

Verkenning van de rol van (openbaar) groen op wijk- en buurniveau op het hitte-eilandeffect

J.H. Spijker
H. Kramer
J.J. de Jong
B.G. Heusinkveld

werkdocumenten



wot

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu



WAGENINGENUR

For quality of life

Verkenning van de rol van (openbaar) groen op wijk- en buurniveau op het hitte-eilandeffect

De reeks 'Werkdocumenten' bevat tussenresultaten van het onderzoek van de uitvoerende instellingen voor de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu (WOT Natuur & Milieu). De reeks is een intern communicatiemedium en wordt niet buiten de context van de WOT Natuur & Milieu verspreid. De inhoud van dit document is vooral bedoeld als referentiemateriaal voor collega-onderzoekers die onderzoek uitvoeren in opdracht van de WOT Natuur & Milieu. Zodra eindresultaten zijn bereikt, worden deze ook buiten deze reeks gepubliceerd.

Dit werkdocument is gemaakt conform het Kwaliteitshandboek van de WOT Natuur & Milieu.

WOT-werkdocument **295** is het resultaat van een onderzoeksopdracht van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), gefinancierd door het Ministerie van Economische Zaken, Landbouw & Innovatie (EL&I). Dit onderzoeksrapport draagt bij aan de kennis die verwerkt wordt in meer beleidsgerichte publicaties zoals Balans van de Leefomgeving en Thematische Verkenningen.

Verkenning van de rol van (openbaar) groen op wijk- en buurniveau op het hitte- eilandeffect

J.H. Spijker

H. Kramer

J.J. de Jong

B.G. Heusinkveld

Werkdocument 295

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu

Wageningen, april 2012

Referaat

Spijker, J.H., H. Kramer, J.J. de Jong & B.G. Heusinkveld (2011). *Verkenning van de rol van (openbaar) groen op wijk- en buurniveau op het hitte-eilandeffect*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-werkdocument 295. 28 blz. 11 fig.; 3 tab.; 7 ref.

Dit werkdocument gaat in op de effecten van (openbaar) groen op het Urban Heat Island Effect (UHI). Voor vijftien wijken in Rotterdam is een relatie gelegd tussen het bedekkingspercentage van verschillende hoogteklassen groen en de grootte van het UHI-effect. Er worden hierbij grote verschillen tussen de wijken gevonden. Voorts is voor drie buurten in beeld gebracht welke effecten het opgaande groen heeft op de hoeveelheid zonne-instraling die het straatniveau bereikt. Deze laatste bepaalt het comfort op straatniveau gedurende de dag.

Trefwoorden: hitte-eilandeffect, Urban Heat Island, UHI, openbaar groen, 3D, objecthoogten

Auteurs:

Joop Spijker, Henk Kramer & Anjo de Jong: Alterra
Bert Heusinkveld: Leerstoelgroep Meteorologie en luchtkwaliteit

©2012 **Alterra, onderdeel van Wageningen UR**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 48 07 00; e-mail: info.alterra@wur.nl

**Leerstoelgroep Meteorologie en luchtkwaliteit
Wageningen University**

Postbus 47, 6700 AA Wageningen
Tel: (0317) 48 39 81; e-mail: office.metair@wur.nl

De reeks WOt-werkdocumenten is een uitgave van de unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR. Dit werkdocument is verkrijgbaar bij het secretariaat. **Het document is ook te downloaden via www.wotnatuurenmilieu.wur.nl.**

Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, Postbus 47, 6700 AA Wageningen

Tel: (0317) 48 54 71; Fax: (0317) 41 90 00; e-mail: info.wnm@wur.nl; Internet: www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever. De uitgever aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

1	Inleiding	7
1.1	Stedelijk hitte-eilandeffect (kort)	7
1.2	Onderzoeksvraag	8
2	Materiaal & methode	9
2.1	Onderscheiden grondgebruiksklassen	9
2.2	Gebruikte bronbestanden	10
2.3	Vervaardiging geodataset Stedelijk Grondgebruik Plus Hoogte	11
3	Verondersteld effect van hoeveelheid groen in wijken in Rotterdam op het hitte-eilandeffect	15
4	Effect van groen (en bebouwing) op mate van instraling op straatniveau van de (openbare) ruimte	19
5	Conclusies en aanbevelingen	21
5.1	Conclusies	21
5.2	Aanbevelingen	21
	Literatuur	23

1 Inleiding

1.1 Stedelijk hitte-eilandeffect (kort)

In de stedelijke omgeving heerst een ander klimaat dan in het omliggende landelijk gebied. Dit klimaatverschil wordt het stedelijk hitte-eilandeffect (UHI-effect; Urban Heat Island effect) genoemd.

Ook in het gematigde zeeklimaat van Nederland is dit een belangrijk effect. In de hete zomers van 2003 en 2006 overleden er in Nederland ca. 1000-2200 meer mensen dan gemiddeld. De extra sterfte was vooral in steden hoog en wordt geweten aan het stedelijk hitte-eilandeffect (Haines *et al.* 2006). Dit is een belangrijke zorg, omdat ook in Nederland de bevolking in de steden blijft groeien (vooral in het westen), en omdat klimaatmodellen voorspellen dat het aantal zomerse en tropische dagen de komende jaren gemiddeld zal toenemen. De temperatuurstijging en daarbij behorende hittegolven leveren vooral problemen op in verstedelijkte gebieden (IPCC 2011).

Het stedelijk hitte-eilandeffect is een complex mechanisme. Het gaat om een temperatuurverschil tussen de stad en het omliggende rurale gebied en het wordt veroorzaakt door verschillen in bodembedekking, oppervlaktekarakteristieken, in- en uitstraling, warmteopslag in gebouwen en verhardingen en warmteproductie door antropogene activiteiten. Er wordt onderscheid gemaakt in twee typen:

- Stedelijke leeflaag (Urban Canopy Layer): Stedelijk hitte-eilandeffect van de grond tot beneden de boomkruin/dakhoogte.
- Stedelijke grenslaag (Urban Boundary Layer): Stedelijk hitte-eilandeffect vanaf daken/boomkruin-niveau tot een atmosferische hoogte waarin geen Stedelijk hitte-eiland meer wordt waargenomen.

In deze studie wordt vooral gekeken naar de stedelijke leeflaag.

Hove *et al.* (2011) hebben onder meer in beeld gebracht welke aspecten een rol spelen bij het Stedelijk hitte-eilandeffect:

- De grootte van de stad. Op basis van gegevens in andere Europese steden, mag voor steden tussen 100.000 en 800.000 inwoners een stedelijk hitte-eilandeffect worden verwacht van 4 tot 8°C.
- Het ontwerp en de structuur van de stad.
 - de typologie van *mate van stedelijkheid op wijk- of buurtniveau* heeft een effect. Hoe stedelijker, hoe hoger het stedelijk hitte-eilandeffect mag worden verwacht.
 - *stedelijk groen*. Vegetatie beïnvloedt het stedelijk hitte-eilandeffect.
 - *oppervlaktewater*. Oppervlaktewater heeft een koelend effect door verdamping. Fontein dragen extra bij aan het koelend effect. Grote waterpartijen dragen extra bij, als hierdoor de wind beter de stad in kan dringen. Als wateren zelf opwarmen gedurende het voorjaar of de zomer, dan wordt het koelend effect minder, of kunnen ze zelfs bijdragen aan het stedelijk hitte-eilandeffect, doordat ze afkoeling in de avond en nacht vertragen en verminderen.
 - *stedelijke geometrie*. Dit betreft de omvang en situering van gebouwen binnen de stad. Dit beïnvloedt de windsnelheid, de energieabsorptie en de mogelijkheden van het landoppervlakte om energie uit te stralen naar de ruimte. Stedelijke kloven (nauwe straten tussen hoge gebouwen) zijn een voorbeeld van stedelijke geometrie.
 - eigenschappen van *stedelijke materialen*.
 - stralingseigenschappen (albedo);
 - thermische eigenschappen (opslag en vrijgeven van warmte);
- Antropogene warmtebronnen in de stad. Er zijn tal van warmtebronnen in de stad. Gebouwen (verwarming; airconditioning), fabrieken, voertuigen en mensen.

Zoals hierboven aangegeven, beïnvloedt groen het stedelijk hitte-eilandeffect. De volgende aspecten spelen daarbij een rol:

- Groen geeft een koelend effect door de verdamping van water. Dit is ook in de avonden van belang, omdat dit kan bijdragen aan de afkoeling van de lucht. Deze koelende waarde is alleen aanwezig als er voldoende water aanwezig is voor verdamping en bij voldoende daglicht. In perioden van aanhoudende droogte en gedurende de hitte van de dag zijn de huidmondjes van veel planten gesloten en vindt beperkt verdamping plaats.
- Bomen geven schaduw en voorkomen dat alle zonnestraling het straatoppervlak of gebouwen bereikt. Hierdoor wordt de warmte-opname overdag getemperd.
- Bij uitstraling gedurende de avond en nacht kunnen bomen de uitstraling naar de ruimte verminderen.
- Opgaand groen heeft effect op de doorstroming van de lucht.
- Groen kan bijdragen aan isolatie van gebouwen, waardoor minder antropogene warmte ontstaat door kunstmatige koeling/verwarming van gebouwen.

1.2 Onderzoeksvraag

In deze studie wordt de focus gelegd op de rol van groen op het hitte-eilandeffect. Hoofdvraag is:

Kunnen effecten van groen op het stedelijk hitte-eilandeffect beter op basis van geografische informatie in beeld worden gebracht?

Hierbij zijn twee effecten in beschouwing genomen:

1. Het effect van de aanwezigheid van groen op wijk- en buurniveau op het stedelijk hitte-eiland-effect. Hierbij is het vooral de vraag in hoeverre het stedelijk hitte-eilandeffect de afkoeling in de avondlijke en nachtelijke uren beperkt.
2. Het effect van de aanwezigheid van groen op de straling die overdag het straatniveau van de openbare ruimte bereikt. Hierbij wordt vooral gefocust op de schaduwwerking van het groen die het comfortniveau overdag bepaalt.

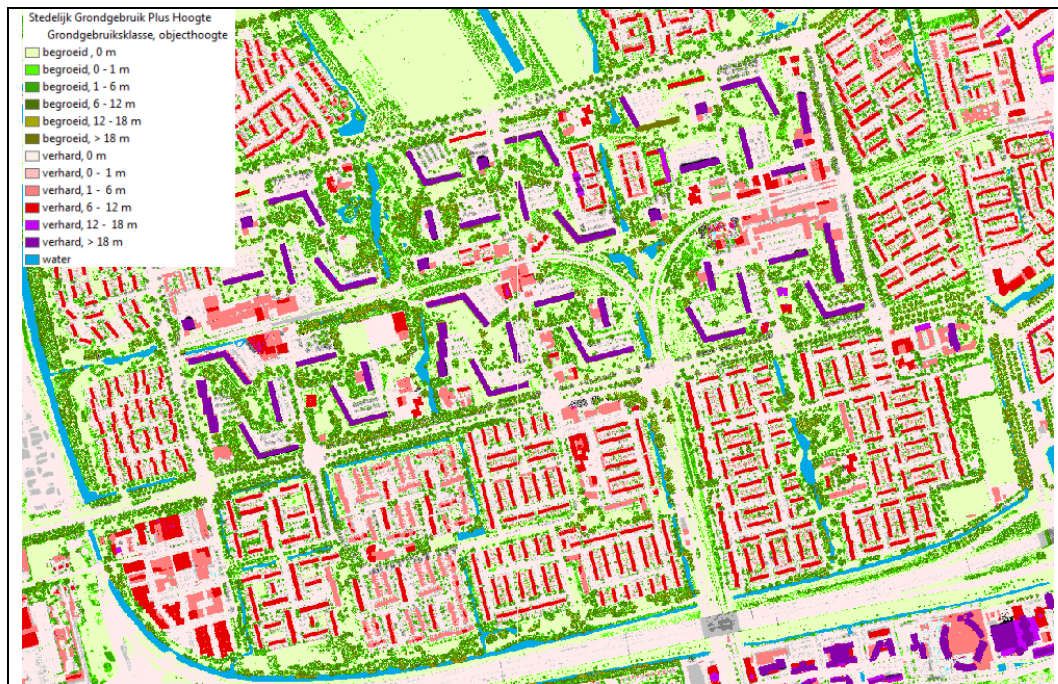
2 Materiaal & methode

2.1 Onderscheiden grondgebruiksklassen

Om de rol van groen op het stedelijk hitte-eilandeffect goed te kunnen analyseren, is een geodataset vervaardigd waarin de opbouw van het stedelijk gebied gedetailleerd is vastgelegd, **Stedelijk Grondgebruik Plus Hoogte (StedGebPH)**. Dit is een bestand met een onderverdeling in drie hoofdgrondgebruiksklassen: water, verharde oppervlakten en begroeide oppervlakten met een onderverdeling naar hoogte voor de hoofdklassen verharde en begroeide oppervlakten. Het ruimtelijke detail is 0,5 bij 0,5 meter, de onderscheiden klassen worden weergegeven in Tabel 1. Een voorbeeld van de dataset StedGebPH staat in Figuur 1.

Tabel 1: Onderscheiden grondgebruiksklassen in het stedelijk gebied.

Klasse	Beschrijving
water	wateroppervlakten.
verhard	verharde oppervlakten met een hoogte tussen 0 en 1 meter.
laagbouw	verharde oppervlakten met een hoogte tussen 1 en 12 meter.
hoogbouw	verharde oppervlakten met een hoogte hoger dan 12 meter.
groen laag	begroeide oppervlakten met een hoogte tussen 0 en 1 meter.
groen middel	begroeide oppervlakten met een hoogte tussen 1 en 6 meter.
groen opgaand	begroeide oppervlakten met een hoogte hoger dan 6 meter.



Figuur 1: Voorbeeld van StedGebPH met indeling van grondgebruiksklassen

De geodataset StedGebPH is gebruikt voor het genereren van statistieken van legenda-eenheden per buurt.

Om de potentiële inkomende zonnestraling voor specifieke dagen te berekenen, is het bestand AHN2-DSM (zie par. 2.2) gebruikt. Een selectie uit de geodataset StedGebPH is hierbij als masker gebruikt om het resultaat op straatniveau weer te geven.

2.2 Gebruikte bronbestanden

Bij de vervaardiging van de geodataset StedGebPH is gebruik gemaakt van vier verschillende bronbestanden;

1. Top10-NL;
2. Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG);
3. Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN2);
4. Vegetatieclassificatie uit false-color luchtfoto.

Op alle bronbestanden zijn bewerkingen uitgevoerd om de gewenste klassen te verkrijgen. De uiteindelijke legenda-indeling is verkregen door het combineren van de bewerkte bronbestanden. De inwinningsdatum is niet voor alle bronbestanden gelijk. Hierdoor ontstaan in sommige gevallen foutieve combinaties. Deze zijn handmatig gecorrigeerd.

Top10-NL

De digitale topografische kaart 1:10.000 van het Kadaster (Top10-NL) is gebruikt voor de basisindeling van de hoofdklassen Water, Verharde oppervlakten en Groen. Top10-NL bevat geen informatie over de hoogte van objecten. Ook zijn de boomkronen niet in de Top10-NL opgenomen waardoor de oppervlakte groen niet goed weergegeven wordt. De gebruikte versie is TOP10NL_2010_09 uit de CGI GeoDatabase, de inwinningsdatum voor het testgebied Rotterdam is echter 2006. Hierdoor zijn een aantal nieuwe wegen, viaducten en gebouwen niet beschikbaar waardoor foutieve combinaties ontstaan.

Basisregistratie Adressen en Gebouwen

De Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) bevat basisgegevens over alle gebouwen en adressen in Nederland. De gebruikte versie van de BAG bevat alle beschikbare gegevens tot en met eind 2009. De voetprints van bestaande gebouwen zijn gebruikt om de basisklasse verhard te verbeteren. Hiermee zijn de in de Top10-NL ontbrekende gebouwen toegevoegd.

Actueel Hoogtebestand Nederland

Het Actueel Hoogtebestand Nederland Versie 2 (AHN2) is gebruikt om de hoogtecomponent aan de geodataset StedGebPH toe te voegen. Het AHN2 is een rasterbestand met een ruimtelijk detail van 0,5 bij 0,5 meter. Er zijn twee verschillende basisbestanden binnen het AHN2 beschikbaar. De eerste is de AHN2-DEM (Digital Elevation Model) waarin per rastercel de maaiveldhoogte boven NAP opgenomen is. Het tweede product is de AHN2-DSM (Digital Surface Model) waarin per rastercel de tophoogte boven NAP opgenomen is. De tophoogte is de bovenkant van objecten die op het maaiveld staan zoals gebouwen en bomen. De inwinningsdatum voor het testgebied Rotterdam is 2008.

In zowel de AHN2-DEM als de AHN2-DSM komen gaten voor die veroorzaakt worden door beperkingen bij de gebruikte techniek van inwinning, de laserhoogtemeting (ook wel LIDAR, *Light Detection And Ranging*, genoemd). Dit zijn onder andere wateroppervlakten of natte gebieden die met laserhoogtemeting niet of onvolledig opgenomen worden. Ook het maaiveld onder opgaande objecten als gebouwen en bomen wordt niet opgenomen. Beide basisbestanden zijn hiervoor gecorrigeerd.

Vegetatieclassificatie uit false-color luchtfoto

De false-color luchtfoto uit 2008 (Eurosense B.V. 2008.) is gebruikt om het groen voor 2008 als grondgebruiksklasse op te nemen. De false-color luchtfoto bevat naast het zichtbare licht ook informatie uit het infrarode deel van gereflecteerd licht. Hiermee kan vegetatie in kaart gebracht worden (Kramer *et al.* 2010). Dit geeft een accuraat overzicht van de oppervlakte groen in het stedelijk gebied.

2.3 Vervaardiging geodataset Stedelijk Grondgebruik Plus Hoogte

Voor de vervaardiging van StedGebPH kunnen drie verschillende processen onderscheiden worden:

1. Het bepalen van de hoogte van objecten vanuit het AHN;
2. Het bepalen van de basis grondgebruiksklassen vanuit de Top10NL en BAG;
3. Het bepalen van de oppervlakte groen in het stedelijk gebied vanuit de luchtfoto.

In deze paragraaf worden de afzonderlijke processen beschreven.

Hoogte van objecten

De hoogte van objecten wordt bepaald door de tophoogte (AHN2-DSM) te verminderen met de maaiveldhoogte (AHN2-DEM). De beschikbare data bevat echter gaten (NoData) die dit proces verstoren. Dit vereist een voorbereiding van beide bronbestanden (zie Figuur 2).



Figuur 2: Voorbewerking AHN-bestanden en resultaatbestand met objecthoogten

De gaten in beide bestanden zijn opgevuld door middel van een interpolatie tussen de naastliggende hoogten. Om te voorkomen dat de opvulling niet goed verloopt voor locaties waarbij scherpe overgangen in hoogte voorkomen, zoals bijvoorbeeld nabij gebouwen of oevers/kades, wordt de opvulling gesegmenteerd uitgevoerd. Er is een speciale procedure ontwikkeld waarbij gaten nabij deze scherpe overgangen in hoogte wel correct worden opgevuld.

Basis grondgebruiksklassen

In de basisclassificatie van het grondgebruik worden drie klassen onderscheiden: verharding (inclusief bebouwing), groen en water. Tabel 2 geeft de vertaling van de Top10NL-klassen naar de basisclassificatie.

Tabel 2: Opbouw basisclassificatie vanuit Top10NL en BAG

Basisclassificatie	Top10NL	BAG
water	water (code)	-
groen	gras (codes) bos (codes)	-
verharding	alle overige codes	alle bestaande gebouwen

Aan de basisklasse verharding zijn alle Top10NL-codes toegekend die niet aan water of groen worden toegekend. Dit is in het algemeen een te brede selectie aan bronklassen om als verharding aan te merken. Binnen het testgebied is dit wel een bruikbare vertaling, indien op een andere locatie hetzelfde proces uitgevoerd wordt moet deze indeling verfijnd worden.

Op basis van de herindeling in de basisklassen zijn de Top10NL en BAG vergrid naar een rasterbestand met een celgrootte van 0,5 bij 0,5 meter dat aansluit bij de AHN-rasterbestanden.

Groenclassificatie uit false-color luchtfoto

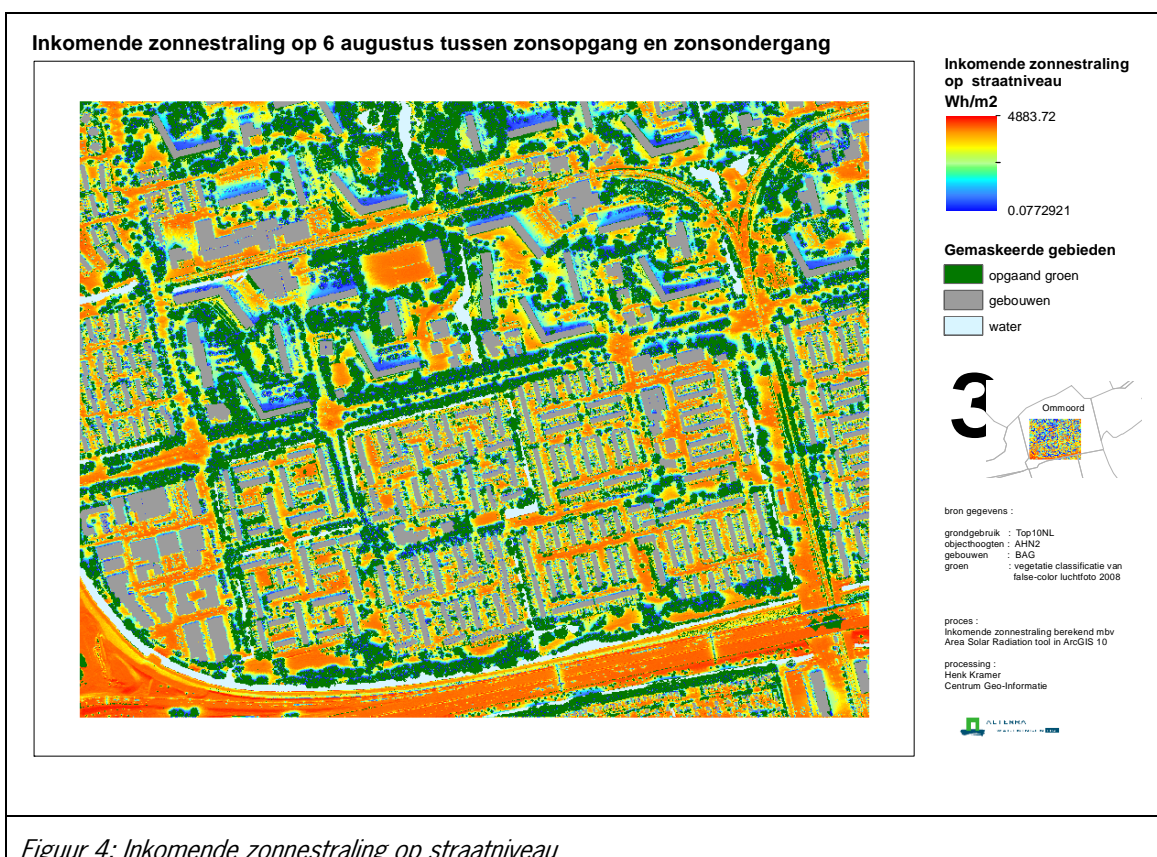
De methode voor het classificeren van het groen uit false-color luchtfoto's komt overeen met de methode zoals beschreven in Kramer *et al.* (2010). In het kort komt het er op neer dat vanuit de informatie uit de infrarode band en de rode band een vegetatie-index (NDVI) berekend wordt. De vegetatie-index is opgeslagen als een getal tussen de 0 (geen-vegetatie) en 256 (vegetatie). Het getal dat de grens tussen geen-vegetatie en vegetatie aangeeft, is door middel van een visuele interpretatie van de luchtfoto bepaald. Voor het testgebied is dit vastgesteld op 140. Dit resulteerde in een overschatting van het groen in schaduwgebieden. Dit is gecorrigeerd door een extra regel op basis van de reflectie in de infrarode band op te nemen, deze moet boven de 70 zijn. Een gridcel wordt toegekend aan de klasse groen indien de NDVI ≥ 140 en IR ≥ 70 .

Op deze wijze is het oppervlakte groen van boomkronen toegevoegd aan de basisclassificatie.

Berekening potentiële inkomende zonnestraling

Voor het berekenen van de potentiële inkomende zonnestraling is de tool Area Solar Radiation uit ArcGIS 10 gebruikt. De input voor deze tool is de AHN2-DSM (zie Figuur 3).

De inkomende zonnestraling is berekend voor 6 augustus tussen 5:30 uur 's ochtends en 10:00 uur 's avonds. Dat is van een half uur voor zonsopgang tot een half uur na zonsondergang. Om de inkomende zonnestraling op straatniveau te kunnen berekenen, zijn de gebouwen, het water en het opgaande groen (objecthoogte > 1 m) in het resultaat gemaskeerd. (Figuur 4).



3 Verondersteld effect van hoeveelheid groen in wijken in Rotterdam op het hitte-eilandeffect

Van vijftien Rotterdamse wijken is de bedekking van groen, water en verharding in verschillende hoogteklassen bepaald (zie Hoofdstuk 2). De wijken verschillen sterk van bouwperiode (bij benadering) en de percentages groen, water en verhard/bebouwd (Tabel 3). Van de wijken is op basis van die informatie bepaald in welke mate het UHI-effect kan optreden. Daarvoor zijn ze ingedeeld volgens de classificatie van Oke (2006).

Oke (2006) heeft een classificatie gemaakt van urbane klimaatzones (UCZ's). De zeven klassen die worden onderscheiden variëren van:

1. zeer sterk stedelijk ontwikkeld, met aan elkaar gelegen hoge gebouwen;
2. zeer sterk stedelijk ontwikkeld, met (bijna) aan elkaar gelegen gebouwen van 2 tot 5 verdiepingen hoog;
3. sterk stedelijk ontwikkeld gebied, met dicht tegen elkaar gelegen huizen en appartementen;
4. sterk ontwikkeld stedelijk gebied met lage gebouwen en parkeerterreinen;
5. matig ontwikkeld stedelijk gebied, buitenwijken met een of twee verdiepingen;
6. mix van grote gebouwen met open landschap;
7. semi-ruraal gebied, met verspreid huizen en boerderijen.

Naast die beschrijving is voor de klassen ook aangegeven wat de ruwheid van het terrein is, volgens de classificatie van Davenport *et al.* (2000). Ook is de verhouding aangegeven van de hoogte van de elementen die de ruwheid van het gebied bepalen (gebouwen, bomen) en de ruimte tussen die elementen. Ten slotte is het percentage bebouwd oppervlak aangegeven.

Het blijkt dat de meeste van de vijftien Rotterdamse wijken behoren tot klasse 5, matig ontwikkeld stedelijk gebied. Maar drie wijken behoren tot klasse 3, sterk stedelijk ontwikkeld gebied, en een wijk tot klasse 2, zeer sterk stedelijk ontwikkeld gebied. Van vooral de wijken in klasse 2 en 3 wordt verwacht dat ze te maken hebben met duidelijke UHI-effecten. Het valt op dat de wijken met de UCZ-klassen 2 en 3 hoge gemiddelde inwonerdichtheden hebben (> 10.000 inwoners per km²), met uitzondering van Oosterflank. Deze wijken hebben ook een duidelijk lagere bedekking van groen. Pendrecht heeft eveneens een relatief hoge inwonersdichtheid, maar heeft toch een gemiddeld bedekkingspercentage groen.

Van de vijftien wijken is een schatting gemaakt van het effect op de dagtemperatuur op de 5%-dagen van het jaar met het hoogste gemeten UHI-effect. Daarvoor is gebruik gemaakt van onderzoek van Steeneveld *et al.* (2011). Steeneveld *et al.* hebben het UHI-effect (in deze studie gedefinieerd als maximum temperatuurverschil tussen stad en buitengebied) bepaald voor een aantal verschillende locaties in Nederland. Aangezien er de laatste decennia nauwelijks aandacht is geweest voor het UHI-effect in Nederland, zijn er weinig professionele meetreeksen van het UHI. Daarnaast zijn er vrij weinig meteorologische meetstations in woonwijken, omdat er weinig plekken zijn die voldoen aan de eisen die aan stations worden gesteld.

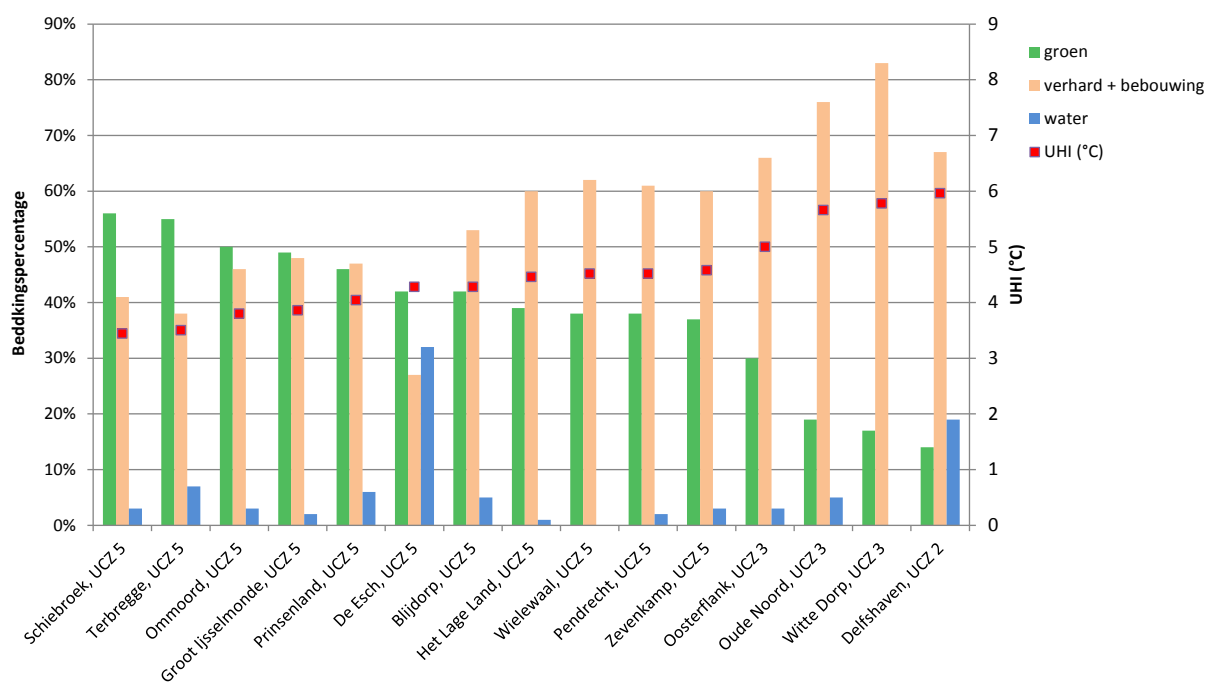
Steeneveld *et al.* hebben daarom betrouwbare data van 27 locaties van hobby-meteorologen gebruikt. Op basis van die gegevens hebben ze de relatie bepaald tussen het aandeel groen in de omgeving en de mate waarin het UHI-effect optreedt op de 5%-dagen van het jaar met het hoogste gemeten stedelijk hitte-eilandeffect. Die relatie in de voorliggende studie is toegepast op de gegevens van de vijftien Rotterdamse wijken. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 5.

Voor de groenste wijken (Schiebroek en Terbregge) wordt het stedelijk hitte-eilandeffect geschat op 3,5°C, terwijl dat voor minst groene wijken (Oude Noord, Witte Dorp en Delfshaven) kan oplopen tot 6°C. Figuur 5 laat ook zien dat het effect het meeste optreedt in de hoogste UCZ-classes, zoals verwacht mag worden.

Tabel 3: *Bouwperiode (bij benadering), inwonersdichtheid, bedekking van groen, hoog groen (> 6 m), bebouwd+verhard en water, en urbane klimaatzone (UCZ)*

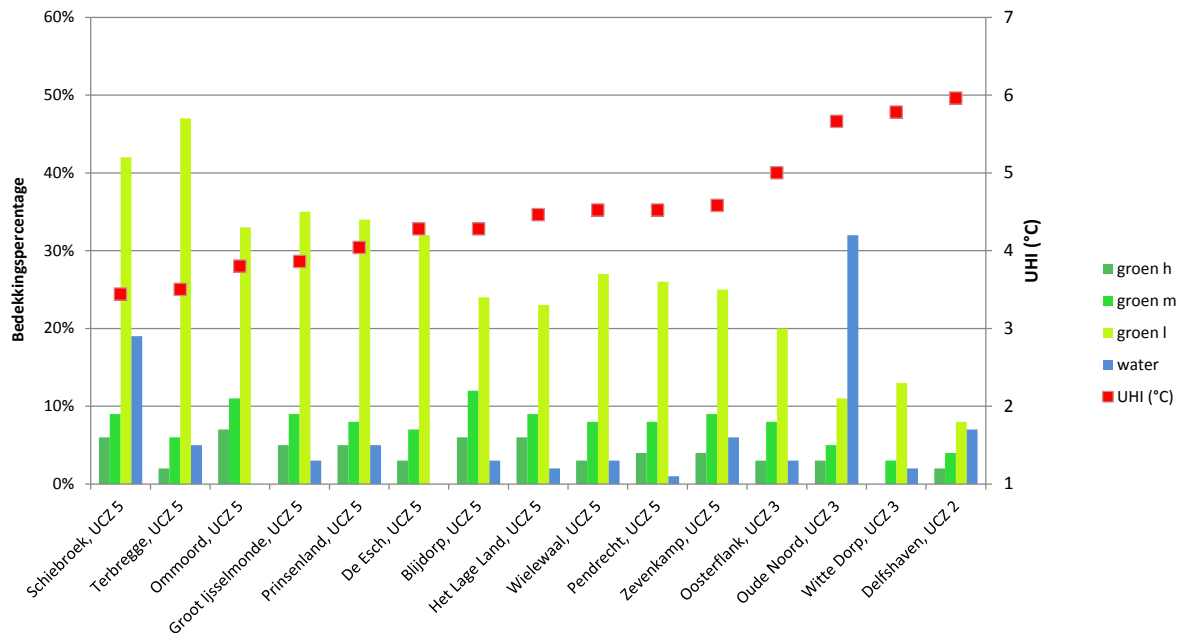
Wijk	Bouwperiode bij benadering	Aantal inwoners x 1000/km ²	Bedekking van oppervlak				UCZ klasse
			groen	w.v. hoog ¹ groen	bebouwd +verhard	water	
Delfshaven	<1940	11,8	14%	2%	67%	19%	2
Oude Noord	<1940	15,7	19%	3%	76%	5%	3
Blijdorp	<1940	5,5	42%	6%	53%	5%	5
Witte Dorp	1945	14,5	17%	0%	83%	0%	3
Wielewaal	1950	4,6	38%	3%	62%	0%	5
Schiebroek	1950	3,1	56%	6%	41%	3%	5
Pendrecht	1950	9,7	38%	4%	61%	2%	5
Ommoord	1960	5,4	50%	7%	46%	3%	5
Het Lage Land	1960	4,5	39%	6%	60%	1%	5
Prinsenland	1960	5,7	46%	5%	47%	6%	5
Zevenkamp	1980	7,9	37%	4%	60%	3%	5
Oosterflank	1980	6,5	30%	3%	66%	3%	3
De Esch	1980	1,8	42%	3%	27%	32%	5
Groot-IJsselmonde	2000	4,6	49%	5%	48%	2%	5
Terbregge	2000	1,8	55%	2%	38%	7%	5

¹ groen hoger dan 6 meter boven maaiveld

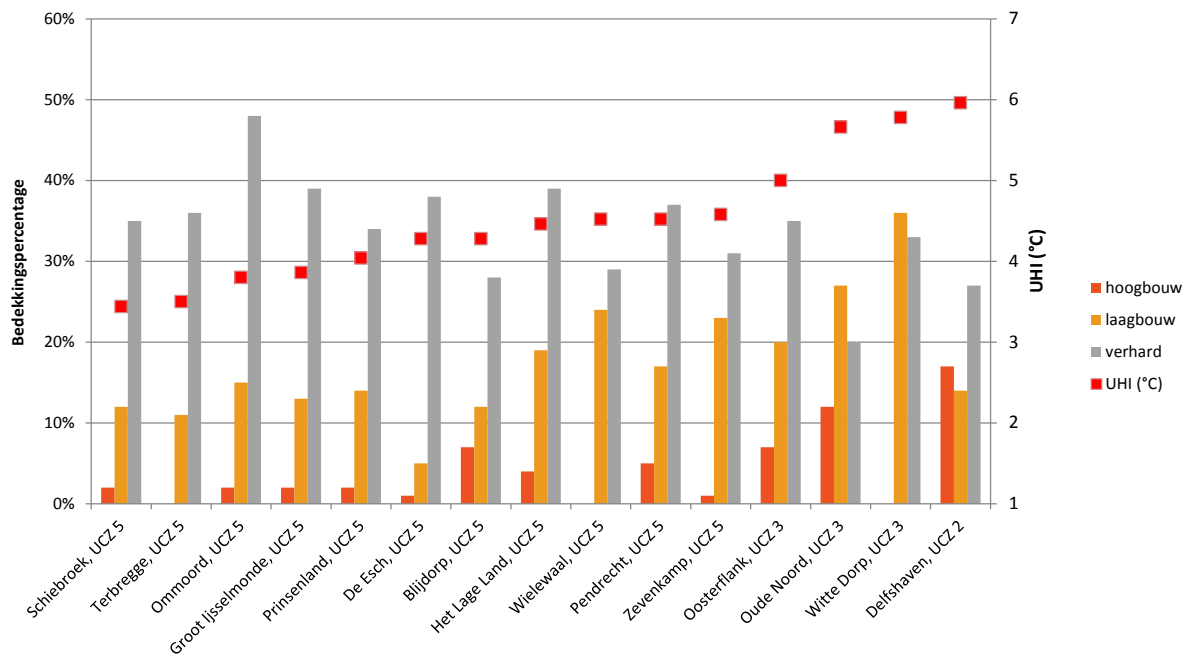


Figuur 5: *Bedekking per wijk en UCZ, voor groen verharding + bebouwing en water (linker as), en UHI-effect voor de 5%-dagen van het jaar met het hoogste UHI-effect (rechter as)*

In Figuur 6 en Figuur 7 is te zien dat de wijken met het grootste UHI-effect van alle wijken het grootste aandeel hoog- en laagbouw hebben. Ze hebben echter ook het laagste aandeel hoog groen waardoor daar het minste van de beschaduwing van groen kan worden geprofiteerd.



Figuur 6: Bedekking per wijk en UCZ, voor groen (hoog is > 6 m, middel is 1 - 6 m en laag is < 1 m) en water (linker as), en UHI-effect voor de 5%-dagen van het jaar met het hoogste UHI-effect (rechter as)



Figuur 7: Bedekking per wijk en UCZ, hoogbouw (> 6 m), laagbouw (< 6 m), verharding (linker as) en UHI-effect voor de 5%-dagen van het jaar met het hoogste UHI-effect (rechter as)

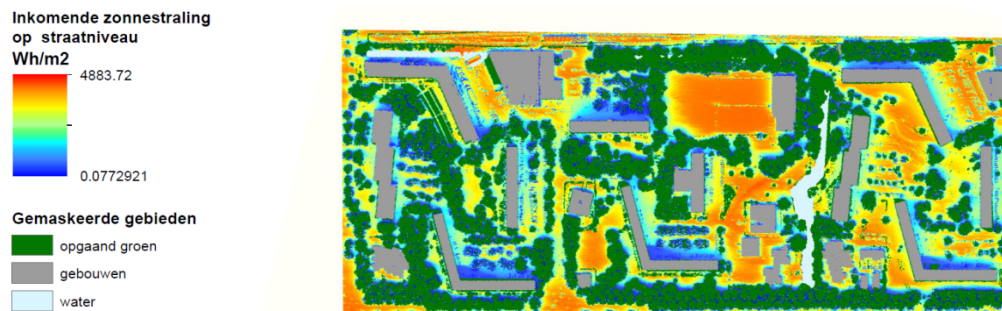
4 Effect van groen (en bebouwing) op mate van instraling op straatniveau van de (openbare) ruimte

De mate van instraling op het straatniveau is een belangrijke factor die bijdraagt aan het hitte-eiland-effect. Deze instraling beïnvloedt het comfort van de openbare ruimte overdag, en kan leiden tot hittestress. Voorts zorgt de straling voor opwarming van verhardingen en gebouwen gedurende de dag. Door de afgifte van deze warmte in de avond en nacht wordt bijgedragen aan het stedelijk hitte-eilandeffect, dat juist in deze periode van het etmaal het hoogste is.

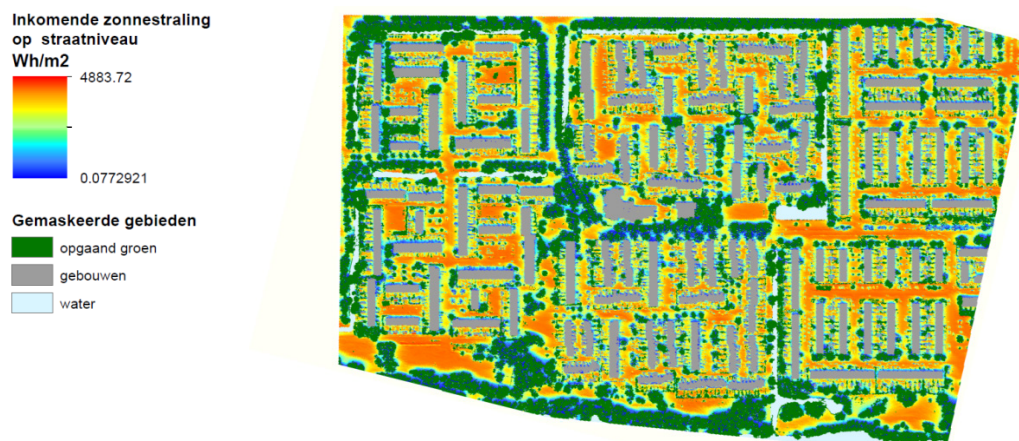
In de wijk Ommoord is voor drie buurten de hoeveelheid straling bepaald die het bodemoppervlak bereikt excl. daken. Buiten beschouwing blijven gebouwen en opgaand groen. Het karakter van de buurten verschilt:

- Buurt 1 is een woonwijk met hoogbouw en relatief veel opgaand groen in de wijk;
- Buurt 2 is een woonwijk met veel laagbouw en relatief wat minder opgaand groen. Om de buurt heen ligt wat meer opgaand groen;
- Buurt 3 is een bedrijventerrein met zeer weinig opgaand groen in de wijk. Om de wijk ligt veel opgaand groen.

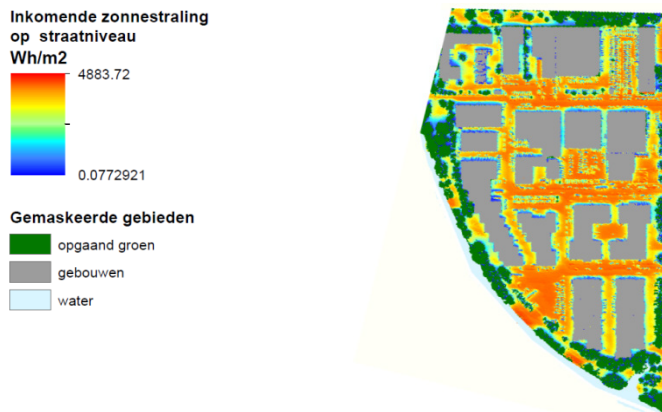
In de Figuren 8 – 10 wordt zichtbaar gemaakt hoeveel straling gedurende een zomerdag het straatniveau bereikt.



Figuur 8: Buurt 1 (hoogbouw): hoeveelheid zonnestraling die de bodem bereikt op een zomerdag



Figuur 9: Buurt 2 (laagbouw): hoeveelheid zonnestraling die de bodem bereikt op een zomerdag

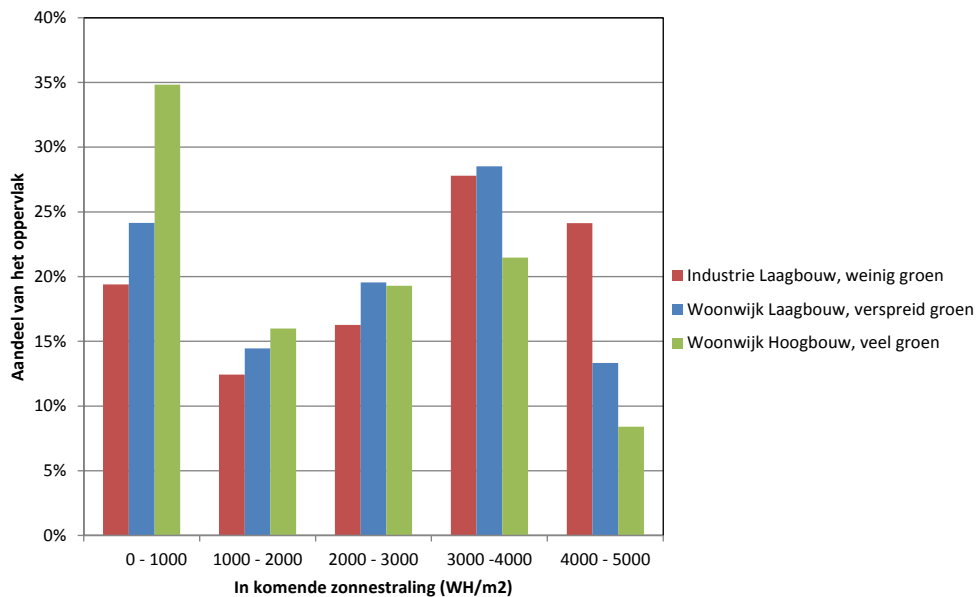


Figuur 10: Buurt 3 (bedrijventerrein): hoeveelheid zonnestraling die de bodem bereikt op een zomerdag

Er zijn tussen de buurten interessante verschillen in de mate van instraling die het straatniveau op een zomerdag bereikt. Hierbij is voor elke vierkante meter van het bodemoppervlak (straten, grasvelden, tuinen, etc.) berekend hoeveel straling van de zon gedurende een werkdag deze bereikt. Per buurt is een indeling in klassen gemaakt van de inkomende zonnestraling, waarbij vijf klassen zijn onderscheiden:

- 0-1000 Wh/m²
- 1000-2000 Wh/m²
- 2000-3000 Wh/m²
- 3000-4000 Wh/m²
- 4000-5000 Wh/m²

Figuur 11 toont de klassenverdeling inkomende zonnestraling per buurt. Het blijkt dat in de woonwijk met relatief veel groen, het oppervlakte-aandeel van zeer weinig bestraald oppervlakte bijna twee keer zo hoog is, als in dat van het bedrijventerrein. Het aandeel van het oppervlak met zeer veel zonnestraling is op het bedrijventerrein circa drie keer hoger dan in de woonwijk met relatief veel groen.



Figuur 11: Klassenverdeling inkomende zonnestraling per buurt

5 Conclusies en aanbevelingen

5.1 Conclusies

Gebruik geodatasets voor bepaling stedelijk hitte-eiland

Het blijkt dat de voor Rotterdam beschikbare geodatasets een goed middel zijn om de hoeveelheden stedelijk groen in kaart te brengen. Op straat-, buurt- en wijkniveau kan met behulp van deze informatie een schatting worden gemaakt van het te verwachten UHI-effect, gebruik makend van door Steeneveld *et al.* (2011) ontwikkelde inzichten. Hierbij kunnen wijken en buurten ook ingedeeld worden in zogenoemde Urban Climate Zones (Oke 2006).

Geodatasets kunnen ook worden gebruikt om de hoeveelheid straling vast te stellen die op straatniveau wordt bereikt. In dit onderzoek is dat voor het eerst uitgevoerd in Nederland. Deze hoeveelheid straling is een belangrijke factor voor de hittebeleving overdag. Daarnaast draagt de ingekomen straling overdag ook bij aan het UHI-effect.

De geodatasets bieden ook informatie over het aandeel van hoog, middelhoog en laag groen in het totale groenoppervlakte van een wijk. Het is interessant om met gebruikmaking van deze data te kijken of er een relatie met het stedelijk hitte-eilandeffect kan worden gelegd.

Effect van groen op hitte-eilandeffect

Het blijkt dat er grote verschillen zijn tussen de grootte van het hitte-eilandeffect in de onderzochte wijken. In de groenste wijken (Urban Climate Zone 5) wordt een UHI van 3,5 – 4,5°C berekend. Voor de minst groene wijk (Urban Climate Zone 2) een UHI van 6°C.

Het oppervlakte-aandeel groen blijkt in de Rotterdamse woonwijken voor 1950 beduidend kleiner te zijn dan in de jongere wijken. Hierdoor is in de oudere woonwijken het UHI-effect ca. 2°C sterker.

De onderzochte wijken zijn in de meeste situaties relatief groot. Op buurtniveau kunnen de verschillen nog groter zijn, doordat binnen een wijk er grote verschillen zijn in de verdeling van het groen over de wijk.

Effect van groen op de hoeveelheid straling die het straatniveau bereikt

In deze studie is dit voor Nederland voor het eerst in beeld gebracht. Het blijkt dat er grote verschillen bestaan tussen drie buurten in een wijk. Deze verschillen worden nog een beetje versluierd doordat in de buurten met relatief weinig opgaand groen de randen zijn meegenomen waar relatief meer groen aanwezig is.

5.2 Aanbevelingen

In dit onderzoek is voor enkele Rotterdamse wijken in kaart gebracht welke vermindering verwacht mag worden van het aandeel groen op het UHI-effect op grond van een door Steeneveld *et al.* (2011) ontwikkeld model. Het verdient aanbeveling nader meteorologische onderzoek te doen naar deze relatie. Hierbij kan ook in beschouwing worden genomen de hoogte van het aanwezige groen. In dit onderzoek zijn gegevens verzameld over hoeveelheden laag groen (< 1 m), middelhoog groen (1-6 m) en opgaand groen (> 6 m). Gegevens hierover zijn op straat-, wijk- en buurtniveau beschikbaar.

Het verdient aanbeveling uit te zoeken wat de relatie tussen groen en hitte-eiland is op verschillende ruimtelijke schalen:

- Straatniveau;
- Buurtniveau;
- Wijkniveau;
- Stads(deel)niveau.

Kennis van deze relaties is belangrijk voor het goed bepalen van wat steden concreet kunnen doen om het stedelijk hitte-eiland te voorkomen of te verminderen.

Het verdient aanbeveling om te onderzoeken of andere steden in Nederland die lijken op Rotterdam, als het gaat om de aandelen groen op wijkniveau en het daarvan afgeleid werking op het UHI-effect. Met de uitkomsten daarvan kunnen de resultaten van dit onderzoek landelijk worden opgeschaald. Hierbij kunnen kengetallen worden ontwikkeld voor typische soorten wijken die in meer steden voorkomen.

De beschikbare geodata laten analyse van de hoeveelheid groen toe op stads-, wijk-, buurt- en straatniveau. In dit onderzoek is gekozen voor analyse op wijk- en soms buurtniveau. Het verdient aanbeveling om nader meteorologisch onderzoek te doen naar de relatie tussen groen en het UHI-effect om in beeld te krijgen op welk niveau de relatie tussen groen en temperatuur het sterkst is.

Literatuur

- Davenport, A.G., C.S.B. Grimmond, T.R. Oke & J. Wieringa (2000). Estimating the roughness of cities and sheltered country. Proc. 12th Conf. Appl. Climat., Amer. Meteorol. Soc., Boston, pp. 96-99.
- Haines, A., R.S. Kovats, D. Campbell-Lendrum & C. Corvola (2006). *Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health*. Lancet 367, p. 2101-2109.
- Hove, L.W.A. van, Steeneveld, C.M.J. Jacobs, B.G. Heusinkveld, J.A. Elbers, E.J. Moors & A.A.M. Holtslag (2011). *Exploring the Urban Heat Island Intensity of Dutch cities. Assessment based on a literature review, recent meteorological observations and datasets provided by hobby meteorologists*. Alterra rapport 2170. Alterra, onderdeel van Wageningen UR, Wageningen.
- IPCC (2011). *Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*.
- Kramer, H, J. Oldengarm & L. Roupioz (2010). *Nederland is groener dan kaarten laten zien: De mogelijkheden om beter groen te inventariseren en monitoren met de automatische classificatie van digitale luchtfoto's*. WOt-werkdocument 216. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, onderdeel van Wageningen UR.
- Oke, T. R. (2006) *Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*, IOM Rep. 81, World Meteorol. Org., Geneva.
- Steeneveld, G.J., S. Koopmans, B.G. Heusinkveld, L.W.A. van Hove & A.A.M. Holtslag (2011). *Quantifying urban heat island effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands*. In: Geophys. Res., 116, D20129, doi:10.1029/2011JD015988.

Verschenen documenten in de reeks Werkdocumenten van de Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu vanaf 2009

Werkdocumenten zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van Unit Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, te Wageningen. T 0317 – 48 54 71; F 0317 – 41 90 00; E info.wnm@wur.nl

De werkdocumenten zijn ook te downloaden via de WOt-website www.wotnatuurenmilieu.wur.nl

2009

- 126** *Kamphorst, D.A.* Keuzes in het internationale biodiversiteitsbeleid; Verkenning van de beleidstheorie achter de internationale aspecten van het Beleidsprogramma Biodiversiteit (2008-2011)
- 127** *Dirkx, G.H.P. & F.J.P. van den Bosch.* Quick scan gebruik Catalogus groenblauwe diensten
- 128** *Loeb, R. & P.F.M. Verdonschot.* Complexiteit van nutriëntenlimitaties in oppervlaktewateren
- 129** *Kruit, J. & P.M. Veer.* Herfotografie van landschappen; Landschapsfoto's van de 'Collectie de Boer' als uitgangspunt voor het in beeld brengen van ontwikkelingen in het landschap in de periode 1976-2008
- 130** *Oenema, O., A. Smit & J.W.H. van der Kolk.* Indicatoren Landelijk Gebied; werkwijze en eerste resultaten
- 131** *Agricola, H.J.A.J. van Strien, J.A. Boone, M.A. Dolman, C.M. Goossen, S. de Vries, N.Y. van der Wulp, L.M.G. Groenemeijer, W.F. Lukey & R.J. van Til.* Achtergrond-document Nulmeting Effectindicatoren Monitor Agenda Vitaal Platteland
- 132** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-001 – Koepel
- 133** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 134** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 135** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-005 – M-AVP
- 136** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-006 – Natuurplanbureaufunctie
- 137** *Jaarrapportage 2008.* WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie
- 138** *Jong de, J.J., J. van Os & R.A. Smidt.* Inventarisatie en beheerskosten van landschapselementen
- 139** *Dirkx, G.H.P., R.W. Verburg & P. van der Wielen.* Tegenkrachten Natuur. Korte verkenning van de weerstand tegen aankopen van landbouwgrond voor natuur
- 140** *Annual reports for 2008; Programme WOT-04*
- 141** *Vullings, L.A.E., C. Blok, G. Vonk, M. van Heusden, A. Huisman, J.M. van Linge, S. Keijzer, J. Oldengarm & J.D. Bulens.* Omgaan met digitale nationale beleidskaarten
- 142** *Vreke, J., A.L. Gerritsen, R.P. Kranendonk, M. Pleijte, P.H. Kersten & F.J.P. van den Bosch.* Maatlat Government – Governance
- 143** *Gerritsen, A.L., R.P. Kranendonk, J. Vreke, F.J.P. van den Bosch & M. Pleijte.* Verdrogingsbestrijding in het tijdperk van het investeringsbudget Landelijk Gebied. Een verslag van casusonderzoek in de provincies Drenthe, Noord-Brabant en Noord-Holland
- 144** *Luesink, H.H., P.W. Blokland, M.W. Hoogeveen & J.H. Wisman.* Ammoniakemissie uit de landbouw in 2006 en 2007
- 145** *Bakker de, H.C.M. & C.S.A. van Koppen.* Draagvlakonderzoek in de steigers. Een voorstudie naar indicatoren om maatschappelijk draagvlak voor natuur en landschap te meten
- 146** *Goossen, C.M.,* Monitoring recreatiegedrag van Nederlanders in landelijke gebieden. Jaar 2006/2007
- 147** *Hoefs, R.M.A., J. van Os & T.J.A. Gies.* Kavelruil en Landschap. Een korte verkenning naar ruimtelijke effecten van kavelruil
- 148** *Klok, T.L., R. Hille Ris Lambers, P. de Vries, J.E. Tamis & J.W.M. Wijsman.* Quick scan model instruments for marine biodiversity policy
- 149** *Spruijt, J., P. Spaorenberg & R. Schreuder.* Milieueffectiviteit en kosten van maatregelen gewasbescherming
- 150** *Ehlert, P.A.I. (rapporteur).* Advies Bemonstering bodem voor differentiatie van fosfaatgebruiksnormen
- 151** *Wulp van der, N.Y.* Storende elementen in het landschap: welke, waar en voor wie? Bijlage bij WOt-paper 1 – Krassen op het landschap
- 152** *Oltmer, K., K.H.M. van Bommel, J. Clement, J.J. de Jong, D.P. Rudrum & E.P.A.G. Schouwenberg.* Kosten voor habitattypen in Natura 2000-gebieden. Toepassing van de methode Kosteneffectiviteit natuurbeleid
- 153** *Adrichem van, M.H.C., F.G. Wortelboer & G.W.W. Wamelink (2010).* MOVE. Model for terrestrial Vegetation. Version 4.0
- 154** *Wamelink, G.W.W., R.M. Winkler & F.G. Wortelboer.* User documentation MOVE4 v 1.0
- 155** *Gies de, T.J.A., L.J.J. Jeurissen, I. Staritsky & A. Bleeker.* Leefomgevingsindicatoren Landelijk gebied. Inventarisatie naar stand van zaken over geurhinder, lichthinder en fijn stof
- 156** *Tamminga, S., A.W. Jongbloed, P. Bikker, L. Sebek, C. van Bruggen & O. Oenema.* Actualisatie excretiecijfers landbouwhuisdieren voor forfaits regeling Meststoffenwet
- 157** *Van der Salm, C., L. M. Boumans, G.B.M. Heuvelink & T.C. van Leeuwen.* Protocol voor validatie van het nutriëntenemissiemodel STONE op meetgegevens uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid
- 158** *Bouwma, I.M.* Quicksan Natura 2000 en Programma Beheer. Een vergelijking van Programma Beheer met de soorten en habitats van Natura 2000
- 159** *Gerritsen, A.L., D.A. Kamphorst, T.A. Selnes, M. van Veen, F.J.P. van den Bosch, L. van den Broek, M.E.A. Broekmeyer, J.L.M. Donders, R.J. Fontein, S. van Tol, G.W.W. Wamelink & P. van der Wielen.* Dilemma's en barrières in de praktijk van het natuur- en landschapsbeleid; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2009
- 160** *Fontein R.J., T.A. de Boer, B. Breman, C.M. Goossen, R.J.H.G. Henkens, J. Luttkik & S. de Vries.* Relatie recreatie en natuur; Achtergronddocument bij Natuurbalans 2009
- 161** *Deneer, J.W. & R. Kruijine. (2010).* Atmosferische depositie van gewasbeschermingsmiddelen. Een verkenning van de literatuur verschenen na 2003
- 162** *Verburg, R.W., M.E. Sanders, G.H.P. Dirkx, B. de Knegt & J.W. Kuhlman.* Natuur, landschap en landelijk gebied. Achtergronddocument bij Natuurbalans 2009
- 163** *Doorn van, A.M. & M.P.C.P. Paulissen.* Natuurgericht milieubeleid voor Natura 2000-gebieden in Europees perspectief: een verkenning
- 164** *Smidt, R.A., J. van Os & I. Staritsky.* Samenstellen van landelijke kaarten met landschapselementen, grondeigendom en beheer. Technisch achtergronddocument bij de opgeleverde bestanden
- 165** *Pouwels, R., R.P.B. Foppen, M.F. Wallis de Vries, R. Jochem, M.J.S.M. Reijnen & A. van Kleunen.* Verkenning LARCH: omgaan met kwaliteit binnen ecologische netwerken
- 166** *Born van den, G.J., H.H. Luesink, H.A.C. Verkerk, H.J. Mulder, J.N. Bosma, M.J.C. de Bode & O. Oenema,* Protocol voor monitoring landelijke mestmarkt onder een stelsel van gebruiksnormen, versie 2009
- 167** *Dijk, T.A. van, J.J.M. Driessen, P.A.I. Ehlert, P.H. Hotsma, M.H.M.M. Montforts, S.F. Plessius & O. Oenema.* Protocol beoordeling stoffen Meststoffenwet- Versie 2.1
- 168** *Smits, M.J., M.J. Bogaardt, D. Eaton, A. Karbauskas & P. Roza.* De vermaatschappelijking van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid. Een inventarisatie van visies in Brussel en diverse EU-lidstaten
- 169** *Vreke, J. & I.E. Salverda.* Kwaliteit leefomgeving en stedelijk groen
- 170** *Hengsdijk, H. & J.W.A. Langeveld.* Yield trends and yield gap analysis of major crops in the World
- 171** *Horst, M.M.S. ter & J.G. Groenwold.* Tool to determine the coefficient of variation of DegT50 values of plant protection products in water-sediment systems for different values of the sorption coefficient
- 172** *Boons-Prins, E., P. Leffelaar, L. Bouman & E. Stehfest (2010)* Grassland simulation with the LPJmL model
- 173** *Smit, A., O. Oenema & J.W.H. van der Kolk.* Indicatoren Kwaliteit Landelijk Gebied

2010

- 174** *Boer de, S., M.J. Bogaardt, P.H. Kersten, F.H. Kistenkas, M.G.G. Neven & M. van der Zouwen.* Zoektocht naar nationale beleidsruimte in de EU-richtlijnen voor het milieu- en natuurbeleid. Een vergelijking van de implementatie van de Vogel- en Habitatrichtlijn, de Kaderrichtlijn Water en de Nitraatrichtlijn in Nederland, Engeland en Noordrijn-Westfalen
- 175** *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-001 – Koepel
- 176** *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 177** *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 178** *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-005 – M-AVP
- 179** *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-006 – Natuurplanbureaufunctie
- 180** *Jaarrapportage 2009.* WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie
- 181** *Annual reports for 2009;* Programme WOT-04
- 182** *Oenema, O., P. Bikker, J. van Harn, E.A.A. Smolders, L.B. Sebek, M. van den Berg, E. Stehfest & H. Westhoek.* Quickscan opbrengsten en efficiëntie in de gangbare en biologische akkerbouw, melkveehouderij, varkenshouderij en pluimveehouderij. Deelstudie van project 'Duurzame Eiwitvoorziening'
- 183** *Smits, M.J.W., N.B.P. Polman & J. Westerink.* Uitbreidingsmogelijkheden voor groene en blauwe diensten in Nederland; Ervaringen uit het buitenland
- 184** *Dirkx, G.H.P. (red.).* Quick responsefunctie 2009. Verslag van de werkzaamheden
- 185** *Kuhlman, J.W., J. Luijt, J. van Dijk, A.D. Schouten & M.J. Voskuilen.* Grondprijkaarten 1998-2008
- 186** *Slangen, L.H.G., R.A. Jongeneel, N.B.P. Polman, E. Lianouridis, H. Leneman & M.P.W. Sonneveld.* Rol en betekenis van commissies voor gebiedsgericht beleid
- 187** *Temme, A.J.A.M. & P.H. Verburg.* Modelling of intensive and extensive farming in CLUE
- 188** *Vreke, J.* Financieringsconstructies voor landschap
- 189** *Slangen, L.H.G.* Economische concepten voor beleidsanalyse van milieu, natuur en landschap
- 190** *Knotters, M., G.B.M. Heuvelink, T. Hoogland & D.J.J. Walvoort.* A disposition of interpolation techniques
- 191** *Hoogveen, M.W., P.W. Blokland, H. van Kernebeek, H.H. Luesink & J.H. Wisman.* Ammoniakemissie uit de landbouw in 1990 en 2005-2008
- 192** *Beekman, V., A. Pronk & A. de Smet.* De consumptie van dierlijke producten. Ontwikkeling, determinanten, actoren en interventies.
- 193** *Polman, N.B.P., L.H.G. Slangen, A.T. de Blaeij, J. Vader & J. van Dijk.* Baten van de EHS; De locatie van recreatiebedrijven
- 194** *Veeneklaas, F.R. & J. Vader.* Demografie in de Natuurverkenning 2011; Bijlage bij WOT-paper 3
- 195** *Wascher, D.M., M. van Eupen, C.A. Mûcher & I.R. Geijzendorffer.* Biodiversity of European Agricultural landscapes. Enhancing a High Nature Value Farmland Indicator
- 196** *Apeldoorn van, R.C., I.M. Bouwma, A.M. van Doorn, H.S.D. Naeff, R.M.A. Hoefs, B.S. Elbersen & B.J.R. van Rooij.* Natuurgebieden in Europa: bescherming en financiering
- 197** *Brus, D.J., R. Vasat, G. B. M. Heuvelink, M. Knotters, F. de Vries & D. J. J. Walvoort.* Towards a Soil Information System with quantified accuracy; A prototype for mapping continuous soil properties
- 198** *Groot, A.M.E. & A.L. Gerritsen, m.m.v. M.H. Borgstein, E.J. Bos & P. van der Wielen.* Verantwoording van de methodiek Achtergronddocument bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 199** *Bos, E.J. & M.H. Borgstein.* Monitoring Gesloten voer-mest kringlopen. Achtergronddocument bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 200** *Kennismarkt 27 april 2010;* Van onderbouwend onderzoek Wageningen UR naar producten Planbureau voor de Leefomgeving
- 201** *Wielen van der, P.* Monitoring Integrale duurzame stallen. Achtergronddocument bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 202** *Groot, A.M.E. & A.L. Gerritsen.* Monitoring Functionele agrobiodiversiteit. Achtergrond-document bij 'Kwalitatieve monitor Systeeminnovaties verduurzaming landbouw'
- 203** *Jongeneel, R.A. & L. Ge.* Farmers' behavior and the provision of public goods: Towards an analytical framework
- 204** *Vries, S. de, M.H.G. Custers & J. Boers.* Storende elementen in beeld; de impact van menselijke artefacten op de landschapsbeleving nader onderzocht
- 205** *Vader, J. J.L.M. Donders & H.W.B. Bredenoord.* Zicht op natuur- en landschapsorganisaties; Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 206** *Jongeneel, R.A., L.H.G. Slangen & N.B.P. Polman.* Groene en blauwe diensten; Een raamwerk voor de analyse van doelen, maatregelen en instrumenten
- 207** *Letourneau, A.P., P.H. Verburg & E. Stehfest.* Global change of land use systems; IMAGE: a new land allocation module
- 208** *Heer, M. de.* Het Park van de Toekomst. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 209** *Knotters, M., J. Lahr, A.M. van Oosten-Siedlecka & P.F.M. Verdonshot.* Aggregation of ecological indicators for mapping aquatic nature quality. Overview of existing methods and case studies
- 210** *Verdonshot, P.F.M. & A.M. van Oosten-Siedlecka.* Graadmeters Aquatische natuur. Analyse gegevenskwaliteit Limnodata
- 211** *Linderhof, V.G.M. & H. Leneman.* Quickscan kosteneffectiviteitsanalyse aquatische natuur
- 212** *Leneman, H., V.G.M. Linderhof & R. Michels.* Mogelijkheden voor het inbrengen van informatie uit de 'KRW database' in de 'KE database'
- 213** *Schrijver, R.A.M., A. Corporaal, W.A. Ozinga & D. Rudrum.* Kosteneffectieve natuur in landbouwgebieden; Methode om effecten van maatregelen voor de verhoging van biodiversiteit in landbouwgebieden te bepalen, een test in twee gebieden in Noordoost-Twente en West-Zeeuws-Vlaanderen
- 214** *Hoogland, T., R.H. Kemmers, D.G. Cirkel & J. Hunink.* Standplaatsfactoren afgeleid van hydrologische model uitkomsten; Methode-ontwikkeling en toetsing in het Drentse Aa-gebied
- 215** *Agricola, H.J., R.M.A. Hoefs, A.M. van Doorn, R.A. Smidt & J. van Os.* Landschappelijke effecten van ontwikkelingen in de landbouw
- 216** *Kramer, H., J. Oldengarm & L.F.S. Roupioz.* Nederland is groener dan kaarten laten zien; Mogelijkheden om 'groen' beter te inventariseren en monitoren met de automatische classificatie van digitale luchtfoto's
- 217** *Raffe, J.K. van, J.J. de Jong & G.W.W. Wamelink (2011).* Kostenmodule Natuurplanner; functioneel ontwerp en software-validatie
- 218** *Hazeu, G.W., Kramer, H., J. Clement & W.P. Daamen (2011).* Basiskaart Natuur 1990rev
- 219** *Boer, T.A. de.* Waardering en recreatief gebruik van Nationale Landschappen door haar bewoners
- 220** *Leneman, H., A.D. Schouten & R.W. Verburg.* Varianten van natuurbeleid: voorbereidende kostenberekeningen; Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 221** *Knegt, B. de, J. Clement, P.W. Goedhart, H. Sierdsema, Chr. van Swaay & P. Wiersma.* Natuurkwaliteit van het agrarisch gebied
- 2011**
- 222** *Kamphorst, D.A. & M.M.P. van Oorschot.* Kansen en barrières voor verduurzaming van houtketens
- 223** *Salm, C. van der & O.F. Schoumans.* Langetermijneffecten van verminderde fosfaatgiften
- 224** *Bikker, P., M.M. van Krimpen & G.J. Remmelink.* Stikstof-verteerbaarheid in voeders voor landbouwhuisdieren; Berekeningen voor de TAN-excretie
- 225** *M.E. Sanders & A.L. Gerritsen (red.).* Het biodiversiteitsbeleid in Nederland werkt. Achtergronddocument bij Balans van de Leefomgeving 2010
- 226** *Bogaart, P.W., G.A.K. van Voorn & L.M.W. Akkermans.* Evenwichtsanalyse modelcomplexiteit; een verkennende studie
- 227** *Kleunen A. van, K. Koffijberg, P. de Boer, J. Nienhuis, C.J. Camphuysen, H. Schekkerman, K.H. Oosterbeek, M.L. de Jong, B. Ens & C.J. Smit (2010).* Broedsucces van kustbroedvogels in de Waddenzee in 2007 en 2008
- 228** *Salm, C. van der, L.J.M. Boumans, D.J. Brus, B. Kempen & T.C van Leeuwen.* Validatie van het nutriëntenemissiemodel STONE met meetgegevens uit het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) en de Landelijke Steekproef Kaartenheden (LSK).

- 229 *Dijkema, K.S., W.E. van Duin, E.M. Dijkman, A. Nicolai, H. Jongerius, H. Keegstra, L. van Egmond, H.J. Venema & J.J. Jongsma.* Vijftig jaar monitoring en beheer van de Friese en Groninger kwelderwerken: 1960-2009
- 230 *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-001 – Koepel
- 231 *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-002 – Onderbouwend Onderzoek
- 232 *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-003 – Advisering Natuur & Milieu
- 233 *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-005 – M-AVP
- 234 *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-006 – Natuurplanbureaufunctie
- 235 *Jaarrapportage 2010.* WOT-04-007 – Milieuplanbureaufunctie
- 236 *Arnouts, R.C.M. & F.H. Kistenkas.* Nederland op slot door Natura 2000: de discussie ontrafeld; Bijlage bij WOT-paper 7 – De deur klemt
- 237 *Harms, B. & M.M.M. Overbeek.* Bedrijven aan de slag met natuur en landschap; relaties tussen bedrijven en natuurorganisaties. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 238 *Agricola, H.J. & L.A.E. Vullings.* De stand van het platteland 2010. Monitor Agenda Vitaal Platteland; Rapportage Midterm meting Effectindicatoren
- 239 *Klijn, J.A.* Wisselend getij. Omgang met en beleid voor natuur en landschap in verleden en heden; een essayistische beschouwing. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 240 *Corporaal, A., T. Denters, H.F. van Dobben, S.M. Hennekens, A. Klimkowska, W.A. Ozinga, J.H.J. Schaminée & R.A.M. Schrijver.* Stenoeciteit van de Nederlandse flora. Een nieuwe parameter op grond van ecologische amplitudo's van de Nederlandse plantensoorten en toepassingsmogelijkheden
- 241 *Wamelink, G.W.W., R. Jochem, J. van der Gref-van Rossum, C. Grashof-Bokdam, R.M.A. Wegman, G.J. Franke & A.H. Prins.* Het plantendispersiemodel DIMO. Verbetering van de modellering in de Natuurplanner
- 242 *Klimkowska, A., M.H.C. van Adrichem, J.A.M. Jansen & G.W.W. Wamelink.* Bruikbaarheid van WNK-monitoringgegevens voor EC-rapportage voor Natura 2000-gebieden. Eerste fase
- 243 *Goossen, C.M., R.J. Fontein, J.L.M. Donders & R.C.M. Arnouts.* Mass Movement naar recreatieve gebieden; Overzicht van methoden om bezoekersaantallen te meten
- 244 *Spruijt, J., P.M. Spoorenberg, J.A.J.M. Rovers, J.J. Slabbekoorn, S.A.M. de Kool, M.E.T. Vlaswinkel, B. Heijne, J.A. Hiemstra, F. Nouwens & B.J. van der Sluis.* Milieueffecten van maatregelen gewasbescherming
- 245 *Walker, A.N. & G.B. Wolter.* Forestry in the Magnet model.
- 246 *Hoefnagel, E.W.J., F.C. Buisman, J.A.E. van Oostenbrugge & B.I. de Vos.* Een duurzame toekomst voor de Nederlandse visserij. Toekomstscenario's 2040
- 247 *Buurma, J.S. & S.R.M. Janssens.* Het koor van adviseurs verdient een dirigent. Over kennisverspreiding rond phytophthora in aardappelen
- 248 *Verburg, R.W., A.L. Gerritsen & W. Nieuwenhuizen.* Natuur meekoppelen in ruimtelijke ontwikkeling: een analyse van sturingsstrategieën voor de Natuurverkenning. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 249 *Kooten, T. van & C. Klok.* The Mackinson-Daskalov North Sea EcoSpace model as a simulation tool for spatial planning scenarios
- 250 *Bruggen van, C., C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen, J.F.M. Huijsmans, S.M. van der Sluis & G.L. Velthof.* Ammoniakemissie uit dierlijke mest en kunstmest 1990-2008. Berekeningen met het Nationaal Emissiemodel voor Ammoniak (NEMA)
- 251 *Bruggen van, C., C.M. Groenestein, B.J. de Haan, M.W. Hoogeveen, J.F.M. Huijsmans, S.M. van der Sluis & G.L. Velthof.* Ammoniakemissie uit dierlijke mest en kunstmest in 2009. Berekeningen met het Nationaal Emissiemodel voor Ammoniak (NEMA)
- 252 *Randen van, Y., H.L.E. de Groot & L.A.E. Vullings.* Monitor Agenda Vitaal Platteland vastgelegd. Ontwerp en implementatie van een generieke beleidsmonitor
- 253 *Agricola, H.J., R. Reijnen, J.A. Boone, M.A. Dolman, C.M. Goossen, S. de Vries, J. Roos-Klein Lankhorst, L.M.G. Groenemeijer & S.L. Deijl.* Achtergronddocument Midterm meting Effectindicatoren Monitor Agenda Vitaal Platteland
- 254 *Buiteveld, J. S.J. Hiemstra & B. ten Brink.* Modelling global agrobiodiversity. A fuzzy cognitive mapping approach
- 255 *Hal van R., O.G. Bos & R.G. Jak.* Noordzee: systeemdynamiek, klimaatverandering, natuurtypen en benthos. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 256 *Teal, L.R.* The North Sea fish community: past, present and future. Background document for the 2011 National Nature Outlook
- 257 *Leopold, M.F., R.S.A. van Bemmelen & S.C.V. Geelhoed.* Zeevogels op de Noordzee. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 258 *Geelhoed, S.C.V. & T. van Polanen Petel.* Zeezoogdieren op de Noordzee. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 259 *Kuijs, E.K.M. & J. Steenbergen.* Zoet-zoutovergangen in Nederland; stand van zaken en kansen voor de toekomst. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 260 *Baptist, M.J.* Zachte kustverdediging in Nederland; scenario's voor 2040. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 261 *Wiersinga, W.A., R. van Hal, R.G. Jak & F.J. Quirjns.* Duurzame kottervisserij op de Noordzee. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 262 *Wal J.T. van der & W.A. Wiersinga.* Ruimtegebruik op de Noordzee en de trends tot 2040. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 263 *Wiersinga, W.A. J.T. van der Wal, R.G. Jak & M.J. Baptist.* Vier kijkrichtingen voor de mariene natuur in 2040. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 264 *Bolman, B.C. & D.G. Goldsborough.* Marine Governance. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 265 *Bannink, A.* Methane emissions from enteric fermentation in dairy cows, 1990-2008; Background document on the calculation method and uncertainty analysis for the Dutch National Inventory Report on Greenhouse Gas Emissions
- 266 *Wynngaert, I.J.J. van den, P.J. Kuikman, J.P. Lesschen, C.C. Verwer & H.H.J. Vreuls.* LULUCF values under the Kyoto Protocol; Background document in preparation of the National Inventory Report 2011 (reporting year 2009)
- 267 *Helming, J.F.M. & I.J. Terluin.* Scenarios for a cap beyond 2013; implications for EU27 agriculture and the cap budget.
- 268 *Wolter, G.B.* Meat consumption, production and land use. Model implementation and scenarios.
- 269 *Knegt, B. de, M. van Eupen, A. van Hinsberg, R. Pouwels, M.S.J.M. Reijnen, S. de Vries, W.G.M. van der Bilt & S. van Tol.* Ecologische en recreatieve beoordeling van toekomstscenario's van natuur op het land. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011.
- 270 *Bos, J.F.F.P., M.J.W. Smits, R.A.M. Schrijver & R.W. van der Meer.* Gebiedsstudies naar effecten van vergroening van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid op bedrijfseconomie en inpassing van agrarisch natuurbeheer.
- 271 *Donders, J., J. Luttk, M. Goossen, F. Veeneklaas, J. Vreke & T. Weijtschede.* Waar gaat dat heen? Recreatiemotieven, landschapskwaliteit en de oudere wandelaar. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011.
- 272 *Voorn G.A.K. van & D.J.J. Walvoort.* Evaluation of an evaluation list for model complexity.
- 273 *Heide, C.M. van der & F.J. Sijtsma.* Maatschappelijke waardering van ecosysteemdiensten; een handreiking voor publieke besluitvorming. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 274 *Overbeek, M.M.M., B. Harms & S.W.K. van den Burg (2012).* Internationale bedrijven duurzaam aan de slag met natuur en biodiversiteit.; voorstudie bij de Balans van de Leefomgeving 2012.
- 275 *Os, J. van; T.J.A. Gies; H.S.D. Naeff; L.J.J. Jeurissen.* Emissieregistratie van landbouwbedrijven; verbeteringen met behulp van het Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven.
- 276 *Walsum, P.E.V. van & A.A. Veldhuizen.* MetaSWAP_V7_2_0; Rapportage van activiteiten ten behoeve van certificering met Status A.
- 277 *Kooten T. van & S.T. Glorius.* Modeling the future of het North Sea. An evaluation of quantitative tools available to explore policy, space use and planning options.

- 279** *Bilt, W.G.M. van der, B. de Knegt, A. van Hinsberg & J. Clement (2012).* Van visie tot kaartbeeld; de kijkrichtingen ruimtelijk uitgewerkt. Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011
- 280** *Kistenkas, F.H. & W. Nieuwenhuizen.* Rechtsontwikkelingen landschapsbeleid: landschapsrecht in wording. Bijlage bij WOT-paper 12 – 'Recht versus beleid'
- 281** *Meeuwssen, H.A.M. & R. Jochem.* Openheid van het landschap; Berekeningen met het model ViewScope.
- 282** *Dobben, H.F. van.* Naar eenvoudige dosis-effectrelaties tussen natuur en milieuocondities; een toetsing van de mogelijkheden van de Natuurplanner.
- 283** *Gaaff, A.* Raming van de budgetten voor natuur op langere termijn; Achtergronddocument bij Natuurverkenning 2011.
- 285** *Vries, P. de, J.E. Tamis, J.T. van der Wal, R.G. Jak, D.M.E. Slijkerman and J.H.M. Schobben.* Scaling human-induced pressures to population level impacts in the marine environment; implementation of the prototype CUMULEO-RAM model.

2012

- 286** *Keizer-Vlek, H.E. & P.F.M. Verdonschot.* Bruikbaarheid van SNL-monitoringgegevens voor EC-rapportage voor Natura 2000-gebieden; Tweede fase: aquatische habitattypen.
- 287** *Oenema, J., H.F.M. Aarts, D.W. Bussink, R.H.E.M. Geerts, J.C. van Middelkoop, J. van Middelaar, J.W. Reijs & O. Oenema.* Variatie in fosfaatopbrengst van grasland op praktijkbedrijven en mogelijke implicaties voor fosfaatgebruiksnormen.
- 288** *Troost, K., D. van de Ende, M. Tangelder & T.J.W. Ysebaert.* Biodiversity in a changing Oosterschelde: from past to present
- 289** *Jaarrapportage 2011.* WOT-04-001 – Koepel
- 290** *Jaarrapportage 2011.* WOT-04-008 – Agromilieue
- 291** *Jaarrapportage 2011.* WOT-04-009 – Natuur, Landschap en Platteland
- 292** *Jaarrapportage 2011.* WOT-04-010 – Balans van de Leefomgeving
- 293** *Jaarrapportage 2011.* WOT-04-011 – Natuurverkenning
- 295** *Spijker, J.H., H. Kramer, J.J. de Jong & B.G. Heusinkveld.* Verkenning van de rol van (openbaar) groen op wijk- en buurtniveau op het hitte-eilandeffect
- 296** *Haas, W. de, C.B.E.M. Aalbers, J. Kruit, R.C.M. Arnouts & J. Kempenaar.* Parknatuur; over de kijkrichtingen beleefbare natuur en inpasbare natuur