

Ontwerpen aan een klimaatbestendige stadsregio

Hogeschool Van Hall – Larenstein

Dick van Dorp, Ad Koolen & Wim Timmermans

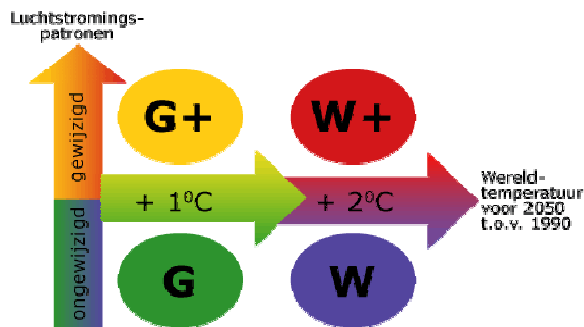


Inleiding

De aarde is sinds 1900 gemiddeld bijna 1 graad Celsius warmer geworden (IPCC 2007). Dit wordt vrijwel zeker veroorzaakt door de sterke toename in het mondiale gebruik van fossiele brandstoffen zoals kolen, olie en gas. Wat miljoenen jaren in de ondergrond zat opgesloten, wordt in een steeds sneller tempo gewonnen, opgestookt en omgezet in het broeikasgas kooldioxide CO₂.

Tot het eind van deze eeuw wordt een verdere wereldgemiddelde temperatuurstijging verwacht die tussen de 1,1 en 6,4°C ligt (t.o.v. 1990). De grote range wordt veroorzaakt door onzekerheden in de totale uitstoot van broeikasgassen en onzekerheden over de terugkoppelingen in het klimaatsysteem, die het effect daarvan kunnen versterken of verzwakken. De poolgebieden warmen in de projecties het snelste op, ook woestijnen en grote landmassa's worden sneller warmer dan het gemiddelde.

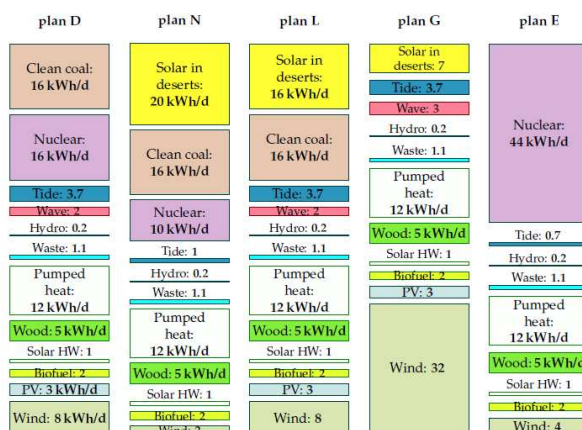
De KNMI heeft in 2006 scenario's opgesteld die zijn gebaseerd op dezelfde klimaatmodellen en die uitgaan van een wereldgemiddelde opwarming van 1°C (G=Gematigd) en 2°C (W=Warm) in 2050. De plus betek ent dat de winters zachter en natter worden door meer westenwind en de zomers warmer en droger worden door meer oostenwind.



Volgens alle scenario's zet de opwarming door en krijgen we vaker te maken met zachte winters en warme zomers. De winters worden gemiddeld natter en ook extreme neerslaghoeveelheden komen vaker voor. De hevigheid van extreme regenbuien in de zomer neemt toe, maar het aantal zomerse regendagen wordt juist minder. De zeespiegel blijft stijgen.

Deze scenario's maken eens te meer duidelijk de noodzaak voor het nemen van maatregelen om de opwarming van de aarde te bestrijden (ondanks de beleidsvoornemens van het nieuwe kabinet Rutte-Verhagen). Ook de (morele) noodzaak tot het *afkicken* van onze verslaving aan het gebruik van eindige (*non-renewable*) voorraden aan fossiele brandstoffen wordt steeds meer onderkend. Afkicken betekent omschakelen naar een (*low carbon*) economie die grotendeels draait op duurzame vernieuwbare (*renewable*) energiebronnen zoals biobrandstoffen, zonne-energie, aardwarmte, waterkracht ed.

MackKay (2009) heeft voor Groot-Brittannië een vijftal interessante energieplannen opgesteld op basis van een verschillende mix van "schone" kolen, kernenergie, en alternatieve energiebronnen. Hierin maakt hij duidelijk dat aan welke keuze dan ook grote consequenties (maatschappelijk, ruimtelijk, ecologisch etc.) verbonden zijn.



De vraag is hoeveel tijd we (nog) hebben om deze transitie te kunnen realiseren. Afhankelijk van de deskundige en zijn opvattingen varieert deze van slechts jaren (alarmisten) tot enkele decennia (realisten).

Voorlopig kunnen we ervan uitgaan dat in Nederland perioden met hevige neerslag, droogte en zelfs hittegolven vaker zullen gaan voorkomen. Ook moeten we de komende decennia - bij een stijgende zeespiegel - blijven investeren in een robuuste kustverdediging en een veilige afvoer van rivierwater om het risico van overstromingen (*flooding*) beperkt te houden. Extreme weersomstandigheden zullen grote gevolgen gaan hebben op ons dagelijkse leven, en dan met name in stedelijke gebieden. Meer dan driekwart van alle inwoners woont tegenwoordig in stedelijke gebieden (op wereldschaal, sinds 2007 meer dan de helft!).

In dit kader is het dan ook van het grootste belang om onze steden klimaatbestendig (*sustainable city*) te maken, nu en voor later. Om ervoor te zorgen dat allerlei systemen nu goed functioneren en dat ook blijven doen als het klimaat verandert. Daartoe is het belangrijk dat er op twee fronten (en wel gelijktijdig) actie wordt ondernomen: zowel de *oorzaken* als de *effecten* van de opwarming moeten worden aangepakt.

[Klimaatbestendigheid kan worden beschouwd als resultante van de eigenschappen weerstand (*resistance*), veerkracht (*resilience*) en aanpassingsvermogen (*adaptability*). Weerstand is nodig om extreme omstandigheden te kunnen weerstaan. Veerkracht is vereist om snel te kunnen herstellen zodra de omstandigheden weer normaal zijn. Onzekerheid over met name de omvang en tempo van klimaatverandering vragen daarnaast een goed aanpassingsvermogen. Definities zijn van het Nationaal Programma Adaptatie Ruimte en Klimaat]

Bij het eerste gaat het om het zoveel mogelijk voorkómen van klimaatverandering. De term *mitigatie* wordt in dit kader gebruikt voor maatregelen die gericht zijn op het beperken van klimaatverandering door emissies van broeikasgassen (kooldioxide-CO₂, methaan-CH₄, lachgas-N₂O en een aantal fluorverbindingen) te verminderen. Mitigatie is mogelijk door het reduceren van broeikasgasemissies, CO₂-afvang en –opslag, het voorkómen van ontbossing en door herbebossing te stimuleren. Bij mitigatie is sprake van een mondiale aanpak met mondiale effecten. De kosten zijn hoog terwijl de baten pas op de lange termijn merkbaar zullen zijn.

Bij het tweede gaat het om het aanpassen aan de gevolgen van klimaatverandering door het nemen van *adaptieve* maatregelen. Adaptatie aan klimaatverandering is het proces waardoor samenlevingen de kwetsbaarheid voor klimaatverandering verminderen of waardoor zij profiteren van de kansen die een veranderend klimaat biedt. Hierbij kunnen we denken aan groene daken en groene gevels die binnenshuis de hitte beperken en daarmee ook het energieverbruik door airco's verminderen. 's Winters kun je op die manier huizen beter isoleren. Groen tegen de zuidgevel kan leiden tot een aangename binnenklimaat en de warmte-uitstraling van een gebouw beperken. Adaptatie houdt ook in het investeren in waterveiligheid zoals de rivier weer de ruimte geven en het vasthouden van water in tijden van schaarste.

Uit het bovenstaande blijkt al dat het klimaatbestendig maken van Nederland een formidabele opgave is, die urgent is, offers vraagt maar ook interessante kansen biedt. Tal van instrumenten, concepten en strategieën zijn reeds ontwikkeld om die klimaatbestendigheid vorm te geven. Het is nu vooral een kwestie van bewust worden (*awareness raising*), moed en lef tonen om die instrumenten en ideeën op te pakken en op concrete opgaven toe te passen. En dat is precies wat studenten van Hogeschool Van Hall Larenstein wordt geleerd.

Think global, act local

Zo luidt het motto van de opgave die eind 2009 door de Stadsregio Arnhem-Nijmegen is aangereikt om de stadsregio klimaatbestendig in te richten waarbij rekening moet worden gehouden met functies als wonen, werken, recreatie, (wildernis)natuur en (stads)landbouw.

De opgave komt voort uit het Europese samenwerkingsproject "*Future Cities*". Een aantal samenwerkende Europese steden, waaronder Arnhem en Nijmegen, zoekt naar structurele oplossingen voor de wateroverlast en oververhitting in steden. Dit doen zij ondermeer door de inzet van water, groen, alternatieve energiebronnen in combinatie met een passende vormgeving voor de stad. Bij de inrichting worden zowel mitigerende als adaptieve maatregelen ingezet.

[Stadsregio Arnhem-Nijmegen - een samenwerkingsverband tussen twintig gemeenten - www.destadsregio.nl en het groene kennisinstituut Alterra van Wageningen Universiteit and Research Centre (WUR). Zij onderzoeken samen met andere Europese partners in een Europees Interreg IVB-project genaamd *Future Cities* hoe we anders moeten omgaan met water, groen en energie. Zie: www.future-cities.eu]

Studenten van de majors *Landschapsarchitectuur*, *Bos- en Natuurbeheer* en *Land- en watermanagement* hebben als een adviesbureau gewerkt aan diverse voorstellen voor het klimaatbestendig maken van de stadsregio. Eerst is een analyse volgens de lagenbenadering gemaakt, zijn relevante thema's en referenties bestudeerd, is een visie opgesteld en ten slotte is een masterplan voor een klimaatbestendig stadsregio opgesteld. Op een gedetailleerder schaalniveau zijn vervolgens deelgebieden en thema's uitgewerkt. Docenten van Hogeschool Van Hall-Larenstein treden op als coach en als expert. De resultaten zijn in de vorm van rapporten gepubliceerd.

Het projectgebied bestaat uit de Stadsregio Arnhem-Nijmegen en wordt begrensd in het noorden en zuiden door resp. de stuwwallen van de Veluwe en Nijmegen-Kleef met de rivieren de Neder-Rijn en Waal, in het oosten het Rijnstrangengebied en in het westen door de lijn Opheusden - Druten.

Het is de bedijkte en ontgonnen overstromingsvlakte van de grote rivieren Maas, Waal en Neder-Rijn met zijn karakteristieke hoger gelegen oeverwallen en stroomruggen en de lager gelegen komgronden. De winterdijken (*bandijken*) markeren de grens tussen de buitendijks gelegen (veelal onbewoonde) uiterwaarden en de binnendijks gelegen dorpen en steden en landbouwgronden. In de uiterwaarden liggen vaak nog herkenbaar in het landschap de (restanten van) oude nevengeulen (figuur 1).

Landschapstructuurkaart



Figuur 1. Landschapsstructuurkaart van het projectgebied. [Bron: Stadsgroente, 2010]

In deze brochure worden de belangrijkste resultaten van deze studentonderzoeken rondom drie thema's belicht, te weten:

- Investeren in waterveiligheid
- Reductie van het hitte-eiland effect
- Transitie naar duurzame energie



Investeren in waterveiligheid

De opgave

De Deltacommissie (2008) schrijft in haar adviesrapport aan de regering dat er rekening moet worden gehouden met een relatieve zeespiegelstijging van 0,65 tot 1,30 meter in **2100**. De temperatuurstijging en veranderende luchtcirculatie leiden voor de Rijn tot afnemende zomer- en toenemende winterafvoeren. Voor de maximale afvoer van de Rijn moet rond **2100** rekening worden gehouden met ongeveer 18.000 m³/s. (huidige maatgevende afvoer is 16.000 m³/s).

Een stijgende zeespiegel, afnemende rivierafvoeren in de zomer, langduriger droogteperioden en indringend zout water via de rivieren en het grondwater zetten de zoetwatervoorziening van het land onder druk. Dit leidt tot schadelijke gevolgen voor de drinkwatervoorziening, landbouw, scheepvaart en (koel)water gerelateerde economische sectoren.

Wezenlijk is daarbij dat de uitdagingen waar Nederland de komende eeuwen voor staat niet in de eerste plaats het karakter hebben van een bedreiging, maar juist ook nieuwe perspectieven bieden. Het aanpassen van de inrichting van ons land aan de gevolgen van klimaatverandering schept nieuwe mogelijkheden en het werken met water biedt uitgelezen kansen voor innovatieve ideeën en toepassingen. Waar water is, kan nieuwe natuur tot leven komen. Water trekt mensen: aan of op het water willen we graag wonen en recreëren. Met water kan voedsel worden voortgebracht en energie worden opgewekt. Waterkeringen kunnen als transportassen worden ingericht.

Het WL | delft hydraulics (2007) heeft vooruitlopend op het advies van de Deltacommissie een aantal strategische beleidsalternatieven ontwikkeld voor de situatie in **2040**. Het gaat daarbij om het sturen op *overstromingskansen* door waterkeren en/of ruimte voor water (bergen of geleid afvoeren):

1. beter *beschermen*, waar economisch verantwoord;
2. water meer ruimte geven en landgebruik aanpassen (*ruimte voor water/ leven met water*);
3. verschuiven van ontwikkelingen naar de hogere delen van Nederland met voortzetting van huidig beschermingsbeleid (*voorzichtig terugtrekken*);
4. verschuiven van ontwikkelingen naar de hogere delen van Nederland en helemaal stoppen met dijkverhoging (*volledig terugtrekken*).

Met dit toekomstbeeld als achtergrond zijn de studenten aan de slag gegaan.

In de visies van de studenten krijgen de eerste twee strategieën volop aandacht, voorzichtig of volledig terugtrekken komen slechts beperkt of nog niet in beeld. Ze gaan daarin dus verder dan het vigerende beleid. Buitendijks worden dijken teruggelegd daar waar er ruimte is, en wordt extra doorstroomprofiel gecreëerd door het aantakken van oude strangen en door de aanleg van nevengeulen (figuur 2 links). Binnendijks wordt de Linge de nieuwe

brede verbindende as voor de berging van gebiedseigen water. De kommen krijgen grotendeels weer de functie van waterberging terug (figuur 2 rechts).



Figuur 2. Masterplannen voor de Stadsregio Arnhem-Nijmegen [Bronnen: links Buro 2 Vlechtend riviereengebied en rechts: Bureau Vier! De dijk voorbij].

Vanuit dergelijke visies zijn op een lager schaalniveau een drietal planvoorstellen ontwikkeld die de moeite waard zijn om nader te bespreken.

1. Huidige winterdijk veranderen in een klimaatdijk.

In het plan “De dijk voorbij” wordt de bestaande Waalbandijk van Weurt tot aan de A50 bij Ewijk getransformeerd tot een klimaatdijk en is een voorbeeld van de strategie *beter beschermen*.



Figuur 3. Masterplan voor de zuidelijke Waaloever tussen Weurt en Ewijk met de klimaatdijk als verbindend element (paars aangegeven) [Bron: Bureau VIER! Rapport De dijk voorbij.]

Een Klimaatdijk wordt hier gedefinieerd als een *verzamelterm van inrichtingsvormen waarbij de waterkering zo robuust is dat deze niet doorbreekt en dus blijvende veiligheid biedt*. Het concept van de Klimaatdijk richt zich op een dijk waarover enige golfoverslag en zelfs beperkte overstrooming mogelijk is, maar waarbij oncontroleerbare dijkdoorbraken met allesverwoestende overstroomingen van het achterland wordt uitgesloten.

Het aantal potentiële slachtoffers en de optredende schade staan hierdoor in geen verhouding tot de gevolgen van een complete doorbraak van een traditionele dijk. Het risico, als product van kans en gevolgschade, neemt daardoor drastisch af. Een ander kenmerk van de Klimaatdijk is het integrale multifunctionele karakter. Hierop kan een veel breder scala aan sociaal-economische belangen (wonen, werken, recreatie) opgebouwd worden dan nu het geval is. Ook de financieringsmogelijkheden nemen daardoor toe.

De dijk heeft naar gelang de ligging in het landschap steeds een andere dimensie en functionele en ruimtelijke invulling. In *dwarsdoorsneden* wordt per situatie beeldend gemaakt hoe de klimaatdijk er op die bewuste plaats uit komt te zien (figuur 3). Doorgaans is de dijk 100 meter breed behalve op plekken die cultuurhistorisch waardevol zijn, bijv. bij een wiel (dijkdoorbraak) of op dijkvakken met karakteristieke bebouwing. In dat geval zal een technische versterking aan de binnenkant gerealiseerd worden. De extra breedte voor de klimaatdijk moet worden gezocht aan de binnendijkse kant. De buitendijkse kant wordt ongemoeid gelaten in verband het noodzakelijke doorstroomprofiel van de rivier. Hiermee blijft de dijkbeleving behouden en blijft er uitzicht op de uiterwaarden behouden.

Variant 1: Weurt (oostzijde)

langs de kade van het Maas-Waalkanaal

Karakteristieken:

- Breedte: 100 meter
- Kade langs kanaal: rechte, harde kant/wal i.v.m. smal kanaal
- Weg met laanbeplanting (koppeling groen-blauw)
- Bebouwing (woningen en bedrijven) op westelijk talud



Variant 2: Weurt overnachtingshaven

Karakteristieken:

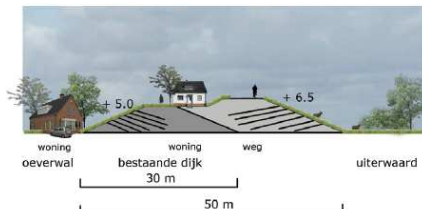
- Breedte: +/- 120 meter
- Horeca met terras
- Havenfaciliteiten
- Parkeren
- Noordzijde kade: hard, betreft ligplaats boten
- Gescheiden wegen: lopen, fietsen, auto's
- Zuidzijde, langs Weurt, huidig talud



Variant 3: Weurt (noordzijde)

Karakteristieken:

- Breedte: 50 meter + en dijk verstevigen
- Breedte beperkt door aanwezigheid huizen Weurt
- Wonen op en aan de dijk
- Overgang van stedelijk naar natuurlijk
- Bebouwing op dijk: gelijke dichtheid als bestaande bebouwing



Figuur 4: Dwarsdoorsneden van de klimaatdijk ter hoogte van Weurt [Bron: Bureau VIER! Rapport De dijk voorbij.]

2. Dijkverlegging in combinatie met nieuwe nevengeulen in het winterbed.

In het plan “Vlechtend rivierengebied” is voor hetzelfde deelgebied gekozen voor dijkverlegging in combinatie met het uitgraven van oude nevengeulen. Het is een voorbeeld van water meer ruimte geven en landgebruik aanpassen (*ruimte voor water/ leven met water*).

Zij redeneren dat de gangbare maatregelen uit *Ruimte voor de rivier* zoals uiterwaardverlaging, kribverlaging en het verwijderen van obstakels voor de veiligheidsituatie in 2100 niet afdoende zijn. Daar is meer voor nodig. De 2000 m³/s extra water die naar zee zal moet worden afgevoerd vraagt - bij een gelijkblijvende verdeling van het water over de Rijntakken - om een vergroting van het doorstroomprofiel van de Waal met 160 m. Door de dijk achterwaarts te verleggen kunnen oude (‘verdwenen’) riviergeulen weer worden benut tijdens piekafvoeren. En ontstaat er in Beuningen een veiligere en aantrekkelijkere leefomgeving.

Opvallend is dat de ruimtelijke kwaliteit van het gebied sterk wordt vergroot: er zijn meer mogelijkheden voor kleinschalige uitbreiding van wonen op de oeverwallen, meer mogelijkheden voor (struin)natuur en recreatieve routes door de vergrootte uiterwaarden.



Figuur 5. Masterplan [Bron: Rapport Vlechtend rivierengebied. Buro 2].



Figuur 6. Vogelvlucht perspectief van het plangebied in westelijke richting bij gemiddelde afvoer (li) en bij piekafvoer (re).

3. Herstel van de overstromingsvlaktes in de Betuwe.

In het plan “Flooding” is gekozen voor een radicaal andere inrichting van het rivierenlandschap. De uitdaging was om een plan te bedenken waarbij de voor een economie essentiële netwerken worden gecombineerd met een robuust “*flood preventing system*”. Het is een voorbeeld van het verschuiven van ontwikkelingen naar de hogere delen in het projectgebied met voortzetting van huidig beschermingsbeleid (*voorzichtig terugtrekken*);

De belangrijkste netwerken zoals *wegen* A50 (noord-zuid) A15 en *spoorlijnen* (Betuweroute (oost-west), *hoogspanningsleidingen* en *internetverbindingen* komen op dijken. Deze dijken verdelen het landschap in kamers die op een gecontroleerde wijze onder water gezet kunnen worden. Dit systeem kun je vergelijken met een schip dat verdeeld is in kamers (‘rooms’) wat er voor zorgt dat het schip niet zinkt als een kamer volloopt met water. Wonen in het riviereengebied doen we net als in de Romeinse tijd alleen nog op de oeverwallen. De kommen zijn bestemd voor de landbouw waarbij nieuwe boerderijen op woerden worden geplaatst.



Maar er is ook plek voor watergebonden recreatie en wilde natuur. Het water wordt bij de Linge aan het Pannerdens Kanaal ingelaten en stroomt door

verschillende compartimenten naar het westen. Een uitgekiend systeem van sluizen zorgt ervoor dat het water via de kamers naar zee wordt afgevoerd. De Linge wordt dan de nieuwe rivier met uiterwaarden.



Figuur 7: Sluizen zorgen voor gecontroleerde overstrooming van de kamers (*rooms*) in de stadsregio; [Bron: Rapport Flooding. It is just a matter of time]

Reductie van het hitte-eiland effect

De opgave

In steden hebben mensen wat betreft de temperatuur te maken met twee afzonderlijke verschijnselen: 1) de algemene opwarming die het gevolg is van het broeikaseffect en over de gehele aarde plaats vindt (*global warming*) en 2) lokale tot regionale opwarming die het gevolg van verstedelijking en alle processen die daar bijhoren (*urban heat island*).

Global warming

Het IPCC (2007) gaat in haar 4^e rapport uit van een stijging van de gemiddelde temperatuur op aarde van tussen de 1,1°C en 6,4°C aan het einde van de 21^e eeuw ten opzichte van de periode 1980-1999. Daarbij liggen de meest waarschijnlijke waarden tussen de 3 en 4 graden Celsius. Lynas (2008) heeft uitgezocht wat de gevolgen zullen zijn bij 1 tot 6 graden Celsius stijging van de mondiale temperatuur op aarde. Dit belooft weinig goeds. Ingrijpende maatregelen zijn urgent en noodzakelijk (zie de Inleiding).

Naast de stijging van de wereldgemiddelde temperatuur zijn lokale maxima minstens zo belangrijk, omdat die een directe invloed op tal van sectoren (bv. volksgezondheid, landbouw, energiebehoefte) hebben.

Het KNMI heeft een studie uitgevoerd naar de 100-jaar herhalingstemperatuur (T₁₀₀), de temperatuur, die 1x per 100 jaar optreedt. Waarden voor deze temperatuur worden bepaald door een zg. GEV (Generalized Extreme Value) distributie aan de gesimuleerde jaarmaxima te fitten. Voor Nederland vinden we toekomstige waarden van 42 tot 44°C. Dat is consistent met de in 2006 door de KNMI opgestelde scenario's.

	'nu'	T ₁₀₀ (nu)	T ₁₀₀ (toek) = T ₁₀₀ (nu) + 7,9°C
ESSENCE	1990-1999	34,3	42,3
ERA-40	1958-2001	33,7	41,6
station De Bilt	1901-2007	36,1	44,0
station Eindhoven	1951-2007	37,3	44,2
station Maastricht	1906-2007	37,7	44,6

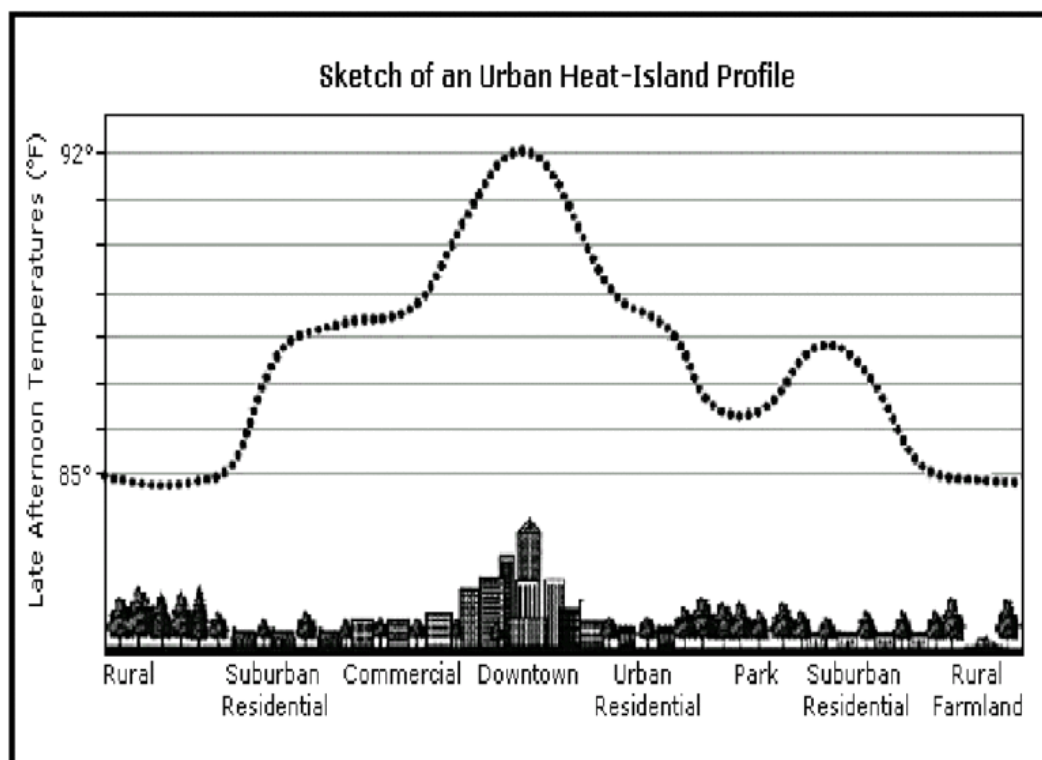
Tabel 1: T₁₀₀ voor 'Nederland'. De 'toekomst'-waarden (2090-2099) zijn verkregen door de door het model bepaalde toename (7,9°C) bij de waarden voor het huidige klimaat ('nu') op te tellen.

In de afgelopen eeuw waren er 38 hittegolven waarvan 11 na 1990 en 6 na 2000. De frequentie van hittegolven zal gaan toenemen. Extreme temperaturen die nu 1x per 100 jaar voorkomen (voor Nederland is de T₁₀₀ momenteel rond 37 graden) hebben aan het einde van deze eeuw 1x per 3 tot 4 jaar op; de T₁₀₀ zal dan 44 graden bedragen.

[Een hittegolf is een periode van 5 dagen achtereenvolgend van temperaturen boven 25 °C en daarvan twee tropische dagen met temperaturen hoger dan 30 °C].

Urban Heat Island

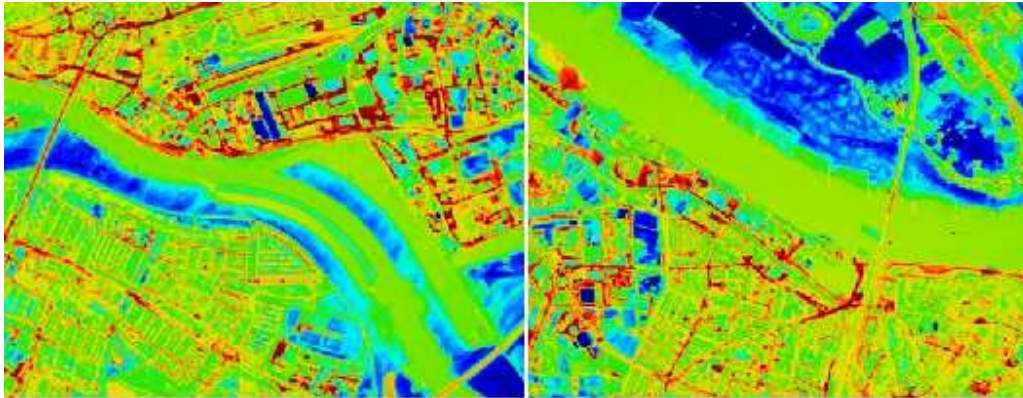
Steden hebben de neiging steeds compacter te worden en steeds dichter bebouwd te geraken. Overdag warmt de stad sterk op door de dichte bebouwing, maar 's nachts kan die hitte niet goed weg. Vooral donkere en verharde oppervlakten dragen daaraan bij. Ook mobiliteit, bedrijvigheid en de daarbij optredende luchtvervuiling spelen een rol bij het vasthouden van deze warmte. Zo ontstaan temperatuurverschillen van acht graden tussen de stad en zijn directe omgeving (zie afb. 1). UHI is een effect van landgebruik en staat los van “*global warming*”. Met lastige gevolgen voor de gezondheid want mensen slapen dan minder goed, rusten minder uit, zijn overdag minder productief etc., terwijl de samenleving ook nog eens vergrijst.



Figuur 8: Urban heat island [Bron: Wikipedia]

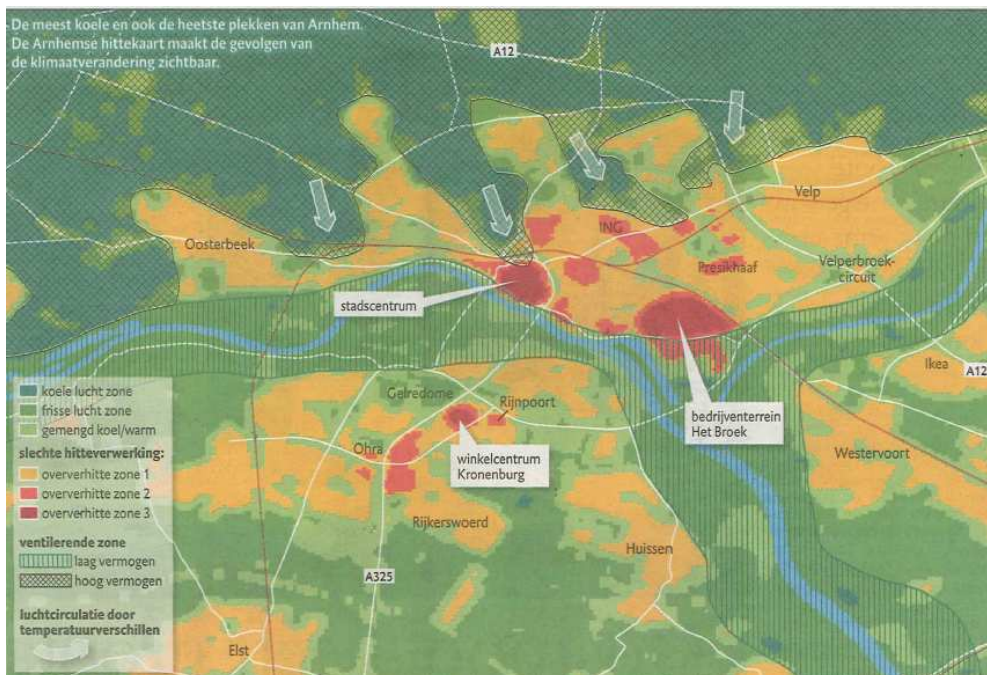
Van Arnhem en Nijmegen is op 6 augustus 2009 een hitte-scan gemaakt om koele en hete plekken op te sporen. Op de gemaakte infraroodbeelden springen de hete plekken in Arnhem en Nijmegen er duidelijk rood uit: dicht bebouwde gebieden met veel wegen. Groene buurten zijn ook duidelijk te onderscheiden van minder groene buurten, waar het warmer is. In de uiterwaarden komt de 'koelste' kleur voor: blauw. Het rivierwater heeft op de infraroodbeelden een groene tint en is daarmee warmer.

Er zijn dus grote verschillen te zien op de scan, maar nog niet helder is hoe die beelden zich verhouden tot (gevoels-) temperaturen op hoogten die voor mensen relevant zijn. Dit moet nog nader worden onderzocht, maar het lijkt erop dat *koele* gebieden bos- en waterrijke gebieden zijn en *warmer tot hete* plekken (binnen)stedelijke gebieden zijn met platte (donkere) daken.



Figuur 9. Hittescan van herkenbare delen van Arnhem (links: met de Forst-brug en de Sacharov-brug) en Nijmegen (Waalbrug) [Bron: Alterra]

Op 26 mei 2010 is als eerste voor Nederland de Urban Climate Analysis Map van Arnhem gepresenteerd. Hierop is te zien dat vooral het stadscentrum, bedrijventerrein Het Broek en winkelcentrum Kronenburg hun hitte slecht kwijtraken. Iets minder erg zijn de 'betonnen' delen in Noord als het Spijkerviertel, Presikhaaf en het ING-kantoor aan de Velperweg eraan toe. In Zuid lichten, naast Kronenburg, bedrijventerrein De Overmaat en het kantorengedouw Rijnpoort als relatief heet op. Voor Arnhem is de Veluwe de grote ventilator. Door temperatuurverschillen tussen het bos en de stad komt 's avonds een verkoelende wind stadwaarts op gang. De Rijn is wat verkoeling betreft minder belangrijk.



Figuur 10. Urban Climate Analysis Map van Arnhem [Oorspronkelijke bron: Burghard et. al, 2010].

Met deze kennis in handen kun je het hitte eiland effect gaan bestrijden. In de onderstaande tabel staan de verschillende maatregelen die – afhankelijk van het gestelde doel – kunnen worden genomen.

Grofweg gaat het om twee doelen:

- het versterken van het *thermal comfort*
- het benutten van de verkoelende werking van de wind

Goal	Strategy	Action	Scale
Thermal comfort	Albedo	Cool building material and pavement Cool roof and facade Water retention paving	Material and surface
	Vegetation	Planting and greeneries Parks and open spaces	
Wind potential	Shading	Building geometric design Shelter design Street orientation H/W ratio Trees	Buildings
	Ventilation	Air paths Building ground cover and building bulks H/W ratio Street orientation Open spaces Building disposition	Urban planning

Zich als stad wapenen tegen verhitting is waarschijnlijk een kwestie van decennia. Gebouwen lichter van kleur maken en andere materialen gebruiken is iets wat je kunt doen. Groene daken en wanden aanleggen is een goede maatregel (ze isoleren namelijk), maar reduceren de hitte op straatniveau niet.

Het belangrijkste is echter om bij toekomstige bouwprojecten rekening te houden met de hitte. Bijvoorbeeld door de stedenbouwkundige structuur zodanig vorm te geven dat de wind erbij kan (*ventilation corridors* niet bebouwen), door rekening te houden met hoogte / breedte verhouding van gebouwen, door voldoende open ruimtes op te nemen in het stedelijk weefsel. Daarnaast liggen aan de rand van steden vaak grote diepe (zandwin)-plassen; deze leveren het koelwater voor zogenaamde koudecentrales.

Transitie naar duurzame energie

De opgave

Het gebruik van fossiele brandstoffen als olie, gas en kolen is eindig, niet-vernieuwbaar, en dus niet duurzaam. Bovendien komt er bij verbranding CO₂ vrij dat verantwoordelijk is voor het broeikaseffect. De opwarming van de aarde hangt grotendeels samen met het broeikaseffect. Ook om andere redenen (bijv. geopolitieke; niet langer of veel minder afhankelijk van het buitenland zijn voor de energievoorziening) is het van het grootste belang om in te zetten op een transitie (overgang) naar een duurzame economie.

De mogelijkheden zijn om deze transitie vorm te geven zijn legio, deels hebben die mitigerende maatregelen forse ruimtelijke consequenties. Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van zonnecollectoren op gebouwen, windmolens langs infrastructuur, roof top gardening etc.. Voor de productie van bio-energie is grootschalige teelt van biomassa (wilgen) en het benutten van restafval van de landbouw en het groenbeheer) een belangrijke mogelijkheid. Een nog ander voorbeeld is stadslandbouw waarbij de teelt van landbouwproducten uitsluitend bestemd is voor de eigen consumptie.

Park Supermarkt

In het plan "Stadsgroente" krijgen mitigerende maatregelen ruimtelijk en functioneel een sterke invulling. De kern van het plan is gebaseerd op het concept Park Supermarkt van de ontwerpers Van Bergen Kolpa Architecten. Zij hebben voor de Randstad een nieuw ruimtelijk ontwikkelingsmodel voor een Landschappelijke Supermarkt ontwikkeld (niet te verwarren met het concept Agropark).

De voedselproductie is hierin afgestemd op de lokale bevolking. Er wordt niet meer geproduceerd dan in de regio kan worden afgezet. De productie wordt bovendien aangepast aan de wensen van de bevolking, die inmiddels tientallen verschillende nationaliteiten, voedsel- en eetculturen kent. Het gemengde bedrijf met de productie van groente, fruit, aardappelen, granen, zuivel en vlees vormt de basis voor deze vorm van stadslandbouw. Door de verweving van recreatie en stadslandbouw zien bewoners hoe hun voedsel geproduceerd wordt. Dit draagt bij aan de bewustwording.



Figuur 11: Stadslandbouw: kleinschalige landbouw in combinatie met veeteelt [Bron: Stadsgroente]

Op de goed bereikbare plekken wordt op basis van de onderliggende grondsoorten, een verhoogd grondwaterpeil en nieuwe klimaatzones (gematigd, mediterraan en tropisch) een volledig nieuw landschap geïntroduceerd waar de inhoud van een hedendaagse supermarkt wordt verbouwd en verkocht. Elke afdeling heeft een karakteristieke opbouw en productsoort.



Figuur 12: Park Supermarkt toegepast in Park Lingezege: basis is een biologisch gemengde bedrijf met een gesloten kringloop.

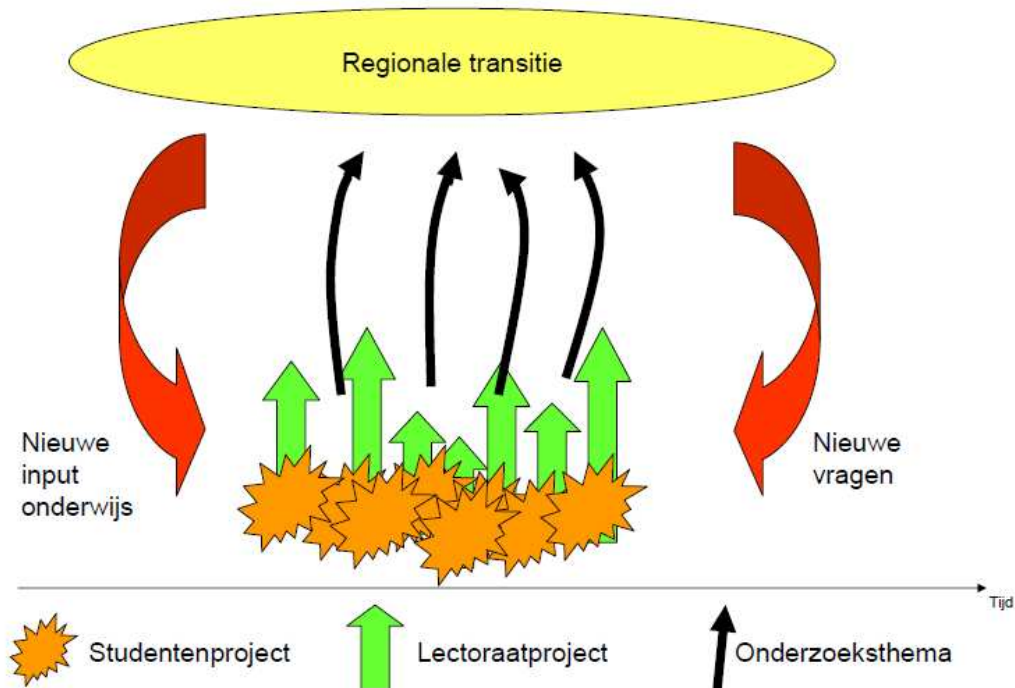
De klimaathuishouding wordt ondersteund door oude technieken als warmte accumulerende slangenmuren en eigentijdse oplossingen als een isolerende waternevel "dak" en verwarming op basis van bodemwarmte.

De ontwikkeling van stadslandbouw wordt dus ingezet om de reductie van CO₂ te bevorderen. Door juist dicht bij de steden een groot deel van de behoefte aan voedsel te produceren is veel minder transport noodzakelijk wat direct invloed heeft op de CO₂ uitstoot (mits men op de fiets of met elektrische auto's op natuurstroom de boodschappen gaat doen).

Aanpak klimaatonderzoek binnen lectoraat Groene Leefomgeving van steden

Binnen het lectoraat Groene Leefomgeving van Steden wordt door studenten en docenten van de kenniskring gewerkt aan toegepaste kennisontwikkeling, applied science.

Studenten werken aan actuele maatschappelijke problemen op het gebied van regionale Transitie. Zij dragen oplossingen aan voor concrete problemen. Daarmee bouwen zij tegelijkertijd nieuwe kennis op. Dat doen ze volgens onderstaand algemene model van het lectoraat. Deelnemende studenten voeren onderzoeken en praktijkopdrachten uit. Dat gebeurt in het kader van projecten van de kenniskring. Die projecten vallen binnen een aantal onderzoeksthema's. Op die manier dragen studenten en kenniskring bij aan de oplossing van de maatschappelijke problemen. Er wordt kennis opgebouwd die wordt terug geploegd naar het Onderwijs. Vanuit de regio komen ook weer nieuwe vragen aan het Onderwijs.

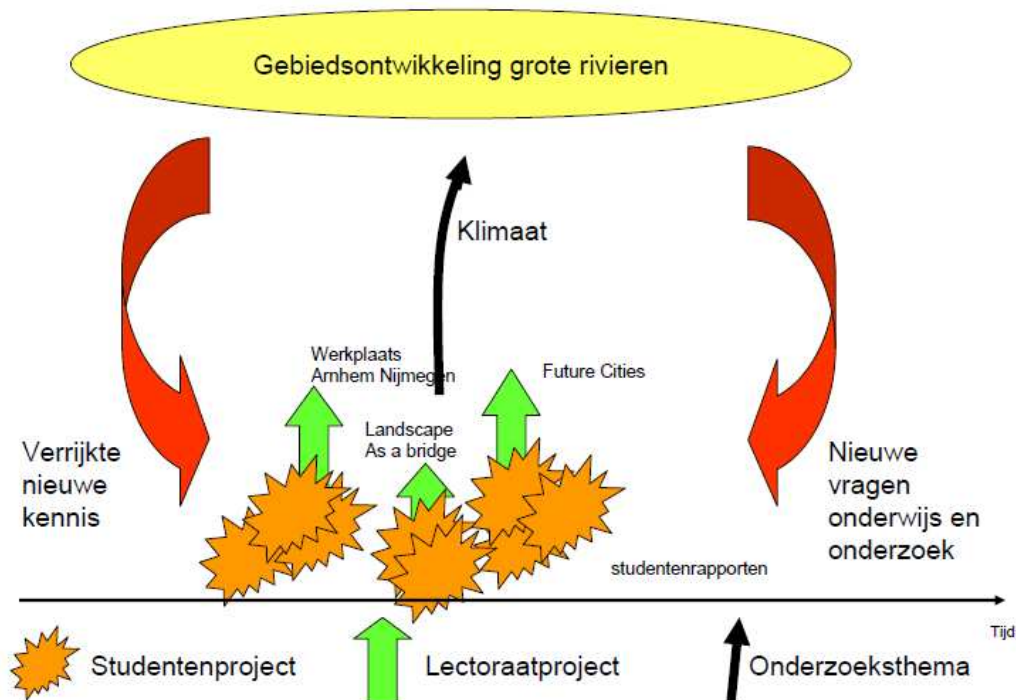


Algemeen model kennisontwikkeling Groene Leefomgeving van steden

Aanpak onderzoek klimaat

In het onderwijs en onderzoek naar de Groene Leefomgeving van steden neemt het onderzoeksthema Klimaat een belangrijke plaats in. Het wordt uitgevoerd in het kader van diverse lectoraatprojecten van de kenniskring van het lectoraat Groene Leefomgeving van Steden. Het gaat om de projecten Future Cities, Werkplaats Arnhem Nijmegen en Landscape as a bridge. In Future Cities staat het Urban Heat Island effect

centraal; het is onderdeel van een Europees INTERREG project dat wordt getrokken door Alterra. De Werkplaats Arnhem Nijmegen richt zich op regionale transitieprocessen en staat in relatie met het project Kennislandgoed Larenstein. Landscape as a Bridge richt zich op ontwerpateliers waarin studenten van VHL en andere hogescholen samen interdisciplinaire vraagstukken oplossen en waarin de ontwikkeling van nieuwe ontwerpmethodieken centraal staat. Er wordt gewerkt volgens onderstaand schema.



Specifiek model kennisontwikkeling in onderzoeksthema klimaat

Binnen dit kader voeren studenten Landschapsarchitectuur concrete projecten uit in het Rivierengebied tussen Tiel, Arnhem en Nijmegen. De resultaten daarvan worden bewerkt en verrijkt door docenten en onderzoekers van VHL. Deze brochure is daar de weerslag van. De brochure is gebruikt als input van kennis voor het nieuwe project van de minor landschapsarchitectuur. Daarin gaan opnieuw 50 studenten aan de slag met het thema Klimaat en Urban Heat Island. Centraal staat nadere studie van de aspecten van schaal en governance. Nieuw ontwerpdoel is om een Design of Power te maken. Dit onderwerp sluit aan bij een van de strategische thema's binnen WUR: scaling and governance.

Bronnen

Deltacommissie, 2008. Samen *werken* met water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst.

KNMI, 2009. Klimaatverandering in Nederland. Aanvullingen op de KNMI'o6 scenario's.

WL | delft hydraulics (2007). Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat.

Burghard, R., L. Katzschner, S. Kupski, R. Chao, T. Spit. 2010. Urban Climatic Map of Arnhem City. Report Future Cities. 12 pp.

Studentenrapporten van Hogeschool Van Hall-Larenstein Velp

Bakker, M., Kuipers, W., van Ruth, G. & W. de Wolde. 2010. De dijk voorbij. Schets voor de inrichting van een klimaatbestendig rivierengebied. Student report. 97 pp + bijlagen.

Costa P.P., J.H.F. Eggink, M. Hallikainen, C.A. Klaasen, J. Sormani, C. A.W. Theisen & L.N. Wolf 2010. Flooding It is just a matter of time. Student report. 63 pp + bijlagen

Engel, D., M. Enserink, S. Førland, P. Graafstra, R.Meek, A. Somer & J. Wolbert. 2010. City region Arnhem-Nijmegen. It's all about attitude! Student report. 57 pp + bijlagen

van den Berg R., J. Heiligers, M. Pach & N. Werner 2010. Vlechtend Rivierengebied. Duurzaam Beuningen. Masterplan voor het gebied tussen Waal en Nederrijn en Deeluitwerking gemeente Beuningen. Student report. 76 pp + bijlagen

van den Berge, E., H. Clabbers, G. Hendriks. 2010 StadsGroente. *Park & landbouw samen tot een duurzaam landschap*. Student report. 43 pp + bijlagen

Websites

www.knmi.nl/klimaatsscenarios

www.withouthotair.com

www.maakruimtevoorklimaat.nl/

www.destadsregio.nl/

www.future-cities.eu

www.vrom.ruimtexmilieu.nl

www.worldgreenroofcongress.com/

Lijst van figuren

Figuur 1. Landschapsstructuurkaart van het projectgebied. [Bron: Stadsgroente, 2010]

Figuur 2. Masterplannen voor de Stadsregio Arnhem-Nijmegen [Bronnen: links Buro 2 Vlechtend rivierengebied en rechts: Bureau Vier! De dijk voorbij]

Figuur 3. Masterplan voor de zuidelijke Waaloever tussen Weurt en Ewijk met de klimaatdijk als verbindend element (paars aangegeven) [Bron: Bureau VIER! Rapport De dijk voorbij]

Figuur 4: Dwarsdoorsneden van de klimaatdijk ter hoogte van Weurt [Bron: Bureau VIER! Rapport De dijk voorbij]

Figuur 5. Masterplan [Bron: Rapport Vlechtend rivierengebied. Buro 2]

Figuur 6. Vogelvlucht perspectief van het plangebied in westelijke richting bij gemiddelde afvoer en bij piekafvoer [Bron: Rapport Vlechtend rivierengebied. Buro 2]

Figuur 7: Sluizen zorgen voor een gecontroleerde overstrooming van de kamers (*rooms*) in de stadsregio [Bron: Rapport Flooding. It is just a matter of time]

Figuur 8: Urban heat island [Bron; Wikipedia]

Figuur 9. Hittescan van herkenbare delen van Arnhem (links: met de Forst-brug en de Sacharov-brug) en Nijmegen (Waalbrug) [Bron: Alterra]

Figuur 10. Urban Climate Analysis Map van Arnhem [Bron: Future Cities 2010].

Figuur 11: Stadslandbouw: kleinschalige landbouw in combinatie met veeteelt [Bron: Stadsgroente]

Figuur 12: Park Supermarkt toegepast in Park Lingezegen: basis is een biologisch gemengde bedrijf met een gesloten kringloop [Bron: Stadsgroente]