

Groen voor klimaat

Het klimaat verandert. Dit zal mogelijk leiden tot meer extreme weersomstandigheden. Hevige neerslag, langdurige droogteperiodes en hittegolven zullen frequenter en in meer extreme mate voorkomen. Deze gevolgen van de klimaatverandering hebben hun weerslag op ons dagelijks leven. Eén van de meest voor de hand liggende veranderingen die tot problemen leidt, maar tot nu toe relatief onderbelicht bleef, is warmte. Extreme warmte (hitte) kan onder andere leiden tot een toename van gezondheidsproblemen zoals uitdroging, vermoeidheid, concentratie- en ademhalingsproblemen, slaapproblemen en allergieën. In steden kan de temperatuur 's nachts tot 10°C hoger zijn dan in de omliggende gebieden. Woningen en kantoren zijn gebouwd met veel aandacht voor isolatie om het energiegebruik in de winter te beperken. De milde winters van de afgelopen jaren hebben al tot een verschuiving geleid in het energiegebruik van de winter naar de zomer door de toename van allerlei apparatuur voor koeling. Uit onderzoek blijkt dat groen in staat is om in stedelijke gebieden de temperatuurstijging te beperken. Groene steden in Europa zoals Berlijn staan daarom bekend om hun aangename stads- en vestigingsklimaat.

De Directie Regionale Zaken van het Ministerie van LNV ondersteunt het onderzoek van Alterra en Wageningen UR in het kader van het Groen + de Stad-programma in de G31. In het verlengde van de publicatie "Groen voor Lucht" vindt in 2008 met bijdragen uit het programma Ruimte voor Klimaat onderzoek plaats in Amsterdam, Groningen, Maastricht en de Stadsregio Arnhem Nijmegen. Het onderzoek richt zich op het bepalen waar welke specifieke groene maatregelen het meest effectief en efficiënt kunnen worden geïmplementeerd, én op hoe dat georganiseerd kan worden. Belangrijk voor het perspectief van groene maatregelen is dat de betekenisvolle bijdrage van groen aan een beter stadsklimaat wordt onderkend. Er moeten oplossingen aangedragen worden voor verbetering van de luchtkwaliteit, capaciteit voor waterberging en demping van straling en temperatuur. Hiermee kan de stad aangepast worden aan het veranderend klimaat. Voor het beperken van toenemende hitte-stress in en om steden, zullen bij ruimtelijke ontwikkelingen het Urban Heat Island-effect (Hitte-eilanden) en de mogelijkheden om dit effect te minimaliseren, volwaardig in de planvorming meegenomen moeten worden.

Gezondheidsgevolgen

Nederland wordt warmer, in de afgelopen twee decennia zijn veel van de warmste jaren ooit gemeten. Hittegolven komen frequenter en langduriger voor en dit heeft gevolgen voor de gezondheid van de Nederlandse bevolking. Door hittegolven in Nederland zowel in 2003 als 2006, stierven tussen de 1000 en 2200 mensen meer dan in een gemiddeld jaar. Daarnaast ondervindt een veelvoud van dat aantal hinder van de warmte door bijvoor-



Foto: Bert Enserink

beeld vermoeidheid, concentratieproblemen, huidaandoeningen, uitputting door uitdroging, hittekrampe, hitte-syncope (problemen met de bloeddorstrooming met onder andere flauwvallen tot gevolg) en hitteberoertes (zoals een zonnesteek). Gesteld kan worden dat tijdens een hittegolf er voor iedere graad hoger dan het langjarig gemiddelde, per week ongeveer 31 mensen meer sterven. Als reactie daarop

is een Nationaal Hitteplan opgesteld. Het is een preventieplan, waarin de nadruk ligt op beïnvloeding van het gedrag van kwetsbare groepen in de samenleving tijdens hittegolven. Het opwarmen van de Aarde heeft dus een direct gevolg voor de gezondheid van mensen. In steden zijn die gevolgen nog eens extra voelbaar omdat daar het zogenaamde Urban Heat Island-effect optreedt.

Type Natuurramp	Land	Aantal doden
1 Aardbeving (Yogyakarta)	Indonesië	5.778
2 Storm (Typhoon Durian)	Filippijnen	1.399
3 Extreme Temperatuur (Hittegolf)	Frankrijk	1.388
4 Modderstromen (Aardverschuiving)	Filippijnen	1.126
5 Extreme Temperatuur (Hittegolf)	Nederland	1.000
6 Extreme Temperatuur (Hittegolf)	België	940
7 Storm (Typhoon Billes)	China P. Rep.	820
8 Vloedgolf (Tsunami)	Indonesië	802
9 Extreme Temperatuur (Vorstperiode)	Oekraïne	801
10 Overstroming	Ethiopië	498

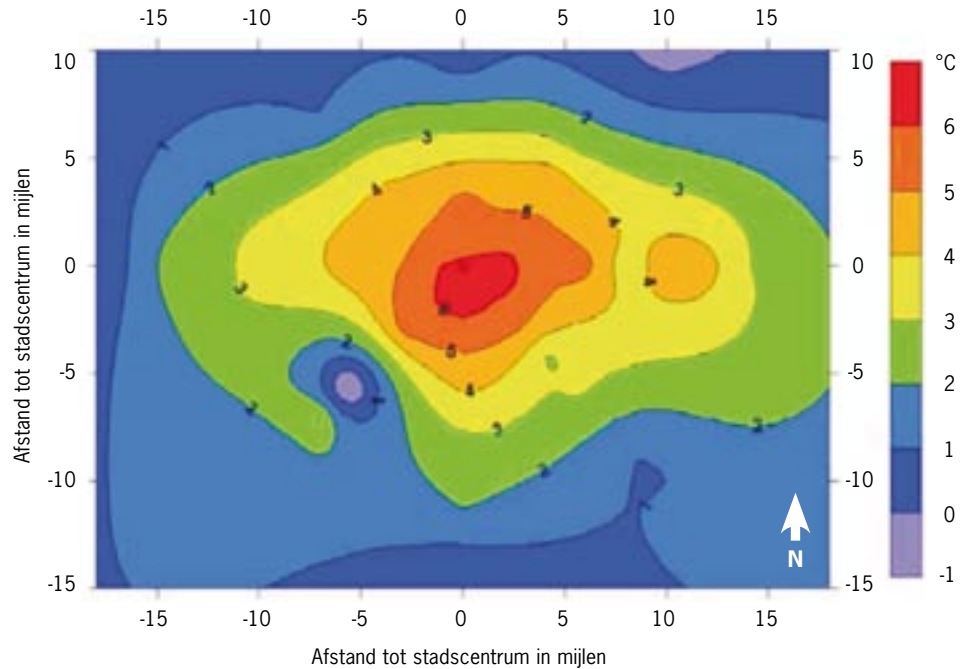
Top-10 van Natuurrampen in 2006 naar aantal doden. (Hoyois, 2007)

In steden kan de temperatuur 's nachts tot 10°C hoger zijn



Het Urban Heat Island-effect

Het Urban Heat Island-effect is het fenomeen waarbij de temperatuur in een stedelijk gebied gemiddeld hoger is dan in het omliggende gebied. Dit wordt grotendeels veroorzaakt doordat stedelijke gebieden overdag meer warmte opnemen dan dat ze gedurende de nacht kunnen afstaan. Vooral donkere en verharde oppervlakten dragen daar aan bij. Daarnaast spelen mobiliteit, bedrijvigheid en de daarbij horende luchtvervuiling ook een rol bij het vasthouden van deze warmte. Onderzoek toont aan dat in extreme periodes de temperatuurverschillen tussen het verstedelijkte gebied en de landelijke omgeving tot 10°C kunnen oplopen. Het Urban Heat Island-effect treedt het sterkst op als de temperaturen hoog zijn, dus in de zomerperiode, maar ook in de winterperiode is dit effect duidelijk waarneembaar. Iemand die 's winters door de sneeuw naar de stad rijdt, merkt al gauw dat er in de stad minder of helemaal geen sneeuw ligt. De oorzaak is de hogere temperatuur en de lagere luchtvochtigheid in de stad. Buiten de stad vriezen wateren eerder dicht en kleurt de rijp de velden wit, terwijl dat binnen de stad een zeldzaamheid is.



Temperatuurverschillen in Londen. (GLA, 2006)

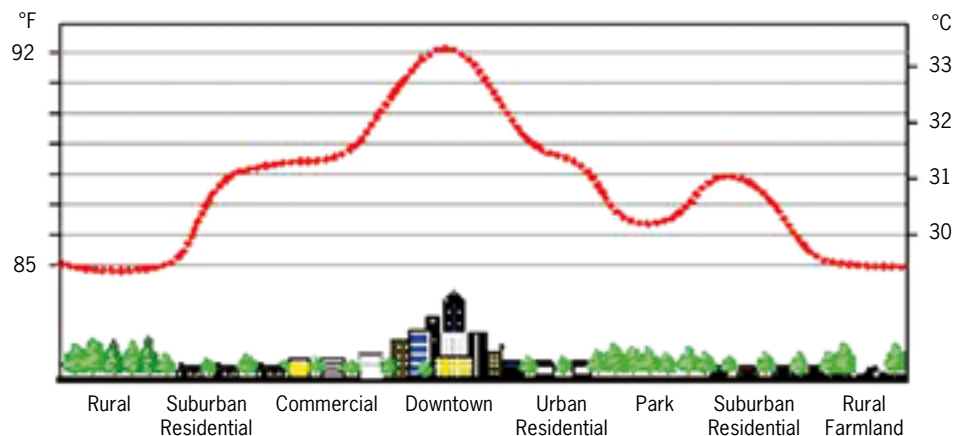
Betekenis voor de stad

Temperaturen zijn niet homogeen over een stad verdeeld. De belangrijkste oorzaak is het verschil in weerkaatsing of omzetting van de straling. Feit is dat in de meest versteende delen van de stad het Urban Heat Island-effect het grootst is. In wijken met veel groene parken en tuinen is dit effect het laagst. Daarnaast spelen de lokale weerpatronen (bijv. temperatuur, wind), de ligging (bijv. aan het water of in het binnenland) en de inrichting (bijv. hoogbouw, dichtheid) van de stad een belangrijke rol. Het weerpatroon en de ligging kun je niet aanpassen, de inrichting echter wel.

Bij de inrichting is de invloed van hoogbouw op windpatronen bepalend voor de koeling door ventilatie. De verhouding tussen bebouwing en verharding enerzijds en groen en blauw anderzijds bepaalt het warmteabsorberende vermogen en de energie-omzetting. De inrichting van de stad heeft uiteraard een relatie met de activiteiten die op verschillende

plekken plaatsvinden. Zo vinden op wegen en industrieterreinen veel hitte-producerende activiteiten plaats waarbij energie (warmte) vrijkomt. De luchtverontreiniging die deze activiteiten met zich meebrengen, houdt een deel van de inkomende warmte weliswaar tegen, maar houdt ook meer energie vast.

Hittegevoelige activiteiten zijn voornamelijk grotere evenementen in de buitenruimte waarbij onvoldoende schaduw en verkoeling aanwezig is. Denk daarbij aan de Wandelvierdaagse in Nijmegen, popconcerten en marathons. Maar ook op verharde schoolpleinen en parkeerterreinen kunnen activiteiten hittegevoelig zijn.



Temperatuurverdeling in de namiddag rondom steden. (NRCAN, 2007)

Door hittegolven ondervinden mensen meer hinder en sterven ook eerder



Foto: Barry de Vries.

Groen biedt een deel van de oplossing

Zoals gezegd kan groen een rol spelen bij het inperken van het warmteabsorberende vermogen van een stad en de energieomzetting in die stad. Opgaand groen zorgt voor schaduw. Groen onderschept als het ware het zonlicht voordat het als warmte opgeslagen wordt in de versteende omgeving. De energieomzetting verandert doordat groen zorgt voor een hogere luchtvochtigheid waardoor het effect van de straling van de zon verminderd en de temperatuur daalt.

Bomen, maar ook struiken zorgen voor beschaduwing. Iedereen die een auto parkeert op een hete zomerdag, zoekt het liefst een plekje in de schaduw zodat bij terugkeer de auto minder warm is. De auto heeft dan in feite minder warmte geabsorbeerd. Niet alleen opgaand groen is hiervoor geschikt maar ook kruiden, grassen en mossen kunnen zeer nuttig zijn. Deze lage vegetaties geven weliswaar

geen directe schaduw, maar voorkomen dat harde oppervlakten opwarmen. Als voorbeeld kan je een plat bitumendak vergelijken met een grasdak. In de zomer kan de temperatuur op het bitumendak oplopen tot 70°C, terwijl de temperatuur op het grasdak niet verder oploopt dan zo'n 32°C. Het groen zorgt voor een isolerende laag, die 's zomers de warmte tegenhoudt. De airconditioning zal minder noodzakelijk zijn dan wel minder hoeven te koelen, waardoor ook de warmte-emissie vanuit gebouwen door dezelfde airconditioning afneemt. In de winter wordt de warmte juist binnen gehouden.

Naast beschaduwing beïnvloedt het groen de temperatuur in de stad 's nachts door uitwaseming. Groen verplaatst daarbij koel water uit de grond naar de lucht waardoor de temperatuur daalt. Dit transport van water naar de lucht wordt gebruikt om voedingsstoffen uit de bodem te vervoeren en oververhitting te voor-

komen. Bomen onttrekken vocht uit de koele ondergrond (meestal ongeveer 10°C lager). Daardoor kan de temperatuur in de lagere delen van het bladerdek overdag dalen. Aan de bovenkant van het bladerdek kan de temperatuur hoger liggen dan in de omgeving aangezien de boom daar zonne-energie opslaat. Bomen zorgen dus voor een koel microklimaat onder hun bladerdek. De temperatuur onder een vrijstaande boom is nagenoeg gelijk aan die in de open lucht, maar de gevoelstemperatuur is lager. De lagere gevoelstemperatuur is daar toe te schrijven aan een vermindering van de opgevangen directe straling. Hoeveel straling een boom tegenhoudt is afhankelijk van de soort en het ras. Ook het bladerdek van solitaire of verspreid staande bomen hebben een aanzienlijk koelend vermogen. Dit is veelal nauwelijks meetbaar door de beweging en de menging van de lucht, maar in een bos is het koelende effect wel waar te nemen. Door hun ondiepe wortelstelsel en de beschermende laag op de bladeren transpireren kruidachtige planten minder dan houtige gewassen. Ze zijn daardoor minder afhankelijk van een constante toevoer van water uit de ondergrond en verdampen ook minder. Planten die aan extreme droogte zijn aangepast vangen dauw en hemelwater op om te voorzien in de waterbehoefte en de koeling. Voor groene daken die in de volle zon liggen en waar het lastig is om altijd voldoende water aan te voeren, zijn dit type planten dan ook het meest geschikt.

Groene maatregelen vormen slechts een deel van de oplossing voor adaptatie van de stad aan de effecten van klimaatverandering. Bijvoorbeeld bouwkundige of technische oplossingen, zoals het zorgen voor meer reflectie van de warmte in plaats van het opnemen van warmte (ook wel albedo-effect genoemd), vormen een ander deel van de aanpassingsoplossing. Bovendien kunnen steden ook gekoeld worden met oppervlaktewater via fonteynen en de strijkwind over het oppervlaktewater. In het onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte wordt op een regionaal schaalniveau aan de blauw-groen-rood-configuratie, ofwel de ruimtelijke opbouw van de stad, onderzoek verricht.

Weerpatroon en ligging kun je niet aanpassen, de inrichting van een stad wel



Mitigatie en adaptatie

Klimaatverandering is een langzaam voortschrijdend proces, zo ook de mitigerende maatregelen om dit proces af te remmen. We hebben nu nog steeds last van het jarenlange gebruik van CFK's als koelmiddel of als drijfgas in spuitbussen, terwijl dit al eind jaren tachtig van de vorige eeuw werd verboden.



De effecten van de mitigerende maatregelen die we nu treffen ten aanzien van CO₂ emissies, merken we pas over enkele tientallen jaren. Adaptieve maatregelen zijn nodig om deze periode te overbruggen. Groen in en om steden kan een voorbeeld zijn van adaptief omgaan met de klimaatverandering. Steden passen zich aan "het nieuwe klimaat" aan. Er zijn verschillende schaalniveaus waarop adaptieve maatregelen getroffen kunnen worden. Voor elk schaalniveau zijn passende maatregelen nodig. Enkele voorbeelden zijn hieronder beschreven.

1. Het gebouw

Uit Japanse praktijkexperimenten is gebleken dat een groen dak niet alleen de daktemperatuur lager houdt, maar ook de binnentemperatuur. Zomers zijn groene daken en groene muren dan ook kansen om binnenshuis de hitte te beperken en daarmee ook het energiegebruik door airco's te verminderen. In de in groten getale gebouwde huizen in de Vinexwijken is opwarming van zuidgevels als DUBO-maatregel om energie te besparen toegepast. Klimaatverandering kan deze opwarming versterken tot een onaangenaam hoge temperatuur. Groen tegen en voor de zuidgevel kan leiden tot een aangenamer binnenklimaat en de warmte-uitstraling van het gebouw beperken. Groene daken, al interessant voor

regenwaterberging en invang van fijn stof, blijken nu ook interessant om in de zomer warmte te absorberen en in de winter te isoleren. Rotterdam heeft een subsidieregeling voor groene daken ontworpen op basis van de bijdrage aan de waterberging. Voor de Zuid-As in Amsterdam is 20 tot 30% van het dakoppervlak aangewezen om te ontwikkelen als groen dak. In andere steden wordt gewerkt aan voorschriften en regelingen om groene daken of "verticaal groen" aantrekkelijk te maken voor particulieren en woningcorporaties. Natuurlijk kan dit ook toegepast worden op en om pleinen en parkeerterreinen: bomen kunnen er een groen dak vormen. Niet alleen voorkomt dit dat de auto een sauna wordt, ook voorkomt het een deel van de verdamping van benzine.

2. Bomenrijen in de straat

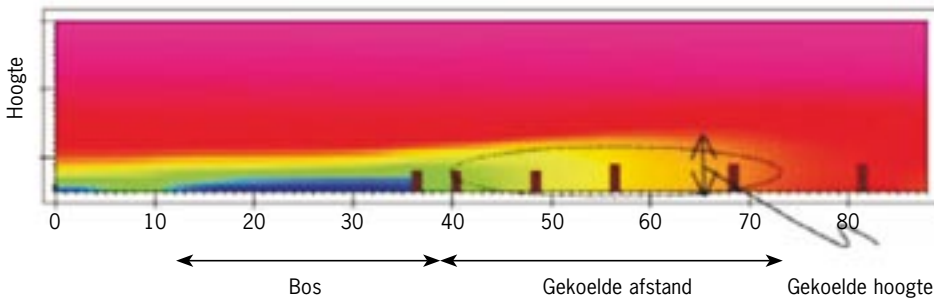
Bomenrijen en lanen passen in het Nederlandse straatbeeld. Veel wegen zowel binnen als buiten de stad worden begeleidt door bomenrijen. Aan deze bomen zijn al veel



waarden toegekend zoals esthetische waarden, natuurwaarden, luchtzuivering, enzovoort. Het bestrijden van het Urban Heat Island-effect kan hier ook aan toegevoegd worden. Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat beschaduwing van de buitenruimte door bomen de temperatuur op maaiveldhoogte met 5 tot 20°C kan verlagen. Deze temperatuursverlaging kan worden toegeschreven aan



Groen is in staat verkoeling te brengen in een stad



Koelingseffect van bossen. (Chen, 2006)

beschaduwing door het groen (soms tot 80%). Andere factoren zijn bijvoorbeeld configuratie en luchtstroming. Frans onderzoek geeft nog hogere waarden aan, tot 40°C in extreem warme en droge gebieden. Dit biedt kansen. Beschaduwing zorgt ervoor dat ook tijdens warme perioden de buitenruimte gebruiksvriendelijk blijft. Denk hierbij bijvoorbeeld aan mediterrane steden met winkelstraten met bomenrijen, pergola's of arcades. De bomen zorgen in warme perioden voor een omgeving waarin het 's zomers aangenamer is om te winkelen. Bomenrijen kunnen er ook voor zorgen dat bijvoorbeeld bushaltes op het heetst van de dag in de schaduw liggen, of zorgen dat men niet in de brandende zon hoeft te fietsen om op de plek van bestemming te komen. In drukke straten komt de warmte niet alleen van boven, het verkeer

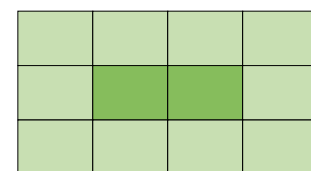
produceert ook veel warmte met extra temperatuursverhogingen tot gevolg. Bomen zijn in staat om deze extra opwarming te neutraliseren, maar dan wel in combinatie met voldoende ventilatie om problemen met de luchtkwaliteit te voorkomen.

3. De groenstructuur in de stad

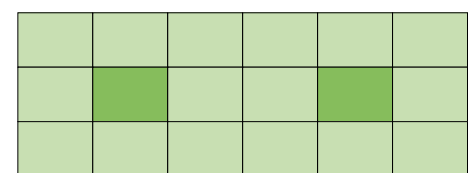
In Singapore is het effect van twee stadsparken onderzocht. Hier bleek dat stadsparken niet alleen zelf koeler zijn, maar ook zowel overdag als 's nachts de omgeving afkoelen. Er is een sterk verband aangetoond tussen de temperatuursverlaging en de dichtheid van de beplanting. Grofweg kan gezegd worden dat naarmate de hoeveelheid bomen en struiken in een park toeneemt, het park koeler is. Het tegenovergestelde geldt voor verhardingen: hoe meer verhardingen in parken, hoe

hogere de temperatuur. Wanneer het verharde oppervlak groter is dan 50%, is de kans groot dat een dergelijk park zelf een Urban Heat Island is. Andere aspecten die een rol spelen zijn bijvoorbeeld wind (richting en kracht), de configuratie en de hoogte van de bebouwing. Voor kleine parken geldt dat het beïnvloede gebied tussen de 2 en 4 maal de breedte van het park is. Dit geeft aan dat in het ontwerp van parkjes, pleinen en dergelijke de daadwerkelijke invulling een grote invloed kan hebben op het Urban Heat Island-effect.

1 groot park



2 kleine parken



Park Invloedsfeer

Koelingseffect van parken.

Eenzijds biedt het randvoorwaarden, waaraan een park zou kunnen voldoen, anderzijds biedt het mogelijkheden om in het ruimtelijk ontwerp het Urban Heat Island-effect te verminderen. Japans modelmatig onderzoek laat zien dat herhaling van groen meer effect heeft op de omgeving dan één groot park met hetzelfde oppervlak. Dit betekent dat zowel gekeken moet worden naar de parkjes als naar de hoeveelheid en verdeling over het oppervlak van de parkjes. Geconcludeerd kan worden dat groenstructuren, met name parken en pleinen, belangrijk zijn voor temperatuurregulatie in steden en daarmee het beperken van het Urban Heat Island-effect. Het Frederiksplein in Amsterdam, met een fontein in het midden en het Valkhofpark in Nijmegen, waar de koelte van de rivier de stad in komt, zijn fraaie voorbeelden daarvan.



Foto: Vincent Kuypers.

Parken zijn vaak koeler en verkoelen ook de omgeving



4. De stad en zijn omgeving

Onderzoek in Chapultepec Park in Mexico-stad laat zien dat dit 500 ha grote park een verkoelend effect heeft dat nog merkbaar is op circa 2 km afstand van het park. Dit is vergelijkbaar met de breedte van het park. In recente Europese studies naar het Urban Heat Island-effect (onder andere in Londen, Berlijn, Stuttgart, Kassel en Manchester) is onomstotelijk aangetoond dat de groenblauwe aders in de stad de omvang van het Urban Heat Island-effect sterk beperken, met name in de omgeving van grote parken en wateroppervlakten. Parken van een dergelijke omvang worden ook in Nederland ontwikkeld. Park Lingezegen in de Stadsregio Arnhem Nijmegen, de Diemerscheg in de regio Amsterdam en Midden-IJsselmonde in Rotterdam zijn daar voorbeelden van.

- Bos in het buitengebied aanplanten wordt nog vaak als een last beschouwd. De noodzaak tot adaptatie en demping van het Urban Heat Island-effect zijn nieuwe argumenten om dat gericht te doen op plaatsen waar de hitte en verdroging sterk toeslaan. Het rendement betaalt zich uit in een beter stads- en vestigingsklimaat.
- De vernieuwde aandacht voor het teruglopende bomenbestand in de grote steden dat ingegeven wordt door het luchtzuiverende effect van Groen, kan worden doorgekoppeld naar een verkoelend effect en een vermindering van het energieverbruik. De VVD-fractie in de gemeente Amsterdam vraagt eind 2007 om aanplant van 50.000

bomen – geschatte investering 12 miljoen euro – om schone lucht in de stad terug te brengen. De waterrijke binnenstad is al vrij koel, wanneer de bomen worden aangeplant op plekken binnen de ring waar schaarste aan water en groen is, kan het Urban Heat Island-effect in Amsterdam daarmee ook worden beperkt.

Tijd voor actie

De effecten en gevolgen van het Urban Heat Island-effect worden in Nederland nog maar beperkt onderkend. Door de opwarming van de aarde wordt niet alleen de gemiddelde temperatuur hoger, maar worden ook de pieken groter en de extremen frequenter. Met het oog op ingrijpende operaties en investeringen in de stedelijke vernieuwing en regionale gebiedsontwikkeling is het van groot belang dat de beschikbare kennis en informatie in de praktijk wordt toegepast. Mitigatie van de effecten door aanpak van de bronnen is belangrijk voor duurzame ontwikkeling op de lange termijn. Op de korte termijn zijn met aanpassingen in de ruimtelijke ordening en de woning- en utiliteitsbouw, door meer aandacht voor groen en blauw in en om steden, veel van de problemen in de toekomst te voorkomen. Met “klimaatbestendig bouwen aan de toekomst” kunnen de nadelen van het Urban Heat Island-effect beperkt worden. Dit kan worden omgezet in een aangenaam stadsklimaat, waarin het goed toeven is. Kortom, tijd voor geïntegreerde acties bij de transformatie van binnensteden, wijken en stadsranden. Geïntegreerde acties met meer aandacht voor daken,

wegen, ondergrond en de groene infrastructuur zodat we leefbare gezonde steden blijven houden.

Bronnen

- Chen Y. & N.H. Wong, 2006. *Thermal benefits of city parks.*
- Greater London Authority, 2006. *The London Atmospheric Emissions Inventory 2003.*
- Harazono Y. & H. Ikeda, 1990. *Effects of rooftop vegetation using artificial substrates on the urban climate and the thermal load of buildings.*
- Hoyios P. et al., 2007. *Annual disaster statistical review: Numbers and trends 2006.*
- Jauregui, E., 1990. *Influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city.*
- Ministerie van WVS, 2007. *Nationaal Hitteplan 2007.*
- NRCAN, 2007. *Natural Resources Canada; Climate Change Impacts and Adaptation: A Canadian Perspective.*

Contact

Vincent.kuypers@wur.nl
Alterra, Wageningen UR

Barry.devries@wur.nl
Alterra, Wageningen UR

R.G.J.M.Peeters@minlnv.nl
Ministerie LNV, Directie Regionale Zaken

Opdrachtgever:
Ministerie LNV, Directie Regionale Zaken
Drs. R.G.J.M. Peeters

Zie ook: www.klimaatvoorruimte.nl