



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Bodem als draagvlak voor een klimaatbestendige en gezonde stad**

RIVM rapport 607050011/2012

J.W. Claessens | D. Schram-Bijkerk |

E.M. Dirven-van Breemen | D.A. Houweling |

H. van Wijnen



Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu  
*Ministerie van Volksgezondheid,  
Welzijn en Sport*

## **Bodem als draagvlak voor een klimaatbestendige en gezonde stad**

RIVM Rapport 607050011/2012

## Colofon

© RIVM 2012

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

J.W. Claessens (projectleider), RIVM/LER  
D. Schram- Bijkerk, RIVM/MGO  
E.M. Dirven -van Breemen, RIVM/LER  
D.A. Houweling, RIVM/MGO  
H. van Wijnen, RIVM/LER

### Contact:

Jacqueline Claessens  
Laboratorium voor Ecologische Risicobeoordeling (LER)  
Jacqueline.Claessens@RIVM.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van ministerie van Infrastructuur en Milieu, directie Water en Bodem, in het kader van RIVM -project 607050

## Rapport in het kort

### **Bodem als draagvlak voor een klimaatbestendige en gezonde stad**

De klimaatverandering zal naar verwachting de komende decennia in Nederlandse steden meer perioden van hitte en droogte veroorzaken. Ook zullen intensievere regenbuien optreden die in het stedelijk gebied wateroverlast met zich meebrengen. De bijdrage van de bodem om steden klimaatbestendiger te maken, is in beleid echter vaak nog onderbelicht. De aanwezigheid van onbedekte bodem vergroot het waterbergend vermogen van het gebied en kan daarmee wateroverlast tegengaan. Daarnaast kan de aanleg van groen, openbaar of privé-eigendom, zorgen voor verkoeling tijdens hitteperiodes. Ook buiten hitteperiodes draagt groen eraan bij dat omwonenden positiever over hun gezondheid oordelen.

### **Groen en onbedekte bodem per wijk op kaart**

De baten van waterberging en groen zijn echter lastig in algemeen geldende kentallen uit te drukken, zo blijkt uit onderzoek van het RIVM. De baten zijn namelijk afhankelijk van veel factoren, zoals bodemeigenschappen, het type groen en de ruimtelijke inrichting. Om gemeenten toch een handvat te bieden, heeft het RIVM met behulp van kaarten inzichtelijk gemaakt hoe het percentage onbedekte bodem en de hoeveelheid groen per woning zich verhoudt tot bestaande richtlijnen die het klimaatbeleid ondersteunen. Op basis van deze kaarten kunnen beleidsafwegingen worden gemaakt, bijvoorbeeld op welke plek in een wijk de investering in parken en plantsoenen het meeste loont. Ook zijn kaarten gemaakt van de leeftijdsopbouw per wijk en de sociaal economische status (SES). Uit een kaart van een stad die voor dit onderzoek als voorbeeld dient, blijkt dat vooral in wijken met lage SES minder groen aanwezig is.

### **Gemeenschappelijke belangen benutten**

Om maatregelen voor meer openbaar groen en waterbergend vermogen eenvoudiger te kunnen realiseren, zouden gemeenten klimaatdoelen kunnen koppelen aan beleidsdoelen uit andere sectoren. Voorbeelden zijn infrastructuur, volksgezondheid, veiligheid en duurzaamheid. Samenwerking tussen verschillende sectoren wordt in de toekomst waarschijnlijk makkelijker als de nieuwe Omgevingswet van kracht is, waar het huidige kabinet momenteel aan werkt. Dit rapport geeft inzicht in de wijze waarop ambities op het gebied van klimaat, water, bodem en gezondheid aan elkaar gekoppeld kunnen worden.

#### Trefwoorden:

Bodem, waterberging, gezondheid, stad, groen, temperatuur, klimaatverandering, klimaatadaptatie, verkoeling



## Abstract

### **Soil as basis for a climate proof and healthy urban area**

One of the effects of climate change expected to take place in urban areas in the Netherlands is an increase in periods of extreme heat and drought. Moreover, extreme rainfall events will probably occur, which may lead to an overburdening of public water systems in Dutch cities. How the soil can contribute to making cities more climate proof is often neglected. Research has shown that the presence of unsealed soil increases water storage capacity and can consequently prevent flooding. The planning of public or private green spaces, can also have a cooling effect during periods of extreme heat. In general, green spaces have a positive effect on how people living in the neighborhood perceive their health.

### **Green areas and unsealed soil per neighborhood on the map**

The benefits of water storage capacity and green spaces are difficult to express in averages. The benefits depend on many different factors such as soil properties, type of green spaces and spatial planning. To assist local authorities with policy, the National Institute for Public Health and the Environment (RIVM) has made maps that provide insight into the ratio of unsealed soil and the number of green spaces per household in relation to existing guidelines supporting climate policies. Based on these maps, policy assessments can be made, for example, in which site a neighborhood will most benefit from investment in parks and public gardens. Maps marking the age and social-economic status of the population have also been made. These maps show that in the model city that was studied for this research, the neighborhoods where people have a low social-economic status have fewer green spaces than others.

### **Opportunities for common interests**

To make it easier for achieving measures for more public green spaces and water storage capacity, local authorities should link goals for climate adaptation to goals in different policy fields. Examples of this are infrastructure, public health, safety and sustainability. The new legislation, which the current government is working on, aims at encouraging cooperation between different sectors. This research provides insight how goals for climate adaptation, soil, water and health can be linked.

#### Keywords:

Soil, water storage capacity, human health, urban areas, public green, temperature, climate change, climate adaptation, cooling effect



## Inhoud

Samenvatting—9

### **1 Inleiding—15**

- 1.1 Aanleiding—15
- 1.2 Doelstelling—15
- 1.3 Werkwijze—15
- 1.4 Leeswijzer—16

### **2 Beleid—17**

- 2.1 Beleidsvelden—17
  - 2.1.1 Water—18
  - 2.1.2 Bodem—18
  - 2.1.3 Groen—19
  - 2.1.4 Ruimtelijke ordening—20
  - 2.1.5 Gezondheid—20
- 2.2 Knelpunten beleid—21
- 2.3 Voorbeelden Nederland—22
- 2.4 Groenmaatregelen in buitenlandse steden vanuit verschillende invalshoeken—23
  - 2.4.1 Hemelwaterberging—23
  - 2.4.2 Biodiversiteit—23

### **3 Onderzoek—25**

#### **4 Waterbergend vermogen van de bodem—27**

- 4.1 Inleiding—27
- 4.2 Intrinsieke bodem—27
- 4.3 Groene daken—28
- 4.4 Toename evaporatie en evapotranspiratie—29
- 4.5 Wadi's en open water—29
- 4.6 Afkoppelen van hemelwater—30

#### **5 Verkoeling—31**

- 5.1 Inleiding—31
- 5.2 Effectiviteit van maatregelen: aanleg van groen—31

#### **6 De effecten van groen op de gezondheid—33**

- 6.1 Achtergrond—33
- 6.2 Onderzoeksvragen en aanpak—33
- 6.3 Wat zijn mogelijke gezondheidseffecten van groen?—33
  - 6.3.1 Effecten op indicatoren van gezondheid—33
  - 6.3.2 Effecten op gedragingen of mechanismen—34
  - 6.3.3 Effecten op beweeggedrag en overgewicht bij kinderen—35
  - 6.3.4 Effecten op hittestress—36
- 6.4 Kwantificeren van de effecten van groen op de gezondheid—37
  - 6.4.1 Hoe bepaal je de effecten van de aanleg van groen op gezondheid en wat kun je daarmee bereiken?—37
  - 6.4.2 Hiaten in kennis over de effecten van groen op de gezondheid—37
  - 6.4.3 Welke indicatoren zijn beschikbaar?—39
  - 6.4.4 Nadelige gezondheidseffecten van groen—39



<b>7</b>	<b>Casestudy gemeente Hilversum—41</b>
7.1	Inleiding—41
7.2	Methode: GIS-analyse—41
7.2.1	Percentage onbedekte bodem—41
7.2.2	Ligging openbaar groen—42
7.2.3	Toegang tot groen binnen 500 meter—42
7.2.4	Leeftijdopbouw (kinderen en 65+’ers) en sociaaleconomische status—43
7.3	Resultaten—43
7.3.1	Bodem en groen—44
7.3.2	Kinderen—45
7.3.3	65+’ers—45
7.3.4	Fiscaal maand inkomen—46
7.4	Discussie—46
7.4.1	Huidige situatie—46
7.4.2	Oplossingen—46

<b>8</b>	<b>Conclusie en aanbevelingen—49</b>
8.1	Klimaatadaptatie: beleid in de stad—49
8.2	Baten van groen in de stad—50
8.2.1	Waterberging—50
8.2.2	Verkoeling—50
8.2.3	Gezondheid—50
8.3	Aanbevelingen—51
8.3.1	Beleid—51
8.3.2	Gezondheid—52

Literatuur—55

Bijlage 1 Ecosysteemdiensten—63

Bijlage 2 Overzicht literatuur groen en algemene gezondheid—65

Bijlage 3: Methode en benodigde gegevens voor kwantificering van gezondheidseffecten van groen—71

Bijlage 4: Factsheet Waterbergend vermogen uit de Routeplanner Bodemambities—73

## Samenvatting

### **De rol van bodem in klimaatbeleid onderbelicht**

De verwachting is dat klimaatverandering de komende decennia zal leiden tot grotere perioden van hitte en droogte in Nederland, maar ook tot het optreden van intensievere regenbuien en het ontstaan van overstromingsrisico's. In stedelijke gebieden kan dit negatieve effecten gaan hebben op de leefomgeving en de gezondheid van mensen.

De rol die de bodem kan spelen bij het klimaatbestendiger maken van de stad is vaak nog onderbelicht. In stedelijke gebieden kunnen extreme weersomstandigheden voor (meer) wateroverlast gaan zorgen, indien het water weinig mogelijkheden heeft te infiltreren in de bodem en dus versneld afgevoerd wordt naar de riolering en het oppervlaktewater. Daarnaast zijn er mogelijkheden om de bodem te benutten bij klimaatadaptatie van stedelijke gebieden in het licht van (openbaar) groen. Parken zorgen voor afkoeling waardoor het zogenoemde hitte-eiland-effect in de stad mogelijk wordt verkleind en de leefbaarheid wordt bevorderd (zie Foto 1).



*Foto 1 Een park geeft verkoeling, wordt gebruikt als ontmoetingsplaats en draagt bij aan een prettige leefomgeving. Foto: Nationale Beeldbank*

Deze studie beoogt te achterhalen wat de mogelijke bijdrage van de bodem kan zijn bij de inrichting van een klimaatbestendige en gezonde stad. Voor het tegengaan van wateroverlast in het stedelijk gebied wordt het waterbergend vermogen van de bodem in beschouwing genomen. Ook wordt verkend in hoeverre de bodem als drager van groen een bijdrage kan leveren aan een gezond leefklimaat. Voor waterberging, groen en gezondheid is bekeken in hoeverre de baten kunnen worden uitgedrukt in getallen. In een voorbeeldstad is vervolgens bekeken welke waarden zoal gevonden worden voor deze indicatoren en in hoeverre aan richtlijnen wordt voldaan. Daarnaast is het groenbeleidsplan van deze stad bestudeerd.

### **Baten door waterberging, verkoeling en effecten op de volksgezondheid**

Modellsimulaties en praktijkstudies laten zien dat de aanwezigheid van onbedekte bodem significant bijdraagt aan waterberging in het stedelijk gebied (zie Foto 2). Het afkoppelen van regenwaterafvoer is dan ook een zinvolle maatregel om het rioolstelsel te ontlasten. In gebieden waar de bodem minder infiltratiecapaciteit heeft, kan door de aanleg van wadi's het waterbergend vermogen worden vergroot en wordt toch het natuurlijke bodem-watersysteem benut. Een wadi is een verlaging in het maaiveld, die tijdelijk onder kan lopen met regenwater. Ook zorgt de aanleg van groene daken voor waterbergend vermogen. De mate waarin is afhankelijk van de dikte van de substraatlaag van het groene dak. Een richtlijn of kengetal voor onbedekte bodem in het stedelijk gebied met het oog op waterberging is niet eenvoudig af te leiden. Het waterbergend vermogen van de bodem is afhankelijk van verschillende factoren zoals de bodemeigenschappen, de klimatologische omstandigheden en de inrichting van de stad.



*Foto 2 Bodem in het stedelijk gebied draagt bij aan waterbergingscapaciteit en nodigt uit tot spelen. Foto: Nationale beeldbank*

De aanleg van groen in het stedelijk gebied draagt bij aan verkoeling tijdens hete periodes. De temperaturen in een park zijn lager dan buiten het park. Bovendien wordt door de aanwezigheid van een park de omliggende temperatuur ook verlaagd. In een verkenning in Rotterdam is een daling in temperatuur van 1 °C bij een stijging in onverhard of groen oppervlak van 10% gevonden. De grootte van deze effecten is afhankelijk van onder andere de inrichting van het groen en de klimatologische omstandigheden. Het verkoelende effect van groene daken is beperkt. Bomen in straten en tuinen zorgen door beschaduwing ook voor een beperkt verkoelend effect.



Foto 3 Een park nodigt uit om te bewegen. Foto: Cats&Withoos

Er bestaat een relatie tussen de hoeveelheid groen in de woonomgeving en het eigen oordeel van mensen over hun gezondheid, met name voor jongeren, ouderen en laagopgeleiden. Mogelijk draagt groen ook bij aan beweging van kinderen (zie Foto 3) en minder overgewicht. Het is (nog) niet mogelijk de gezondheidseffecten uit te drukken in een daling van het aantal ziektegevallen. Met behulp van kaartmateriaal is het wel mogelijk om inzichtelijk te maken hoeveel mensen potentieel baat zouden hebben bij meer groen in hun omgeving en waar dus potentieel gezondheidswinst te behalen is.

De conclusie is dat de baten van waterberging en groen lastig in getallen uit te drukken zijn, doordat deze baten sterk afhangen van lokale omstandigheden. Er bestaan wel richtlijnen voor het percentage onbedekte bodem; namelijk 25% in stedelijk gebied en 15% in hoogstedelijk gebied. Daarnaast bestaat een richtlijn voor de hoeveelheid groen per woning van 75 m<sup>2</sup> in een straal van 500 m.

### **Grote verschillen tussen wijken in een voorbeeldstad**

In de voorbeeldstad varieert het percentage onbedekte bodem van 0-10% in en rond het centrum tot 16-40% aan de rand van de stad, waar veel openbaar groen is. Voor het centrum en de aangrenzende wijken aan de oostkant is de hoeveelheid groen per woning minder dan 20 m<sup>2</sup>. Aan de zuidwestkant van het centrum varieert de hoeveelheid groen van 20 tot 50 m<sup>2</sup> per woning en aan de zuid- en noordkant worden waarden vanaf 75 tot >150 m<sup>2</sup> gevonden. De wijken waar de beschikbaarheid van groen laag is, zijn ook de wijken waar relatief veel kinderen wonen en waar het fiscaal maandinkomen laag is. Dit zijn juist de bevolkingsgroepen waar potentieel gezondheidswinst door groen behaald kan worden en hiermee kunnen sociaaleconomische gezondheidsverschillen wellicht verkleind worden. Het in kaart brengen van de richtlijnen per wijk kan aanknopingspunten bieden voor beleid, zonder dat de baten in getallen worden uitgedrukt.

### **Aanbevelingen**

Klimaatadaptatie vindt op dit moment plaats in vele projecten overal in Nederland. Deze projecten zijn niet allemaal gestart vanuit de wens om een stad

aan te passen aan klimaatverandering. Vaak spelen andere beleidsdoelen vanuit bijvoorbeeld water, bodem, groen, ruimtelijke ordening (RO) en gezondheid een rol. Door synergie te zoeken tussen de verschillende beleidsvelden kan er veel winst worden geboekt. De Omgevingswet, waar het kabinet momenteel aan werkt, beoogt onder andere integrale oplossingen te bevorderen. Zo kan er meer draagvlak gecreëerd worden, wat kan helpen bij de uitvoering van de plannen. De aanleg van groen heeft immers positieve effecten op meerdere beleidsterreinen. Dit onderzoek laat bijvoorbeeld zien dat ruimte voor waterberging samen gaat met ruimte voor een gezonde leefomgeving (zie Foto 4).



*Foto 4 Parken bieden waterberging en ruimte om te bewegen. Foto: E.H. Rozendal*

Enkele gemeenten in Nederland zijn heel innovatief als het gaat om klimaatbeleid, maar het grootste deel van de gemeenten heeft nog een afwachtende houding. Het verdient aanbeveling te inventariseren welke behoeften er binnen de gemeenten zijn om het klimaatbeleid vorm te geven. Hierbij kan worden gedacht aan kennis over de effecten van klimaatverandering en het rendement van maatregelen, ontwikkelen van instrumentarium en belemmeringen door wet- en regelgeving. Kaarten die het percentage onbedekte bodem en de hoeveelheid groen per woning voor elke wijk afzonderlijk laten zien, kunnen bijdragen aan integraal beleid.

Op dit moment wordt wateroverlast vaak tegengegaan door het nemen van technische maatregelen. Het natuurlijke bodem-watersysteem wordt daarmee in het stedelijk gebied niet optimaal benut. Binnen het beleidsveld bodem wordt echter vanuit het Rijk erop aangestuurd dat de decentrale overheden meer aandacht besteden aan duurzaam bodembeheer. Het benutten van het waterbergend vermogen van de bodem is daar een voorbeeld van. Het verdient aanbeveling te onderzoeken in hoeverre de kennis die op dit moment aanwezig is binnen het beleidsveld bodem optimaal ingebracht kan worden bij praktijkontwikkelingen. Het opstellen van factsheets over bodem en groen in de stad kan hieraan bijdragen (bijvoorbeeld Bijlage 4).

Met de aanleg van groen wordt het natuurlijke bodem-watersysteem benut (bijvoorbeeld wadi's) en worden de effecten van klimaatverandering meer zichtbaar voor burgers. Door op deze manier bewustwording te creëren worden burgers meer betrokken bij de wateropgave. Waterberging op het eigen perceel is een goede mogelijkheid voor burgers om een bijdrage te leveren. In andere Europese landen is dit zelfs een verplichting.

Tot slot wordt aanbevolen te inventariseren hoe in andere Europese landen omgegaan wordt met klimaatbeleid. Deze inventarisatie zou moeten ingaan op beleid op het gebied van waterberging tot de aanleg van groen in de stad voor een gezonde leefomgeving.



# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

De verwachting is dat klimaatverandering de komende decennia zal leiden tot grotere perioden van hitte en droogte in Nederland, maar ook tot het optreden van intensievere regenbuien en het ontstaan van overstromingsrisico's. In stedelijke gebieden kan dit negatieve effecten gaan hebben op de leefomstandigheden en de gezondheid van mensen. In eerdere studies (Claessens en van der Wal, 2008; Claessens en Dirven-van Breemen, 2010) is geïnventariseerd wat de kansen en risico's zijn van klimaatverandering op verschillende bodemthema's, zoals verzilting, erosie en bodemvruchtbaarheid. Bedreiging van de drinkwatervoorziening en risico's voor voedselproductie zijn direct gerelateerd aan deze bodemthema's, maar worden in dit rapport buiten beschouwing gelaten.

In het stedelijk gebied is de rol die de bodem kan spelen bij het klimaatbestendiger maken van de stad vaak nog onderbelicht. Juist in stedelijke gebieden, waar de bodem voor een groot deel bedekt is met bebouwing en asfalt, is het van belang om goed naar de bodem te kijken. In die gebieden kunnen de extreme weersomstandigheden voor (meer) wateroverlast gaan zorgen, omdat het water weinig mogelijkheden heeft te infiltreren in de bodem en dus versneld afgevoerd wordt naar de riolering en het oppervlaktewater. Daarnaast zijn er mogelijkheden om de bodem te benutten bij klimaatadaptatie van stedelijke gebieden in het licht van (openbaar) groen. Parken zorgen voor afkoeling waardoor het zogenaamde hitte-eiland-effect in de stad wordt verkleind (Dopp, 2011). Ook kan het realiseren van (openbaar) klimaatbestendig groen meer doelen dienen, zoals het bevorderen van de leefbaarheid.

## 1.2 Doelstelling

Deze studie verkent de mogelijkheden om de baten van slim bodembeleid voor klimaatbestendigheid en gezondheid uit te drukken in getallen. Voor het tegengaan van wateroverlast in het stedelijk gebied wordt het waterbergend vermogen van de bodem in beschouwing genomen. Ook wordt verkend in hoeverre de bodem als drager van groen een bijdrage kan leveren aan een gezond leefklimaat. Voor waterberging, groen en gezondheid is gezocht naar indicatoren en richtlijnen. In een voorbeeldstad is vervolgens gekeken in hoeverre deze indicatoren worden gehaald. Op deze manier is op wijkniveau een knelpuntenanalyse uitgevoerd en kunnen gemeenschappelijke belangen inzichtelijk worden gemaakt.

## 1.3 Werkwijze

Door middel van een literatuurstudie wordt geïnventariseerd in hoeverre de bodem bij kan dragen aan het tegengaan van wateroverlast in het stedelijke gebied. Ook is bekeken in hoeverre groen bijdraagt aan verkoeling. De literatuurstudie bestaat uit een inventarisatie van de wetenschappelijke literatuur met onder andere case studies van (buitenlandse) steden. Ook wordt gebruikgemaakt van de grijze literatuur, waardoor een overzicht kan worden gegeven van de kennis die op dit moment in Nederland aanwezig is. Bovendien wordt beschreven wat het effect is van groen in het stedelijke gebied op de gezondheid op basis van beschikbare literatuursamenvattingen.



Voor de voorbeeld stad worden Geografisch Informatie Systeem (GIS)-analyses uitgevoerd om de huidige situatie te evalueren. Onderzocht wordt wat het percentage onbedekte bodem en openbaar groen is op wijkniveau. Ook wordt bekeken hoe groot de toegang tot openbaar groen is binnen een bepaalde afstand van de woning. Deze gegevens zijn vervolgens gekoppeld aan de kenmerken van bewoners zoals leeftijdopbouw en sociaaleconomische status.

#### **1.4 Leeswijzer**

In hoofdstuk 2 wordt ingegaan op het beleid. Voor de verschillende beleidsvelden wordt toegelicht op welke manier zij bijdragen aan klimaatbeleid. In hoofdstuk 3 wordt een overzicht gegeven van de ontwikkelingen in het klimaatonderzoek in Nederland over de afgelopen jaren. In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de bijdrage van de bodem aan het waterbergend vermogen van het stedelijk gebied. Hoofdstuk 5 geeft een overzicht van het verkoelende effect van groen op het stedelijk gebied. Hoofdstuk 6 gaat in op de relatie tussen groen en gezondheid. In hoofdstuk 7 wordt een praktijkstudie behandeld. En tot slot worden in hoofdstuk 8 conclusies en aanbevelingen gegeven voor vervolgonderzoek.

## 2      Beleid

Met het Deltaprogramma wordt op nationaal niveau ernaar gestreefd dat de huidige en volgende generaties veilig zijn tegen overstromingen en dat er de komende eeuw voldoende zoet water beschikbaar is in Nederland. In het Deltaprogramma zijn vijf Deltabeslissingen gedefinieerd. De Deltabeslissing ruimtelijke adaptatie gaat in op de manier waarop steden en dorpen in ruimtelijke ontwikkelingen met water rekening moeten en kunnen houden. Het doel is afwenteling van kosten en problemen, nu en in de toekomst, te voorkomen door duidelijkheid te bieden over de inzet van onder meer ruimtelijke ordening (Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie, 2011). Een van de producten van dit programma is de Klimaatwijzer; een handreiking voor het tijdig omgaan met de gevolgen van klimaatverandering in ruimtelijke planprocessen (website Rijksoverheid a).

Met betrekking tot duurzaam gebruik van de ondergrond wordt in de Rijksvisie (VROM, 2010) en het daarop volgend advies van de Technische Commissie Bodem (TCB, 2011) aangegeven met welke elementen rekening gehouden moet worden. Het gaat daarbij om datgene wat overheden beleidsmatig in ieder geval zouden moeten betrekken bij het afwegen van gebruik van bodem en ondergrond, evenals de instrumenten die deze overheden nodig hebben om de uitkomst van de afweging in de praktijk te laten doorwerken. De TCB adviseerde bijvoorbeeld dat de mogelijkheden en de gevolgen van gebruik van de ondergrond op lange termijn een plaats moeten krijgen in de afweging. Op dit moment werkt het kabinet aan de bundeling en vereenvoudiging van wet- en regelgeving op het gebied van omgevingsrecht en een integrale Omgevingswet. Sectoraal beleid op het gebied van bodem en ruimtelijke ordening, maar ook bijvoorbeeld infrastructuur, natuur, geluid zal daarin samengebracht worden (website Rijksoverheid b). Binnen de nieuwe Omgevingswet staan vier thema's centraal:

- snellere en betere besluitvorming (Elverding principes);
- integratie van plannen, procedures en toetsingkaders;
- ruimte maken voor meer bestuurlijke afwegingsruimte;
- doelmatig omgaan met onderzoeksverplichtingen.

Het kabinet Rutte (2010 - heden) legt in het nieuwe beleid, zoals is voorgesteld in de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012), de verantwoordelijkheid voor de inrichting van de ruimte grotendeels bij de gemeenten, provincies en waterschappen (Ligtvoet et al., 2011). In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de organisatie van het klimaatbeleid binnen gemeenten. Voor de verschillende beleidsvelden die raken aan klimaatbeleid wordt weergegeven op welke manier zij bijdragen aan klimaatbeleid. Vervolgens wordt ingegaan op een aantal knelpunten binnen het beleid en wordt een opsomming gedaan van maatregelen die worden genomen in Nederlandse steden. Daarna wordt ter vergelijking een beperkte inventarisatie gegeven van maatregelen die worden genomen in buitenlandse steden.

### 2.1      Beleidsvelden

In de Handreiking Duurzame Ruimtelijke Ontwikkeling (website Handreiking DRO) wordt het beleidsveld klimaat gezien als onderdeel van de beleidsvelden groen, water, energie en bodem. Deze thema's moeten met elkaar verbonden

worden om te onderzoeken hoe een klimaatbestendige ontwikkeling plaats kan vinden door te werken aan een mooie en aantrekkelijke groen- en waterstructuur. De watertoets (website Helpdeskwater a) en klimaatwijzer (website Rijksoverheid c) zijn instrumenten die de ruimtelijke ordening hiervoor kan gebruiken. De watertoets is een verplichting bij inrichtingsplannen.

### 2.1.1 *Water*

Vanwege structurele veranderingen in het klimaat, de zeespiegelstijging, de verdergaande bodemdaling en de verstedelijking, is een aanpak van het waterbeleid noodzakelijk. Deze aanpak is verwoord in het Nationaal Bestuursakkoord Water (website Helpdeskwater b). Het NBW bevat taakstellende afspraken over veiligheid en wateroverlast en beschrijft procesafspraken over watertekorten, verdroging, verzilting, water(bodem)kwaliteit, sanering waterbodems en ecologie. De stedelijke wateropgave is hier ook onderdeel van. Een van de afspraken van dit bestuursakkoord is dat gemeenten en waterschappen een gemeentelijk waterplan zouden opstellen voor 2006. In 2006 beschikten 34% van de gemeenten over een waterplan en 28% van de gemeenten was bezig met het opstellen daarvan (Vos en van den Heuvel, 2006).

Naast het gemeentelijk waterplan is er ook het provinciale waterplan. In het provinciale waterplan wordt in hoofdlijnen weergegeven voor welke opgave de provincie, de waterschappen en de gemeenten zich in de komende vier jaar gesteld zien om het waterbeheer op orde te krijgen en te houden. Het gemeentelijke waterplan is bedoeld om de watertaken in de gemeente op een rijtje te krijgen. Wettelijk gezien hoeft de gemeente alleen riolering aan te leggen en te onderhouden. Indirect moet de gemeente echter in samenspraak met het waterschap bijvoorbeeld het beheer van de watergangen en het peilbeheer regelen en toezien op de toepassing van de watertoets. De visie en uitvoeringsgaranties die nodig zijn voor het uitvoeren van deze taken horen in het waterplan te zijn opgenomen.

Met de watertoets wordt erop toegezien dat in het stedelijk gebied de wateroverlast niet wordt afgewenteld op een andere buurt/wijk/gebied. De watertoets is wettelijk verankerd in het Besluit op de Ruimtelijke Ordening (BRO). Dit besluit verplicht tot het opnemen van een 'beschrijving van de wijze waarop rekening is gehouden met de gevolgen van het bouwplan voor de waterhuishouding ter plaatse'. Afvoerpieken moeten binnen het stedelijk gebied kunnen worden opgevangen. Dit kan bijvoorbeeld door bergingscapaciteit aan te leggen in het stedelijk gebied of door neerslag te laten infiltreren in de bodem. In het laatste geval wordt gebruikgemaakt van een van de ecosysteemdiensten van de bodem (zie Bijlage 1). Het vasthouden van hemelwater in groene daken en stadstuinen wordt in gemeentelijke waterplannen ook genoemd (bijvoorbeeld Gemeente Utrecht, 2005).

### 2.1.2 *Bodem*

In een nota Bodembeheer kan worden aangegeven welke bodemkwaliteit wordt nagestreefd in een gebied. In de gemeentelijke bodembeheerplannen staat echter de chemische bodemkwaliteit vaak centraal en wordt minder aandacht besteed aan duurzaam bodemgebruik. Duurzaam bodemgebruik betekent dat de bodem zo wordt gebruikt dat voor de volgende generaties de mogelijkheid om in hun behoeften te voorzien niet in gevaar wordt gebracht. Voor de invulling van duurzaam bodemgebruik kunnen gemeenten gebruikmaken van de thema's van bodemambities. Dit zijn 26 bodemthema's die een rol kunnen spelen bij de

duurzame inrichting van een gebied. Het afwegen van deze thema's kan gemeenten helpen keuzes te maken bij de invulling van duurzaam bodemgebruik.

*Tekstbox 1 Thema's van BodemAmbities*

De bodemthema's die van belang zijn in een bepaald gebied worden bodemambities genoemd. Bodemambities kunnen structureel gekozen worden met behulp van de routeplanner. De Routeplanner Bodemambities adviseert lokale overheden om het lokale bodembeleid niet te beperken tot de chemische bodemkwaliteit, maar ook aandacht te besteden aan de fysische en ecologische bodemkwaliteit. Het uitgangspunt is hierbij de functie die aan een gebied wordt toegekend. Afhankelijk van de functie van de ruimte, kunnen bodemambities geselecteerd worden. Het afwegen van bodemthema's die in een gebied spelen, zoals draagkracht of biodiversiteit, is noodzakelijk om tot een duurzaam gebruik en ruimtelijke inrichting van de bodem te komen.

In een recente studie van het RIVM (Claessens en Dirven-van Breemen, 2010) is geïnterviewd welke bodemthema's bij kunnen dragen aan het klimaatbestendig maken van het stedelijk gebied. Het thema afdekking speelt een belangrijke rol in het stedelijk gebied. Als een groot deel van de bodem is afgedekt in het stedelijk gebied kan regenwater niet meer infiltreren en gaat veel waterbergingscapaciteit verloren. Afdekking is een van de thema's die wordt benoemd in de EU-bodemstrategie (EU, 2012). Voor de onbedekte bodem in het stedelijk gebied zijn de thema's verdichting en bodemvruchtbaarheid van belang. Een luchtige bodem die ook nog veel organisch stof bevat, kan water vasthouden en zo bijdragen aan de waterproblematiek in het stedelijk gebied. Naar aanleiding van bovengenoemde rapportage is het thema waterbergend vermogen van de bodem toegevoegd aan de bodemambities.

Recent is de Impuls Lokaal Bodembeheer (ILB) gestart. Met deze impuls ondersteunt het ministerie de decentrale overheden bij het vergroten van hun deskundigheid op het gebied van duurzaam bodembeheer. Het doel is meer aandacht te krijgen voor (website Agentschap NL):

- het benutten van de ecosysteemdiensten bij gebiedsontwikkeling;
- implementatie van beleid voor de ondergrond;
- verbeteren opdrachtgeverschap en handhaving in het kader van het Besluit bodemkwaliteit.

Deze impuls biedt een goede kans om meer aandacht te vragen voor het waterbergend vermogen van de bodem en bodem als drager van groen.

### 2.1.3 Groen

De bodem kan ook worden benut als drager van groen in de stad. Hiermee heeft de bodem nog een andere functie die bijdraagt aan een verbeterde leefomgeving in het stedelijk gebied. De ambities van gemeenten met betrekking tot het stadsgroen staan beschreven in de groenbeleidsplannen van gemeenten (bijvoorbeeld Gemeente Hilversum, 2011b). Een groenbeleidsplan geeft richtlijnen voor de inrichting en het beheer van openbaar groen. Groen draagt op haar beurt weer bij aan het creëren van waterbergingscapaciteit in de bodem en heeft een verkoelend effect op de leefomgeving. Deze relatie wordt echter niet altijd gelegd in de groenbeleidsplannen.

#### 2.1.4 *Ruimtelijke ordening*

Door het Rijk, de provincies en de gemeenten worden sinds 2008 structuurvisies opgesteld. In de structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012) beschrijft het Rijk waar er gebouwd kan worden, waar het groen moet blijven en wie beslissingsbevoegdheid heeft, maar legt verder weinig beperkingen op. De verantwoordelijkheid voor de ruimtelijke ordening ligt bij de provincies en gemeenten. Provincies geven in hun structuurvisie een strategisch beleid voor de gemeenten aan en gebruiken deze structuurvisie om de plannen van de gemeente te toetsen. In de gemeentelijke structuurvisies worden de kaders gegeven voor op te stellen bestemmingsplannen. Het is de bedoeling dat de structuurvisies op elkaar worden afgestemd.

Groen, water en ondergrond zijn ook onderdelen van de gemeentelijke bestemmingsplannen. In deze plannen is het creëren van voldoende waterbergingscapaciteit een belangrijk onderdeel. De watertoets ziet erop toe dat bij de ruimtelijke inrichting voldoende aandacht wordt besteed aan waterberging. In de afweging met andere ruimtelijke belangen krijgt klimaatadaptatie weinig prioriteit door het ontbreken van een onderbouwde motivatie en het ontbreken van stedenbouwkundige randvoorwaarden (VROM inspectie, 2010). Met de introductie van de omgevingswet zullen in de toekomst de gemeenten omgevingsplannen moeten gaan opstellen.

#### 2.1.5 *Gezondheid*

Binnen de Handreiking Duurzame Ruimtelijke Ontwikkeling (zie paragraaf 2.1) komt gezondheid aan de orde binnen het thema 'gezond en veilig'. De handreiking vermeldt dat ruimtelijke ontwikkelingen een bijdrage kunnen leveren aan een betere gezondheid. Gezond en veilig zou, volgens de handreiking, vanaf het begin een van de leidende principes bij de ontwikkeling van een gebied moeten zijn. Onderwerpen die aan bod komen zijn:

- optimaliseren van milieukwaliteit (luchtverontreiniging, geluid);
- bevorderen van gezond gedrag;
- voorkomen van hittestress;
- bevorderen van het algeheel welbevinden.

Bij het vierde punt wordt de waarde van 'groen' benoemd. Het is niet bekend in hoeverre de handreiking wordt toegepast door gemeenten.

In de Nationale Aanpak Milieu en Gezondheid is vastgelegd wat de overheid doet om gezondheidsschade door milieueffecten te beperken. De huidige Nationale Aanpak (2008-2012) richt zich onder andere op het gezond ontwerp en de inrichting van de leefomgeving. In het kader hiervan is de GezondOntwerpWijzer recent beschikbaar gekomen (website Gezondontwerpwijzer). Deze website biedt onder andere via aanbevelingen, praktijkvoorbeelden, instrumenten en achtergrondinformatie inzicht, inspiratie en ideeën voor mensen die een gezonde leefomgeving willen ontwerpen of inrichten, bijvoorbeeld over de aanleg van groen en water, al dan niet in relatie tot klimaatverandering.

Gemeenten hebben de wettelijke taak om de gezondheid van burgers te bevorderen en beschermen tegen ziekten en calamiteiten. Deze taak is neergelegd bij de Gemeentelijke of Gemeenschappelijke Gezondheidsdienst (GGD). In het lokale gezondheidsbeleid kunnen gemeenten en GGD'en aandacht geven aan klimaat, groen en gezondheid. Elke gemeente kan hierin zijn eigen prioriteiten bepalen. Gemeenten kunnen afspraken vastleggen over

samenwerking tussen de gezondheidssector/GGD en bijvoorbeeld ruimtelijke ordening/groenbeheerders. Zo kan men afspreken dat bij elk nieuw plan ook naar gezondheid gekeken moet worden. Een aantal GGD'en brengt dit al in de praktijk, andere GGD'en proberen het onderwerp hoger op de agenda te krijgen bij de gemeente. In het kader van het Nationaal Hitteplan zijn landelijk afspraken gemaakt over de rol van de GGD (en andere organisaties) bij perioden van extreme hitte (website RIVM).

## 2.2 Knelpunten beleid

Uit een onderzoek van de VROM inspectie (VROM inspectie, 2010) blijkt dat een aantal gemeenten al ambitieuze doelstellingen heeft op het gebied van klimaatadaptatie. Klimaatadaptatie is echter minder besproken dan het uitvoeren van mitigerende maatregelen bij gemeenten. Belangrijkste verklaring hiervoor is het gebrek aan kennis en inzicht in de concrete effecten van de klimaatverandering die van invloed zijn op het grondgebied van de gemeente. De kennis met betrekking tot het klimaatbestendig maken van steden is bovendien nog zeer versnipperd aanwezig en er is nog weinig bekend over de toepasbaarheid en het rendement van de maatregelen. Gemeenten willen wel met ambitie aan de slag, maar hebben behoefte aan kennis en praktijkervaringen om een gemotiveerd beleid vast te stellen (VROM inspectie, 2010).

Voor het vaststellen van hun klimaatbeleid moeten gemeenten een goede afweging kunnen maken tussen mogelijke maatregelen. Maatregelen gerelateerd aan het tegengaan van afdekking worden gegeven in het TCB-advies 'Gevolgen van afdekking van de bodem' (2009). In een eerdere studie heeft het RIVM een overzicht gemaakt met maatregelen in relatie tot waterberging en groen (Dirven-van Breemen et al., 2011).

Bij bestuurlijke besluitvorming worden keuzes voor maatregelen vaak gebaseerd op de afweging van financiële baten. De vraag is nu hoe maatschappelijke baten (bijvoorbeeld verhoogd welbevinden) ook bij deze afweging betrokken kunnen worden. Uit een studie van TNO zijn zes kerndilemma's gedefinieerd bij het bepalen van de baten van een duurzame ontwikkeling van de ondergrond (Duijn et al., 2009). Sectorale waardensystemen versus maatschappelijke waardensystemen is een van deze kerndilemma's.

Om de afweging te kunnen maken of een maatregel wat oplevert, kan het behulpzaam zijn de baten van een maatregel te kwantificeren. In het geval van besparingen op waterberging en waterzuivering (financiële baten) is dit goed mogelijk. Door bijvoorbeeld waterberging te creëren, kunnen rioolkosten worden vermeden (TCB, 2010). Het in beeld brengen van de maatschappelijke baten (bijvoorbeeld ecosysteemdiensten en gezondheidseffect) is echter niet eenvoudig. Het is bijvoorbeeld de vraag wat bewoners en gemeenten ervoor hebben om de temperatuur in de stad 1 tot 2 graden te verlagen en de leefkwaliteit te verhogen.

De eigendomsverhoudingen in boven- en ondergrond is ook een van de kerndilemma's (Duijn et al., 2009). Kennis over de eigendomsverhoudingen is nodig om belanghebbenden zo ver te krijgen dat zij willen investeren. In de praktijk zullen maatregelen alleen worden toegepast als door één partij het initiatief genomen wordt. Dit kan bijvoorbeeld de gemeente of een projectontwikkelaar zijn. Vervolgens moet duidelijk worden welke partijen belang hebben bij de maatregel en daar dan ook naar verhouding aan bijdragen.

De Handreiking Duurzame gebiedsontwikkeling (Puylaert en Werksma, 2011) geeft handvatten hoe hiermee om te gaan.

De partijen die belang kunnen hebben bij een maatregel zijn zeer divers. De belanghebbenden zijn bijvoorbeeld het waterschap (rioolcapaciteit en reiniging rioolwater), de gemeente (wateroverlast), de provincie en de bewoners (wateroverlast, leefklimaat), het bedrijfsleven of de woningbouwcorporaties (grondeigenaar). De gefragmenteerde verdeling van kosten en baten is ook een van de kerndilemma's bij de ontwikkeling van de ondergrond (Duijn et al., 2009). Het zijn bijvoorbeeld niet de woningbouwcorporaties die profiteren van energie besparende maatregelen zoals de aanleg van groene daken. Daarom ligt het niet voor de hand dat een woningbouwcorporatie de investering doet. Een woningbouwcorporatie zou wel de energiekosten in de huur kunnen verrekenen, zodat zij er zelf ook belang bij hebben. Een aangename woonomgeving bevordert wel het vestigingsklimaat waardoor leegstand vermindert. Dit is ook gunstig voor de woningbouwcorporatie maar ook de gemeente.

De overige drie kerndilemma's zijn onbekendheid en aantrekkingskracht van de ondergrond, 'eigenheid' van de ondergrond als ruimtelijk systeem en afweging van een ontwikkelingsgerichte benutting van de ondergrond (Duijn et al., 2009).

De mogelijkheden in de wetgeving zijn ook bepalend voor de implementatie van klimaatbeleid. Het gebruik van regenwater of opvang op het perceel komt bijvoorbeeld nog weinig voor in Nederland (website Het water en de stad). De gemeente heeft met de veranderingen in de waterwetten, via de Wet gemeentelijke watertaken, veel meer ruimte gekregen om beleid te ontwikkelen op het gebied van regenwaterbeheer. Vanaf 1 januari 2008 heeft de gemeente nieuwe verordeningbevoegdheid ten aanzien van de afvoer van hemelwater. Tot deze tijd was het vanzelfsprekend dat gemeenten zorgden voor de afvoer van hemelwater van de terreinen van bedrijven en particulieren. De onvoorwaardelijke plicht om al het aangeboden water, waar de ontdoener vanaf wil, te accepteren, is vervallen (website Het water en de stad).

### **2.3 Voorbeelden Nederland**

Veel overheden streven naar deels afkoppelen van het verhard oppervlak om het riool te ontlasten en zuiveringskosten te besparen (onder andere Gemeente Tilburg, 2009; Gemeente Utrecht, 2005, Provincie Zuid-Holland, 2009). Dit kan door infiltratie van het hemelwater in de tuin of door het creëren van ondergrondse waterberging door bijvoorbeeld de aanleg van infiltratiekratten. Een andere manier om het dakoppervlak af te koppelen van het riool is de aanleg van een groen dak of een regenton. Verschillende gemeenten en waterschappen geven subsidies op het afkoppelen van verhard oppervlak. De gemeenten willen hiermee het riool ontlasten, terwijl de waterschappen verdroging willen tegengaan en willen besparen op zuiveringskosten.

De waterschappen Stichtse Rijnlanden en Roer en Maas geven bijvoorbeeld subsidies van 3,5 tot 7 euro/m<sup>2</sup> (Stichtse Rijnlanden) en 1,8 tot 5 euro/m<sup>2</sup> (Roer en Maas) afgekoppeld dakoppervlak. In de gemeente Wageningen kun je een subsidie krijgen van 10 euro/m<sup>2</sup> afgekoppeld oppervlak. In de gemeente Gouda kun je de aanschaf van een regenton vergoed krijgen. Ook zijn er gemeenten die subsidie geven op de aanleg van groene daken. De subsidie varieert van 25 euro/m<sup>2</sup> (Eindhoven en Nijmegen) tot 30 euro/m<sup>2</sup> (Groningen en Rotterdam). In het geval van Rotterdam wordt 5 euro bijgedragen door het waterschap.

## 2.4 Groenmaatregelen in buitenlandse steden vanuit verschillende invalshoeken

In onderstaand hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van maatregelen die worden genomen in het buitenland. Dit overzicht is gebaseerd op een beperkte literatuurstudie.

### 2.4.1 Hemelwaterberging

In België en Duitsland vindt er meer sturing plaats vanuit de overheid voor het nemen van maatregelen om afstromend regenwater tegen te gaan (Waterschap Roer en Overmaas, 2007). Hier is vasthouden op eigen perceel verplicht of het wordt gestimuleerd door een rioolheffing gekoppeld aan de grootte van het verharde oppervlak. In Duitsland is de belasting gesplitst in afvoer van hemelwater en vuil water. In Duitsland geldt dus het principe hoe meer grond is afgedekt hoe meer belasting je betaalt voor de afvoer van water. In Nederland daarentegen is de belasting die je betaalt onafhankelijk van het (afgedekte) oppervlak. In Bad Wunnenberg in Noord-Rijnland-Westfalen betaal je bijvoorbeeld per m<sup>3</sup> vuil water 3,80 euro. Voor het lozen van hemelwater betaal je 0,29 euro/m<sup>2</sup>.

Ook wordt in Duitsland de aanleg van groene daken gestimuleerd door verlaging van de belasting op hemelwaterafvoer. In Munster is de belasting op hemelwaterafvoer op jaarbasis 0,44 euro/m<sup>2</sup> (Lennep en Finn, 2008). Als er een groen dak wordt aangelegd kan deze belasting worden verlaagd tot 0.08 euro/m<sup>2</sup> of zelfs 0.04 euro/m<sup>2</sup>. De waterbergingscapaciteit van het groene dak is bepalend hierin. Dit is een zeer transparant systeem gebleken waardoor het investeren in een groen dak rendabel wordt.

Ook in andere Europese en Noord Amerikaanse steden bestaan allerlei regelingen. In Portland wordt net als in Duitsland afhankelijk van het afgedekte oppervlak waterbelasting van 6.45 US\$ per 1000 square feet gerekend aan grondeigenaren (van Lennep en Finn, 2008). Als het dakoppervlak voor 70% bestaat uit een groen dak wordt dit gereduceerd met 35%. De opbrengsten van deze waterbelasting zijn vervolgens gebruikt om op alle overheidsgebouwen groene daken aan te leggen. Ook kunnen projectontwikkelaars een 'floor-area-ratio' bonus krijgen. Deze bonus neemt toe met de grootte van een groen dak. Bouwplannen moeten bovendien voldoen aan ontwerprichtlijnen en worden daarop goedgekeurd. Het meenemen van groene daken in de bouwplannen helpt bij het krijgen van deze goedkeuring.

### 2.4.2 Biodiversiteit

De aanleg van groene daken wordt niet alleen gestimuleerd vanuit de waterproblematiek. In Basel is bijvoorbeeld in de jaren 90 begonnen met het nemen van energiebesparende maatregelen (van Lennep en Finn, 2008). In overleg met alle betrokken stakeholders is gedurende twee jaar de winst hiervan geïnvesteerd in subsidies voor de aanleg van groene daken. Hierbij stond energiebesparing en het verhogen van de biodiversiteit in de stad centraal. Vanaf 2002 staat nu in de lokale richtlijnen van de bouwwetgeving dat alle nieuwe en gerenoveerde platte daken voorzien moeten zijn van een groen dak. Door de grote bekendheid van het project in de beginfase en de betrokkenheid van de stakeholders is er nooit veel weerstand geweest tegen deze wetgeving.

In Chicago is juist het hitte-eiland-effect de belangrijkste oorzaak geweest om de aanleg van groene daken te stimuleren (van Lennep en Finn, 2008). De



gemeente heeft een groendakbeleid voor projecten die door de afdeling ruimtelijke inrichting worden beoordeeld. Bovendien vereist de verordening op energiebesparing dat op alle nieuwe daken ofwel een groen dak ofwel een reflecterend dak wordt aangelegd.

### 3 Onderzoek

In de afgelopen jaren is er al veel onderzoek gedaan naar het klimaatbestendig maken van het stedelijk gebied, onder andere vanuit de onderzoeksprogramma's Adaptatie Ruimte en Klimaat, Klimaat voor Ruimte, Kennis voor Klimaat en Habiforum. De belangrijkste onderzoeksvragen in deze programma's zijn gedefinieerd in de Routeplanner 3 (van Drunen en Lasage, 2007). Met betrekking tot maatregelen in het stedelijke gebied staan in de Routeplanner onder andere de volgende twee kennisvragen geformuleerd:

- Welke adaptatieopties zijn er in stedelijke gebieden? Hoe kunnen ze op een geïntegreerde manier worden geëvalueerd?
- Wat zijn de kosten en de baten van de adaptatiemaatregelen om klimaatbestendig te worden en hoe zijn de kosten en baten verdeeld?

Er wordt nog steeds aan deze vragen gewerkt binnen het onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat, wat de opvolger is van Klimaat voor Ruimte.

Het onderzoeksprogramma Klimaat voor Ruimte bestudeerde in de periode 2006 tot 2011 de gevolgen van klimaatverandering en manieren om daarmee om te gaan, gericht op het ruimtegebruik. Tijdens de slotbijeenkomst in december 2011 is het praktijkboek gepresenteerd (de Pater, 2011). In dit praktijkboek worden twaalf lessen gegeven die gebaseerd zijn op vele praktijkervaringen:

- Organiseer creatief denken over de toekomst.
- Verbreed de agendakoppeldoelstellingen.
- Zet hele netwerk in.
- Vergroot de betrokkenheid binnen de organisatie.
- Zorg voor draagvlak.
- Betrek ondernemers.
- Tips voor participatie van bewoners.
- Maak klimaat concreet en zichtbaar.
- Zorg voor duidelijke start.
- Kijk over grenzen heen.
- Samenwerking is een must.
- Maak alle kosten en baten inzichtelijk.

In het praktijkboek worden ook verschillende instrumenten gepresenteerd als hulpmiddel bij het klimaatbestendig inrichten van een gebied. Deze instrumenten variëren van hulpmiddelen om meer inzicht te krijgen in de effecten van klimaatverandering (KNMI-scenario's en de Klimateffectatlas) tot een handreiking bestaande uit een aantal factsheets met kennis, inzichten, instrumenten en voorbeelden voor het omgaan met de gevolgen van klimaatverandering bij ruimtelijke planprocessen (Klimaatwijzer). Bij deze instrumenten ligt de nadruk op de ruimtelijke inrichting en de wateropgave en minder op bodem en gezondheid.

Het huidige onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat bestaat uit de volgende onderdelen:

- Veiligheid tegen overstromingen.
- Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit.
- Klimaatbestendig maken van het platteland.
- Klimaatbestendige steden (Climate proof cities).
- Infrastructuur en netwerken.

- Hoge kwaliteit klimaatprojecties voor adaptatie.
- De governance van adaptatie aan klimaatverandering.
- Beleidsondersteunende instrumenten.

Meer generiek wordt in het deelprogramma Climate Proof Cities geïntegreerde en toepasbare kennis verzameld over de volledige keten van het stedelijke klimaat en de impact van klimaatverandering op steden, tot de aansturing die nodig is voor de implementatie van adaptatiemaatregelen (website Knowledge for Climate). Hierin participeren bijvoorbeeld Rotterdam en Utrecht.

Verschillende Nederlandse steden (Tiel, Arnhem, Nijmegen) participeren in het Europese netwerk Future Cities (website future cities). De doelstelling van het project is om stedelijke gebieden in Noordwest-Europa in staat te stellen de voorspelde gevolgen van klimaatverandering te bestrijden. De focus ligt op watersystemen, groene structuren en duurzame energie.

## 4 Waterbergend vermogen van de bodem

### 4.1 Inleiding

De klimaatscenario's van het KNMI laten zien dat in 2100 in de winter de neerslaghoeveelheid kan stijgen met 7 tot 28%, afhankelijk van het scenario (website KNMI). In de zomer kan de neerslaghoeveelheid veranderen van een daling met 38% tot een stijging met 12%. In de komende jaren zal de neerslaghoeveelheid in de winter dus naar alle waarschijnlijkheid toenemen. Bovendien is het de verwachting dat meer intensieve buien zullen voorkomen. Het risico op wateroverlast wordt daarbij nog eens vergroot door de toename van het verharde oppervlak in het stedelijke gebied.

Tijdens intensieve regenbuien is het mogelijk dat het riool niet voldoende capaciteit heeft om het water te bergen. Rioleringscapaciteit is namelijk niet berekend op piekbuien. In deze gevallen kunnen de riooloverstorten in werking treden. Met regenwater verdund afvalwater wordt dan ongezuiverd geloosd op het oppervlaktewater. Als riooloverstorten vaker in werking treden, ontstaan milieuproblemen. Als het water niet op tijd afgevoerd kan worden, bestaat ook het risico van schade doordat het water gebouwen inloopt of doordat doorgaande wegen geblokkeerd raken. De afvoercapaciteit van het watertransportsysteem (riolering) is echter niet altijd eenvoudig te vergroten. Soms is dit ook niet wenselijk. Het alternatief is om meer ruimte te creëren voor waterberging in de openbare en particuliere ruimte. Door verminderde rioolafvoer kunnen dan kosten worden vermeden (TCB, 2010).

Tegenover de toename van extreme buien staat dat in de zomer de grondwaterstand kan dalen. In de historische binnensteden in West-Nederland kan dat leiden tot verdergaande paalrot. Ook het stedelijke groen kan last krijgen van watertekort. De vraag is dan hoe een 'reserve'-voorraad aan water opgebouwd kan worden om het tekort in droge periodes aan te vullen.

In het nationale waterplan (website Verkeer en Waterstaat) staat dat de maatregelen in de stedelijke omgeving in 2015 moeten zijn uitgevoerd. Een uitzondering is mogelijk voor kapitaalintensieve investeringen die (veel) goedkoper kunnen worden uitgevoerd wanneer aangesloten wordt bij bijvoorbeeld de vervangingscyclus van rioleringen en geplande grote ingrepen in de stedelijke omgeving. De trits vasthouden-bergen-afvoeren is de leidraad bij het zoeken van oplossingen ter voorkoming van wateroverlast in zowel het landelijke als stedelijke gebied.

In het stedelijke gebied bestaan verschillende mogelijkheden om de piekafvoer van intensieve regenbuien op te vangen (Dirven-van Breemen et al., 2011). In de huidige studie wordt verkend in hoeverre de onbedekte bodem (parken, volkstuinen, plantsoenen, groenstroken) kan bijdragen aan het opvangen van de piekafvoer van regenbuien door infiltratie in de bodem. Verder wordt gekeken naar het waterbergend vermogen van groene daken en wadi's. Ook is de evapotranspiratie van groen en het afkoppelen van hemelwater in beschouwing genomen.

### 4.2 Intrinsieke bodem

In tijden van extreme neerslag kan regenwater infiltreren in de onbedekte bodem. In het stedelijk gebied is het daarom van belang dat er voldoende

onbedekte bodem is. Een toename van de oppervlakkige afstroming van 200 mm/jaar wordt gerapporteerd voor het stedelijk gebied van Leipzig waarvan de bodem voor 40 tot 60% is afgedekt vergeleken met een onbedekte bodem (Haasse, 2009). Een studie van Kopenhagen laat zien dat de aanvulling van de grondwatervoorraden sinds 1850 gestegen is met 20% als gevolg van een toename in de neerslag van 20% (Jeppessen et al., 2011). De toename in grondwateraanvulling zou volgens Jeppessen echter nog veel groter zijn geweest als sinds 1850 de bodem niet in toenemende mate was afgedekt als gevolg van urbanisatie.

De hoeveelheid regenwater die oppervlakkig afstroomt neemt toe bij de mate van afdekking van de bodem, afhankelijk van de soort afdekking. Zo is de oppervlakkige afstroming van een onbegroeid dak 100%, van speeltuinen en sportvelden 25%, van voor en achtertuinen 15%, van grotere tuinen in voorsteden 10% en van parken slechts 0-5% (Bade et al., 2008).

Op de website ruimtexmilieu (website ruimtexmilieu) worden getallen voor het minimaal percentage open bodem per gebiedstype gegeven. Dit varieert van 15% in hoogstedelijk gebied tot 50-75% in suburbaan gebied. Ook wordt in het TCB-advies (TCB, 2010) een benodigd oppervlak onbedekte bodem van 50% genoemd voor hemelwaterafvoer via oppervlakkige infiltratie. Voor het stedelijk gebied in het algemeen hanteert de TCB een maat van 20-40%. Als kanttekening wordt opgemerkt dat het benodigde oppervlak sterk afhankelijk is van de lokale omstandigheden. Een belangrijke rol spelen bijvoorbeeld het bodemtype, de vegetatie, capaciteit riool, klimatologische omstandigheden, etc.

Een analyse van 250 virtuele studies en 1 real-worldstudie (Kleidorfer et al., 2009) laat bijvoorbeeld zien dat een toename van de intensiviteit van een regenbui met 20% hetzelfde effect heeft op de waterbalans in het stedelijk gebied als een toename van ondoordringbaar (afgedekt) oppervlak van 40%. Deze toename in intensiviteit van regenbuien van 20% kan echter worden opgevangen door een toename van 30% oppervlak onbedekte bodem.

Als verschillende steden worden vergeleken wordt echter duidelijk dat niet alleen het bodemtype van invloed is. In een andere studie (Mansel en Wang, 2010) wordt bijvoorbeeld met modelberekeningen de waterbalans vergeleken van Beijing en Glasgow. Deze steden verschillen niet alleen in doorlatendheid van de bodem (Glasgow 10 mm/h versus Beijing 60 mm/h) maar ook in klimatologische omstandigheden. In Beijing valt de meeste regen in de zomer terwijl in Glasgow de regen meer over het jaar verdeeld is. Deze studie laat zien dat in Glasgow de infiltratie groter en de oppervlakkige afspoeling lager is dan in Beijing, ondanks het slechter doorlatende bodemtype. De grotere infiltratie in Glasgow wordt verklaard door het grotere oppervlak onbedekte bodem en de grotere spreiding van regenval over het jaar. De seizoensvariatie voor grondwateraanvulling in Beijing is kleiner omdat de meeste regen in de zomer valt en wordt gecompenseerd door evaporatie.

### **4.3 Groene daken**

Ook groene daken kunnen bijdragen aan het vertraagd afvoeren van het hemelwater. Het waterbergend vermogen van een groen dak varieert van 21-36 mm voor extensief gebruik tot 70-320 mm voor intensief gebruik (Star, 2009). Een sedumtapijt heeft bijvoorbeeld een waterbergend vermogen van 25 L/mm. Een dakpark kan bij een dikte van de substraatlaag van 100 cm een

waterbergend vermogen van 320 L/mm hebben. Het waterbergend vermogen wordt in grote mate bepaald door de dikte van de substraatlaag.

Afhankelijk van het type beplanting en de klimatologische omstandigheden kan de oppervlakkige afstroming significant afnemen. In Vancouver en Shanghai is dat bijvoorbeeld 28-58% (Roehr en Kong, 2010). In Kelowna is dat zelfs 100%. Deze verschillen worden veroorzaakt door de klimatologische omstandigheden van deze steden. De keuze voor beplanting zou dan ook voornamelijk moeten worden gemaakt gebaseerd op de klimatologische omstandigheden. Planten die veel water nodig hebben kunnen voor Vancouver ongunstig zijn omdat dan irrigatie nodig is in de droge maanden van de zomer. In Shanghai kunnen zowel planten worden gebruikt die veel water als weinig water nodig hebben. Groene daken zijn in de stad Kelowna niet de beste oplossing om wateroverlast aan te pakken. De stad is niet dichtbebouwd en heeft relatief weinig wateroverlast. Precipitatie is niet voldoende om groene daken van water te voorzien en irrigatie zou noodzakelijk zijn.

#### **4.4 Toename evaporatie en evapotranspiratie**

Zorgvuldige selectie en goed beheer van bomen in stedelijk gebied kan de infiltratie van hemelwater in een verdichte bodem verbeteren met 153% in de directe omgeving van het wortelsysteem van een boom (Boggs en Sun, 2011). Maar ook de evapotranspiratie in het stedelijk gebied kan maximaal worden benut voor de stedelijke waterbalans door bomen te planten. Op stadsniveau wordt een afname van 4,9% oppervlakkige afstroming berekend door de aanleg van 10% meer groen in de stad (Gill et al., 2007). In Leipzig neemt in gebieden met een afgedekt oppervlak van meer dan 20-40% de evapotranspiratie af met 100 tot 150 mm/jaar. In gebieden met meer dan 80 tot 100% afgedekt oppervlak is dit zelfs 450 mm/jaar (Haasse, 2009).

Het gebruik van waterdoorlatende verharding kan de evaporatie in het stedelijk gebied met 16% doen toenemen ten opzichte van ondoorlatende verharding (Starke et al., 2010). Het effect is vooral merkbaar op droge dagen na een regenbui. Wat betreft waterdoorlatende verharding bestaan er verschillende mogelijkheden. Waterdoorlatende verharding zoals vaak in Nederland wordt gebruikt, heeft een 16% lagere evaporatie vergeleken met de Duitse waterdoorlatende verharding (Starke et al., 2011). Waarschijnlijk neemt de evaporatie af door het gebruik van fijner materiaal voor de onderlaag. Ook de kleur van de verharding is van belang. Donkere stenen absorberen meer warmte waardoor een hogere verdamping plaatsvindt. Het grootste effect is echter te verwachten door bijvoorbeeld gras te laten groeien in brede voegen tussen de stenen. Als een oppervlak voor 55% bedekt is met gras resulteert dit in een toename van 243% verdamping door evapotranspiratie (Starke et al., 2011). Dit effect vindt voornamelijk plaats in de zomer.

#### **4.5 Wadi's en open water**

Vooraf in West-Nederland kunnen steden minder gebruikmaken van de infiltratiecapaciteit van de bodem en moeten dan alternatieven bedenken. Open water zoals grachten of stadsvijvers kunnen dan ook bijdragen aan het vertragen van de piekafvoer bij intensieve regenbuien. In Dordrecht wordt met ondergrondse en bovengrondse watergangen en bergbezinkbassins de wateroverlast opgelost (Stichting Rioned, 2009).

Ook worden in woonwijken steeds vaker wadi's aangelegd om wateroverlast te beperken. De toplaag van een wadi bestaat uit een goed doorlatende bodemlaag

(doorlatendheid van 0,5 m/dag) en een onderlaag met een doorlatendheid van 3 m/dag (Verschoor en Brand, 2008). De functie van de grondverbetering zit vooral in de bergingscapaciteit. Tijdens piekbuien kan een wadi vollopen met water waarna het water vertraagd kan infiltreren in de bodem. Een wadi is in het algemeen begroeid met gras waardoor de evapotranspiratie kan toenemen als de wadi droogvalt.

Wadi's worden zo gedimensioneerd dat 10 m<sup>2</sup> verhard oppervlak kan afwateren op 1 m<sup>2</sup> wadi (Verschoor en Brand, 2008). Uitgangspunt is dat een woonwijk 35-40% verhard oppervlak heeft.

#### **4.6 Afkoppelen van hemelwater**

Het afkoppelen van het verharde oppervlak draagt ook bij aan het vertraagd afvoeren van hemelwater tijdens extreme regenbuien. In Ede streeft men bijvoorbeeld naar het afkoppelen van 20% van het verharde oppervlak (Stichting Rioned, 2009). In de gemeente Oss moet iedereen in de eigen tuin 15 mm kunnen opvangen. Buien die groter zijn dan 15 mm worden opgevangen in wadi's die zich in de openbare ruimte bevinden (Stichting Rioned, 2009). Het afkoppelen van hemelwater kan echter leiden tot een belasting van het grondwater met koper, zink en lood (Verschoor en Brand, 2008). De gemeente Dordrecht veronderstelt dat afkoppelen niet substantieel bijdraagt aan het waterbergend vermogen maar het vasthouden van regenwater op perceelsniveau zou wel een oplossing kunnen zijn om paalrot tegen te gaan.

In een studie in Los Angeles wordt aangetoond dat in een zandige bodem door middel van de aanleg van een bergingssysteem gekoppeld aan de oprijlaan en het gazon een afname van de oppervlakkige afspoeling van 98% gerealiseerd kan worden (Xiao et al., 2007). Ook neemt door het waterbergingssysteem de evapotranspiratie toe met 3% en de percolatie naar het diepe grondwater met 37%. Dit betreft een perceel dat voor 50% is afgedekt.

## 5 Verkoeling

### 5.1 Inleiding

De klimaatscenario's van het KNMI laten zien dat in 2100 de gemiddelde temperatuur in de zomer 1,7 tot 5,6 °C zal stijgen, afhankelijk van het scenario. De temperatuur van de warmste zomerdag zal 2,1 tot 7,6 °C stijgen. Juist in het stedelijk gebied zullen de stijgingen in temperatuur merkbaar zijn. Steden zijn over het algemeen warmer dan het landelijk gebied er omheen (het *urbanheat island* of UHI). In het stedelijk gebied is meer warmteabsorptie door bebouwing en vindt minder verkoeling plaats door verdamping van groen.

Tot voor kort was over het UHI in Nederlandse steden nog maar weinig bekend. Doordat het KNMI haar weerstations altijd juist buiten steden heeft geplaatst, waren in de stad maar weinig metingen beschikbaar.

In een onderzoek van het KNMI (Wolters et al., 2011) is gebruikgemaakt van metingen afkomstig van twintig weerstations van weeramateurs. Er is een positief verband afgeleid tussen het zomergemiddelde UHI en de bevolkingsdichtheid (op buurniveau) bij de onderzochte stations. Verder bleek dat het UHI in de zomer het sterkst is tijdens de nachten en in weersituaties met weinig wind en weinig bewolking. Gemiddeld over de zomer van 2010 was het UHI gemiddeld over zes stations in de stad 0,9 (0,6-1,1) °C; tijdens de nachten in een relatief warme periode steeg dit tot 1,4 (1,1-1,8) °C.

De ruimtelijke verdeling van het hitte-effect is ook in beeld gebracht voor de gemeente Rotterdam op basis van satellietbeelden (Klok et al., 2010). Het hitte-effect dat is afgeleid op basis van de oppervlaktetemperatuur kan oplopen tot 10 °C op zomerse dagen. Hierbij moet worden opgemerkt dat de oppervlaktetemperatuur hoger is dan de lucht- en gevoelstemperatuur.

### 5.2 Effectiviteit van maatregelen: aanleg van groen

Over het algemeen is bekend dat groene gebieden en elementen belangrijk zijn om steden te koelen (Dopp, 2011). Voor de gemeente Rotterdam is een relatie gevonden van een daling in temperatuur van 1 °C bij een stijging in onverhard of groen oppervlak van 10% (Klok et al., 2010).

In een recente studie van TNO (Dopp, 2011) is een literatuurstudie gedaan naar het effect van groen op verkoeling in het stedelijk gebied. Deze studie is uitgevoerd in het kader van KvK Climate proof cities. Deze studie laat zien dat het verschil in luchttemperatuur tussen een park en het omliggende bebouwde gebied gemiddeld 1 °C is en in de zomer op kan lopen tot 6 °C. De mate van het verkoelende effect van een park hangt sterk af van de vegetatie. Een dichte bomenbeplanting heeft het grootste verkoelende effect. Groene gebieden hebben ook een verkoelend effect op hun omgeving en kunnen daardoor hittestress in het omliggende bebouwde gebied verminderen. De grootte van dit effect is afhankelijk van allerlei locatiespecifieke omstandigheden zoals de ventilatiemogelijkheden (open beplanting), de windsnelheid en de hoogteligging van een park ten opzichte van de omgeving.

Het verkoelende effect van bomen in straten varieert van 0,5 tot 1 °C. Het belangrijkste koelende effect van straatbomen is de beschaduwing en daarmee de verlaging van de gemiddelde stralingstemperatuur. Het filterende effect van bomen tegen straling is afhankelijk van de soort. In de zomer kan dit oplopen



tot 70-90%, in de winter is dit 20-90% afhankelijk van wel of niet groen blijven (Huang et al., 1990). In een winkelcentrum in Nanjing was de temperatuur van een betonnen straat met bomen 0,2-2,0 graden Celcius lager dan beton van een plek zonder bomen (Huang et al., 2008).

Een boom in de stad heeft te maken met afwijkende klimaat- en groeiomstandigheden ten opzichte van het omliggende land. Zo kan op een warme zomerdag in de stad de temperatuur hoger zijn. Hierdoor kunnen niet-winterharde, mediterrane soorten als bijvoorbeeld de steeneik in de stad overleven. Nadeel van de hogere temperaturen is dat bomen in de stad vaker last kunnen hebben van droogtestress doordat er meer verdamping is (Levinson, 1997).

Groene daken kunnen het UHI-effect beperken, maar dit is in grote mate afhankelijk van de schaal waarop ze worden aangelegd en het soort groen dak (Dopp, 2011). Intensieve groene daken met een dikke substraatlaag en extra irrigatie zijn het meest effectief. Deze houden het water het beste vast en verkoelen meer door verdamping van water uit het grondsubstraat en door evapotranspiratie van de planten. Op leefniveau op straat is het verkoelend effect van groene daken zeer beperkt.

Bij groene daken en bomen is de effectiviteit van verkoeling in grote mate afhankelijk van de beschikbaarheid van water. Alleen bij voldoende beschikbaarheid aan water is er een verkoelend effect door verdamping van groen. In een onderzoek aan de universiteit van Californië (Kurn et al., 1994) zijn formules opgesteld om de evaporatie en het effect van vegetatie op de luchttemperatuur voor verschillende landbedekking uit te rekenen. Onderscheid werd gemaakt tussen gras, bomen, struiken en geen vegetatie. Bedekking met gras had de hoogste evaporatie gevolgd door bomen en struiken.

Vegetatie (bomen en planten) kan de luchtkwaliteit in een stad niet significant verbeteren en kan die zelfs verslechteren. Door de aanwezigheid van vegetatie in of langs straten met verkeer neemt de windsnelheid in die straat namelijk af. Als gevolg hiervan gaan de concentraties van alle stoffen die door het verkeer worden uitgestoten omhoog. De aanwezigheid van vegetatie in een groot gebied kan wel de achtergrondconcentraties van stikstofdioxide en fijn stof positief beïnvloeden, maar het effect is zeer beperkt – in de orde van een half procent tot mogelijk enkele procenten bij grootschalige extra inzet van vegetatie. De onzekerheid hierover in verschillende studies is aanzienlijk (Wesseling et al., 2011). Dit neemt niet weg dat het verkoelende effect van bomen door schaduw een belangrijke bijdrage levert aan een prettige leefomgeving.

## 6 De effecten van groen op de gezondheid

### 6.1 Achtergrond

Het eindrapport van Klimaat voor Ruimte – het kennisprogramma dat klimaatvraagstukken koppelde aan ruimtelijke ordeningsvraagstukken – stelt dat klimaatadaptatie vaak pas haalbaar is als het wordt verbonden aan andere beleidsagenda's, zoals ambities van gemeenten om te 'vergroenen' (de Pater 2011). Openbaar groen kan, als onderdeel van klimaatadaptatie, bijdragen aan de volksgezondheid (Dirven-van Breemen et al., 2011). Om de potentiële baten van gezondheid mee te laten wegen in de besluitvorming is inzicht nodig in de aard en omvang van deze baten. In dit hoofdstuk wordt beschreven welke gezondheidseffecten van groen bekend zijn uit de wetenschappelijke literatuur en in hoeverre deze effecten in getallen kunnen worden uitgedrukt voor beleidsafwegingen.

### 6.2 Onderzoeksvragen en aanpak

Dit hoofdstuk gaat in op de volgende vragen:

1. Voor welke gezondheidseffecten bestaat voldoende bewijs voor een relatie met openbaar groen?
2. Hoe kunnen de potentiële gezondheidseffecten van groen worden gekwantificeerd?
3. Welke gegevens zijn nodig voor deze kwantificering, en zijn deze gegevens beschikbaar?

De eerste vraag is beantwoord op basis van beschikbare samenvattingen over de relatie tussen natuur en gezondheid (Gezondheidsraad en Raad voor Ruimtelijk Milieu en Natuuronderzoek, 2004; Maas et al., 2009a; Van den Berg, 2007). Volgens de World Health Organization (WHO) is er sprake van 'voldoende bewijs' als een associatie tussen groen en gezondheid is gevonden in studies waarin toeval en vertekening van de onderzoeksresultaten met redelijk vertrouwen kan worden uitgesloten. 'Natuur' is een ruimer begrip dan groen in stedelijke gebieden, waar dit rapport over gaat. De beschrijving hieronder is beperkt tot studies die over groen in steden gaan. Voor de laatste twee vragen is naast literatuur, een aantal experts binnen het RIVM op het gebied van kwantificering van gezondheidseffecten (Dr. A.B. Knol, ir. D.J.M. Houthuijs) en de relatie tussen groen en gezondheid (Dr. ir. H. Kruize) geraadpleegd.

Wat zijn mogelijke gezondheidseffecten van groen?

De Gezondheidsraad (GR) en de Raad voor Ruimtelijk, milieu- en natuuronderzoek (RMNO) publiceerden in 2004 een overzicht van de wetenschappelijke kennis op het gebied van natuur en gezondheid (Gezondheidsraad en Raad voor Ruimtelijk Milieu en Natuuronderzoek, 2004). In 2009 is dit overzicht aangevuld met publicaties over de periode 2004-2008 (Maas et al., 2009a). In deze rapporten is onderscheid gemaakt tussen studies die het verband tussen natuur en volksgezondheid gemeten hebben via indicatoren, zoals sterftecijfers, en studies die effecten op gedragingen of mechanismen bekeken hebben, die op hun beurt weer invloed hebben op de gezondheid. In dit onderzoek wordt dezelfde indeling aangehouden.

#### 6.2.1 Effecten op indicatoren van gezondheid

De eerste twee grootschalige onderzoeken naar de relatie tussen natuur in de woonomgeving en algemene indicatoren van gezondheid, namelijk sterfte en het

eigen oordeel van mensen over hun gezondheidstoestand, werden in Nederland en Japan uitgevoerd (de Vries et al., 2000; de Vries et al., 2003; Takano et al., 2003). De GR en RMNO beschouwden de resultaten van deze studies als eerste aanwijzingen voor een positief verband tussen natuur en gezondheid. Tussen 2004 en 2008 verschenen vijftien studies over de relatie tussen natuur in de woonomgeving en gezondheid (Maas et al., 2009a), waarvan dertien ervaren gezondheid/welbevinden bekeken, twee overgewicht en een sterfte. Tabel B.2.1 in Bijlage 2 geeft een overzicht van de betreffende studies. Eén betrof een onderzoek onder 250.000 Nederlanders, waaruit bleek dat mensen die in een groenere omgeving wonen zich over het algemeen gezonder voelen. De kans dat iemand zich ongezond voelt was 1,5 maal zo groot bij 10% groenoppervlak in een straal van 3 kilometer rond het huis ten opzichte van personen met 90% groenoppervlak. Deze relatie werd in zowel stedelijke gebieden als het op het platteland gevonden. Zowel leeftijd als sociaaleconomische status was van invloed op de gevonden relatie; de gezondheid van jongeren, ouderen en laagopgeleiden bleek meer beïnvloed te worden door het groen dan de gezondheid van volwassenen en mensen met een hogere opleiding (Maas et al., 2006).

De studie waarin sterfte als indicator voor volksgezondheid werd meegenomen, bestudeerde de invloed van groen op de relatie tussen sociaaleconomische status en sterfte. Mensen met een lagere sociaaleconomische status sterven over het algemeen op jongere leeftijd dan mensen met een hogere sociaaleconomische status. De hypothese van de studie was dat dit verschil kleiner is in gebieden met veel groen in hun omgeving dan in gebieden met weinig groen. Deze hypothese werd bevestigd voor totale sterfte en sterfte aan hart- en vaatziekten (Mitchell en Popham, 2008).

Er is weinig informatie over het effect van groen op specifieke ziekten en aandoeningen. Een grootschalige Nederlandse studie heeft huisartsgegevens gebruikt om inzicht te krijgen in het type aandoeningen dat mogelijk gerelateerd is aan groen in de omgeving. Het bleek dat mensen die in een groenere omgeving wonen, over het algemeen minder vaak de huisarts bezoeken, met name voor angststoornissen en depressie. Zo was het aantal mensen dat jaarlijks met depressieklachten bij de huisarts komt 1,3 keer hoger bij mensen met 10% groenoppervlak in een straal van 3 kilometer rond het huis ten opzichte van personen met 90% groenoppervlak (Maas et al., 2009b).

### 6.2.2 *Effecten op gedragingen of mechanismen*

De GR/RMNO (2004) onderscheidden vijf manieren waarop natuur de gezondheid zou kunnen beïnvloeden, die ook is aangehouden in de update van Maas (Maas et al. 2009a), namelijk via:

#### 1. Herstel van stress en aandachtsmoeheid

Grootschalig onderzoek naar dit mechanisme, waarin groen in de woonomgeving centraal staat (in tegenstelling tot experimentele settings), ontbreekt. De gevonden literatuur draagt slechts in beperkte mate bij tot de beantwoording van de vraag hoe lang mensen moeten zijn blootgesteld aan groen om stressgerelateerde ziekten te voorkomen. Dat geldt ook voor de vraag welke soorten groen het grootste effect sorteren (Maas et al., 2009a).

## 2. Stimuleren van bewegen bij volwassenen

Een groot deel van de literatuur richt zich op dit mechanisme. Voor volwassenen komt geen consistent beeld naar voren uit de diverse studies; de resultaten spreken elkaar soms tegen (Maas et al., 2009a).

## 3. Vergemakkelijken van sociaal contact

Slechts een beperkt aantal studies heeft hier aandacht aan besteed, maar deze geven indicaties voor een positief effect van groen op het aantal sociale contacten (Maas et al., 2009a). Een recente ontwikkeling van groen in de stad is het opstarten van stadslandbouw (Tabak, 2011). De achterliggende gedachten hierbij variëren van het bevorderen van sociale contacten en het verbeteren van eetgedrag tot het streven om ouderen, migranten en jongeren in staat te stellen iets positiefs bij te dragen aan de buurt. Ook komen er steeds meer initiatieven van moestuinen en fruitbomen in de bebouwde kom. De kwaliteit van het voedsel is hierbij wel een aandachtspunt, omdat de milieukwaliteit in de stad over het algemeen lager is dan op het platteland.

## 4. Bevorderen van de ontwikkeling van kinderen

De GR/RMNO concludeerde in 2004 dat er nog maar weinig empirisch onderzoek gedaan is naar de betekenis van natuur op de ontwikkeling van kinderen. Bovendien zijn deze empirische studies heel divers qua vraagstelling en onderzoeksmethoden, wat het lastig maakt om tot een eenduidige, wetenschappelijk onderbouwde conclusie te komen. De GR/RMNO beschouwt de studies als eerste aanwijzingen voor een gunstige invloed van natuur op ontwikkeling van gezond gedrag en welbevinden van kinderen (Gezondheidsraad en Raad voor Ruimtelijk Milieu en Natuuronderzoek, 2004). Maas et al. concluderen in 2009 dat er sterke aanwijzingen zijn dat groen het bewegen van kinderen stimuleert (Maas et al., 2009a), waarschijnlijk doordat meer studies op dit gebied beschikbaar zijn gekomen, waaronder twee Nederlandse. In paragraaf 6.3.3 worden de studies rond beweeggedrag nader besproken. Voor wat betreft de sociaal-emotionele of cognitieve ontwikkeling is er minder bewijskracht; het aantal studies is beperkt en uiteenlopend van opzet – van 'groen in relatie tot ADHD bij kinderen' tot 'het effect van tuinprogramma's op scholen op de leefstijl van jongeren' (Maas et al., 2009a). Deze diversiteit maakt het lastig een eenduidige conclusie te formuleren.

## 5. Mogelijkheden bieden voor persoonlijke ontwikkeling en zingeving bij volwassenen

Het ontbreekt aan studies met een gedegen opzet, waarin bijvoorbeeld een goede controlegroep is meegenomen (Maas et al., 2009a).

### 6.2.3 *Effecten op beweeggedrag en overgewicht bij kinderen*

De Vries et al. vonden in een onderzoek onder 422 Nederlandse kinderen uit tien verschillende wijken een verband tussen de hoeveel groen en water in de wijk en lichamelijke activiteit gemeten via een beweegdagboekje. Het effect van groen was echter niet significanter dan andere omgevingskenmerken, zoals de aanwezigheid van (overdag vaak lege) parkeerplaatsen en de algemene beoordeling van activiteitenvriendelijkheid van de wijk, die in de analyse werden meegenomen (de Vries et al., 2007). Speelruimte in het algemeen (niet noodzakelijk groene speelruimte) lijkt dus een grotere rol te spelen voor beweging dan de hoeveelheid groen. In een andere Nederlandse studie is met

behulp van gegevens van GGD'en gekeken of er op postcodeniveau een relatie is tussen de aanwezigheid van groen en overgewicht onder bijna 70.000 kinderen. Voor bijna de helft van deze kinderen waren ook gegevens over opleidingsniveau en etniciteit van de ouders beschikbaar, waar in de analyses rekening mee is gehouden. Het bleek dat in postcodegebieden met meer dan 5 hectare groen het percentage kinderen met overgewicht 15,6% was, versus 19,3% in postcodegebieden met minder of geen groen (Vreke et al., 2007). In een kleine studie in de Verenigde Staten is een verband gevonden tussen de hoeveelheid parklandschap in de buurt en beweeggedrag van kinderen (Roemmich et al., 2006). In een review is beschreven dat kinderen meer bewegen naarmate er meer openbare recreatieve faciliteiten, waaronder parken, zijn (Davison en Lawson, 2006).

Maas et al. (2009a) stellen dat er sterke aanwijzingen zijn dat groen het bewegen van kinderen stimuleert. Van den Berg (Van den Berg, 2007) stelt in haar review dat er voldoende sterke aanwijzingen zijn voor een gunstige invloed van groen in de woon- en speelomgeving van kinderen op de motorische ontwikkeling, het speelgedrag, de lichamelijke activiteit en de prevalentie van overgewicht, maar dat er behoefte is aan meer onderzoek naar de onderlinge relaties tussen deze effecten. Het is inderdaad opvallend dat de diverse studies zeer verschillend van opzet zijn, en naar verschillende eindpunten hebben gekeken. Het RIVM sluit zich aan bij de GR/RMNO, die stelde dat het lastig is om tot een eenduidige, wetenschappelijk onderbouwde conclusie te komen (Gezondheidsraad en Raad voor Ruimtelijk Milieu en Natuuronderzoek, 2004). De GR/RMNO merkt op dat het niet duidelijk is of een natuurlijke, avontuurlijke speelomgeving een meerwaarde heeft boven een niet-natuurlijke. Dit is nog steeds onduidelijk; de studie van de Vries suggereert dat speelruimte op verhard oppervlak meer invloed heeft op beweging dan de aanwezigheid van groen (de Vries et al., 2007).

#### 6.2.4 *Effecten op hittestress*

Groen kan bijdragen aan de reductie van hitteoverlast (Dirven-van Breemen et al., 2011). Het is duidelijk dat er een relatie is tussen temperatuur en sterfte, en dat hitte kan leiden tot een toename in een aantal gezondheidsklachten en tot sterfte (website Nationaal Kompas). Er is echter weinig bekend over het effect van groen op die gezondheidseffecten. De reductie van hitteoverlast door groen hangt af van vele factoren, bijvoorbeeld:

- De mate van verkoeling door het groen, die afhankelijk is van allerlei locatiespecifieke omstandigheden zoals de ventilatiemogelijkheden en de windsnelheid (zie paragraaf 5.2).
- De relatie tussen de buitentemperatuur en de binnentemperatuur en de hoeveel tijd die mensen binnen of buiten verblijven.

Bovendien zijn de precieze gezondheidseffecten van hitte – zeker voor de toekomst – nog moeilijk te kwantificeren (Huynen et al., 2008). Veel klachten worden niet direct in verband gebracht met hitte en in de toekomst kunnen mensen bovendien wennen aan andere temperaturen of hun gedrag hierop aanpassen.

### **6.3 Kwantificeren van de effecten van groen op de gezondheid**

#### *6.3.1 Hoe bepaal je de effecten van de aanleg van groen op gezondheid en wat kun je daarmee bereiken?*

Er bestaan verschillende procedures en instrumenten om de potentiële gezondheidseffecten van toekomstig beleid of ruimtelijke plannen te kunnen beoordelen, die ook toegepast kunnen worden op de aanleg van groen. Deze instrumenten zijn bekend onder de verzamelnaam Health Impact Assessment (HIA). HIA is bedoeld om bij besluitvorming de mogelijke positieve én negatieve gezondheidseffecten zo goed mogelijk mee te laten wegen. Daartoe kunnen mogelijke gezondheidseffecten worden berekend.

Gezondheidseffecten van groen zijn, voor zover bekend, tot op heden niet gekwantificeerd binnen een HIA. Het uitdrukken van gezondheidswinst in reducties in aantallen zieken/sterfgevallen of zelfs in euro's is aantrekkelijk; het spreekt vaak aan, en maakt een vergelijking met bijvoorbeeld economische voor- en nadelen mogelijk (zogenoemde kosten-batenanalyses). In Bijlage 3 worden de verschillende stappen besproken die doorgaans onderdeel zijn van een kwantificering, en de (hiaten in) benodigde gegevens.

#### *6.3.2 Hiaten in kennis over de effecten van groen op de gezondheid*

In een kwantificering van gezondheidseffecten zijn veel verschillende typen gegevens nodig, variërend van een beoordeling door experts van het verband tussen groen en gezondheid tot ziektegegevens op lokaal niveau. Zoals bij alle HIA worden de uitkomsten omgeven door onzekerheden doordat het altijd een vereenvoudiging van de werkelijkheid is. Het onderwerp moet worden afgebakend, waardoor per definitie zaken buiten beschouwing blijven, en bij gebrek aan bepaalde gegevens moeten vaak allerlei aannames worden gedaan (Knol et al., 2009). Dit is niet erg, zolang redelijke aannames kunnen worden gedaan en deze duidelijk worden gerapporteerd, zodat de uitkomsten van een HIA in de context van deze aannames kunnen worden geïnterpreteerd (Veerman, 2007). Tabel 1 laat zien welke kennis/gegevens ontbreken voor wat betreft groen, en waar dus aannames voor zouden moeten worden gedaan.

Tabel 1 Hiaten in gegevens en kennis die nodig zijn in de afzonderlijke stappen van een kwantificering van gezondheidseffecten met betrekking tot groen

Benodigde kennis/gegevens	Beschikbaar voor groen?
Hoe definieer je groen?	Gegevens over de hoeveel vierkante meters groen in woonomgeving beschikbaar, maar: <ul style="list-style-type: none"> <li>- in literatuur nauwelijks bekeken hoeveel mensen daadwerkelijk gebruikmaken van, oftewel verblijven in groen in de omgeving;</li> <li>- vele factoren spelen een rol, die lastig allemaal te bepalen zijn: bereikbaarheid, onderhoud, variatie, natuurlijkheid, kleur, overzichtelijkheid, veiligheid, zwerfafval, algemene indruk, beslotenheid (van Dillen et al., 2011). Welke kenmerken van groen spelen de grootste rol, als het gaat om gezondheidseffecten?</li> </ul>
Voor welke ziektes/aandoeningen bestaat er voldoende bewijs voor een relatie met groen?	Lastig te beoordelen, doordat resultaten van studies niet of nauwelijks te vergelijken zijn door verschillen in de definities van groen en in de gemeten gezondheidseffecten. Geen onomstotelijk bewijs voor een relatie tussen groen en afzonderlijke gezondheidseffecten, behalve voor ervaren gezondheid.
Hoeveel mensen ondervinden effect van (de aanleg van) groen?	Met GIS makkelijk te bepalen hoeveel mensen hoeveel groen nabij woning hebben, maar zie beperkingen onder 'hoe definieer je groen'.
Welke effectschattingen gebruik je om het effect van (de aanleg van groen) op gezondheid uit te rekenen?	Geen meta-analyses beschikbaar door verschil in opzet/indicatoren van reeds uitgevoerde studies. Geen robuuste effectschattingen beschikbaar, alleen afzonderlijke studies.
Cijfers met betrekking tot de geselecteerde ziektes/aandoeningen in de betreffende populatie.	Ervaren gezondheid wordt gemeten in het Permanent Onderzoek Leefsituatie en Gezondheid van het Centraal Bureau voor de Statistiek, zie <a href="http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/functioneren-en-kwaliteit-van-leven/ervaren-gezondheid/wat-is-ervaren-gezondheid-en-hoe-wordt-het-gemeten/">http://www.nationaalkompas.nl/gezondheid-en-ziekte/functioneren-en-kwaliteit-van-leven/ervaren-gezondheid/wat-is-ervaren-gezondheid-en-hoe-wordt-het-gemeten/</a> .
Gegevens over duur en ernst van de geselecteerde ziektes/aandoeningen.	Voor meeste aandoeningen met een ICD-code heeft WHO deze gegevens, maar duur en ernst is niet standaard beschikbaar voor 'ervaren gezondheid'.

Behalve het *berekenen* van de mogelijke effecten van de aanleg van groen op gezondheid is het theoretisch natuurlijk ook mogelijk om de effecten te *meten*, door bijvoorbeeld voor en na de aanleg van een park omwonenden vragenlijsten

te laten invullen. Resultaten van zulke studies zouden de kennisbasis voor HIA robuuster maken.

### 6.3.3 *Welke indicatoren zijn beschikbaar?*

In de Balans voor de Leefomgeving wordt het beschikbaar groenoppervlak binnen 500 meter van de woning voor verschillende gebieden in Nederland weergegeven (website Themasis PBL). Er bestaat geen vastgestelde norm voor de hoeveelheid groen per woning. Wel wordt in de nota Ruimte een richtgetal van 75 m<sup>2</sup> groen per woning genoemd (VROM, 2006). Dit richtgetal is overigens niet gebaseerd op studies naar gezondheidseffecten, maar op de mogelijkheden voor recreatie: Het Rijk beschouwt het als een onderdeel van de te garanderen basiskwaliteit dat alle burgers toegang hebben tot voldoende groene (en blauwe) recreatiemogelijkheden. De WHO heeft recent discussies gehad met deskundigen welke indicator voor groen geschikt zou zijn met het oog op gezondheidseffecten, en daar werden kaarten met groenoppervlak per woning, zoals in de Balans voor de Leefomgeving, als meest geschikt genoemd. De keuze van de indicator door WHO wordt overigens mede bepaald door de beschikbare data in verschillende landen en reflecteert dus niet automatisch de 'beste keuze' als het gaat om het voorspellen van gezondheidseffecten. Zie voor de beperkingen van deze indicator Tabel 1 ('hoe definieer je groen?').

Zoals beschreven in paragraaf 6.3.1. was in een grote Nederlandse studie zowel leeftijd als sociaaleconomische status van invloed op de relatie tussen groen en ervaren gezondheid. De gezondheid van jongeren, ouderen en laagopgeleiden bleek meer beïnvloed te worden door het groen dan de gezondheid van volwassenen en mensen met een hogere opleiding (Maas et al., 2006). Daarom is het zinvol om deze indicatoren in kaart te brengen – zulke kaarten kunnen een indicatie geven waar de grootste gezondheidswinst te behalen is met de aanleg van groen.

### 6.3.4 *Nadelige gezondheidseffecten van groen*

Bij een kwantificering van de effecten van groen op de gezondheid zouden ook de mogelijk nadelige effecten van groen meegewogen moeten worden. Veel mensen zijn bijvoorbeeld allergisch voor pollen (stuifmeel). Andere aandoeningen die samenhangen met groen in de omgeving zijn de ziekte van Lyme (via tekenbeten) en huidirritaties door contact met de eikenprocessierups. Als een bomerij dicht bij een drukke weg staat, kan de wind worden tegengehouden, waardoor vervuilde lucht blijft hangen (zie paragraaf 5.2). Veel van deze effecten kunnen echter worden voorkomen door het type groen zorgvuldig te kiezen. Daar ligt – net als bij de positieve gezondheidseffecten – ook het knelpunt voor kwantificering: de hoeveelheid stuifmeelproducerende planten zou bijvoorbeeld precies bekend moeten zijn om iets te kunnen zeggen over effecten op hooikoorts. De kenmerken van het groen zijn dus heel belangrijk om de effecten op de gezondheid te kunnen berekenen.





## 7 Casestudy gemeente Hilversum

### 7.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken zijn kentallen en richtlijnen genoemd voor bodem, groen en gezondheid met betrekking tot een klimaatbestendige en gezonde inrichting van het stedelijk gebied. In Tabel 2 staat een overzicht van deze kentallen. In dit hoofdstuk is voor een voorbeeldstad in Nederland verkend in hoeverre op wijkniveau wordt voldaan aan deze richtlijnen. Als voorbeeldstad is de gemeente Hilversum gekozen.

De gemeente Hilversum heeft 85.000 inwoners en een oppervlak van 46 km<sup>2</sup>. Het oppervlak groen per woning bedraagt 58,4 m<sup>2</sup>. De gemeente Hilversum heeft een uitgebreide kenschets als verkenning voor het groenbeleidsplan (Gemeente Hilversum, 2011b) opgesteld waarin onder andere te vinden is dat het aantal gekarteerde gemeentelijke bomen bijna 36.000 (ca. 750 soorten) is.

Tabel 2 Overzicht kentallen en richtlijnen

		Bron
Open bodem-hoogstedelijk	15%	Website Ruimtexmilieu
Open bodem-stedelijk	25%	Website Ruimtexmilieu
Open bodem-waterberging	50%	TCB 2010
Groen per woning	75 m <sup>2</sup> /woning	Nota Ruimte

### 7.2 Methode: GIS-analyse

Door middel van een GIS-analyse is het beschikbare groen, het percentage onbedekte bodem, de leeftijdsopbouw en het gemiddeld fiscaal maandinkomen per buurt in Hilversum in kaart gebracht. Er is gekeken naar verschillen in percentages tussen wijken voor deze indicatoren, maar er zijn geen statistische toetsen uitgevoerd om te kijken of de verschillen significant zijn.

#### 7.2.1 Percentage onbedekte bodem

Het bestand TOP10NL (de topografische kaart van Nederland met schaal 1:10.000) uit 2009 is gebruikt om het percentage onbedekte bodem binnen de bebouwde kom van Hilversum uit te rekenen. De volgende categorieën landgebruik zijn gelijkgesteld aan onbedekte bodem:

- bomenrij;
- begraafplaats;
- gemengd bos;
- grasland;
- heide;
- loofbos;
- naaldbos.

Ook parken en plantsoenen vallen hieronder. Het bestand Wijken en Buurten van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) uit 2010 is gebruikt om buurten binnen Hilversum in kaart te brengen. Voor iedere buurt in de bebouwde kom van Hilversum is het oppervlak onbedekte bodem gedeeld door het totale oppervlak van die buurt. Dit levert wel een onderschatting op van het percentage onbedekte bodem, aangezien vrijstaande bomen en kleinere oppervlakken onbedekte bodem (zoals achtertuinen bij huizen) niet zijn

meegenomen in de berekening. Dit komt onder andere door de schaal van het gebruikte bestand, waardoor de kleinere oppervlakken van bepaalde categorieën landgebruik ontbreken. Ook ontbreekt de categorie 'tuinen' in de TOP10NL. Om het oppervlak onbedekte bodem beter in te kunnen schatten is een bestand met een grotere schaal nodig waar ook de categorie 'tuinen' in voorkomt. Probleem hierbij is dan wel dat er ook informatie nodig is over de mate van betegeling van tuinen. Mogelijk dat luchtfoto's of satellietbeelden (bijvoorbeeld met infraroodopnames) hiervoor een oplossing kunnen bieden.

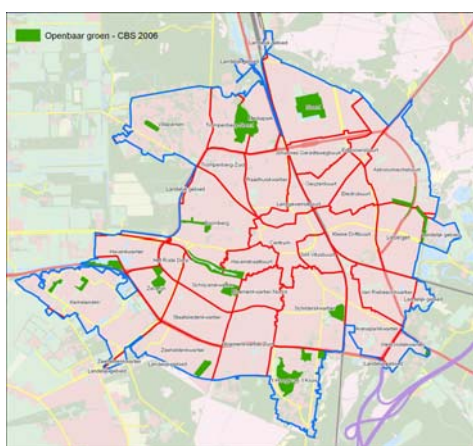
### 7.2.2 *Ligging openbaar groen*

Voor de ligging van openbaar groen in de bebouwde kom van Hilversum is ook gebruik gemaakt van de TOP10NL uit 2009. Afgezien van de categorie 'bomenrij' zijn dezelfde categorieën genomen als bij de berekening van het percentage onbedekte bodem. Daarnaast is ook gebruikgemaakt van het CBS-bestand met landgebruik uit 2006 (Bodemstatistiek). In Tabel 3 zijn de gebruikte categorieën samengevat:

*Tabel 3 De gebruikte categorieën uit de verschillende GIS-bestanden*

<b>CBS 2006</b>	<b>TOP10NL</b>
Begraafplaats	Begraafplaats
Bos	Gemengd bos
Dagrecreatief terrein	Grasland
Open droog natuurlijk terrein	Heide
Park-plantsoen	Loofbos
	Naaldbos

Onderstaande kaartjes geven de ligging van het openbaar groen weer voor de afzonderlijke bestanden (Kaart 1a en b). De twee bestanden zijn vervolgens gecombineerd in één bestand. Er bestaat veel overlap tussen de bestanden. Voor ieder gebied met openbaar groen is het oppervlak berekend. Alle oppervlakken die kleiner zijn dan 10 m<sup>2</sup> zijn weggelaten. Ook de groengebieden buiten de bebouwde kom zijn weggelaten.



*Kaart 1a Ligging openbaar groen zoals volgt uit het bestand CBS 2006*



*Kaart 1b Ligging openbaar groen zoals volgt uit het bestand TOP10NL*

### 7.2.3 *Toegang tot groen binnen 500 meter*

De beschikbaarheid openbaar groen binnen 500 meter van een woning is op een vergelijkbare manier uitgerekend, zoals eerder is gedaan door het CBS,

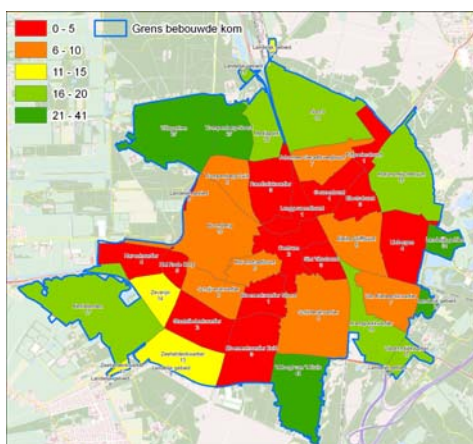
Planbureau voor de leefomgeving (PBL) en Wageningen University and Research centre (WUR) (website Compendium voor de leefomgeving). Om de beschikbaarheid van het openbare groen binnen 500 meter van een woning te berekenen, is eerst een buffer van 500 meter berekend rondom ieder gebied met openbaar groen (zie paragraaf 7.2.2 voor de kaart met openbaar groen). Vervolgens is er een overlay gemaakt met het adressenbestand uit 2008 (Adrescoördinaten van Nederland). Voor ieder groengebied is zodoende bepaald welke adressen er binnen 500 meter van een groengebied liggen. Vervolgens is voor ieder groengebied het aantal adressen geteld binnen 500 meter. Dan is het oppervlak van ieder groengebied gedeeld door het aantal adressen binnen 500 meter. Dit levert het oppervlak openbaar groen dat per adres beschikbaar is voor ieder groengebied. Vervolgens is voor ieder adres het oppervlak groengebied dat er binnen 500 meter beschikbaar is bij elkaar opgeteld en is voor ieder adres bekeken in welke buurt het ligt. Tot slot is voor iedere buurt het oppervlak openbaar groen per adres gemiddeld. Hierbij is uitdrukkelijk niet het groen meegenomen dat buiten de bebouwde kom ligt.

Aangezien er alleen naar openbaar groen binnen de bebouwde kom is gekeken, levert dit vooral langs de rand van de bebouwde kom een onderschatting op. Hilversum heeft namelijk relatief veel openbaar groen net buiten de bebouwde kom. Voor de adressen die minder dan 500 meter van de rand van de bebouwde kom liggen, levert dit zodoende een onderschatting op van de beschikbaarheid openbaar groen.

#### 7.2.4 *Leeftijdsopbouw (kinderen en 65+'ers) en sociaaleconomische status*

Hiervoor is gebruikgemaakt van gegevens van het CBS uit 2004. De kerncijfers zijn gegeven per pc6-gebied (6-positiepostcode – ofwel de cijfers en de letters van de postcode). Het gemiddeld fiscaal maandinkomen is gebruikt voor de sociaaleconomische status. Voor de leeftijdsopbouw is het percentage kinderen jonger dan 15 jaar en het percentage ouderen van 65 jaar en ouder genomen. Eerst is voor iedere buurt bekeken welke postcodes erin liggen. Vervolgens is het maandinkomen en de leeftijdsopbouw voor iedere buurt gemiddeld.

### 7.3 Resultaten



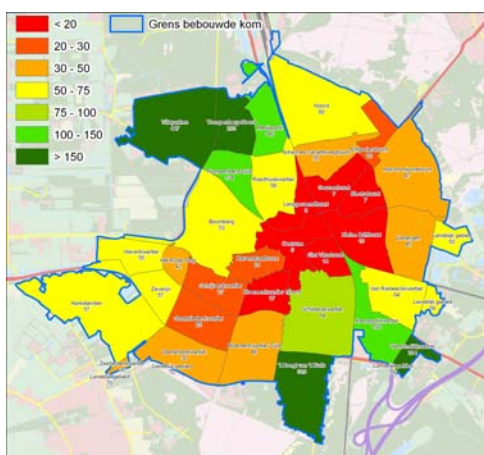
*Kaart 2a Percentage onbedekte bodem in de verschillende wijken van de gemeente Hilversum*



*Kaart 2b Ligging openbaar groen in de gemeente Hilversum*

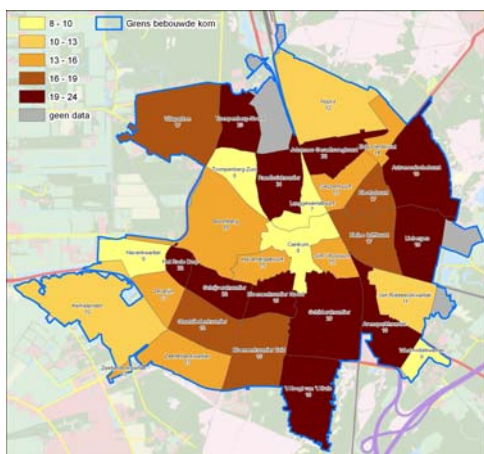
### 7.3.1 Bodem en groen

Kaarten 2a en b laten zien dat het percentage onbedekte bodem in de wijken van Hilversum varieert van 0-5% en 6-10% in het centrum en de omliggende wijken tot 16-20% en 21-40% in de wijken aan de rand van Hilversum. Voor een groot deel van Hilversum is het percentage onbedekte bodem lager dan 10%. Dit is lager dan het genoemde kentallen van 15, 25 en 50% (zie Tabel 2). Het openbare groen is dan ook voornamelijk gelegen in de wijken aan de rand van Hilversum. In het centrum en de omliggende wijken is de hoeveelheid openbaar groen zeer beperkt.



*Kaart 3 De beschikbaarheid van openbaar groen binnen 500 meter van de woning in de verschillende wijken van de gemeente Hilversum*

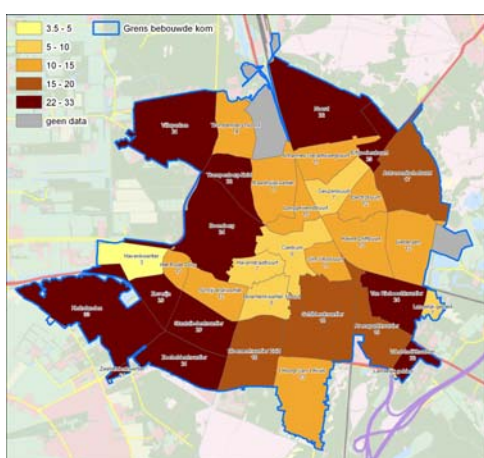
Voor de beschikbaarheid van openbaar groen is gekeken naar de hoeveelheid groen binnen een afstand van 500 m van de woning (zie Kaart 3). Voor het centrum en de aangrenzende wijken aan de oostkant is dit minder dan 20 m<sup>2</sup> per woning. Ook de wijken aan de zuidwestkant van het centrum halen niet de richtlijn van 75 m<sup>2</sup>. Hier varieert de hoeveelheid groen van 20 tot 50 m<sup>2</sup> per woning. De wijken aan de zuidkant en de noordkant halen ruimschoots de richtlijn van 75m<sup>2</sup>. De toegang tot groen varieert hier van 75 tot >150 m<sup>2</sup>.



*Kaart 4 Het percentage kinderen (0-14 jaar) in de verschillende wijken van de gemeente Hilversum*

### 7.3.2 Kinderen

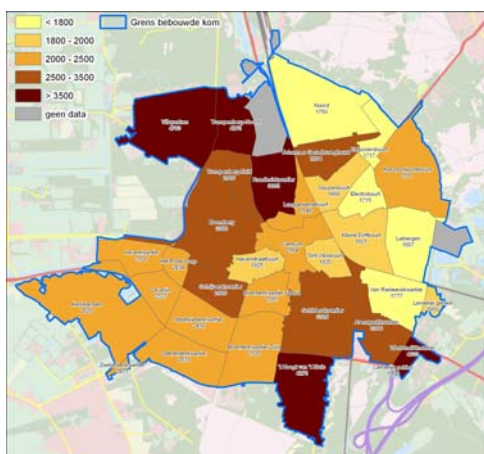
De wijken waar relatief veel kinderen (16- 24%) wonen zijn verdeeld over zowel de groene wijken (75- >150 m<sup>2</sup>/woning) aan de noordkant en zuidkant van de stad als de minder groene wijken (<20 - 50 m<sup>2</sup>/woning) aan de oostkant (onder andere Electrobuurt, Kleine Driftbuurt) en westkant (het Rode Dorp, Schrijverskwartier en Bloemenkwartier) van het centrum (zie Kaart 4). Opgemerkt wordt dat in deze kaart een percentage staat weergegeven. In een dichtbebouwde wijk zullen dus in absolute aantallen meer kinderen wonen dan in een ruim opgezette wijk met hetzelfde percentage. Het centrum en de omliggende bebouwing hebben een grotere bewonersdichtheid dan de wijken aan de rand van de stad.



Kaart 5 Het percentage 65+'ers in de verschillende wijken van de gemeente Hilversum

### 7.3.3 65+'ers

De wijken waar relatief veel 65+'ers (22-33%) wonen zijn gelegen aan de rand van de stad in de groenere wijken (75 - >150 m<sup>2</sup>/woning) (kaart 5). Alleen aan de zuidwest kant zijn een aantal minder groene (20-50 m<sup>2</sup>/woning) wijken (o.a. Staatsliedenkwartier en Zeeheldenkwartier) waar relatief veel 65+'ers wonen.



Kaart 6 Het gemiddeld fiscaal maandinkomen van de bewoners van de verschillende wijken in de gemeente Hilversum

#### 7.3.4 *Fiscaal maand inkomen*

De wijken met de lagere fiscaal maandinkomens (<1800-2000) zijn gelegen aan de oostkant van de stad (zie Kaart 6). Dit zijn grotendeels wijken waar de toegang tot groen laag is (<20-50 m<sup>2</sup>/woning).

### 7.4 **Discussie**

#### 7.4.1 *Huidige situatie*

Het tegengaan van afdekking van de bodem is geen speerpunt in de structuurvisie van Hilversum. Met betrekking tot het benutten van de bodem wordt slechts ingegaan op de mogelijkheden voor warmte-koude-opslag (Gemeente Hilversum, 2011a).

Met betrekking tot de aanleg van groen ligt er echter, uitgaande van de richtlijn van 75 m<sup>2</sup> groen binnen de bebouwde kom per inwoner, een ruimteclaim van ca. 20 ha voor groen (Gemeente Hilversum, 2011a). De geclaimde hoeveelheid groen verschilt per wijk. Daar waar het maken van nieuwe groenvoorzieningen niet haalbaar is, kan worden ingezet op kwaliteitsverbetering van het bestaande groen binnen de bebouwde kom. Daarnaast is behoud en vergroting van de bereikbaarheid van het groen net buiten de bebouwde kom van belang om de hoeveelheid beschikbaar groen te vergroten zonder feitelijke toevoeging van extra vierkante meters groen (Gemeente Hilversum, 2011a en b).

Op plaatsen waar weinig groen is, zoals in het centrum zijn mensen vaak aangewezen op slechts één groene plek binnen 500 meter van hun woning (Gemeente Hilversum, 2011b). Intensief gebruik (bijvoorbeeld het uitlaten van de hond) of het ontbreken van passend beheer kan in deze gebieden de gebruiksmogelijkheden voor bepaalde gebruikersgroepen sterk negatief beïnvloeden. Hierdoor kan de hoeveelheid werkelijke beschikbaar groen nog minder zijn.

De wijken waar de beschikbaarheid van groen laag is, zijn ook de wijken waar relatief veel kinderen wonen en waar het fiscaal maandinkomen laag is. Dit zijn juist de bevolkingsgroepen waar gezondheidswinst behaald kan worden als hier meer groen gerealiseerd zou worden.

#### 7.4.2 *Oplossingen*

De oorzaak dat in bepaalde wijken de beschikbaarheid van groen laag is, is dat de druk op de ruimte hoog is. In deze paragraaf wordt ingegaan op een aantal mogelijke oplossingen die zowel bijdragen aan een klimaatbestendige inrichting als aan een leefbare stad.

Tegenwoordig bestaat de trend om stadstuinen grotendeels af te dekken. Een gevolg hiervan is dat de onderliggende bodem geen of minder water kan opvangen. Het vergroten van de waterbergingscapaciteit in een wijk kan gerealiseerd worden door in stadstuinen afdekking van de bodem zo veel mogelijk tegen te gaan. Het tegengaan van afdekking is een goede aanvulling op meer technische ingrepen, zoals het aanleggen van ondergrondse infrastructuur om water af te voeren. Infiltratie van water in stadstuinen heeft als voordeel dat het water wordt vastgehouden op perceelsniveau en dat bewustwording van de waterproblematiek bij burgers wordt gecreëerd.

In Hilversum wordt via een overwegend gescheiden rioolstelsel hemelwater afgevoerd naar stadsvijvers in Hilversum-Oost en Anna's Hoeve (om te

infiltreren) en naar de 's Gravelandse en Kortenhoefse polder in Hilversum-West (als oppervlaktewater) (Gemeente Hilversum, 2011a). Via deze vijvers aan de oostzijde van Hilversum vloeit meer dan de helft van het vrijkomend hemelwater terug naar het grondwater. Hoewel op deze manier veel waterbergingscapaciteit wordt gerealiseerd aan de rand van de stad is de samenhang van het watersysteem nauwelijks zichtbaar doordat een belangrijk deel ondergronds is aangelegd (Gemeente Hilversum, 2011a).

Er zijn al verschillende gemeenten en waterschappen die subsidie geven op het afkoppelen van verhard oppervlak (zie paragraaf 2.3). Financiële compensatie op het tegengaan van afdekking in de tuin wordt wel gegeven in Duitsland (zie paragraaf 2.4) maar niet in Nederland. Het stimuleren van groene tuinen en gevels is een van de aandachtspunten voor het op te stellen Groenbeleidsplan van de gemeente Hilversum (Gemeente Hilversum, 2011b).

Hilversum is echter terughoudend met het infiltreren van hemelwater op perceelsniveau omdat de effecten van het hemelwater op de grondwaterkwaliteit niet duidelijk zijn (Gemeente Hilversum, 2011a). Een studie van het RIVM laat bijvoorbeeld zien dat afkoppelen van hemelwater kan leiden tot een belasting van het grondwater met koper, zink en lood (Verschoor en Brand, 2008). Consequentie van dit vastgestelde gemeentelijk beleid is dat bij nieuwbouwwijken en grote nieuwbouwprojecten ruimte moet worden gereserveerd voor de infiltratie van hemelwater binnen het projectgebied.

Een maatregel om de bodem te benutten voor opvang van water is het ontharden van parkeer- en speelplaatsen. Hierdoor kan de functie van parkeer- en speelplaats behouden blijven, maar kan de bodem tevens worden gebruikt om water op te vangen. Ook het tegengaan van asfalt voor bestrating is een goede maatregel. In plaats van asfalt kan gekozen worden voor waterdoorlatende verharding.

Tot slot kan, in het geval dat er platte daken aanwezig zijn, de aanleg van groene daken leiden tot het vergroenen van wijken. Ook groene gevels kunnen worden ingezet om wijken te vergroenen.





## 8 Conclusie en aanbevelingen

### 8.1 **Klimaatadaptatie: beleid in de stad**

Klimaatadaptatie vindt op dit moment plaats in vele projecten overal in Nederland. Deze projecten zijn niet allemaal gestart vanuit de wens om een stad aan te passen aan klimaatverandering. Vaak spelen andere beleidsdoelen vanuit bijvoorbeeld water, bodem, groen, RO en gezondheid een rol. Door synergie te zoeken tussen de verschillende beleidsvelden kan er veel winst worden geboekt. Op die manier kan er meer draagvlak gecreëerd worden, wat kan helpen bij de uitvoering van de plannen. Zo heeft de aanleg van groen positieve effecten op meerdere beleidsterreinen. De praktijkstudie van het huidige onderzoek laat bijvoorbeeld zien dat in de wijken met een laag percentage onbedekte bodem de aanleg van groen niet alleen bijdraagt aan waterberging maar ook een bijdrage kan leveren aan de gezondheid. Juist in deze wijken wonen relatief veel kinderen en mensen met een lage sociaaleconomische status die baat kunnen hebben bij de aanleg van groen in de wijk.

De uitvoering vanuit de verschillende beleidsvelden is soms lastig omdat de verantwoordelijkheden niet duidelijk zijn. Het Planbureau voor de Leefomgeving (Ligtvoet et al., 2011) benadrukt dat het Rijk duidelijk moet zijn in wat van lokale overheden en ook van andere partijen (corporaties, projectontwikkelaars, ondernemers, burgers) wordt verwacht, als het gaat om het klimaatbestendig maken van Nederland. Ook pleit het planbureau voor een zekere mate van toezicht hierop. Daarnaast adviseert het planbureau om bij elke aanpassing en investering in de gebouwde omgeving (aanleg nieuwe woonwijken, herstructurering, renovatie, onderhoud) gelijk rekening te houden met de eisen die klimaatbestendigheid stelt. Hierdoor zullen de kosten minder zijn, dan wanneer achteraf nog aanpassingen moeten worden aangebracht.

Bij de nationale onderzoeksprogramma's (Kennis voor Klimaat, Climate proof cities) is de afgelopen jaren veel ervaring en kennis opgebouwd en zijn instrumenten ontwikkeld ter bevordering van een klimaatbestendige stad. Vaak zijn deze onderzoeken ingestoken vanuit het beleidsveld water of RO. De beleidsvelden bodem en gezondheid komen minder nadrukkelijk aan de orde. Binnen het beleidsveld bodem wordt echter vanuit het Rijk erop aangestuurd dat de decentrale overheden meer aandacht besteden aan duurzaam bodembeheer. Het benutten van het waterbergend vermogen van de bodem is daar een voorbeeld van. Een speerpunt van de Nationale Aanpak Milieu en Gezondheid is het gezond ontwerp en de inrichting van de leefomgeving, waarvoor bijvoorbeeld de GezondOntwerpWijzer recent beschikbaar is gekomen. In de toekomst zou deze kennis ook moeten worden opgenomen in bestaande instrumenten of instrumenten die op dit moment ontwikkeld worden binnen het klimaatonderzoek.

Op dit moment wordt wateroverlast vaak tegengegaan door het nemen van technische maatregelen. Door water ondergronds op te vangen en af te voeren worden burgers echter niet betrokken bij de wateropgave. Met de aanleg van groen wordt het natuurlijke bodem-watersysteem benut (bijvoorbeeld wadi's) en worden de effecten van klimaatverandering meer zichtbaar voor burgers. Door op deze manier bewustwording te creëren worden burgers meer betrokken bij de wateropgave. Waterberging op het eigen perceel is een goede mogelijkheid voor burgers om een bijdrage te leveren. In andere Europese landen, zoals

Duitsland, is dit zelfs een verplichting. Afdekking is ook een van de thema's die terugkomt in de EU Bodemstrategie (EU, 2012).

## **8.2 Baten van groen in de stad**

### *8.2.1 Waterberging*

Modelsimulaties en praktijkstudies laten zien dat de aanwezigheid van onbedekte bodem significant bijdraagt aan waterberging in het stedelijk gebied. Het afkoppelen van verhard oppervlak is dan ook een zinvolle maatregel om het rioolstelsel te ontlasten. In gebieden waar de bodem minder infiltratiecapaciteit heeft, kan door de aanleg van wadi's het waterbergend vermogen worden vergroot en wordt toch het natuurlijke bodem-watersysteem benut. Ook zorgt de aanleg van groene daken voor waterbergend vermogen. De mate waarin is afhankelijk van de dikte van de substraatlaag van het groene dak.

Een richtlijn of kengetal voor onbedekte bodem in het stedelijk gebied met het oog op waterberging is niet eenvoudig af te leiden. Het waterbergend vermogen van de bodem is afhankelijk van verschillende factoren zoals de bodemeigenschappen, de klimatologische omstandigheden en de inrichting van de stad. In de praktijk wordt vaak gekozen voor een technische ingreep om wateroverlast tegen te gaan zonder het bestaande bodem-watersysteem te benutten. Om het natuurlijk bodem-watersysteem optimaal te benutten, zouden ambities op het gebied van waterberging gekoppeld moeten worden aan ambities op het gebied van bodem en groen. Het inzetten van bodemkennis bij inrichtingsplannen zou hieraan kunnen bijdragen. Waterberging is ook een onderdeel van de watertoets bij inrichtingsplannen.

### *8.2.2 Verkoeling*

De aanleg van groen in het stedelijk gebied draagt bij aan verkoeling tijdens hete periodes. Een recente studie in Rotterdam heeft laten zien dat een toename van 10% groen leidt tot een temperatuurverlaging van 1 °C. De temperaturen in een park zijn lager dan buiten het park. Bovendien wordt door de aanwezigheid van een park de omliggende temperatuur ook verlaagd. De grootte van deze effecten is afhankelijk van onder andere de inrichting van het groen en de klimatologische omstandigheden. Het verkoelende effect van groene daken is beperkt. Bomen in straten en tuinen zorgen door beschaduwing ook voor een beperkt verkoelend effect.

Een belangrijk aandachtspunt bij de aanleg van groen is de beschikbaarheid van water. In hete periodes is de beschikbaarheid van water lager. Alleen bij voldoende beschikbaarheid aan water is er een verkoelend effect door verdamping van groen.

### *8.2.3 Gezondheid*

Er lijkt voldoende bewijs te bestaan voor een relatie tussen groen in de woonomgeving en het eigen oordeel van mensen over hun gezondheid. Dit verband komt namelijk naar voren in een grootschalige studie in Nederland, waarin rekening is gehouden met factoren als sociaaleconomische status en leeftijd, en is bevestigd in studies in andere landen. Hoewel er bewijs is voor een relatie, is nog onduidelijk of het om een oorzakelijk verband gaat. Is de hogere ervaren gezondheid het gevolg van de hoeveelheid groen, of is het bijvoorbeeld de afwezigheid van verkeerslawaaï op die plek die de gezondheid ten goede komt? Er is behoefte aan een betere blootstellingskarakterisering om de effecten van groen te kunnen onderscheiden van effecten van bijvoorbeeld minder lokale

bronnen van luchtverontreiniging en geluid. Daarnaast zou de indicator 'groen' beter gedefinieerd moeten worden; welke kenmerken van groen spelen een rol bij de verschillende gezondheidseffecten?

Voor een relatie tussen groen en sterfte door bijvoorbeeld een gezondere leefstijl is de bewijslast nog gering; hier is slechts in enkele studies naar gekeken. Groen zou kunnen leiden tot minder hittegerelateerde sterfte, maar de relatie is complex en tot nu toe niet onderzocht. Er zijn aanwijzingen dat groen het bewegen van kinderen stimuleert, en mogelijk geassocieerd is met minder overgewicht, maar de diverse studies zijn te uiteenlopend van aard om te spreken van 'voldoende bewijs' voor een verband. Bovendien is onduidelijk of een groene speelomgeving een meerwaarde heeft boven een niet-groene speelomgeving. Dit laatste sluit aan bij de in dit rapport eerder vermelde conclusie dat er behoefte is aan een betere blootstellingkarakterisering.

Voor de aanleg van groen is het (nog) niet mogelijk de gezondheidseffecten uit te drukken in een daling van het aantal ziektegevallen of in de totale ziektelast. Hoewel er voldoende bewijs is voor een verband tussen groen en 'ervaren gezondheid', is nog onduidelijk of dit verband oorzakelijk is. Daarom is het op dit moment niet gerechtvaardigd om een mogelijke toename in ervaren gezondheid door de aanleg van groen te kwantificeren. Het is wel mogelijk om, zoals in hoofdstuk 7, inzichtelijk te maken hoeveel mensen potentieel baat zouden hebben bij bijvoorbeeld de aanleg van groen, bijvoorbeeld via kaarten, en waar dus potentieel gezondheidswinst te behalen is.

Overigens kan een HIA ook heel effectief zijn zonder kwantificering, bijvoorbeeld om planontwerpers en/of beleidsmakers bewust te maken van de relaties tussen groen en gezondheid of om draagvlak te creëren bij burgers voor nieuwe ruimtelijke plannen.

## **8.3 Aanbevelingen**

### *8.3.1 Beleid*

In de afgelopen jaren is er al veel onderzoek gedaan naar de effecten van klimaatverandering en maatregelen die genomen kunnen worden om deze effecten te verzachten. Klimaatbeleid wordt vormgegeven binnen de decentrale overheden. Enkele gemeenten in Nederland zijn heel innovatief als het gaat om klimaatbeleid, maar het grootste deel van de gemeenten heeft nog een afwachtende houding. Het verdient aanbeveling te inventariseren welke behoeften er binnen de gemeenten zijn om het klimaatbeleid vorm te kunnen geven. Hierbij kan worden gedacht aan kennis over de effecten van klimaatverandering en het rendement van maatregelen, het ontwikkelen van instrumentarium en het wegnemen van belemmeringen door wet- en regelgeving.

Klimaatbeleid wordt binnen gemeenten veelal uitgevoerd vanuit de beleidsvelden RO en water. Dit leidt ertoe dat vaak technische ingrepen worden genomen om wateroverlast tegen te gaan. Het natuurlijke bodem-watersysteem wordt daarmee in het stedelijk gebied niet optimaal benut. Door het beleidsveld bodem meer te betrekken bij klimaatbeleid zou hiervoor meer aandacht kunnen komen. Het verdient aanbeveling te onderzoeken in hoeverre de kennis die op dit moment aanwezig is binnen het beleidsveld bodem optimaal ingebracht kan worden bij praktijkontwikkelingen. Het opstellen van factsheets over bodem en groen in de stad kan hieraan bijdragen. Als voorbeeld is de factsheet waterbergend vermogen uit de Routeplanner Bodemambities (website Soil Ambitions) opgenomen in Bijlage 4.

In de praktijk bestaan al verschillende handreikingen en instrumenten (routeplanner bodemambities, watertoets, klimaatwijzer, GezondOntwerpWijzer) die gemeenten kunnen ondersteunen bij het maken van een (integrale) afweging. Aangezien deze instrumenten vanuit verschillende expertises zijn ontwikkeld verdient het aanbeveling inzichtelijk te maken met welke kennis deze instrumenten aangevuld kunnen worden voor het maken van een goede, integrale afweging. Deze kennis zou bovendien door de praktijk gebruikt moeten worden, zoals binnen het ILB dat recent van start is gegaan.

Voor het benutten van de bodem in het stedelijk gebied voor waterberging is het van belang op zoek te gaan naar synergie tussen verschillende beleidsvelden. De overheid erkent dat bij bijvoorbeeld de realisatie van waterberging er sprake is van een samenloop van belangen en bevoegdheden van diverse partijen. In haar plannen voor de omgevingswet schrijft de minister van Infrastructuur en Milieu (IenM) dat 'overheden aanlopen tegen een gebrek aan samenhang van de vanuit verschillende invalshoeken ontwikkelde wettelijke kaders'. In de bundel 'Bezinning op het omgevingsrecht' schrijft Adri Duivesteijn: 'In die zin is een (stads)bestuurder meer en meer verworden tot uitvoerder van sectorale wetgeving en kan hij of zij slechts met een zeer hoge mate van creativiteit komen tot een synthese van sectorale belangen in één integraal plan.' Met de nieuwe omgevingswet beoogt het ministerie van IenM meer samenhang te creëren en integrale afwegingen mogelijk te maken (website Rijksoverheid d). De praktijkstudie uit het huidige onderzoek laat bijvoorbeeld zien dat de aanleg van groen niet alleen bijdraagt aan vergroten van het waterbergend vermogen, maar ook een positief effect kan hebben op de ervaren gezondheid van de bewoners. Ruimte voor waterberging blijkt goed samen te gaan met ruimte voor een gezonde leefomgeving. Er wordt aanbevolen te onderzoeken hoe gemeenten ondersteund kunnen worden bij het zoeken van deze gemeenschappelijke belangen en hoe dit een plek kan krijgen in de nieuwe omgevingswet. Het toetsen aan bepaalde indicatoren (bijvoorbeeld onbedekte bodem of beschikbaarheid van groen) is daar een voorbeeld van.

Tot slot wordt aanbevolen te inventariseren hoe in andere Europese landen omgegaan wordt met klimaatbeleid. Deze inventarisatie zou moeten bestaan uit beleid op het gebied van waterberging tot de aanleg van groen in de stad voor een gezonde leefomgeving.

### 8.3.2 *Gezondheid*

De conclusies in dit rapport zijn gebaseerd op de literatuuroverzichten uit 2004, 2006 en 2007. Een update, en het bijhouden van de literatuur en lopend onderzoek is aan te bevelen. Er lopen op dit moment meerdere projecten die kunnen bijdragen aan de mogelijkheden voor kwantificeren van gezondheidswinst, waaronder het Europese project PHENOTYPE (Positive Health Effects of the Natural Outdoor Environment in Typical Populations in Different Regions in Europe). Dit onderzoek, waarin het RIVM participeert, loopt van 2012 tot en met 2016. Het doel van dit project is om handleidingen te schrijven over hoe gezondheid meegenomen kan worden in ruimtelijke plannen en management van groen. Daarnaast beoogt het project een meer robuuste kennisbasis op te leveren voor de relaties tussen groen en gezondheid en het werkingsmechanisme.

We bevelen ook aan om meer mogelijkheden te schetsen hoe potentiële gezondheidswinst toch meegenomen kan worden in beleidsafwegingen, zonder

deze winst in getallen uit te drukken. Hier zijn voorbeelden van beschikbaar in het buitenland (bijvoorbeeld Health Scotland & Green Space Scotland).



## Literatuur

- Bade T., Tonneijck F., van Middendorp B. (2008) De kroon op het werk Werken aan het juiste klimaat voor mensen en bomen. Triple E productions: Arnhem.
- van den Berg A.E. (2007) Kom je buiten spelen: een advies over onderzoek naar de invloed van natuur op de gezondheid van kinderen. Wageningen: Alterra.
- Boggs J.L., Sun G. (2011) Urbanization alters watershed hydrology in the Piedmont of North Carolina. *Ecohydrology*, 4, 256-264.
- Claessens J.W., van der Wal A. (2008) Verkenning effecten hoogwaterstanden op de bodemkwaliteit in het landelijke en stedelijke gebied. RIVM: Bilthoven. RIVM Rapport 607050003.
- Claessens J.W., Dirven-van Breemen E.M. (2010) Klimaatverandering en het stedelijk gebied: De bodemfactor. RIVM: Bilthoven. RIVM Rapport 607050005.
- Davison K.K., Lawson C.T. (2006) Do attributes in the physical environment influence children's physical activity? A review of the literature. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 3, 19.
- van Dillen S.M., de Vries S., Groenewegen P.P., Spreeuwenberg P. (2011) Greenspace in urban neighbourhoods and residents' health: adding quality to quantity. *J Epidemiol Community Health*. Epub date June, 29; doi:10.1136/jech.2009.104695.
- Dirven-van Breemen E.M., den Hollander A., Claessens J.W. (2011) Klimaatverandering in het stedelijk gebied. Groen en waterberging in relatie tot de bodem. RIVM: Bilthoven. RIVM Rapport 607050008.
- Dopp S. (2011) Kennismontage hitte en klimaat in de stad. TNO: Utrecht. TNO rapport: TNO-060-UT-2011-01053.
- Drunen van M., Lasage R. (2007) Klimaatverandering in stedelijke gebieden: een inventarisatie van bestaande kennis en openstaande kennisvragen over effecten en adaptatiemogelijkheden, Routeplanner rapport. BSIK programma's Klimaat voor Ruimte, Leven met Water, Habiforum. ISBN: 978-90-5192-035-2.
- Duijn M., Ellen G.J., Jonkhoff W., Reijs T. (2009) Baten van de ondergrond. TNO: Delft. TNO-rapport: TNO-034-DTM-2009-01489.
- EU (2012) Verslag van de commissie aan het europees parlement, de raad, het europees economisch en sociaal comité en het comité van de regio's. Tenuitvoerlegging van de thematische strategie voor bodembescherming en lopende activiteiten. Brussel. COM(2012) 46 final.
- Gemeente Hilversum (2011a) Kenschets Hilversum 2010-2030. Drukkerij de Toekomst Hilversum.
- Gemeente Hilversum (2011b) Kenschets Groenbeleidsplan.
- Gemeente Tilburg (2009) Structuurvisie Water en Riolerings.



Gemeente Utrecht (2005) Waterplan Utrecht. Drukkerij Kerckebosch, Zeist.

Gezondheidsraad\_en\_Raad\_voor\_Ruimtelijk\_Milieu\_en\_Natuuronderzoek (2004) Natuur en gezondheid. Invloed van natuur op sociaal, psychisch en lichamelijk welbevinden. 2004/09. Den Haag:  
Gezondheidsraad\_en\_Raad\_voor\_Ruimtelijk\_Milieu\_en\_Natuuronderzoek.

Gill S.E., Handley, J.F., Ennos A.R., Pauleit S. (2007) Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built environment*, 33(1), 115-133.

Haasse D., (2009) Effects of urbanisation on the water balance - A long-term trajectory. *Environmental impact assessment review*, 29, 211-219.

Hertz-Picciotto I. (1998) Environmental epidemiology. In: Rothman K., Greenland S., editors. *Modern Epidemiology*. Philadelphia: Lippincott-Raven publishers.

Huang J., Akbari H., Taha H. (1990) The Wind-Shielding and Shading Effects of Trees on Residential Heating and Cooling Requirements. ASHRAE Winter Meeting, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Atlanta, Georgia.

Huang L., Li J., Zhao D., Zhu J. (2008) A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. *Building and environment*, 43, 7-17.

Huynen M., de Hollander A., Martens P., Mackenbach J. (2008) Mondiale milieuveranderingen en volksgezondheid: stand van de kennis. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu.

Jeppessen J., Christensen S., Ladekarl U.L. (2011) Modelling the historical water cycle of the Copenhagen area 1850-2003. *Journal of hydrology*, 404, 117-129.

Kleidorfer M., Moderl M., Sitzenfrie R., Urich C., Rauch W. (2009) A case independent approach on the impact of climate change effects on combined sewer system performance. *Water Science and Technology*, 60(6), 1555-1564.

Klok L., ten Broeke H., van Harmelen T., Verhagen H., Kok H., Zwart S. (2010) Ruimtelijke verdeling en mogelijke oorzaken van het hitte-eiland effect. TNO: Utrecht. TNO rapport: TNO-034-UT-2010-01229\_RPT-ML.

Knol A.B., Petersen A.C., van der Sluijs J.P., Lebret E. (2009). Dealing with uncertainties in environmental burden of disease assessment. *Environ Health*, 8, 21.

Kurn D.M., Bretz S.E., Huang B., Akbari H. (1994) The potential for reducing urban air temperatures and energy consumption through vegetative cooling. Lawrence Berkeley Laboratory: California. LBL-35320.

van Lennep E., Finn S. (2008) Green roofs over Dublin. A green roof policy guidance paper for Dublin. Tepui: Dublin.

Levinson R.M. (1997) Near-ground cooling efficacies of trees and high albedo surfaces. Lawrence Berkeley National Laboratory: California. Ph.D thesis. LBNL 40334.

Ligtvoet W., Franken R., Pieterse N., van Gerwen O.J. (2011) Een delta in beweging. Bouwstenen voor een klimaatbestendige ontwikkeling van Nederland. Planbureau voor de leefomgeving: Den Haag. ISBN: 978-90-78645-72-6.  
Maas J., Verheij R.A., Groenewegen P.P., de Vries S., Spreeuwenberg P. (2006) Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? *J Epidemiol Community Health*, 60(7), 587-592.

Maas J., Verheij R.A., Breuning N. (2009a) State-of-the Art Natuur en Gezondheid. In: Eindadvies natuur op Recept - Communicatiestrategie. Nijmegen: NovioConsult BV.

Maas J., Verheij R.A., de Vries S., Spreeuwenberg P., Schellevis F.G., Groenewegen P.P. (2009b) Morbidity is related to a green living environment. *J Epidemiol Community Health*, 63(12), 967-973.

Mansel M., Wang S. (2010) Water balance modelling in Glasgow and Beijing. *Proceedings of the institution of the civil engineers*, 163 (5), 219-226.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische zaken, Landbouw en Innovatie (2011) Deltaprogramma 2012: Werk aan de delta. Maatregelen van nu, voorbereiding voor morgen.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2012) Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte. Nederland concurrerend, bereikbaar, leefbaar en veilig. Den Haag.

Mitchell R., Popham F. (2008) Effect of exposure to natural environment on health inequalities: an observational population study. *Lancet*, 372(9650), 1655-1660.

de Pater F. ed. (2011) Ruimte voor Klimaat, Praktijkboek voor klimaatbestendig inrichten. Utrecht: Klimaat voor Ruimte, Kennis voor Klimaat.

Provincie Zuid-Holland (2009) Provinciaal waterplan Zuid Holland 2010-2015. Koninklijke De Swart, Den Haag.

Puylaert H., Werksma H. (2011) Duurzame gebiedsontwikkeling: doe de tienkamp! Praktijkleerstoel Gebiedsontwikkeling TU Delft.

Roehr D., Kong Y. (2010) Runoff reduction effects of green roofs in Vancouver, BC, Kelowna, BC and Shanghai, P.R. China. *Canadian Water Resources Journal*, 35(1), 53-68.

Roemmich J.N., Epstein L.H., Raja S., Yin L., Robinson J., Winiewicz D. (2006) Association of access to parks and recreational facilities with the physical activity of young children. *Prev Med*, 43(6), 437-441.

Rutgers M, Mulder C., Schouten A.J., Bloem J., Bogte J.J., Breure A.M., Brussaard L., de Goede R.G.M., Faber J.H., Jagers op Akkerhuis G.A.J.M., Keidel H., Korthals G.W., Smeding F.W., Berg ten C., van Eekeren N. (2007) Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM: Bilthoven. RIVM Rapport 607604008.

Star A. (2009) Het upgraden van het riool tot een groendak. Een maatschappelijk rendabele investering? Hogeschool van Hall Larenstein: Velp. Afstudeerscriptie.

Starke P., Gobel P., Coldewey W.G. (2010) Urban evaporation rates for water-permeable pavements. *Water Science and Technology*, 62(5), 1161-1169.

Starke P., Gobel P., Coldewey W.G. (2011) Effects on evaporation rates form different water permeable pavement designs. *Water Science and Technology*, 63(11), 2619-2627.

Stichting Rioned (2009) Regenwater in de tuin? Mooi wel! Offsetservice Valkenswaard. ISBN: 978-90-7364-524-0.

Tabak L. (2011) Stadslandbouw: nieuwe rage waait over uit de Verenigde Staten. *VNG magazine*, 13, 26.

Takano T., Nakamura K., Watanabe M. (2003) Urban residential environments and senio citizens' longevity in megacity areas. The importance of walkable green spaces. *J Epidemiol Commnunity Health*, 56, 913-918.

TCB (2009) Gevolgen afdekken van bodem. TCB S25.

TCB (2010) Randvoorwaarden afdekken bodem in het stedelijk gebied. TCB A063.

TCB (2011) Elementen duurzaam gebruik van de ondergrond. TCB A067.

Veerman J.L. (2007) Quantitative health impact assessment: an exploration of methods and validity. Rotterdam: Erasmus University.

Verschoor A.J., Brand E. (2008) Afspoeling van bouwmetalen. Risicobeoordeling van emissies van koper, lood en zink. RIVM: Bilthoven. RIVM Rapport 711701078.

Vos W., van den Heuvel A. (2006) Stand van zaken stedelijke wateropgave. Voortgangsmeting. Den Haag. SGB0 5882/543. Sector Document Processing, VNG.

Vreke J., Donders J.L., Langers F., Salverda I.E., Veeneklaas F.R. (2007) Potenties van groen! De invloed van groen in en om de stad op overgewicht bij kinderen en op het binden van huishoudens met midden- en hoge inkomens aan de stad. Wageningen: Alterra.

de Vries S., Verheij R.A., Groenewegen P.P. (2000) Natuur en gezondheid. Een verkennend onderzoek naar de relatie tussen volksgezondheid en groen in de leefomgeving. *Mens en Maatschappij*, 65(4), 320-339.

de Vries S., Verheij R.A., Groenewegen P.P., Spreeuwenberg P. (2003) Natural environments -healthy environments? An exploratory analysis of the relationship between green space and health. *Environment and Planning*, 35, 1717-1731.

de Vries S.I., Bakker I., van Mechelen W., Hopman-Rock M. (2007) Determinants of activity-friendly neighborhoods for children: results from the SPACE study. *Am J Health Promot*, 21(4 Suppl), 312-316.

VROM (2006) Nota Ruimte; ruimte voor ontwikkeling. Deel 4: tekst na parlementaire instemming. Ministerie van VROM, Den Haag.

VROM (2010) Rijksvisie op het duurzaam gebruik van de ondergrond. Den Haag.

VROM inspectie (2010) Doorwerking van klimaatadaptatie in ruimtelijke plannen. Een monitoring van de gemeentelijke praktijk. VROM-inspectie: Den Haag. Publicatienummer 0011.

Waterschap Roer en Overmaas (2007) Nota stedelijk waterbeleid Waterschap Roer en Overmaas.

Wesseling J., van der Zee S., van Overveld A. (2011) Het effect van vegetatie op de luchtkwaliteit. Update 2011. RIVM: Bilthoven. RIVM Rapport 680705019.

Wolters D., Bessembinder J., Brandsma T. (2011) Inventarisatie urban heat island in Nederlandse steden met automatische waarnemingen door weeramateurs. KNMI: De Bilt. Scientific report: WR 2011-04.

Xiao Q., McPherson E.G., Simpson J.R., Ustin S.L. (2007) Hydrologic processes at the urban residential scale. *Hydrological processes*, 21, 2174-2188.

.



## Websites

Agentschap NL: <http://www.agentschapnl.nl/onderwerp/impuls-lokaal-bodembeheer-2012>

Compendium voor de leefomgeving:  
<http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl2030-Beschikbaarheid-openbaar-groen-binnen-500-meter-van-de-woning-in-nieuwbouwwijken.html?i=30-155>

Future cities: [www.future-cities.eu](http://www.future-cities.eu)

Gezondontwerpwijzer: <http://www.gezondontwerpwijzer.nl>

Handreiking DRO: <http://www.handreikingdro.nl/>

Helpdeskwater a: <http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/water-ruimte/watertoetsproces>

Helpdeskwater b: <http://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/wetgeving-beleid/nationaal/@1280/nationaal/>

Het water en de stad: <http://www.hetwaterendestad.nl/content/view/112/145/>

KNMI: <http://www.knmi.nl/klimaatscenarios/knmi06/index.php>

Knowledge for climate:  
<http://knowledgeforclimate.climateresearchnetherlands.nl/climateproofcities>

Nationaal Kompas:  
<http://www.nationaalkompas.nl/gezondheidsdeterminanten/omgeving/milieu/klimaatverandering/wat-zijn-de-gezondheidsgevolgen-van-klimaatverandering/#Directegevolgen>

Rijksoverheid a:  
<http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/deltaprogramma/documenten-en-publicaties/rapporten/2009/10/01/klimaatwijzer.html>

Rijksoverheid b: <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2012/03/09/stelselwijziging-omgevingsrecht.html>

Rijksoverheid c:  
<http://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/deltaprogramma/documenten-en-publicaties/rapporten/2009/10/01/klimaatwijzer.html>

Rijksoverheid d: <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/kamerstukken/2012/03/09/stelselwijziging-omgevingsrecht.html>

RIVM: [http://www.rivm.nl/milieuportaal/images/hitteplan\\_tcm19-149433.pdf](http://www.rivm.nl/milieuportaal/images/hitteplan_tcm19-149433.pdf)

Ruimtexmilieu: <http://www.ruimtexmilieu.nl/index.php?nID=153#water>

Soil ambitions:

<http://www.soilambitions.eu/bodemambities/waterbergendvermogen.html>

Themasites PBL:

<http://themasites.pbl.nl/balansvande leefomgeving/intensivering-verstedelijking-leefomgevingskwaliteit-en-woonwensen/beleidsevaluatie-stedelijke-leefomgevingskwaliteit/beleidsdossier-rood-groen-balans-stedelijke-netwerken/beschikbaarheid-groen-in-de-buurt>

Verkeer en Waterstaat:

[http://english.verkeerenwaterstaat.nl/kennisplein/page\\_kennisplein.aspx?id=358247&DossierURI=tcm:195-15041-4](http://english.verkeerenwaterstaat.nl/kennisplein/page_kennisplein.aspx?id=358247&DossierURI=tcm:195-15041-4)

## Bijlage 1 Ecosysteemdiensten

Rutgers et al. (2007) hebben de volgende ecosysteemdiensten onderscheiden:

### *Bodemvruchtbaarheid*

De bodemvruchtbaarheid is essentieel voor de productie van flora en fauna in natuurlijke en landbouwgebieden. De bodem is het substraat voor planten en indirect voor andere organismen. Deelaspecten van bodemvruchtbaarheid zijn:

- Nutriënten retentie en levering: het leveren en vasthouden van voedingsstoffen voor planten. Een goede nutriëntenkringloop is gekenmerkt door activiteit van het bodemleven en voldoende organische stof.
- Bodemstructuur: een goede bodemstructuur draagt bij aan de **regulatie van water**, het vasthouden van nutriënten en een goede doorworteling voor planten. Een goede structuur is gekenmerkt door voldoende aggregaatstabiliteit, porositeit en organische stof. Vooral regenwormen vormen stabiele macroporiën.
- Het natuurlijke vermogen van de bodem om ziekten en plagen te weren. Dit is vooral belangrijk in de landbouw.

### *Weerstand tegen stress en adaptatie*

De bodem wordt vaak eenzijdig gebruikt. Om de continuïteit van het gebruik te behouden, moet de bodem in staat zijn om weerstand te bieden tegen bedreigingen, en zich redelijk snel kunnen herstellen na stress veroorzaakt door de natuur of door de mens. Ook dient de bodem flexibel te zijn, zoals de aanpassing van de bodem aan een ander gebruik. Deze ecosysteemdienst is niet eenvoudig te meten, en wordt vaak bepaald aan de hand van de biodiversiteit van bodemorganismen of het landgebruik (vruchtwisseling).

### *Milieufuncties*

Het bodemecosysteem is een onderdeel van onze leefomgeving waarin lucht, oppervlaktewater, grondwater en transport in de bodem een rol spelen.

Belangrijke processen in de bodem zijn hieraan gekoppeld:

- Fragmentatie en afbraak van organisch materiaal en het behoud van een relatief stabiele fractie van organische stof in de bodem. Een indicator hiervoor is een actief bodemleven en de kwaliteit en hoeveelheid organische stof.
- Het zelfreinigende vermogen van de bodem, zoals het onschadelijk maken van verontreinigende stoffen en afbraak van milieu-eigen stoffen.
- Waterretentie, het vermogen van de bodem om water vast te houden voor opname van planten.
- Het bufferen van het klimaat, zoals het bufferen van vocht en temperatuur, maar ook de vastlegging van broeikasgassen.

### *Biodiversiteit*

De bodem vormt een habitat voor organismen. De bescherming van de structurele, genetische en functionele biodiversiteit kan niet direct gekoppeld worden aan een dienst, maar wordt toch belangrijk gevonden omdat we nu nog niet weten wat het nut is van vele organismen en hun ecologische diensten. Vaak wordt aangenomen dat een gezonde bodem correleert met een hoge biodiversiteit.





## Bijlage 2 Overzicht literatuur groen en algemene gezondheid

Tabel B.2.1 Overzicht literatuur groen en algemene gezondheid

Referentie	Wat onderzocht?	Mechanisme	Populatie / onderscheiden groepen	Definitie blootstelling	Gezondheidseindpunt	Confounders die zijn meegenomen in het onderzoek	Resultaat
Mitchell and Popham. Journal of epidemiologic and community health (2007); 61: 681-683	Associatie tussen % groen in gebied en zelfgerapporteerde gezondheid  + onderzoeken of deze associatie in stand blijft bij verschillende combinaties van stedelijkheid en inkomendeprivatie		Alle inwoners van Engeland die meededen aan de volkstelling van 2001	% van het land geclassificeerd als groene ruimte	Zelfgerapporteerde gezondheid	- leeftijd - geslacht - stedelijkheid - inkomen	Grotere hoeveelheid groen gaat samen met een betere ervaren gezondheid. Verband is afhankelijk van mate van stedelijkheid en inkomen: geen relatie groen en gezondheid in suburbane- en plattelandsgebieden met hogere inkomens. In suburbane gebieden met een laag inkomen negatieve relatie groen en gezondheid.
Mitchell and Popham, Lancet, vol 372, 1655-60, 2008	Invloed van groen op de associatie tussen lage sociaal-economische status (SES) en mortaliteit	- beweging - fysiologische stressrespons op lage SES (o.a. bloeddruk)	- SES, 4 groepen - Groen, 5 groepen	% van het land geclassificeerd als groene ruimte	- Totale mortaliteit - Mortaliteit hart- en vaatziekten, longkanker en suïcide	- achterstand in leefomgeving (inclusief luchtkwaliteit) - bevolkingsdichtheid - mate van verstedelijking	Verhouding sterfte in lage tov hoge SES klasse was 1.93 (IRR 95% CI 1.86-2.01) in minst groene gebieden en 1.43 (1.34-1.53) in meest groene gebieden. Voor hart- en vaatziekten waren deze getallen 2.19 (2.04-2.34) en 1.54 (1.38-1.73) respectievelijk. Geen effecten gevonden voor longkanker en suïcide.
Maas et al., J Epidemiol Comm Health,	Relatie hoeveelheid groen in woonomgeving		- leeftijd (jongeren, volwassenen,	% groen (stadsgroen, agrarische ruimte,	Ervaren gezondheid	Socio-economische en demografische factoren: - geslacht	De kans dat iemand zich ongezond voelt is 1,5 maal zo groot in woonomgeving met weinig groen (10%) dan in

2006; 60:587-92	en ervaren gezondheid		<ul style="list-style-type: none"> <li>- ouderen)</li> <li>- SES</li> <li>- Stad versus platteland</li> </ul>	<p>natuur) binnen 1km en 3 km rond woning (postcode).</p> <p>Ook: apart % agrarisch groen, % natuur groen (bos, veen, weiland, etc) en % stads groen binnen 1 en binnen 3 km.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- leeftijd</li> <li>- opleiding (in 3 categorieën. Dit gebruikt om relatie SES-groen te onderzoeken)</li> <li>- werk</li> <li>- etniciteit</li> <li>- type zorgverzekering</li> </ul> <p>Verstedelijk (5 categorieën; huishoudens per vierkante km)</p>	<p>woonomgeving met veel groen (90%) (15,5% vs 10,2 %). Relatie even sterk voor 1 en 3 km radius.</p> <p>Positieve relatie met ervaren gezondheid en zowel 'agrarisch groen' als 'natuurlijk groen', negatieve relatie met 'stadsgroen'.</p> <p>Ervaren gezondheid in minder stedelijke gebieden beter. Hoeveelheid groen is sterker gerelateerd aan ervaren gezondheid dan stedelijkheid.</p> <p>Positieve relatie groen en ervaren gezondheid in alle 'graden van stedelijkheid'.</p> <p>Positieve relatie groen en ervaren gezondheid in alle opleidingscategorieën. Grootste effect in middelste groep).</p> <p>Positieve relatie groen en ervaren gezondheid in alle leeftijdsgroepen. Meest consistent voor ouderen.</p>
Maas et al. J epi Comm Health 2009	Is huisartsbezoek (voor allerlei aandoeningen) gerelateerd aan de hoeveelheid groen in de woonomgeving?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Herstel van stress en aandachtsmoeheid</li> <li>- Sociale contacten (andere mechanismen niet uit te sluiten)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- leeftijd (jongeren, volwassenen, ouderen)</li> <li>- SES</li> <li>- Stad versus platteland</li> </ul>	% groen (stadsgroen, agrarische ruimte, natuur) binnen 1km en 3 km rond woning (postcode).	Huisartsbezoek voor verschillende klachten	<p>Socio-economische en demografische factoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geslacht</li> <li>- leeftijd</li> <li>- opleiding</li> <li>- werkstatus</li> <li>- type zorgverzekering</li> <li>- stedelijkheidgraad</li> </ul>	<p>In algemeen alleen significante relatie met groen binnen 1 km.</p> <p>De kans dat mensen met klachten depressie bij huisarts komen is 1,33 keer zo hoog wanneer mensen wonen in omgeving met weinig groen (10%), dan wanneer zij wonen in omgeving met</p>

							veel groen (90%). Voor angstklachten 1,44 keer zo hoog.
Maas et al. BMC Public Health, 2008; 8:206	Is beweging (en meer specifiek wandelen, fietsen, sport en tuinieren) een onderliggend mechanisme voor het effect van groen op gezondheid?	bewegen	-	% groen (stadsgroen, agrarische ruimte, natuur) binnen 1 km en 3 km rond woning (postcode).  Ook: apart % agrarisch groen, % natuur groen (bos, veen, weiland, etc) en % stads groen binnen 1 en binnen 3 km.	Ervaren gezondheid	Socio-economische en demografische factoren: - geslacht - leeftijd - opleiding - inkomen - tuin - stedelijkheidsgraad	De hoeveelheid beweging in een groene omgeving verklaart het effect van groen op gezondheid niet.
Maas et al. Health and Place, 2008	Zijn sociale contacten een onderliggend mechanisme voor het effect van groen op gezondheid?	Sociale contacten	-	% groen (stadsgroen, agrarische ruimte, natuur) binnen 1km en 3 km rond woning (postcode).  Verstedelijking	- Ervaren gezondheid - Aantal gezondheidsklachten in de afgelopen 14 dagen - zelf gerapporteerde aanleg voor psychiatrische aandoeningen	Socio-economische en demografische factoren: - leeftijd - geslacht - opleiding - inkomen - grootte van het huishouden	Mensen die wonen in een omgeving met minder groen, ervaren vaker een gevoel van eenzaamheid en tekort aan sociale steun.  Eenzaamheid en ervaren tekort van sociale steun spelen een rol in de relatie van groen en gezondheid.
De Vries et al. Mens en maatschappij (2000); 75(4):320-339  De Vries et al. Environment	Relatie tussen wonen in een natuurlijke of 'groene' omgeving en de gezondheid		steekproef van 17.000 mensen uit patiëntenbestand van honderdtal huisartspraktijken verspreid over NL	% groen, onderverdeeld in stedelijk groen, agrarisch groen, 'echte' natuur en water	- gezondheidsklachten afgelopen 14 dagen - oordeel over eigen gezondheid - oordeel over eigen psychische gezondheid	Onder andere - leeftijd - geslacht - sociaaleconomische factoren (SES)	Bewoners uit buurten met veel groen rapporteren gemiddeld genomen een betere algemene gezondheid. Geldt voor bevolking als geheel en relatief sterk voor ouderen, huisvrouwen en personen uit lage SES-groep. Geen verband tussen groene woonomgeving en gezondheidsklachten kinderen.

and planning A (2003); 35: 1717-1731							Gezondheid hangt positief samen met totale hoeveelheid groen, zonder onderscheid in de verschillende soorten groen. Niet allen gezondheid dicht bij huis bleek gunstig, ook 1 tot 3 km van huis had positieve invloed.
Takano et al. Journal of epidemiologic al community	Relatie aanwezigheid bewandelbaar groen in directe woonomgeving met sterfte in grote groep oudere inwoners van Tokio		Inwoners van Tokio ouder dan 70 jaar	Oordeel deelnemers over bewandelbaar groen in eigen woonomgeving	sterfte in 5 jaar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- stadswijk</li> <li>- leeftijd</li> <li>- geslacht</li> <li>- burgerlijke staat</li> <li>- inkomen</li> </ul>	Wonen in buurt met relatief veel groen gaat gepaard met lagere kans op overlijden. Relatie met bewandelbaar groen werd met name gevonden in deelsteekproef van ouderen die weinig lichamelijke beperkingen hadden.
						-	
Bjork et al. JECH (2008); 62 (e2)	Associatie tussen recreatieve waarde van groen in de buurt en tevredenheid met de buurt, fysieke activiteit, obesitas en ervaren gezondheid.		Zweden, N=25.000	Aantal recreatieve waarden van groen binnen 100 en 300m straal van het huis.	Ervaren gezondheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- leeftijd</li> <li>- geslacht</li> <li>- type woning</li> <li>- opleiding</li> <li>- werk status</li> <li>- problemen met het betalen van rekeningen</li> <li>- roken</li> </ul>	<p>Geen relatie aantal waarden groen (=kwaliteit groen) met ervaren gezondheid.</p> <p>Sterke relatie waarde groen binnen 100 en 300 m en fysieke activiteit</p> <p>Relatie met obesitas niet zo sterk</p>
Sugiyama et al. Journal of epidemiologic al and community helath (2007); 62: e9	Associatie ervaren mate van groen in de buurt met ervaren fysieke en mentale gezondheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beweging (wandelen)</li> <li>- sociale cohesie en sociale interactie</li> </ul>	Australië, N=1900	Ervaren mate van groen	Ervaren fysieke en mentale gezondheid	<p>Sociaaldemografische factoren:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- leeftijd</li> <li>- geslacht</li> <li>- opleiding</li> <li>- werkstatus</li> <li>- inkomen</li> <li>- burgerlijke staat</li> </ul>	<p>Mensen die hun buurt als heel groen ervaren hebben een 1,37 maal hogere kans op een goede fysieke gezondheid en een 1,60 maal hogere kans op een goede mentale gezondheid dan mensen die hun buurt als het minst groen ervaren.</p> <p>Wandelen in de vrije tijd lijkt de relatie tussen groen en fysieke gezondheid te</p>

							verklaren. De relatie tussen groen en mentale gezondheid wordt slechts deels verklaard door wandelen in de vrije tijd en sociale cohesie.
Song et al., Transportation research part F: traffic psychology ans behaviour (2007); 10: 164-176			VS, N=1500	Hoeveelheid parken	Welzijn	-	Meer parken leidt tot minder negatief effect van verkeersdrukke op welzijn van mensen
Guite et al. Public Health (2006); 120: 1117-1126	Associatie tussen fysieke en sociale factoren in de bebouwde omgeving en mentale gezondheid.	Ontevreden zijn met de toegang tot groene open ruimte is één van de meegenomen variabelen van de woonomgeving	UK, Londen, N=1012	Tevredenheid over toegang groene ruimte	Psychische gezondheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>- leeftijd</li> <li>- geslacht</li> <li>- etniciteit</li> <li>- woontijd in deze omgevingsaantal kinderenaantal volwassenen in huishouden</li> <li>- betaald werk</li> <li>- type woning</li> <li>- eigendomsrecht</li> <li>- huurachterstand</li> <li>- ingediend verzoek voor een andere woning</li> <li>- woningdichtheid</li> <li>- plaatselijke criminaliteitscijfers</li> </ul>	Mensen die ontevreden zijn over toegang tot groene ruimte hebben een minder goede psychische gezondheid
Korpela & Ylen. Health place (2007); 13: 138-151	Associatie tussen ervaren gezondheid en het soort favoriete plek.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- beweging</li> <li>- gezelschap</li> </ul>	UK, N=211	Favoriete plek is natuurgebied (of niet)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-gezondheidsklachten</li> <li>- positieve gevoelens</li> </ul>	-	Mensen met gezondheidsklachten hebben relatief vaak natuurgebied als favoriete plek. Zij hebben in emotionele zin meer baat bij bezoek aan natuur

Juvani et al. Int J Circumpolar health (2005); 64: 246-256	Het doel was om het belang van de fysieke omgeving voor het welzijn van 65+'ers te beschrijven.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ontspanning</li> <li>- sociale interactie</li> <li>- beweging</li> </ul>	Finland, N=39, ouderen				Een natuurlijke omgeving draagt bij aan het welzijn van ouderen
Nielsen et al. Health place (2007); 13: 839-850	Relatie toegang en gebruik van groene ruimte en ervaren stress en obesitas		Denemarken, N=1500	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Toegang tot tuin of wonen op korte afstand van groen</li> <li>- Gebruik van groen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ervaren stress</li> <li>- Obesitas (BMI)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Stedelijkheid</li> <li>- Type woning</li> <li>- Type woning in kindertijd</li> <li>- Eigenaar woning</li> <li>- Toegang tot tweede huis</li> <li>- Met de fiets naar het werk</li> <li>- Werk</li> <li>- Burgerlijke staat</li> <li>- Kinderen, leeftijd kinderen</li> <li>- Opleiding</li> </ul>	<p>Mensen die toegang hebben tot tuin of op korte afstand wonen van groen, ervaren minder stress en obesitas komt minder voor.</p> <p>Het gebruik van groen verklaart de relatie niet.</p>
Ellaway et al. BMJ (2005); 331: 611-2		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lichamelijke activiteit</li> </ul>	Diverse Europese landen, N=7000	Hoeveelheid groen in woonomgeving (level of vegetation and greenery visible on the dwelling and streets immediately surrounding it – by trained surveyors)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- overgewicht</li> <li>- obesitas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- leeftijd</li> <li>- geslacht</li> <li>- socio-economische status</li> <li>- woonplaats</li> </ul>	Mensen die veel groen in hun woonomgeving hebben, hebben een 40% lagere kans op overgewicht en obesitas. De kans dat ze lichamelijk actief zijn is meer dan drie keer zo groot.

## Bijlage 3: Methode en benodigde gegevens voor kwantificering van gezondheidseffecten van groen

Bij de kwantificering van gezondheidseffecten van een bepaalde blootstelling aan milieufactoren worden meestal de onderstaande stappen onderscheiden (Hertz-Picciotto, 1998). Deze stappen hoeven overigens niet per se in onderstaande volgorde te worden gevolgd.

1. Selectie van indicatoren van blootstelling; hoe definieer je 'groen' precies?
2. Selectie van indicatoren van gezondheid; voor welke ziektes/aandoeningen bestaat er voldoende bewijs voor een relatie met groen?
3. Hoeveel mensen worden blootgesteld (en eventueel, hoe oud zijn deze mensen etc.)?
4. Selectie van dosiseffectrelaties; welke studies, oftewel effectschattingen, gebruik je om het effect van (de aanleg van groen) op gezondheid uit te rekenen?
5. Schatting van het gezondheidseffect, uitgedrukt in (reductie van) aantallen ziektegevallen/aandoeningen en eventueel sterfgevallen door groen.
6. Schatting van de (reductie in) ziektelast gerelateerd aan groen in een geïntegreerde maat, zoals bijvoorbeeld de DALY (disability-adjusted life-years).

Ad 1. In de Balans voor de Leefomgeving wordt het beschikbaar groenoppervlak binnen 500 meter van de woning voor verschillende gebieden in Nederland weergegeven. Er bestaat geen vastgestelde norm voor de hoeveelheid groen per woning. Wel wordt in de Nota Ruimte een richtgetal van 75 m<sup>2</sup> groen per woning genoemd (VROM, 2006). Dit richtgetal is overigens niet gebaseerd op studies naar gezondheidseffecten. De WHO heeft recent discussies gehad met deskundigen welke indicator voor groen geschikt zou zijn met het oog op gezondheidseffecten, en daar werden kaarten met groenoppervlak per woning, zoals in de Balans voor de Leefomgeving, als meest geschikt genoemd. De keuze van de indicator door WHO wordt overigens mede bepaald door de beschikbare data in verschillende landen en reflecteert dus niet automatisch de 'beste keuze' als het gaat om het voorspellen van gezondheidseffecten. Zie voor de beperkingen van deze indicator Tabel 1 in hoofdstuk 6 ('hoe definieer je groen?').

Ad 2. Meestal worden overzichten van meerdere studies (reviews), of beoordelingen van gerenommeerde instituten of instellingen zoals de WHO gebruikt om de bewijslast te evalueren. Vaak organiseert de WHO bijvoorbeeld internationale workshops met experts om de bewijslast te evalueren. De waarschijnlijkheid van een oorzakelijk verband tussen blootstelling en gezondheid neemt toe naarmate zo'n verband vaker, in meerdere settings, gevonden is. Op dit moment concludeert het RIVM, bij gebrek aan een oordeel van de WHO, en een wat gedateerd oordeel van de GR/RMNO, dat er voldoende bewijs is voor een relatie tussen groen en ervaren gezondheid.



Ad 3. Kaarten met de hoeveelheid groenoppervlak binnen 500 meter zouden kunnen worden gecombineerd met inwonersaantallen van het Centraal Bureau van de Statistiek om een beeld te krijgen van hoeveel mensen hoeveel groen in de omgeving hebben. Gegevens over inkomen en leeftijd ook nuttig, gezien de resultaten van de studie van Maas; de gezondheid van jongeren, ouderen en laagopgeleiden bleek meer beïnvloed te worden door het groen dan de gezondheid van volwassenen en mensen met een hogere opleiding (Maas et al., 2006).

Ad 4. Effectschattingen van meta-analyses (analyses over resultaten van meerdere studies) zijn robuuster dan schattingen uit één enkele studie. Voor de relatie tussen groen en gezondheid zijn geen meta-analyses uitgevoerd doordat steeds verschillende indicatoren voor groen zijn gebruikt (groen is steeds anders uitgedrukt), wat de vergelijking van resultaten tussen studies bemoeilijkt.

Ad 5. Zie 4.

Ad 6. In een DALY-berekening wordt het aantal mensen dat een bepaalde aandoening heeft ten gevolge van blootstelling aan een milieufactor vermenigvuldigd met de tijd dat ze de aandoening hebben (of de levensduurverkorting in geval van sterfte) en de ernst van de aandoening (variërend van 0 voor perfecte gezondheid tot 1 voor sterfte). Op deze manier kunnen zowel ziekte als sterfte in één getal worden uitgedrukt, waardoor milieugezondheidsproblemen kunnen worden vergeleken en beleid op dat terrein kan worden gepland of geëvalueerd. DALY's zijn een vereenvoudiging van een zeer complexe werkelijkheid, waardoor de maat slechts een zeer ruwe indicatie geeft van (milieugerelateerde) ziektelast.

## Bijlage 4: Factsheet Waterbergend vermogen uit de Routeplanner Bodemambities<sup>1</sup>

### 1. Omschrijving

Het waterbergend vermogen houdt in dat de bodem water kan opslaan. Zo wordt het wateroverschot dat op een bepaald moment aanwezig is, vastgehouden tot er water nodig is op een later moment. Water is van levensbelang voor mens, plant en dier. Zelfs in Nederland is de beschikbaarheid van kwalitatief goed water niet altijd vanzelfsprekend. In de winter is er vaak een teveel aan water en in de zomer zijn er soms tekorten. Waterberging en -opslag kunnen een oplossing bieden.

Bestuurlijke en fysieke schaal: Lokaal - Regionaal

### 2. Valkuilen en kansen

Kans: Klimaatbestendig maken stad.

Kans: Waterberging en -opslag kunnen leiden tot economische en milieubaten. Het in beeld brengen van deze baten helpt partijen bij het nemen van initiatieven om wateroverlast op dit gebied in de toekomst tegen te gaan.

Valkuil: In geval van een te hoge grondwaterstand neemt de draagkracht van de bodem af. Op veen- en kleigronden kan een te lage grondwaterstand echter leiden tot inklinking en als gevolg daarvan bodemdaling.

Kans: Ook de sponswerking van de bodem kan worden gebruikt voor wateropslag. De bodem zelf kan ook water vasthouden. De sponswerking van de bodem zou moeten worden gebruikt in tijden van extreme neerslag. Goede drainagemogelijkheden van functionele grasvelden (Gemeente Amsterdam, Stadsdeel Oud-Zuid).

Kans: Ook diepinfiltratie van regenwater is een manier om wateroverlast in de stad te beperken. Ondiepe infiltratieputten kunnen het regenwater van normale regenbuien opvangen. Bij stortbuien wordt het overtollige regenwater in de diepinfiltratieput opgevangen. De diepinfiltratieput past goed in het nieuwe waterbeleid van Rijk, provincies, gemeenten en waterschappen (Gemeente Rijssen-Holten).

Valkuil: Diepinfiltratie gaat altijd gepaard met enige negatieve beïnvloeding van het grondwater (TCB, 2009) en dat is niet toegestaan volgens de Kaderrichtlijn Water/Grondwaterrichtlijn. De TCB concludeert daarom dat diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater een uiterst middel is, wanneer blijkt dat geen alternatieven voorhanden zijn.

### 3. Referentiekader

Grondwaterwet, regelt het beheer van de hoeveelheid grondwater. De regionale invulling daarvan is te vinden in het provinciale waterhuishoudingplan. De Wet ruimtelijke ordening (Wro), maakt geen onderscheid tussen boven- en ondergronds bouwen. Dat geldt ook voor bestemmingsplannen.

Een van de doelstellingen van KRW is dat de grondwaterstand geen dusdanige veranderingen mag ondergaan dat significante schade wordt toegebracht aan de aquatische en terrestrische ecosystemen die rechtstreeks van het

<sup>1</sup> <http://www.soilambitions.eu/bodemambities/waterbergendvermogen.html>

grondwaterlichaam afhankelijk zijn. De KRW is in Nederland geïmplementeerd in het Besluit Kwaliteitseisen en Monitoring Water.

#### **4. Indicatoren**

Waterberging en -opslag: grondwaterstand, watervasthoudend vermogen, infiltratie.

#### **5. Actoren**

Partijen die baat hebben bij waterberging en -opslag: boeren, tuinders, diensten stadsbeheer, houders van volkstuintjes en bewoners van huizen met tuin, waterwinbedrijven en instellingen die te maken hebben met waterberging en -opslag; Partijen die bezig zijn met de ruimtelijke planning van de gemeente en provincies, projectontwikkelaars, natuurontwikkelaars, oppervlaktewaterbeheerders (waterschappen), burger, bedrijfsleven.

#### **6. Voorbeeld ambitie**

Ruimtelijke ordening. Bij het toekennen van ruimtelijke functies eerst in kaart brengen wat de gevolgen zijn voor de waterhuishouding, bodemvruchtbaarheid, verdichting, afdekking en ondergronds ruimtegebruik en overige ruimtelijke functies zal zijn. (Bijvoorbeeld de kansenkaarten voor ondergronds bouwen van provincie Zuid-Holland en Gelderland.)

#### **7. Instrumenten en aanpak**

- Ontwerp principes: De veranderingen op het gebied van ruimtelijke ordening beslaan vaak periodes van één generatie of meer. Dit vergt een goede planning. Om de bodem optimaal te gebruiken als buffer voor Waterberging en -opslag is veel communicatie tussen overheden en afdelingen binnen de overheden nodig.
- De gemeente kan zorgen voor communicatie naar de burgers. De burger moet als eerste bewust worden gemaakt dat zij zelf ook bij kunnen dragen aan waterberging en -opslag in hun woonomgeving.

Voorbeelden:

Gemeente Amsterdam, Stadsdeel Oud-Zuid

[http://www.zuid.amsterdam.nl/wonen\\_en/natuur\\_en\\_milieu/beleid/visie\\_groen\\_en\\_blaauw?ActItmIdt=305770](http://www.zuid.amsterdam.nl/wonen_en/natuur_en_milieu/beleid/visie_groen_en_blaauw?ActItmIdt=305770)

Gemeente Rijssen-Holtten over diepinfiltratie

<http://tinyurl.com/3mdnn2f>

#### **8. Relatie met andere thema's**

Heeft invloed op het thema:

- Ondergronds ruimtegebruik: Waterberging en -opslag zijn mogelijkheden om de ondergrondse ruimte te gebruiken om water op te slaan in de bodem.
- Verdichting: Waterberging zal hoger zijn in een niet verdichte bodem.
- Afdekking: Bij afdekking van de bodem krijgt de bodem geen kans het water te bergen. Om dit weer te gebruiken voor drogere tijden en om het riool te ontlasten.
- Verdroging: Verdroging heeft effect op natuur in de stad, boven- en ondergrondse biodiversiteit en oxidatie van veen.
- Bodemvruchtbaarheid: Waterbergend vermogen heeft invloed op openbaar groen en boven- en ondergrondse biodiversiteit.

Ondervindt invloed van de thema's:

- Grondwater: Grondwater staat in directe verbinding met de bodem. De grondwaterstand heeft daardoor direct invloed op water vasthoudend vermogen.

## 9. Info

[www.ruimtexitmilieu.nl](http://www.ruimtexitmilieu.nl)

<http://www.tcbodem.nl/files/A047%20advies%20Diepinfiltratie%20van%20afvloeiend%20hemelwater.pdf> TCB (20 april 2009) Advies diepinfiltratie van

afvloeiend hemelwater, TCB A047

[www.mnp.nl/mnc/i-nl-0268.html](http://www.mnp.nl/mnc/i-nl-0268.html)

[www.watertoets.net](http://www.watertoets.net)

[www.waterwet.nl](http://www.waterwet.nl)

[www.helpdeskwater.nl](http://www.helpdeskwater.nl), helpdesk voor iedereen die beroepsmatig te maken heeft met waterbeleid, beheer en management.

[www.grondwaterplatform.nl](http://www.grondwaterplatform.nl), een platform voor het uitwisselen van kennis over grondwater tussen de bij dit thema betrokken groepen.

## 10. Wat moet ik en wat mag ik niet als gemeenteambtenaar doen?

Het thema hangt juridische nauw samen met thema 'Grondwater' en 'Ondergronds ruimtegebruik'.

- Wro: In hun plannen geeft het College van Burgemeester en Wethouders aan hoe een gebied eruit dient komen te zien. Om bij de planvorming te komen tot een goede ruimtelijke ordening dient tevens rekening te worden gehouden met ondergronds ruimtegebruik. De plannen dienen niet in strijd te zijn met de plannen van de Ministerraad en de Gedeputeerde Staten.
- Waterwet: De Gemeenteraad/het College van Burgemeester en Wethouders zal worden belast met de zorgplichten voor overtollig hemelwater en grondwater in het stedelijke gebied.
- Daarnaast is de Gemeenteraad/het College van Burgemeester en Wethouders belast met de lokale ruimtelijke inpassing van maatregelen op het gebied van waterkwantiteit en het uitvoeren van milieumaatregelen in het stedelijke gebied ten behoeve van de Kaderrichtlijn Water.
- Infiltratiebesluit bodembescherming: Het College van Burgemeester en Wethouders mag geen vergunning verlenen. Lozingenbesluit bodembescherming. Website lozingsbesluit.

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid  
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven  
[www.rivm.nl](http://www.rivm.nl)