren overwogen worden, mits goed afgestemd op de situatie.

Bezien van water en klimaat zal vergroening van bestaand stedelijk gebied zeker bijdragen. Het aanbrengen van groene gevels en het realiseren van groene daken zal het bufferend vermogen vergroten. De mogelijkheden zijn uiteraard sterk afhankelijk van het gewenste straatbeeld, denk bijvoorbeeld aan beschermde stadsgezichten. Implementatie behoeft dus maatwerk. Waar in de binnenstad particulier groen aanwezig is, is 'ontharding' en 'vergroening' vanuit water bezien zeker

wenselijk. Denk daarbij aan het realiseren van regentuinen en wadi's. In de openbare ruimte zal met name de toepassing van waterdoorlatende materialen en het realiseren van 'holle' profielen bijdragen aan de infiltratiecapaciteit en opvang van water, vooral bij extreem weer. Afwegingen bij gebruik van holle profielen zijn natuurlijk de overlast in het publiek domein en het mogelijk tijdelijk verstoord gebruik. Waar ontharding (en vergroenen) mogelijk is, is dit uiteraard vanuit vergroten infiltratiecapaciteit wenselijk. De genoemde maatregelen in deze studie zoals 'ontharden' of 'vergroenen' van pleinen zijn daarbij aan te bevelen. Ook de realisatie van waterpleinen zijn wenselijk, maar dat hoeft per definitie niet gekoppeld te zijn aan 'ontharden' of 'vergroenen'. Het koppelen van waterstromen aan bestaande of nieuwe parken in de binnenstad kan de effectiviteit van deze groene open ruimte voor waterbeheer vergroten.

#### *Wijken met gesloten/halfopen bouwblokken*

De wijken met gesloten/halfopen bouwblokken zijn meer planmatig van opzet. De stedelijke open groene ruimte speelt in de uitleg een meer nadrukkelijke rol in de vorm van stadsparken, buurtparken en groenzones en singels langs grotere wegen en een heldere bomenstructuur. De opzet met halfopen bouwblokken kennen vaak ook karakteristieke gemeenschappelijke groene ruimten, veel semi-privaat. Daarentegen zijn de meer compacte volksbuurten in beginsel ook veelal stenig van opzet met meer geconcentreerde groengebieden.

De scenariostudie benoemt vrijwel dezelfde maatregelen van 'ontharden' en 'vergroenen', aangevuld met trottoirversmalling en parkeren in halfverharding. Dezelfde principes vanuit hittestress-reductie en water, zoals bij de binnenstad besproken, zijn van toepassing. In de wijken met een ruimere opzet zal meer ruimte gevonden kunnen worden voor 'ontharding' en 'vergroening'. Het bufferend vermogen en de infiltratiecapaciteit worden daarmee verhoogd. De (semi)private ruimte zullen ook zeker een bijdrage moeten en kunnen leveren hieraan.

#### *Naoorlogse stedelijke uitleg*

In navolging op de vooroorlogse uitbreidingswijken werd in de periode na de oorlog in hoog tempo en via een planmatige opzet stedelijk gebied ontwikkeld. Kenmerkend daarin is strokenbouw en halfopen verkaveling met etagebouw. Het aandeel openbare ruimte en percentage groenblauw daarin nam aanzienlijk toe, alsmede de verwevenheid. In de naoorlogse stedelijke uitleg werd de private ruimte ook steeds prominenter en omvangrijker. Het fenomeen voor- en achtertuin drukte een flinke stempel op deze wijken. Het Nieuwe Bouwen bracht ook karakteristieke flatwijken voort, hoogbouw met grootschalige groene ruimten en publieke ruimte.

Ook in deze wijken is vooral de aanpak van 'ontharding' en 'vergroening' van de private ruimte een zeer belangrijke stap in klimaatbestendigheid. In de publieke ruimte kan gekeken worden naar de noodzaak en omvang van verharding in relatie tot gebruik. Dit kan ten gunste komen van het vergroten van infiltratiecapaciteit, berging en hittestressreductie. De effectiviteit kan vergroot worden door de wijze waarop vergroening plaatsvindt en de connectiviteit in het geheel.

#### *Het woonerf*

Ook bij het woonerf, in de zogenaamde 'bloemkoolwijken', omvat de private ruimte een groot oppervlakte verhoudingsgewijs. De publieke ruimte kent naast diverse ingebedde, centrale groene open ruimten ook veel versnipperd groen en stenige straatprofielen. In jaren 80 en 90 zijn deze wijken als gevolg van een grote parkeerdruk en onderhoud deze wijken vaak verder versteend.

De complexe stedelijke uitleg van deze wijken geven uitdagingen in effectieve structuren voor zowel hittestressreductie als stedelijk waterbeheer. De fijnmazige opzet met verweven groenstructuren maken echter wel dat er redelijk veel 'cool spots' zijn en de connectiviteit tussen verhard en onverhard oppervlak makkelijk te leggen is. Deze verbindingen zullen echter wel gelegd moeten worden.

#### *Hedendaagse bouw*

De wijken van na de jaren 90 uit de volgende eeuw zijn zeer divers van opzet en ook qua stedelijke dichtheid. Een prominente rol in de stedelijke uitleg is daarbij meer dan ooit weggelegd voor stedelijke groenstructuren en het aandeel open water is groter dan ooit. Desalniettemin is in deze wijken ook nog winst te behalen door het tegengaan van verharding in de private ruimte, het toepassen van groene daken en gevels en de inrichting en configuratie van groenstructuren ten gunste van hittestressreductie en waterberging en -infiltratie.

### *Kantoren en bedrijventerreinen*

De vaak functionele en economische opzet van kantoor- en bedrijfterreinen maken dat deze gebieden een vaak stenige opzet met een groot aandeel verkeerruimte en parkeerterreinen, weinig of zeer versnipperd groen en grote bebouwde oppervlakten. Vanuit klimaat, maar ook vanuit duurzaamheid en circulariteit, zijn hier grote winsten te behalen.

In verband met het negatieve effect van hittestress op productiviteit (IPCC, 2013) kan het ook hier belangrijk en economisch interessant zijn hitte te reduceren. Vaak zijn deze gebieden op hittekaarten duidelijk zichtbaar. Het feit dat deze gebieden op hittekaarten als hotspots naar voren komen is vaak terug te voeren op materiaalgebruik in combinatie met het feit dat hittepatronen vaak via remote sensing zijn bepaald. Zulke bepalingen zijn echter niet altijd een goede maat voor thermisch comfort op leefniveau. Door het groot oppervlak aan platte daken en gevellengte zijn groene daken en groene gevels zeer effectief voor waterbuffering, waarmee ook bedrijfseconomische voordelen te behalen zijn. De sterk stenige open ruimte zal bij een goede analyse, zeker ruimte bieden voor meer structureel onthard gebied en vergroening, die aanvullend op voornoemde maatregel voor extra waterbuffering, vergroting infiltratiecapaciteit en koeling kan zorgen. Daarbij kan hierbij circulariteit, water als natuurlijke hulpbron, beter worden benut.

## **5.3 Circulariteit**

### **5.3.1 Betekenis van ontharden voor circulariteit**

Circulariteit is één van de invalshoeken om de onthardingsoplossingen nader onder de loep te nemen. Circulariteit is van een ander karakter dan groen. Het is geen middel, maar een principe voor systeemontwerp, -ontwikkeling en -aanpassing. Ook circulariteit is geen doel op zich. Circulariteit moet bijdragen aan minder milieubelasting door zuinig gebruik grondstoffen, e.d. Circulariteit wordt door sommigen heel breed opgevat. Dan gaat het niet alleen om zuinig gebruik van grondstoffen, recycling, ontwikkelen van (nieuwe) producten hieruit of koppelen van ketens, maar om een nieuwe organisatie van de (lokale) economie waarin platforms een centrale rol spelen. Of nog verdergaand is het idee van een circulaire samenleving met geheel andere consumentenkeuzes, een lerende economie en een andere manier van besluitvorming. Nu leidt meer groen niet per definitie tot meer circulariteit, hoewel ontharding wel een circulaire oplossing is. Omgekeerd leiden heel veel circulaire oplossingen niet vanzelf tot meer vergroening. Circulaire oplossingen worden bekeken op de mogelijkheden om deze met vergroening te combineren. Circulariteitsoplossingen zijn in drie groepen in te delen, die aansluiten bij de systematiek van Patch-Corridor-Matrix:

- Patch-oplossingen: lokale circulaire oplossingen in huizen of buurtparken, zoals een betere isolatie van woningen.
- Corridoroplossingen: platforms waarin 'afval' producten worden aangeboden of diensten worden uitgewisseld.
- Matrixoplossingen: grootschalige circulaire oplossingen: renovatie van wijken, industrial symbiosis

Het koppelen aan (groot) onderhoud is het uitgangspunt voor basisscenario. Daar boven op is een plusscenario uitgewerkt. Het idee van combineren van grijze en groen circulariteit past, als wat verdergaand idee, beter bij het plusscenario. In dat kader zijn de maatregelen uit het pluspakket aangevuld met ideeën vanuit het principe circulariteit. Deze worden vooral bekeken op de koppelingsmogelijkheden met de maatregelen voor ontharding.

Ontharden en vergroenen zijn op zich een aspect van het circulariteitsbeginsel, maar kunnen ook worden gekoppeld aan maatregelen om nieuwe circulaire systemen te ontwikkelen of bestaande meer circulair te maken. Te denken valt aan de volgende categorieën van circulaire oplossingen.



Tabel 9: Relatie tussen ontharding en andere circulaire oplossingen.

Oplossing vanuit het circulariteitsbeginsel	Toelichting	Relatie met ontharden en vergroenen	Perspectief ontharden en vergroenen
<b>PATCH</b>			
<b>0</b> Ontharding en vergroening	Ontharden en vergroenen dragen bij aan klimaatadaptatie, gezondheid, leefklimaat, enz. Zie verder de doelstelling van deze studie. Naast ontharding door vergroening zijn er ook veel mogelijkheden voor technische ontharding: waterdoorlatende bestrating.	Het onderwerp van deze studie is inherent onderdeel van het circulariteitsbeginsel.	+++
<b>1</b> Scheiden van afval.	Samenvoegen alle biomaterialen uit huishoudelijk afval en onderhoudsmaterialen uit lokaal groen. Al dan niet met speciale containers. Mogelijkheden voor lokaal composteren.	Plastic afval apart inzamelen voor hergebruik of als grondstof voor bioplastics heeft mogelijk positieve invloed op zwerfafval en daarmee op de kwaliteit van het groen. Containerplekken inrichten als groene oases.	+
<b>2</b> Gebruiken van biomaterialen	Hout uit lokaal groen gebruiken voor huizenbouw, verpakking, brandstof. Brandstof is meest laagwaardig.	Gebruik van lokaal groen kan bijdragen aan welzijn in wijk en drukt de onderhoudskosten van het groen. Hout voor houtkachels is minder gewenst.	+
<b>3</b> Composttoiletten	Composttoiletten. Acceptatie is een opgave.	Dit compost kan worden benut in het lokale groen, voor zover daar compostering aan de orde is.	+
<b>4</b> Maximale inzet zonnepanelen	Is op zich een vorm van verharding. Gebruik van maaiveld voor zonnepanelen is in de stad niet aan de orde. Perspectief: bouwmaterialen en bestrating die op zich zonlicht kunnen omzetten in energie.	Kan concurrerend zijn met groene daken als het over grote oppervlakten gaat.	0
<b>5</b> Isolatie en energiebesparing in woningen - individueel	Vergroening van gevels en daken speelt een isolerende rol en draagt bij aan energiebesparing. Warmte-uitstraling naar de straat is ook minder.	In geval van groene gevels neemt de hoeveelheid groen toe. Leidt niet tot meer 'horizontale' ontharding.	++
<b>CORRIDORS</b>			
<b>5</b> Lokale kringloop locatie voor bouwmaterialen	Is momenteel sterk geconcentreerd in stadsranden. Zou in een circulaire economie ook op wijkniveau kunnen worden opgezet. Misschien tijdelijk in wijken waar veel wordt geklust.	Kan bij goede detailinrichting bijdragen aan in ieder geval ontharding en mogelijk ook vergroening.	+
<b>6</b> Lokale platformeconomie	Gericht op het ruilen van materialen en producten. Ruilen tussen particulieren. Bevordert direct lokaal hergebruik.	Kan ook worden ingezet voor het onderhouden van lokaal groen en het gebruiken van groenafval.	+
<b>7</b> Virtueel grondstoffen platform	Bedoeld voor het uitruilen van grondstoffen tussen bedrijven.	Alleen indirect gevolg voor groen en ontharding.	0
<b>8</b> Grondstoffenpaspoorten voor gebouwen	Geeft aan wel materialen in een gebouw aanwezig zijn voor hergebruik. Kan in de toekomst net als energie labels verplicht worden ingevoerd.	Geen directe invloed op groen en verharding.	0
<b>9</b> Warmteopslag	Draagt bij aan energiebesparing.	Vereist nauwelijks ruimte. Heeft nauwelijks invloed op ontharden en meer groen.	0
<b>11</b> Aantrekkelijk vestigingsklimaat voor circulaire bedrijven	De symbolische werking van een groene stad kan bijdragen aan een positief vestigingsklimaat voor bedrijven die belangrijk zijn voor de groene economie. Werkt mogelijk meer via de werknemers die door de groene stad worden aangetrokken dan door directe economische mechanisme.	Wel een relatie van groen naar bedrijven, maar omgekeerd alleen als een gemeente zwaar inzet op meer groen in het kader van vestigingsbeleid	0
<b>12</b> Lokale energie coöperaties	Kunnen lokale opties om energie te winnen optimaal gebruiken. Bevordert betrokkenheid. Winst wordt ingezet in eigen gebied.	Op zich geen invloed. Zullen geen energie willen gebruiken uit verbranding van lokaal hout omdat dat een minder duurzame oplossing is.	0
<b>13</b> Circulaire wijkcoöperatie	Het doel is dat de wijk steeds meer zelfvoorzienend wordt in energie, werk en groente. Een stap verder dan de energie coöperatie. De wijkcoöperatie richt zich op het opknappen van woningen, het verbeteren van de omgeving en de sociale binding in de wijk met als doel energie besparen, comfort verhogen, kosten reduceren en banen realiseren. Door zelf energie op te wekken besparen bewoners op energiekosten. Dit kan worden geïnvesteerd worden in verdere verduurzaming.	Het groenbeheer kan hier integraal in worden opgenomen inclusief de revenuen eruit.	+
<b>14</b> Lokaal produceren van voedsel, stadslandbouw	Misschien niet voor de grote volumes, maar voor specifieke markten.	Is ontharding en vorm van vergroening. Kan bijdrage aan betrokkenheid bij groen.	++

Oplossing vanuit het circulariteitsbeginsel	Toelichting	Relatie met ontharden en vergroenen	Perspectief ontharden en vergroenen
<b>MATRIX</b>			
<b>15</b> Biogas uit lokaal afval	Warmte en biogas uit organisch afval uit het groen, winkels en de huishoudens. Dat gas wordt omgezet in elektriciteit en CO <sub>2</sub> -neutrale restwarmte. Het digestaat dat in de tanks achterblijft, wordt gescheiden in water en slib dat is te gebruiken voor de terugwinning van meststof. Lokale vergisting wordt niet door iedereen als het meest milieuvriendelijke alternatief gezien. Binnen de bebouwde kom kost het ruimte die kan bijdragen aan de vermeerdering van het groen, maar daar ook ten koste van kan gaan.	Gemeenten kunnen dit bevorderen in bepaalde zones waar minder zware vergunningen vereist zijn. Deze zones kunnen een rol spelen in de vermeerdering van de groene oppervlakte.	+
<b>16</b> Isolatie en energiebesparing - wijkniveau	In sommige situaties zal een renovatieaanpak a la de stadsvernieuwing uit de vorige eeuw aan de orde zijn. In dat geval zijn er toch mogelijkheden voor herontwerp van wijken en het inpassen van meer groen.	Grote kans voor ontharding en vergroening, mits de energierenovatie integraal wordt aangepakt.	++
<b>17</b> Scheiden zwart en grijs afvalwater	Grijs afvalwater wordt gebruikt voor warmteterugwinning. Kan daarna worden geïnfiltreerd in groene zones? Zwart afvalwater kan (met eventuele bijmenging van bioafval in huizen) in een zuivering worden gebruikt voor terugwinning van grondstoffen. Kan nu al voor fosfaten. In de toekomst mogelijk ook voor: zeldzame mineralen en metalen zoals nitraat, cellulose, plastics en wellicht hormonen te winnen.	Koppeling aan groene zone rond waterzuiveringen: groene zone, helofytenfilters. In dat geval is de relatie met vergroening en ontharding positief.	+
<b>18</b> 'Industrial symbiosis'	Het gebruiken van afvalstromen van bedrijven als grondstof voor andere bedrijven. Leidt tot heel nieuwe samenstelling van bedrijven op bedrijfsterrinen. Ander soort locatiefactoren worden belangrijk.	Geen directe invloed op ontharding of oppervlakte groen. Vereist wel een nieuw ruimtelijk ontwerp waarin rekening kan worden gehouden met het groen.	+

0 nauwelijks een relatie; + zwakke relatie, beperkte kans; ++ stevige relatie, grote kans.

Meer groen is onderdeel van circulariteit en is een doel op zich binnen het circulaire denken, dus leidt wel per definitie tot meer circulariteit, maar dragen niet inherent functioneel bij aan circulaire maatregelen. Ook ontharding is één van de circulaire oplossingen. Omgekeerd leiden de genoemde circulaire oplossingen niet vanzelf tot meer groen en ontharding. De kansen liggen vooral in het integraal aanpakken van de vergroening van de groene oppervlakte en circulaire oplossingen. Veel circulaire oplossingen kunnen worden gerealiseerd tegelijk met het inzetten van meer groen. Vanuit het beginsel circulariteit geredeneerd is dit eigenlijk een vereiste.

### 5.3.2 Potenties voor circulariteit per stedenbouwkundige typologie

**Middeleeuwse binnenstad:** De plattegrond biedt weinig mogelijkheden om nog verder te gaan dan de genoemde vergroeningsmaatregelen. De oplossingen op individuele woningen en platformoplossingen om voor materialen en diensten, zijn zeker wel mogelijk, maar zoals beschreven hebben deze weinig directe invloed op de ontharding. De architectuur leent zich in veel gevallen niet voor groene gevels. Technische ontharding past goed bij de binnenstad: denk aan de vervanging van asfalt door gerecyclede klinkers e.d.

**Vooroorlogse bouwblokken:** Hiervoor geldt net als voor de Middeleeuwse binnenstad dat de plattegrond weinig ruimte biedt omdat de bebouwing redelijk dicht is. Er komen veel gesloten bouwblokken voor, die zich in principe lenen voor gezamenlijke actie door bewoners, bijvoorbeeld voor stadslandbouw of voor gezamenlijke compostering, maar dit vereist wel de medewerking van alle betrokkenen. Dit draagt ook niet bij aan verdere ontharding, maar wel aan het sterker circulair gebruiken van het groen. Parken aan de rand van de Middeleeuwse bebouwing liggen meestal in deze zone. Ook al blijven deze even onthard als ze al waren, zijn er toch mogelijkheden om hier het groen te combineren met bijvoorbeeld stadslandbouw. Iets meer groene ruimte kan worden gecreëerd door van afvalcontainer plekken groene eilanden te maken. De vooroorlogse buurten zijn ook de plekken waar vanwege de ouderdom van de woningen grote renovatieprojecten nodig zullen zijn om aan de huidige energiedoelstellingen te voldoen. Deze projecten kunnen goed worden gecombineerd met meer ontharding.

**Naoorlogse stadsuitleg:** De grote oppervlakte aan groen in deze wijken staat onder druk door een stedenbouwkundige discours gericht op verdere verdichting. Deze tendens staat haaks op de

vergroeningstendens. Circulair gebruik van het groen kan de functie van het groen in deze wijken versterken. De huidige grote oppervlakte aan groen leent zich goed voor diverse circulaire oplossingen en groengebruik: stadslandbouw is hier een mogelijkheid, maar ook het gebruiken van hout uit de eigen wijk, wijkcompostering en dergelijke. Dit is tussen de woonblokken mogelijk, maar helemaal in de parken in deze buurten. Deze groene ruimte kan ook worden gebruikt voor tijdelijke wateropvang. De energiebesparingsmaatregelen die in deze wijken nodig zijn, allen al in het kader van het grootonderhoud, kunnen goed samengaan met de vergroening van de gebouwen: gevels, daken, bio-bouwmaterialen.

**(stads)woonerf:** Deze woonbuurten zijn wat betreft de woningen meer circulair, zijn in het algemeen ook geïsoleerd, maar ze bieden minder ruimte voor circulaire oplossingen gekoppeld aan groen dan de naoorlogse stadsuitleg. Deze wijken lenen zich – ook qua bevolkingsamenstelling – wel goed voor de circulaire platform- en netwerkoplossingen, maar deze staan niet in direct verband met verdere vergroening. Misschien kunnen eerder bestraaete overhoeken worden gebruikt voor initiatieven als 'de fruitboom van de straat' en dergelijke, waarbij het onderhoud wordt geregeld door middel van de buurtapp.

**Hedendaagse bouw:** De mogelijkheden om in deze buurten ontharding te combineren met circulaire oplossingen zijn vergelijkbaar met die van het woonerf. Het ontwerp van deze wijken is doorgaans niet alleen doordacht wat betreft het groen op zich, maar ook wat betreft circulariteit. Er is nog zeker een volgende kwaliteitsstap mogelijke als het gaat om isolatie, warmteopslag, sanitatie en bouwmaterialen, maar dit zijn oplossingen die niet direct tot meer ontharding leiden.

**Kantoren, dienstencentra en industrie:** Het genoemde 'nutsdenken' dat heeft geleid tot de huidige zakelijke, fantasieloze inrichting van deze gebieden leidt mogelijk tot het benutten van de 'business opportunity's' die circulariteit in zich draagt. De grootste kans voor circulariteit zit in 'Industrial symbiosis' waarin bedrijven gebruik maken van afvalstoffen van andere bedrijven. Dit kan worden aangesloten op diverse vormen van afvalverwerking vanuit de stad. In het algemeen zal het leiden tot een andere samenstelling van bedrijven op bedrijventerreinen. Meer complementaire bedrijven en minder bedrijven van dezelfde soort. Hoewel deze circulaire kans niet per definitie tot meer ontharding lijdt biedt het wel een goede kans om te groen en grijze circulariteit met elkaar te verbinden. Dit kan nog een stap verder gaan door het groen ook te gebruiken voor recreatie door bewoners. Een goed voorbeeld is de nieuwe afvalcentrale in Kopenhagen waar niet alleen afval wordt gescheiden, maar waar op het schuin aflopende dak ook een wandel en ski gelegenheid is gecreëerd.

## 5.4 Leefbaarheid

### 5.4.1 Betekenis van ontharding voor leefbaarheid

Leefbaarheid is niet zomaar een af te meten thema, het is een verzamelbegrip. De interpretatie ervan kan van persoon tot persoon en van plek tot plek verschillen. Wat voor de één leefbaar is, is dat voor de ander niet en andersom. Mensen beleven en waarderen plekken immers zeer verschillend. Wat men precies onder leefbaar verstaat hangt dus in sterke mate af van de normen en waarden waarmee iemand een buurt of plek beoordeelt. Duidelijk is dat de meeste mensen in de beoordeling van de leefbaarheid van een wijk of buurt, veel waarde hechten aan groen. Met betrekking tot de fysieke omgeving is "groen in de buurt" na de "aard van de bebouwing" het belangrijkste thema. Hiermee staat het boven bijvoorbeeld winkelvoorzieningen en parkeervoorzieningen.<sup>106</sup> Ontharden van stedelijk gebied en dit vervolgens te vergroenen kan van meerwaarde zijn voor de leefbaarheid van een buurt, wijk, of stad. Groen is dan ook meer dan de make-up van de stad. In de stad zitten mensen op het bankje met de burens in het buurtgroen en wandelen of sporten mensen in de groenstroken in en om de stad. Het is een wezenlijk onderdeel van de openbare ruimte en essentieel voor het functioneren van de stad. De groene openbare ruimte is het bindmiddel van de stad, het verbindt de wijken, de buurten en vooral de mensen.<sup>107</sup>

Groen zorgt dat mensen elkaar kunnen ontmoeten en samen dingen kunnen doen in een ontspannende omgeving. Uit onderzoek blijkt dat buurtgroen een positief effect heeft op de sociale cohesie. Dit geldt voor plantsoenen, volkstuinen, natuurlijk groen en water. In meer verstedelijkt gebied is het positieve effect groter. Kleine parken hebben daar waar het gaat om sociale cohesie een groter effect dan grote

<sup>106</sup> Ministerie van VROM, 2004. *Leefbaarheid van wijken*. Amsterdam, RIGO Research en Advies

<sup>107</sup> Woestenburg, M., Spönhoff, N. & Visschedijk, P.A.M., 2010. 4D: de vierde dimensie: steden op weg naar menselijk groen. Wageningen, Alterra. ISBN 970 90 327 0383 7

parken.<sup>108</sup> Het maakt de mensen gezonder, onder meer doordat goed aangeplante begroeiing de lucht zuivert,<sup>109</sup> maar ook door de stress-verminderende effecten die groen heeft in het drukke stadsleven.<sup>110</sup> Het maakt de stad klimaatbestendiger, doordat het overtollig water wordt opgevangen en het extreme warmte vermindert.<sup>111</sup>

De combinatie van deze positieve effecten van groen, maakt het dat groen van wezenlijk belang is voor de leefbaarheid van de stad. Het versterken van het groen door te versterkende delen van de stad om te vormen naar groen kan hier aan bijdragen.

Tabel 10: reflectie voorgestelde maatregelen en leefbaarheid

Maatregel	Reflectie op de maatregel vanuit leefbaarheid
aanleg pocketpark (<0,5 ha)	Pocketparken functioneren als kijkgroen, ontmoetingsplek, bieden ruimte om te bewegen en hebben een regulerende functie door luchtzuivering en hittebestrijding. Daarmee hebben ze effect op de leefbaarheid
parkeerplaatsen in grastegels	Zorgen voor meer infiltratie van water waardoor wateroverlast wordt voorkomen. Als kijkgroen, of ontmoetingsplek heeft het geen functie.
Aanleg groene daken	Groene daken hebben een regulerende functie, waardoor leefbaarheid beter kan worden. Indien groene daken zichtbaar en betreedbaar zijn kunnen ze ook functioneren als kijkgroen, ontmoetingsplek of bewegingsruimte bieden. Dit komt leefbaarheid nog meer te goede.
versmallen wegen en bredere bermen	Functie als kijkgroen en kan regulerend werken. Effect op leefbaarheid lijkt vooralsnog klein
trambanen in gras of grind	Functie als kijkgroen en kan regulerend werken. Effect op leefbaarheid lijkt vooralsnog klein
fietspaden in halfverharding	Wordt niet beschouwd als groen. Zorgt mogelijk wel voor extra infiltratiemogelijkheden
trottoirs versmallen tbv bermen	Functie als kijkgroen en kan regulerend werken. Effect op leefbaarheid lijkt vooralsnog klein
vluuchtheuvels vergroenen	Functie als kijkgroen en kan regulerend werken. Effect op leefbaarheid lijkt vooralsnog klein
speelplekken vergroenen	Vergroenen van speelplekken versterken de leefbaarheid. Speelplekken functioneren als kijkgroen, ontmoetingsplek, bieden ruimte om te bewegen en hebben een regulerende functie door hittebestrijding.
aanleg geveltuinjes	Functie als kijkgroen en kan regulerend werken. Meer van groen kan in woonwijken de leefbaarheid vergroten.
aanplant bomen in verharding	Met name grotere bomen kunnen dienst doen als kijkgroen, ontmoetingsplek en hebben een regulerende functie. Door de functie als ontmoetingsplek verder te faciliteren, met bijvoorbeeld bankjes en dergelijke kan het in woonwijken bijdragen aan leefbaarheid
gevelbeplanting toepassen/verticale tuinen	Functie als kijkgroen en kan regulerend werken. Meer van groen kan in woonwijken de leefbaarheid vergroten.
tijdelijke groenaanleg op braakliggende terreinen	Tijdelijk groen, bijvoorbeeld Buurttuin of iets dergelijks heeft wel degelijk een functie als kijkgroen, ontmoetingsplek, plek om te bewegen en een regulerende functie. Als "tijdelijk" langer dan bijvoorbeeld een jaar duurt, heeft dat wel degelijk een functie, zeker voor de leefbaarheid.
meer bomen planten in bestaand groen	Wat dit als functie toevoegt en daarmee hoeveel het extra bij draagt aan de leefbaarheid, is sterk afhankelijk van hoe het bestaande groen reeds is ingericht
grotere pleinen omzetten naar plantsoen/park	Groene pleinen functioneren als kijkgroen, ontmoetingsplek, bieden ruimte om te bewegen en hebben een regulerende functie door luchtzuivering en hittebestrijding. Daarmee hebben ze effect op de leefbaarheid
buurtwegen in halfverharding	Wordt niet beschouwd als groen
opheffen wegen en vervangen door groen	Dit zou je kunnen beschouwen als het aanleggen van een nieuw park. Een park kan zeker bijdragen aan de leefbaarheid, maar wel moet in het achterhoofd gehouden worden dat voor bijvoorbeeld sociale cohesie meerdere kleine parken effectiever zijn dan één groot park.

<sup>108</sup> Vreke, J., Salverda, I.E., & Langers, F., 2010. Niet bij rood alleen: buurtgroen en sociale cohesie. Wageningen Alterra, Alterra-rapport 2070

<sup>109</sup> Kuypers, V.H.M. & E.A. de Vries, 2007. Groen voor Lucht. Van theorie naar groene praktijk, toepassingen om de lucht te zuiveren. Publicatie van ministerie van LNV en Alterra. Wageningen

<sup>110</sup> Vries, S. de, 2016. Van Groen Naar Gezond: mechanismen achter de relatie groen-welbevinden; Stand van zaken en kennisagenda. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2714.

<sup>111</sup> Rovers, V., et al., Climate Proof Cities-Final Report. Knowledge for Climate, Report 129/2014



wegen ondertunnellen, parkaanleg erboven.	Dit zou je kunnen beschouwen als het aanleggen van een nieuw park. Een park kan zeker bijdragen aan de leefbaarheid, maar wel moet in het achterhoofd gehouden worden dat voor bijvoorbeeld sociale cohesie meerdere kleine parken effectiever zijn dan één groot park.
permanente groenaanleg op braakliggende terreinen	Dit zou je kunnen beschouwen als het aanleggen van een nieuw park. Een park kan zeker bijdragen aan de leefbaarheid, maar wel moet in het achterhoofd gehouden worden dat voor bijvoorbeeld sociale cohesie meerdere kleine parken effectiever zijn dan één groot park.

## 5.5 Biomassa en beheer

### 5.4.1 Betekenis van ontharding voor beheer en biomassa

#### *beheerbaarheid en kosten*

In een verstedelijkende samenleving als Nederland, wordt het steeds belangrijker om het groen op een goede en efficiënte manier in stand te houden en zo mogelijk verder te ontwikkelen. Daarom is belangrijk dat er nagedacht wordt over het functioneren van het groen in de stad en over de relatie tussen het gewenste groen en het gebruik, dan mogelijkheden die een gebied biedt. Gebeurt dat niet, dan leidt dat tot minder functioneren van het groen, hogere kosten, of inefficiënt gebruik van middelen. Geld uit de gemeenschapskas die voor het beheer en het onderhoud aangewend wordt, moet op een verantwoorde wijze ingezet worden.

In vrijwel alle gemeenten is de gemeente de organisatie die het grootste oppervlak groen beheert. Toch wordt meestal ruim meer dan de helft door andere organisaties beheerd. Door particulieren en woningbouwcorporaties (tuinen), door bedrijven, door andere overheden (waterschappen, Rijkswaterstaat, soms provincie), door natuurbeherende organisaties (bijv. Bezuidenhout in Den Haag door Staatsbosbeheer) en soms particuliere landgoederen in de bebouwde kom.

Het beheer van aaneengesloten oppervlakten zonder veel puntelementen zoals solitaire bomen, kan vaak goedkoper geschieden dan snippergroen. Daar moet relatief meer handmatig moeten gedaan en gaat telkens tijd verloren met van het ene naar het andere stukje gaan. Veel gemeenten proberen daarom ook bewoners te betrekken bij het beheer van met name het zogeheten snippergroen. Dan kan de gemeente zich meer richten op het onderhouden van de grotere groenstructuren. Bij de inzet van bewoners kan gebruik gemaakt worden van de vaak een emotionele band die bewoners hebben met het groen in hun straat/buurt. Daarom is het belangrijk de bewoners vroegtijdig te betrekken bij de vergroening van hun straat of buurt; dat leidt tot meer kansen voor draagvlak en voor participatie bij het beheer. Ook moet het soort groen toegesneden zijn op wat de buurtbewoners wensen.

#### *bomen*

- bomen in de straat moeten een goede groeiplaats hebben. Dit geldt ondergronds: voldoende doorwortelbare ruimte in de bodem, van voldoende kwaliteit mbt bodemluchthuishouding en beschikbaarheid van water en voedingselementen. Indien dit niet op orde is, dan zijn er diverse risico's als kwijnende en niet-functionerende bomen, of dure beheermaatregelen die met een zekere frequentie moeten worden uitgevoerd (snoeien, water geven, etc.) Door het creëren van een goede groeiplaats en het adagium de juiste boom op de juiste plaats kan veel worden bereikt.
- Belangrijke aandachtspunten in een stedelijke omgeving kunnen ook zijn relatie met verkeer (beschadigingen door manoeuvrerende auto's), strooizoutroutes, lekkende aardgasleidingen, etc.
- In de bestaande stad zijn de randvoorwaarden vaak bekend, maar kan er bij plantplaats rekening mee worden gehouden.

#### *struiken*

- Bij struiken moet goed gekeken worden naar de beschikbare ruimte. Dit geldt vooral voor de ruwere struiken (bosplantsoen). Dit heeft een zekere ruimte nodig, zodat een en ander lekker kan uitgroeien. Dan is het ene goedkope en goed beheerbare groenbeheercategorie. Als het te dicht langs wegen, woningen / andere functies ligt, dan wordt het beheer veel duurder doordat er veel gesnoeid moet worden.

- Op plekken waar struiken een bepaalde sierwaarde moeten hebben is dat aspect wat minder van belang, want die worden intensiever beheerd

#### *Gras, kruiden en planten*

- Van het gemeentelijk openbaar groen is vaak meer dan de helft ruw gras, gazon en bloemrijk grasland.
- Deze vegetatie stelt relatief weinig eisen aan de groeiplaats, maar gazons op arme gronden zijn vaak droogtegevoelig in de zomer.
- Bij bloemrijke graslanden ontstaat een mooi beeld in voorjaar en eerste deel van de zomer. In de nazomer, herfst en winter kan hier een voor het oog minder mooie situatie ontstaan.

#### *Biomassa*

Door de eeuwen heen werd de meeste biomassa nuttig gebruikt. Als bouw materiaal voor bijvoorbeeld huizen en schepen, als brandstof, maar ook als grondstof voor bijvoorbeeld verf. Sinds de industriële revolutie is dit volledig veranderd. Eind 20<sup>e</sup> eeuw is biomassa geworden tot groenafval. Afvoeren naar vuilverbrandingsovens of composteren waren voor veel biomassa de enige overgebleven opties. Inmiddels is er een kentering gaande. Dit startte met decentrale energiewinning in bijvoorbeeld vergistingscentrales en houtkachels. Onder invloed van de biobased economy en de circulaire economy wordt nu steeds meer biomassa weer grondstof of bouw materiaal. Een ontwikkeling is op gang gekomen om biomassa zo hoogwaardig mogelijk toe te passen. Er zijn bijv. initiatieven om van bermgras de vezels te gebruiken (van berm tot bladzijde). Houtchips hebben reeds een positieve waarde en worden bijv. gebruikt voor de verwarming van een warmtenet. Om de positieve waarde te realiseren is het van belang schoon te werken, zodat chips met zo weinig mogelijk zand en zwerfvuil vervuild worden, en ook zoveel mogelijk blad en naalden afwezig zijn. In het grensgebied met Duitsland gaan veel houtchips de grens over, omdat daar meer vraag naar houtchips is en de prijzen hoger liggen. Maar er zijn inmiddels ook een groot aantal middelgrote en grote verwarmingskachels in Nederland. De grootste centrale voor de stadsverwarming in Purmerend (ca. 25.000 huishoudequivalenten) wordt vooral met hout van Staatsbosbeheer gestookt. Andere relatief grotere kachels staan in Ede waar een mix van gemeentelijk hout uit bos en plantsoen en van derden wordt gebruikt.

Al het groen, ook het groen in de stad groeit en levert biomassa op. Dat bestaat grotendeels uit een combinatie van, stamhout, snoeihout, blad, gemaaid gras en schoffelmateriaal.

Bij maaisel zie je een veelvoud van toepassingen. Van traditionele, zoals veevoer en gebruik als stalmateriaal tot het gebruik van met name de vezel voor productie van verpakkingsmateriaal (dozen, eierdozen). Door de aantrekkelijke economie en de toename van het internetwinkelen neemt de vraag naar verpakkingsmateriaal toe.

Wat bij de biomassastromen uit het landschap een lastige is, dat het materiaal in het (stads)landschap zeer verspreid en discontinu in de tijd vrijkomt. Dit betekent dat er een goede logistieke organisatie nodig is, waarbij aandacht moet zijn voor drogen (van chips bijv) en voor het behoud van de kwaliteit bij gras, bijv. door inkuilen. Voor alle stromen is een goede kwaliteitszorg van belang. Voorkomen van vervuiling, maar ook iets anders. De beheerder van groen is traditioneel gewend te beheren op de functionaliteit van het groen, zoals bijv. de functie voor de weg, het landschap, de biodiversiteit en de recreatie. De beheerder moet nu daarnaast ook gaan letten op de kwaliteit van het geproduceerde product, wat soms beheerveranderingen vraagt. Bijv. een andere manier van verzamelen van het maaisel, of een keer extra rollen tegen molshopen om te zorgen dat het maaisel niet teveel gronddeeltjes heeft. Daarnaast maatregelen voor tussentijdse opslag.

Een ander aandachtspunt is een organisatorische. Soms zijn er meerdere ketens die binnen één organisatie lopen. Bijv. een gemeente die een beheer afdeling heeft voor eigen groen, een andere afdeling voor het eigen bos, een milieubedrijf dat het huis en groenafval inzamelt en een eigen milieustraat waar ook groene reststromen worden aangeleverd. Goede samenwerking en coördinatie kan mogelijkheden voor verwerking verbeteren en kosten besparen of opbrengsten genereren. Voorst is het belangrijk samen met andere aanbieders samen te werken en ook goede afspraken in de keten te maken met de verzamelaars, transporteurs, tussen- en eindverwerkers van het groenproduct.

Bij biomassa gaat het ook om samenwerking. Binnen de gemeente komen er op diverse plekken biomassa vrij (bij afvalinzameling, straatreiniging, in milieustraat en bij beheer van groen (en wegen; onkruid op de verharding). Bewoners kunnen ook actief betrokken worden bij het beheer. Als dit in de vorm van stadstuinbouw gaat, wordt er in de stad ook een deel van het benodigde voedsel geproduceerd.

Verder komt er bij de verschillende eigenaren biomassa vrij. Voor een kostenefficiënte logistiek helpt samenwerking. Knooppunten kunnen biomassawerven zijn, bij de gemeente of bij een verwerker van organische restproducten, etc.

Tabel 11: reflectie voorgestelde maatregelen en beheerbaarheid/biomassa

	<b>Beheer</b>	<b>Biomassa</b>
aanleg pocketpark (<0,5 ha)	Om het beheerbaar te houden is het van belang dat het niet te kleinschalig ingericht is. Pocketparken zijn in vergelijking met grotere parken duurder in beheer. Het betrekken van bewoners kan interessant zijn, ook uit kostenoverwegingen, met name als het beheer kleinschalig is	Biomassa dat vrij komt uit pocketparken kan meestal nuttig ingezet worden.
parkeerplaatsen in grastegels	Incidenteel maaien	biomassaopbrengst is verwaarloosbaar klein
Aanleg groene daken	Extensieve groendaken, worden meestal twee keer per jaar gecontroleerd op ongewenste opslag en worden soms gemaaid. Onderhoud vergt dat het dak veilig toegankelijk is. Het beheer van intensieve groendaken is vergelijkbaar met het beheer van een reguliere tuin. Het beheer is intensiever, en vind frequenter plaats. Ook hier moet rekening gehouden worden met veilig kunnen werken	Er komt relatief weinig biomassa vrij op extensieve groendaken. Intensieve groendaken is dit meer, maar het komt wel op hoogte vrij. Dit kan soms problemen geven bij het afvoeren van de biomassa. Bij echte robuuste daken die bijv. als park worden ingericht moet er ook aandacht zijn voor bereikbaarheid voor onderhoudsmachinerie en afvoer van geogoste biomassa
versmallede wegen en bredere bermen	belangrijk dat dit niet leidt tot frequent berijden van de bermen. Want dan is door insporing het oogsten van het gras moeilijker zonder meenemen van gronddeeltjes. Smalle bermen zijn meestal moeilijker beheerbaar dan brede bermen. Voor de lange termijn geldt dat de beheerkosten van groen (bermen) lager zijn dan die van grijs (incl afschrijving van de investering)	in bredere bermen is meer ruimte voor productie van biomassa. In heel brede bermen kan ook gekozen worden voor een landschappelijke beplanting die naast landschappelijke en andere functies ook goed oogstbaar is
trambanen in gras of grind	goed beheerbaar. Aandachtspunt is de maximale maaihoogte en maaien en afvoeren in relatie tot de dienstregeling	In gras leidt dit ook tot oogstbare biomassa.
fietspaden in halfverharding	Geen oogst, eventueel randen meenemen in maaibeheer (gazonbeheer)	Niet van toepassing
trottoirs versmallede tbv bermen	Leidt tot meer oogst indien gras mag uitgroeien. Kan knelpunt met weg opleveren, omdat hoog gras direct langs rand weg het zich op de wegrand belemmert en ook bij bochten en kruispunten zichtbelemmerend kan werken.	Bepaalde biomassaopbrengst
vluuchtheuvels vergroenen	Qua maaibeheer zijn dit soms ongelukkige plekken, zeker op drukke wegen waar dan soms afzettingen noodzakelijk zijn. Door maaierwerk hier op rustige tijden uit te voeren is er echter veel mogelijk.	bij biomassa: gaat om kleine hoeveelheden. Liefst zo invoeren dat in een ronde mee kan worden genomen met maaisel bermen, anders wordt het wel erg duur.
speelplekken vergroenen	Zeer afhankelijk van de inrichting	Biomassa verwaarloosbaar
aanleg geveltuintjes	Als gemeente te faciliteren. Wel afstemmen met onderhoud van verharding (Voorkomen dat geveltuintje niet beschadigd wordt met wegborstelen van verharding)	biomassa verwaarloosbaar

aanplant bomen in verharding	denk aan voldoende ondergrondse bewortelbare ruimte, relatie met kabels, leidingen en riolering; ook bovengronds moet er voldoende ruimte zijn (verkeer, aangrenzende bebouwing). bewoners kunnen soms helpen met beheer boomspiegels	Na verloop van tijd komt biomassa in de vorm van snoeihout. Hoeveelheid is beperkt
gevelbeplanting toepassen/verticale tuinen	is duur in onderhoud	Beperkte hoeveelheid vrijkomende biomassa, die echter meestal wel verzameld wordt, dus gebruik ervan is te organiseren
tijdelijke groenaanleg	Mogelijkheden voor voedsel- of biomassaproductie, maar de opbrengsten zijn meestal laag in vergelijking met gedane investeringen. Kans om bewoners erbij te betrekken om kosten te verlagen	
meer bomen planten in bestaand groen	In de meeste Nederlandse gemeenten is hier weinig plaats voor. Kan incidenteel helpen, vooral op plekken die nu erg kaal zijn, zoals bedrijventerreinen	Bij grootschalige aanplant kan dit een beetje bosbouwkundig worden uitgevoerd; keus voor houtsoorten die wat opbrengen en gemakkelijk oogstbaar zijn en niet teveel verzorging nodig hebben
grotere pleinen omzetten naar plantsoen/park	maatregel die qua onderhoud niet veel hoeft te kosten, maar als omvormingsmaatregel natuurlijk duur kan zijn.  Aandachtspunt hier is een goede groeiplaats voor de bomen en ook dat het enige tijd duurt voor de bomen wat zijn uitgegroeid	Kan na verloop van tijd veel biomassa genereren
buurtwegen in halfverharding	wordt modderig in natte deel jaar (oktober-april); bovendien krijgt gras geen tijd zich te vestigen	Zeer beperkte opbrengst
opheffen wegen en vervangen door groen	maatregel die qua onderhoud niet veel hoeft te kosten, maar als omvormingsmaatregel natuurlijk duur kan zijn.  Aandachtspunt hier is een goede groeiplaats voor de bomen en ook dat het enige tijd duurt voor de bomen wat zijn uitgegroeid	Kan na verloop van tijd veel biomassa genereren
wegen ondertunnelen, parkaanleg erboven.	dure maatregel (aanleg) aan als onderdeel van groter geheel kan het. Als de bodemlaag dik genoeg is kan normaal onderhoud volstaan.	Kan na verloop van tijd veel biomassa genereren
permanente groenaanleg op braakliggende terreinen	maatregel die qua onderhoud niet veel hoeft te kosten, maar als omvormingsmaatregel natuurlijk duur kan zijn.  Aandachtspunt hier is een goede groeiplaats voor de bomen en ook dat het enige tijd duurt voor de bomen wat zijn uitgegroeid	Kan na verloop van tijd veel biomassa genereren



## 6. Conclusies en aanbevelingen

### 6.1 Conclusies op basis van het onderzoek

- Op basis van deze studie is de verwachting gerechtvaardigd dat in de 'haarvaten' van het stedelijk weefsel een flinke slag gemaakt kan worden in het ontharden en vergroenen van de stad met een sterke doorwerking op klimaataspecten als de waterhuishouding (opvang zijn piekbuien) en temperatuur (temperen hittestress).
- Het effect van de in deze studie doorgevoerde maatregelen is in de binnensteden (middeleeuwse plattegrond) van Nijmegen en Utrecht het kleinst en in de meest recente wijken tot aan de Vinex periode het grootst. Dit hangt sterk samen met de veranderde stedenbouwkundige opvattingen van na de tweede wereldoorlog. Met het 'open maken' van het bouwblok (strokenbouw) en de (over)dimensionering van de wegenstructuur, met het oog op de enorme toename van het autogebruik, verscheen in de naoorlogse woningbouw een relatief ruim bemeten openbare ruimte met zowel brede straten en wijkwegen als veel openbaar groen. Als gevolg van bezuinigingen in het groenbeheer is veel van dat openbaar groen weer geplaveid (met name jaren '80 en '90). Logischerwijs zijn het déze wijken (typen stadserf, strokenbouw) waar veel winst is te halen in het (opnieuw) vergroenen dan wel ontharden. Dit effect is gelegen in zowel het relatief veel voorkomen van ruimte die onthard kunnen worden als wel de omvang van die plekken.

### 6.2 Conclusies ten aanzien van de resultaten

- In de huidige situatie hebben de oudste delen van de stad – de binnenstad en de bebouwing tot 1940 die direct aansluit op de binnenstad – het meeste verhard oppervlak. In de huidige situatie is het verharde oppervlak in Nijmegen gemiddeld 38%. In de binnenstad loopt dit op tot 54%. In Utrecht is het gemiddeld 47%, met uitschieters tot 70%. Uit het basisscenario blijkt dat als het gaat om ontharding, al met relatief eenvoudige maatregelen die tot de reguliere mogelijkheden behoren, veel bereikt kan worden. Voorwaarde is wel dat ze grootschalig worden ingevoerd.
- In het basisscenario daalt het aandeel verharding in Nijmegen gemiddelde tot onder de 16%, terwijl het in Utrecht het verhard oppervlak daalt tot net boven de 25%. De oudste delen van de stad, de binnenstad en de delen van de stad met bebouwing tot 1940 blijven het meest verharde deel van de stad, maar relatief gezien worden daar wel de grootste klappen gemaakt.
- Voor wat betreft het basisscenario hebben de maatregelen vooral betekenis voor de thema's Gezondheid en Water en Klimaat. Voor de andere thema's is de betekenis in het basisscenario minder groot. De maatregelen in het plusscenario versterken de betekenis op alle thema's. Alleen blijft het voor circulariteit wel zoeken naar de waarde. Die zal mogelijk via de weg van extra biomassaproductie wel gevonden kunnen worden. Vanuit het beheeroogpunt ontstaan er wel extra vragen over hoe de onderhoudskosten beheersbaar blijven. Mogelijk bieden zelfbeheer en in de aanleg rekening houden met het beheer enigszins een oplossing.
- Nijmegen staat in de top van de groenste grote steden in Nederland, Utrecht juist onderaan dit lijstje. Opvallend in de totaalresultaten voor afname verharding en toename groen is dat deze resultaten elkaar niet significant ontlopen in het basisscenario. Dit wordt veroorzaakt door het feit dat de maatregelen zich vooral richten op de openbare ruimten op wijk- en stadsdeelniveau. Nijmegen heeft significant meer grote groengebieden op het schaalniveau van de gehele stad c.q. bebouwde kom gezien. Die grote groengebieden zijn logischerwijs buiten beschouwing gebleven in voorliggend onderzoek.

### 6.3 Aanbevelingen met betrekking tot de werkwijze

- Bij het in beeld brengen van de verharding is er voor gekozen om een bestaande GIS-werkwijze aan te sluiten die aan pixels (verhard/onverhard) een invloedssfeer toekent. Dit betekent dat de waarde van de pixel ook uitstraalt naar naastgelegen pixels. Onder meer vanuit de thema's gezondheid, water & klimaat en leefbaarheid, is dit een logische insteek. Gevolg van deze keuze is dat het absolute aandeel verhard oppervlak genivelleerd worden. Concreet betekent dat het absolute percentage verhard oppervlak lokaal hoger is en dat dat niet terug te zien is op de kaarten. Dit doet echter niets af aan het feit dat met de maatregelen een substantiële ontharding mogelijk is, noch aan de impact van de maatregelen. Aanbevolen wordt om in mogelijk vervolgonderzoek dieper in te gaan op de verschillende insteeken die gekozen kunnen worden bij het in kaart brengen van het verhard oppervlak en de betekenis van de gemaakte keuze.

- In het onderzoek is veelvuldig gebruik gemaakt van *expert-judgements*. Hierbij is gekozen om mensen op papier te laten reageren. Als gevolg hiervan blijkt het moeilijker richting te geven aan de experts. Een alternatief is beter betrekken vanaf het begin. Uit kostenoverwegingen en tijd is gekozen om dit niet te doen. Daarnaast kan een alternatief zijn om een workshop met de experts te organiseren. Nadeel is dan dat sommigen meer het woord nemen dan anderen, waardoor bepaalde fragmenten informatie later alsnog apart moet worden ingewonnen. Het verkrijgen van de juiste *expert-judgements* vroeg meer tijd dan voorzien. Aanbevolen hiervoor meer tijd in te ruimen om de juiste reactie te krijgen. Mogelijk door bijvoorbeeld naast een geschreven reactie te vragen ook de experts te interviewen.
- In de cases zijn de gemeente Nijmegen en de gemeente Utrecht onderwerp van onderzoek geweest. Beide steden hebben uitgebreide nieuwbouwwijken die nog volop in ontwikkeling zijn; Waalsprong bij Nijmegen en Leidsche Rijn bij Utrecht. Het blijkt dat de gebruikte kaarten en gegevens uit verschillende jaren stammen. Hierdoor zijn ze niet helemaal over elkaar te leggen, en zouden er een aantal extra bewerkingsslagen gemaakt moeten worden. Deze slagen zijn zeer wel mogelijk, maar uit praktische overwegingen is er uiteindelijk in dit project er voor gekozen om zowel de Waalsprong en als Leidsche Rijn niet in de kaarten op te nemen. Onze inschatting is dat dit geen grote gevolgen heeft voor de verdere werkwijze en evenmin veel invloed heeft op de resultaten. Te meer omdat het zich op stedenbouwkundig typologie zich toch meer uit middelt. Bovendien zijn veel voorgestelde maatregelen, met name voor het basisscenario in die wijken gemeengoed.

#### 6.4 Aanbevelingen voor toekomstig gebruik in de praktijk

- De in deze studie doorgevoerde maatregelen kunnen op korte termijn en tegen relatief lage investeringen worden doorgevoerd in het gemeentelijk beleid. Het zijn dan ook maatregelen die niet zozeer op theoretische mogelijkheden zijn gebaseerd maar zijn geënt op concrete ervaring in de gemeentelijke praktijk. Aan de hand van meerjarenplanningen voor bij voorbeeld riolering, groenbeheer en ondergrondse kabelnetwerken kunnen veel effecten voor ontharden en vergroenen zonder veel meerkosten worden meegenomen.
- De gevolgde systematiek werkt en biedt relatief makkelijk toe te passen gereedschap om een bijdrage te leveren aan een meer duurzame openbare ruimte, gezien vanuit meerdere thema's en aspecten zoals klimaatadaptatie, gezondheid, leefbaarheid, biomassa en beheer.
- De gevolgde systematiek behoeft op bepaalde plekken aanpassing om met name een grotere mate van precisie dan wel detaillering te verkrijgen en om een hogere mate van toegankelijkheid te verkrijgen voor de toepassing in bij voorbeeld ateliers of andere interactieve werkvormen met bij voorbeeld gemeentelijke opdrachtgevers.

## 7. Bronvermelding

### Literatuurlijst

- Ahern, J., 2007. Green infrastructure for cities: the spatial dimension, V. Novotny, P. Brown (Eds.), *Cities of the future: Towards integrated sustainable water and landscape management*, IWA Publishing, London (2007), pp. 267–283
- Andersson, E., Barthel, S., Borgstrom, E., 2014. Reconnecting Cities to the Biosphere: stewardship of Green Infrastructure and Urban Ecosystem Services, *AMBIO* 2014 43: 445-453, doi. 10.1007/s13280-014-0506-y, 2014
- Bacchin, T. K., Ashley, R., Veerbeek, W., Berghauser Pont, 2013. A multi-scale approach in the planning and design of water sensitive environments. *Proceedings of the 8th International Conference Novatech 2013, 22-27 June, 2013, Lyon, France*
- Bacchin T.; Ashley R.; Veerbeek W.; Berghauser Pont M., 2014. A multi-scale approach in the planning and design of water sensitive environments, 2014, GRAIE, Lyon
- Barnes, T., 2000. *Landscape Ecology and Ecosystems Management*, FOR-76, 2000
- Bartelds, H.J. & Roo, G. de, 1995. *Dilemma's van de compacte stad. Uitdagingen voor het beleid.* 's Gravenhage
- Berto, R. (2014). The role of nature in coping with psycho-physiological stress: a literature review on restorativeness. *Behavioral sciences*, 4(4), 394-409
- Braaker S, et al., 2012. Urban connectivity. Enhance. Enhancing ecosystem connectivity through intervention—benefits for nature and society? Final Report. Swiss Federal Research Institute. 2012;57-62
- Benedict, Mark A. and McMahon, Edward T., 2002. *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*. Washington, D.C., Sprawl Watch Clearing House. May 2002
- Burghardt, W., 2006. Soil Sealing and Soil Properties Related to Sealing. *Geological Society, London, Special Publications 266*, pp. 117–124
- CBS, 2015. *Demografische kerncijfers per gemeente 2015*. CBS, Den Haag/Heerlen/Bonaire.
- Chermack, T.J., S.A. Lynham, 2002. Definitions and Outcome Variables of Scenario Planning, *Human Resource Development Review*, Vol. 1, NO. 3 (2002), 366-383
- Costa, L.M.S.A., Soares, F.F., 2009. Open space and connectivity in landscape design, *ISOCARP paper platform*, 2009
- Dammers, E., Hinsberg, A. van, Vader, J., Wiersinga, W., 2011. Scenario-ontwikkeling voor het natuurbeleid. *Landschap* 28 (4): 183-191, 2011
- Davies, C, McGloin, C, MacFarlane, R & Roe, M., 2006. *Green Infrastructure Planning Guide Project: Final Report*.
- Dijkstra, L., Poelman, H., 2012. Cities in Europe –the new OECD-EC definition, RF 01/2012, OECD, 2012
- EEA, 2011. *Green infrastructure and territorial cohesion The concept of green infrastructure and its integration into policies using monitoring systems*, EEA Technical report No 18/2011
- Ekkel, E. D., & de Vries, S. (2017). Nearby green space and human health: Evaluating accessibility metrics. *Landscape and Urban Planning*, 157, 214-220
- Europese Commissie, 2011. *Cities of tomorrow – challenges, visions, ways forward*. Luxemburg. ISBN: 978-92-79-21307-6
- Fonteijn, R.J., Arnouts, R.C.M., Kuindersma, W., Breman, B.C, 2010. *Leren van Krimp, - Vraagsturing in de pilots Gebrookerbos (Heerlen) en Groen voor Rood (Delfzijl)*, Alterra, 2010
- Forman, R.T.T. and Godron, M., 1986. *Landscape ecology*. John Wiley, New York, 1986
- Forman, R.T.T., 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Gascon, M., Triguero-Mas, M., Martínez, D., Dadvand, P., Rojas-Rueda, D., Plasència, A., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2016). Residential green spaces and mortality: a systematic review. *Environment international*, 86, 60-67
- Gemeente Nijmegen, 2007. *De Groene Draad; Kansen voor het Nijmeegse groen*. Gemeente Nijmegen, Nijmegen.
- Gemeente Utrecht, 2007. *Groenstructuurplan Utrecht; Stad en land verbonden*. Gemeente Utrecht, Utrecht.
- Gehrels, H., S. van der Meulen, F. Schasfoort, P. Bosch, R. Brolsma, D. van Dinther, G. Geerling, M. Goossens, C. Jacobs, M. de Jong, S. Kok, H. Massop, L. Osté, M. Pérez-Soba, V. Rovers, A.

- Smit, P. Verweij, B. de Vries and E. Weijers, 2016. Designing green and blue infrastructure to support healthy urban living. TO2 federatie
- Gökyer, E., 2013. Understanding Landscape Structure Using Landscape Metrics, Intech, 2013
  - Goodall, B., 1987. The Penguin Dictionary of Human Geography. London: Penguin.
  - Hansen, R. & Pauleit, 2014. From Multifunctionality to Multiple Ecosystem Services? A Conceptual Framework for Multifunctionality in Green Infrastructure Planning for Urban Areas, *S. AMBIO* (2014) 43: 516
  - Hartig, T., Mitchell, R., De Vries, S., & Frumkin, H. (2014). Nature and health. *Annual Review of Public Health, 35*, 207-228
  - Hattum, T. van, Blauw, M., 2016. Towards Water Smart Cities, EIT Climate Kic, 2016
  - Jacobs, C.M.J., I. La Rivière and H. Goosen, 2014. Cool Water Tool. *Landschap* 2014/3: 132-138
  - James, P., Hart, J. E., Banay, R. F., & Laden, F. (2016). Exposure to greenness and mortality in a nationwide prospective cohort study of women
  - Jansson, M., 2014. Green space in compact cities: the benefits and values of urban ecosystem services in planning, *Nordic Journal of Architectural Research* 2:2014 p139-152
  - Jim, C.Y., (2013). Sustainable urban greening strategies for compact cities in developing and developed economies. *Urban Ecosystems* (Springer, New York) 16: 741-761
  - Kennis voor Klimaat, 2011. Hittestress in Rotterdam. KVK-rapportnummer KvK/039/2011. ISBN: 978-94-90070-44-1
  - Klemm, W., B. G. Heusinkveld, S. Lenzholzer, M. H. Jacobs and B. Van Hove, 2015. Psychological and physical impact of urban green spaces on outdoor thermal comfort during summertime in The Netherlands. *Building and Environment* 83: 120-128
  - Kok, J. & Wijk, F. van. 1986. Haalbaarheid compacte stad. *Verkenningen in planologie en demografie*, 37-16
  - Kooiman, N., et al. 2016. Regionale bevolkings- en huishoudensprognose 2016-2040: sterke regionale verschillen. PBL/CBS, Den Haag/Heerlen/Bonaire
  - Kowe, P., Pedzisai, E., Gumindoga, W., Rwasoka, D.T., 2014. An analysis of changes in the urban landscape composition and configuration in the Sancaktepe District of Istanbul Metropolitan City, Turkey using landscape metrics and satellite data, *Geocarto International*, DOI: 0.1080/10106049.2014.905638
  - Kuper, A. and Kuper, J., (eds), 1996. *The Social Science Encyclopedia*. 2nd edition. London: Routledge.
  - Kuypers, V.H.M. & E.A. de Vries, 2007. *Groen voor Lucht. Van theorie naar groene praktijk, toepassingen om de lucht te zuiveren*. Wageningen, Publicatie van ministerie van LNV en Alterra.
  - Laforteza, R, Davies, C, Sanesi, G., Konijkendijk, C.C., 2013. Green Infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions, *iForest*, vol. 6, 2013, pp. 102-108
  - Maas, J., Verheij, R. A., Groenewegen, P. P., De Vries, S., & Spreeuwenberg, P. (2006). Green space, urbanity, and health: how strong is the relation?. *Journal of epidemiology and community health, 60*(7), 587-592
  - Maas, J., Verheij, R. A., de Vries, S., Spreeuwenberg, P., Schellevis, F. G., & Groenewegen, P. P. (2009). Morbidity is related to a green living environment. *Journal of epidemiology and community health, 63*(12), 967-973
  - Manins, P.C., Cope, M.E., Hurley, P.J., Newton, P.W., Smith, N.C., Marquez, L.O., 1998. The impact of urban development on air quality and energy use, *Proceedings of the 14th International Clean Air and Environment Conference* (1998) Melbourne, Australia, 19-22 October 1998, pp. 331-337
  - McDonald, et al., 2014. Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure. *Global Environmental Change, 2014/27*, pp.96-105
  - Mitchell, R., & Popham, F. (2008). Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *The Lancet, 372*(9650), 1655-1660
  - Mitchell, R. J., Richardson, E. A., Shortt, N. K., & Pearce, J. R. (2015). Neighborhood environments and socioeconomic inequalities in mental well-being. *American journal of preventive medicine, 49*(1), 80-84
  - M'Ikiugu, M. M., Kinoshita, I., & Tashiro, Y., 2012. Urban Green Space Analysis and Identification of its Potential Expansion Areas. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 35* (December 2011), 449- 458. doi:10.1016/j.sbspro.2012.02.110
  - Ministerie van VROM, 2004. *Leefbaarheid van wijken*. Amsterdam, RIGO Research en Advies
  - Nabielek, K. et al., 2012. Stedelijke verdichting: een ruimtelijke verkenning van binnenstedelijk wonen en werken, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving



- Neal, Z., 2013. The connected city –Networks are shaping the modern metropolis, Routledge, New York, 2013
- Science for Environment Policy, 2015. Indicators for Sustainable cities, In-depth Report 12, Produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol
- OECD, 2013. Definition of Functional Urban Areas (FUA) for the OECD metropolitan database, OECD, 2013
- Ortega-Alvarez, R., MacGregor-Fors, I., 2009. Living in the big city: Effects of urban land use on bird community structure, diversity and composition, *Landscape and Urban Planning* 90:189-95, doi 10.1016/j.landurbplan.2008.11.003, 2009
- PBL, 2009. Ruimtelijke ontwikkelingen in het stedelijk gebied. Dynamiek stedelijke milieus 2000-2006, Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Den Haag/Bilthoven, 2009
- PBL, 2011. Nederland in 2040: een land van regio's. Ruimtelijke Verkenning 2011, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- PBL, 2013. Scenario's maken voor milieu, natuur en ruimte: een handreiking, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving
- PBL, 2016. De innovatieve stad, Planbureau voor de Leefomgeving Den Haag, 2016
- Rovers, V., et al., Climate Proof Cities–Final Report. Knowledge for Climate, Report 129/2014
- Rutte, R., Abrahamse, J.E., 2014. Atlas van de verstedelijking in Nederland - 1000 jaar ruimtelijke ontwikkeling, TOTH, Rijksdienst voor het Cultureel Erfgoed, 2014
- Scalenghe R., & F. Ajmone-Marsan, 2009. The anthropogenic sealing of soils in urban areas. *Landscape and Urban Planning*. 90, pp.1-10
- Schwartz, P., 1991. *The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World*, Currency Doubleday, New York.
- Science for Environment Policy, 2012. The Multifunctionality of Green Infrastructure. Brussels: European Commission's Directorate-General Environment. In-depth Report March 2012
- Shah Md. Atiqul Haq, 2011. Urban Green Spaces and an Integrative Approach to Sustainable Environment, *Journal of Environmental Protection*, 2011, 2, 601-608, doi: 10.4236/jep.2011.25069
- Steeneveld, G. J., S. Koopmans, B. G. Heusinkveld and N. E. Theeuwes, 2014. Refreshing the role of open water surfaces on mitigating the maximum urban heat island effect. *Landscape Urban Plan.* 121: 92-96
- Timmermans, W et al., 2015. *The Rooted City –European Capitals and their connection with the landscape*, Blauwdruk, 2015
- Torrieri, F., Nijkamp, P., 2009. Scenario analysis in spatial impact assessment: a methodological approach, Serie research memoranda, 2009-26, Vrije Universiteit Amsterdam, Facultad de Económicas y Administración de Empresas.
- Veenhoven, R. (2013). The four qualities of life ordering concepts and measures of good life. In: *The Exploration of Happiness* (pp. 195-226). Springer, The Netherlands
- Venn, S., 2001. *Development of Urban Green Spaces to Improve the Quality of Life in Cities and Urban Regions*, URGE, 2001
- Visschedijk, P.A.M. & M. Huizinga, 2009. Groene Meters III. Analyse van het stedelijke groen in de G31-steden. Wageningen, Alterra. Alterra-rapport 1919.
- Vreke, J., Salverda, I.E., & Langers, F., 2010. *Niet bij rood alleen: buurtgroen en sociale cohesie*. Wageningen Alterra, Alterra-rapport 2070
- Vries, S. de, van Dillen, S. M., Groenewegen, P. P., & Spreeuwenberg, P. (2013). Streetscape greenery and health: stress, social cohesion and physical activity as mediators. *Social Science & Medicine*, 94, 26-33
- Vries, S. de, ten Have, M., van Dorsselaer, S., van Wezep, M., Hermans, T., & de Graaf, R. (2016). Local availability of green and blue space and prevalence of common mental disorders in the Netherlands. *British Journal of Psychiatry Open*, 2(6), 366-372
- Vries, S. de, 2016. Van Groen Naar Gezond: mechanismen achter de relatie groen–welbevinden; Stand van zaken en kennisagenda. Wageningen, Alterra Wageningen UR, Alterra-rapport 2714.
- Woestenburg, M., Spönhof, N. & Visschedijk, P.A.M., 2010. *4D: de vierde dimensie: steden op weg naar menselijk groen*. Wageningen, Alterra. ISBN 970 90 327 0383 7
- Wong, T.H.F. and Brown, R.R., 2009. The water sensitive city: principles for practice. *Water Science and Technology*, 60(3), pp.673-682
- World Economic Forum, 2015. Global Risk Report 2015

#### *Geraadpleegde websites*

- <http://wetten.overheid.nl/BWBR0023798/2015-07-01>
- <http://www.clo.nl/indicatoren/nl1192-beschrijving-van-stedelijk-gebied>
- <http://www.clo.nl/indicatoren/nl0063-stedelijk-gebied-in-nederland>
- <https://www.cbs.nl/nl-nl/onze-diensten/methoden/begrippen>
- <http://www.landscapeandurbanism.com/category/green-roofs/>
- <http://fotos.serc.nl/gelderland/nijmegen/nijmegen-31915/>
- <http://www.nieuwdelft.nl/deelgebieden/van-leeuwenhoekpark/>
- [http://a2maastricht.nl/data/files/alg/id879/A2-Symposium\\_boekje%20DEF.pdf](http://a2maastricht.nl/data/files/alg/id879/A2-Symposium_boekje%20DEF.pdf)

## Bijlagen

## Bijlage 1 Betrokken experts

Lijst van betrokken experts:

- Gezondheid: Dr. S. de Vries
- Water & Klimaat: Ir. Ing. Tim van Hattum
- Water & Klimaat: Dr. Ir. C.M.J. Jacobs
- Circulariteit: Dr. Ir. W. de Haas
- Leefbaarheid: Drs. P.A.M. Visschedijk
- Biomassa & Beheer: Ir. J.H. Spijker



## Bijlage 2 Resultaten van de ontharding in Nijmegen en Utrecht

### Nijmegen:

Type	huidige situatie (in %)				
	groen	water	verhard	overig kaal	ha bomen
bedrijven	43.56%	12.15%	29.34%	14.94%	20.73%
centrum	19.40%	12.95%	53.95%	13.71%	11.39%
tot 1940	41.04%	2.94%	45.44%	10.58%	20.63%
tot 1970	53.40%	1.44%	37.81%	7.34%	28.24%
tot1990	48.34%	7.18%	38.16%	6.32%	22.57%
<b>Totaal</b>	<b>46.58%</b>	<b>5.53%</b>	<b>38.43%</b>	<b>9.46%</b>	<b>23.34%</b>

Type	Basisscenario (in %)				
	groen	water	verhard	overig kaal	bomen
bedrijven	55.68%	12.15%	17.22%	14.94%	29.19%
centrum	44.04%	12.95%	29.31%	13.71%	14.79%
tot 1940	62.30%	2.94%	24.18%	10.58%	27.19%
tot 1970	79.03%	1.44%	12.18%	7.34%	40.09%
tot1990	75.59%	7.18%	10.91%	6.32%	22.58%
<b>Totaal</b>	<b>69.08%</b>	<b>5.53%</b>	<b>15.93%</b>	<b>9.46%</b>	<b>30.47%</b>

Type	Verandering (in %)		
	groen	bomen	verhard
bedrijven	12.12%	8.45%	-12.12%
centrum	24.64%	3.40%	-24.64%
tot 1940	21.27%	6.56%	-21.27%
tot 1970	25.63%	11.84%	-25.63%
tot1990	27.25%	0.00%	-27.25%
<b>Totaal</b>	<b>22.50%</b>	<b>7.12%</b>	<b>-22.50%</b>

Utrecht:

Type	Huidige situatie (in %)				
	groen	water	verhard	overig kaal	ha bomen
bedrijven	36.67%	8.86%	41.74%	12.73%	11.30%
centrum	20.83%	5.48%	69.49%	4.20%	16.80%
tot 1940	31.38%	4.25%	58.35%	6.01%	14.66%
tot 1970	42.57%	15.46%	37.05%	4.91%	20.06%
tot1990	46.78%	5.44%	40.45%	7.33%	22.49%
<b>Totaal</b>	<b>37.95%</b>	<b>6.37%</b>	<b>47.16%</b>	<b>8.52%</b>	<b>16.29%</b>

Type	Basisscenario (in %)				
	groen	water	verhard	overig kaal	bomen
bedrijven	54.50%	8.86%	23.91%	12.73%	25.84%
centrum	62.80%	5.48%	27.52%	4.20%	26.71%
tot 1940	60.45%	4.25%	29.28%	6.01%	18.54%
tot 1970	63.08%	15.46%	16.55%	4.91%	44.69%
tot1990	64.35%	5.44%	22.88%	7.33%	44.90%
<b>Totaal</b>	<b>59.93%</b>	<b>6.37%</b>	<b>25.18%</b>	<b>8.52%</b>	<b>30.18%</b>

Type	Verandering (in %)		
	groen	bomen	verhard
bedrijven	17.83%	14.54%	-17.83%
centrum	41.97%	9.91%	-41.97%
tot 1940	29.07%	3.88%	-29.07%
tot 1970	20.51%	24.63%	-20.51%
tot1990	17.57%	22.41%	-17.57%
<b>Totaal</b>	<b>21.98%</b>	<b>13.89%</b>	<b>-21.98%</b>