

Aan  
De Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu  
Postbus 20901  
2500 EX Den Haag

TCB A063(2010)

Den Haag, 19 november 2010

Betreft: advies Randvoorwaarden afdekken bodem in stedelijk gebied

Mijnheer de Staatssecretaris,

De Minister van VROM, uw voorganger, vraagt ons bij brief van 13 augustus 2009 om nadere uitwerking van randvoorwaarden voor afdekken van bodem<sup>1</sup> voor verschillende inrichtingsgebieden (zie bijlage 1). Het gaat hierbij om uitwerking van de aanbevelingen, die de TCB in een eerdere advies<sup>2</sup> heeft gedaan.

Het permanent afdekken van bodem met ondoorlaatbaar materiaal, zoals gebeurt bij de aanleg van woningen, bedrijfsgebouwen en infrastructuur is onontkoombaar. Toch zijn er redenen om kritisch naar het afdekken van de bodem te kijken. Een onafgedekte, open bodem is relevant voor meerdere maatschappelijke thema's, waaronder gezondheid en welbevinden (koppeling aan groen), ontwikkeling van kinderen (bewegen, buiten spelen), klimaat- en waterregulatie, biodiversiteit en het mooier maken van Nederland. In het kader van 'Mooi Nederland' heeft uw voorganger onlangs gesteld:

*'Er verdwijnt nog altijd nodeloos veel groen en open ruimte en er komt te vaak lelijkheid voor terug. Ik wil dat gemeenten en provincies de spelregels rond bouwen en het groen scherper op het netolies krijgen. Zo nodig maken we die regels ook strenger. Het kabinet werkt in het programma 'Mooi Nederland' aan een goede balans tussen een bloeiende economie, bereikbaarheid, woningbouw en een duurzame leefomgeving.'*

Uit de Monitor Nota Ruimte 2010<sup>3</sup> blijkt er een negatieve ontwikkeling te zijn in de hoeveelheid groen, een maat voor open bodem, in nieuwe wijken. Ook in iets oudere wijken, waar meer tijd is geweest voor de ontwikkeling van groen, blijft de hoeveelheid achter bij de verwachtingen.

#### BIJDRAGEN AAN DUURZAME LEEFOMGEVINGSKWALITEIT

Wij geven er de voorkeur aan om de problematiek van afdekken te benaderen vanuit de vraag wat een onafgedekte bodem voor mensen kan betekenen. We hebben eerder aangegeven dat open

---

<sup>1</sup> In de concept Kaderrichtlijn Bodem wordt het begrip *sealing* gebruikt voor bodemafdekking, gedefinieerd als *'permanent covering of the soil surface with an impermeable material'*.

<sup>2</sup> Gevolgen afdekken van bodem, TCB A048 (2009).

<sup>3</sup> <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl2030-Beschikbaarheid-openbaar-groen-binnen-500-meter-van-de-woning-in-nieuwbouwwijken.html?i=30-155>

bodem, juist in een stedelijke omgeving, een belangrijke bijdrage levert aan welzijn en welbevinden van mensen. Een open bodem in een stedelijke omgeving kan - bij goed beheer en inrichting - direct of indirect bijdragen aan de volgende diensten:

Milieu:

- water vasthouden, bergen en geleidelijk verdampen, of afvoeren naar het grondwater;
- temperatuur en luchtvochtigheid reguleren;
- stof en gassen uit de lucht vastleggen.

Biodiversiteit:

- vegetatie dragen;
- diversiteit in flora en fauna bevorderen.

Welbevinden:

- gezondheid en welbevinden van mensen (groen in de stad).

Economie:

- de economische waarde van een gebied (hogere huizenprijzen, aantrekkelijke vestigingsplaats voor schone bedrijvigheid).

Het ligt voor de hand om de randvoorwaarden voor afdekken in stedelijk gebied te koppelen aan de diensten van de open bodem in de stad. De vraag is dan hoeveel open bodem in een stedelijke omgeving nodig is om deze diensten te kunnen leveren.

## GEBIEDSTYPEN

Het meest relevante onderscheid dat met betrekking tot afdekken gemaakt kan worden, is het onderscheid tussen stad en ommeland. Stedelijk gebied heeft als hoofdfuncties wonen en bedrijvigheid. Het ommeland heeft als hoofdfuncties landbouw en natuur. Het ligt voor de hand de randvoorwaarden voor afdekken in ieder geval te laten afhangen van deze hoofdfuncties. Om de hoofdfuncties wonen en bedrijvigheid te realiseren is een zekere mate van afdekking, door gebouwen, wegen en infrastructuur noodzakelijk.

Bij het ommeland, het landelijk gebied dat de omgeving van de stad vormt, spelen nationale opgaven voor het in stand houden en verwezenlijken van natuur, landschap, voedselzekerheid, waterhuishouding, drinkwatervoorziening en recreatie een grote rol. Afdekken is nadelig voor deze opgaven en daarom is terughoudendheid van groot belang. Dit blijkt ook uit - soms felle - maatschappelijke reacties als omvangrijke projecten (die mede tot afdekking leiden) in het landelijk gebied gepland worden.

In het vorige advies van de TCB zijn wij ingegaan op aspecten van afdekking in het landelijk gebied. Als gevolg van onze aanbevelingen wordt in opdracht van uw ministerie een methode ontwikkeld om de nadelige gevolgen van afdekken in het landelijk gebied te kunnen beoordelen. Deze methode kan een hulpmiddel zijn voor bevoegde overheden bij de beslissing om bestemmingen te wijzigen dan wel vergunningen te verlenen<sup>4</sup>. Wij verwachten dat met deze methodiek een aanzet voor een beoordelingskader ontstaat voor het afdekken van bodem in het landelijk gebied en gaan er daarom in dit advies niet verder op in.

---

<sup>4</sup> Huijsmans *et al.* (2010). Bodemafdekking in het landelijk gebied, een beoordelingsmodel. Grontmij (in voorbereiding).

Het omzetten van landelijk gebied in een als stedelijk te waarderen gebied (wonen, bedrijven en infrastructuur) is een kwestie van maatschappelijke keuzen. Wij richten ons in dit advies op bestaande of nieuw aan te leggen situaties, niet op criteria voor de wenselijkheid van de omzetting.

#### VORM GEVEN AAN DE NUTTIGE BIJDRAGE VAN OPEN BODEM IN DE STAD

##### **Randvoorwaarden**

Wij hebben voor dit advies een beperkt literatuuronderzoek gedaan naar gegevens over de hoeveelheid open bodem die nodig is in een gebied om de bovengenoemde diensten te kunnen leveren. Er zijn vooral rapporten van toegepast onderzoek in de stedelijke omgeving gevonden. Verder zijn ook normen of richtgetallen voor bijvoorbeeld groen behulpzaam geweest. Daarbij moet worden aangetekend dat het om een verkennend literatuuronderzoek gaat, waaruit in ieder geval blijkt dat er mogelijkheden zijn om richtlijnen voor open bodem in een stedelijke omgeving af te leiden. Een uitgebreider literatuur onderzoek kan zinvol zijn om tot een betere onderbouwing te komen, maar dit ligt buiten onze mogelijkheden. Het literatuuronderzoek is samen met de achtergronden van dit advies beschreven in bijlage 2 en samengevat in paragraaf 9 van deze bijlage.

Er is relatief veel informatie over de betekenis van groen voor een duurzame leefomgevingskwaliteit. Daarbij moet telkens bedacht worden dat groen - vegetatie - van enige omvang en betekenis onafgedekte (open) bodem nodig heeft om gezond te kunnen functioneren. Die open bodem moet hiervoor aan een aantal kwantiteits- en kwaliteitseisen voldoen. Gesignaleerde behoeften aan groen, bijvoorbeeld voor welzijn en gezondheid van mensen, vertalen zich daarom rechtstreeks in behoeften aan open bodem. Planten en bomen in bloembakken en bloempotten dragen in geringere mate bij aan de verschillende diensten en hebben meer onderhoud nodig. De voorkeur gaat daarom uit naar vegetatie op open bodem. Verder is het belangrijk te realiseren dat oppervlaktewater in de stad ook een nuttige bijdrage kan leveren aan de leefomgevingskwaliteit in de stad door bijvoorbeeld waterberging, verkoeling, het verhogen van biodiversiteit en aantrekkelijk uitzicht.

Bij alle onderzochte diensten blijkt dat de eigenschappen, kwaliteit en beplanting van open bodems van groot belang zijn. Uit de resultaten blijkt dat voor de diensten *dragen van vegetatie, stof en gassen vastleggen, biodiversiteit bevorderen en bijdragen aan de economische waarde van een gebied* geen gegevens zijn gevonden, die een kwantificering in termen van 'benodigd aandeel open bodem in een wijk' mogelijk maken. *Dragen van vegetatie* geeft wel inzicht in de benodigde dikte van de bodemlaag en de ruimte die bomen nodig hebben. Bij *biodiversiteit bevorderen* geldt kortweg 'hoe meer, hoe beter' en speelt ook de verbinding tussen plekken met open bodem een cruciale rol.

Voor *waterregulatie, temperatuurregulatie* en *bijdragen aan welbevinden en gezondheid* is wel een indicatie te geven voor de benodigde hoeveelheid open bodem.

- Bij *waterregulatie* is de gewenste hemelwaterafvoer via open bodem maatgevend. Op goed infiltrerende bodems<sup>5</sup> is voor oppervlakkige infiltratie een hoeveelheid open bodem nodig die gelijk is aan de helft van het verharde oppervlak. Voor hemelwater afvoer via een wadi<sup>6</sup> is

---

<sup>5</sup> Goed doorlatende bodems met relatief diepe grondwaterstand, met name zandgronden in het oosten en zuiden van Nederland.

<sup>6</sup> Een wadi is een infiltratievoorziening voor regenwater en bestaat uit een ondiepe 'kom' die meestal alleen bij aanzienlijke regenval water opvangt. De bodem kan uit meerdere lagen bestaan, bijvoorbeeld een organisch

minder ruimte nodig en moet op circa vijftien procent van het verharde oppervlak worden gerekend. In stedelijk gebied op bodems die niet goed infiltreren<sup>7</sup> vervangt oppervlaktewater een deel van de waterregulerende rol.

- Bij *temperatuurregulatie* gaat het om afkoeling van de stedelijke omgeving van enkele graden. In principe draagt alle open bodem, al dan niet met vegetatie, bij aan dit effect. Een regelmatige verspreiding van kleinere locaties met open bodem (met vegetatie) draagt meer bij dan een grotere locatie. Berekeningen geven aan dat circa anderhalf tot twee procent van het stedelijk bodemoppervlak onbedekt moet zijn om een effect te bereiken. Bij een grote locatie zijn de situering ten opzichte van de bebouwing en de overheersende klimaatfactoren van belang om koeling te bewerkstelligen.
- Bij *bijdragen aan welbevinden en gezondheid* kunnen normen voor groen in de omgeving maatgevend zijn voor de hoeveelheid benodigde open bodem. Deze normen zijn, voor zover we kunnen beoordelen, gebaseerd op ervaringsfeiten. Omrekening van deze normen naar de hoeveelheid benodigde open bodem leidt tot een schatting van vijf tot tien procent open bodem.

Verder zijn er gecombineerde schattingen in de literatuur aangetroffen voor de totale behoefte aan water en open bodem (met groen) in de stedelijke omgeving. Deze wordt geschat op circa twintig tot veertig procent, waarbij veertig procent als ideaal wordt beschouwd.

Op basis van deze gegevens menen wij dat de gecombineerde schatting voor de totale behoefte aan open bodem en water in de stad het beste als randvoorwaarde voor afdekken kan fungeren. Dat wil zeggen dat in nieuwe situaties, waarop de ontwerp Kaderrichtlijn bodem betrekking heeft, minimaal twintig tot veertig procent van het oppervlak open bodem en water is. Om iedereen profijt te laten hebben van de nuttige bijdragen van open bodem en water, moet deze randvoorwaarde worden toegepast op wijkniveau. Het is daarbij belangrijk om niet alleen de hoeveelheid open bodem en water te bevorderen, maar ook oog te hebben voor de verspreiding van - en verbindingen tussen - locaties met open bodem en oppervlaktewater.

### **Winst in bestaand stedelijk gebied**

In veel bestaande situaties wordt de bovengenoemde randvoorwaarde niet gehaald. In binnensteden en oudere wijken is het aandeel open bodem en water al gauw minder dan dertig procent en kan afnemen tot tien procent<sup>8</sup>. Dit komt overeen met gegevens op de door uw departement ondersteunde website *ruimtexmilieu*<sup>9</sup>, die per gebiedstype invulling geeft aan de minimale hoeveelheid open bodem (volgende pagina).

---

stofrijke laag om verontreinigingen uit te filteren en grind om het water sneller te laten infiltreren. De bodem is vaak begroeid met gras.

<sup>7</sup> Slecht doorlatende bodems met hoge grondwaterstand, met name klei- en veengronden in het westen van het land.

<sup>8</sup> Zie gegevens voor Rotterdam uit: Klimaat & Groen, Toolbox, Facts & figures (2010). Gemeente Rotterdam, ook besproken in Van der Wel, N. *et al.* (2010). Ontdek de stadsbodem. TCB en Natuurmedia; gegevens voor Amersfoort uit: Regenwater in de tuin? Mooi wel! Stichting RIONED en STOWA (2009).

<sup>9</sup> [www.ruimtexmilieu.nl](http://www.ruimtexmilieu.nl).

**Tabel 1.** Minimaal percentage open bodem per gebiedstype. Naar *factsheet* gebiedstypen op [www.ruimtexmilieu.nl](http://www.ruimtexmilieu.nl)<sup>10</sup>.

Gebiedstype	Minimaal percentage open bodem
Hoogstedelijk gebied	15
Stedelijk gebied	25
Bedrijventerreinen	25
Glastuinbouw	10
Suburbaan gebied	50-75
Villawijk	75

De TCB vindt dat in een bestaande stedelijke omgeving ook gestreefd moet worden naar twintig tot veertig procent open bodem en water. Bij minder dan twintig procent open bodem en water is de nuttige bijdrage hiervan aan de leefomgevingskwaliteit niet optimaal. In deze gevallen kunnen groene daken en gevelbegroeiing aanzienlijk bijdragen aan de leefomgevingskwaliteit. Ook hier geldt dat de situering van locaties met open bodem en oppervlaktewater en de verbinding ertussen van belang is.

Verminderen van afdekken kan door slim om te gaan met de spaarzame ruimte die er is in stedelijk gebied, door onnodige afdekking te voorkomen of te verwijderen en door functies te stapelen of in de ondergrond onder te brengen. In ons advies over de Beleidsvisie duurzaam gebruik ondergrond<sup>11</sup> pleit de TCB ervoor verder gebruik van de ondergrond te koppelen aan verbetering van het leefmilieu bovengronds.

### Sturingsmogelijkheden

In ons vorige advies over afdekken hebben wij aanbevelingen gedaan ten aanzien van het verminderen, goed plaatsen en soms mitigeren van het afdekken van de bodem. Ook wezen wij op het belang van bewustwording bij bestuurders, uitvoerders en burgers. Om die reden hebben wij er destijds bewust voor gekozen de problematiek van afdekken te ‘vertalen’ in de bijdrage die open bodem kan leveren aan de leefomgevingskwaliteit. In de ruim twee jaar dat wij ons met dit onderwerp bezighouden is gebleken dat er veel initiatieven zijn, vooral bij gemeenten, die aansluiten bij het onderwerp bodem in de stad. Voorbeelden hiervan zijn het rapport Klimaat en Groen van de gemeente Rotterdam<sup>12</sup> en de veertien projecten die in opdracht van de TCB zijn verzameld voor het boek ‘Ontdek de stadsbodem’<sup>13</sup>.

Voor het voeren van beleid dat stuurt op het verminderen, voorkomen, beter plaatsen of mitigeren van afdekken zijn via de Kaderrichtlijn Bodem vastgelegde randvoorwaarden voor afdekken niet noodzakelijk. Wij vinden dat het belang van open bodem in de stad meer dan voldoende is aange-

<sup>10</sup> [www.ruimtexmilieu.nl/data/factsheet\\_gebiedstypen.pdf?SESSID=9775c6dfafc7d781c7c5831d414beeb0](http://www.ruimtexmilieu.nl/data/factsheet_gebiedstypen.pdf?SESSID=9775c6dfafc7d781c7c5831d414beeb0). De getallen zijn te vinden in de bijlage over kwaliteiten en ambities per gebiedstype en zijn aangeleverd door medewerkers van de gemeente Haaglanden. De percentages zijn vermoedelijk gebaseerd op praktijkervaring.

<sup>11</sup> Advies Beleidsvisie duurzaam gebruik ondergrond (2009). TCB A052.

<sup>12</sup> Klimaat & Groen, Toolbox, Facts & figures (2010). Gemeente Rotterdam.

<sup>13</sup> Van der Wel, N. *et al.* (2010). Ontdek de stadsbodem. TCB en Natuurmedia.

toond. Er zijn voldoende mogelijkheden om tot sturing te komen, door bijvoorbeeld aan te sluiten bij de bovengenoemde initiatieven in het kader van groen en gezondheid en groen en klimaat.

Ook is ons gebleken dat er gemeenten zijn die voor bepaalde wijken verregaande eisen stellen aan de bewoners, als het gaat om aanleg en onderhoud van tuinen. Dit geeft aan dat er mogelijkheden zijn om ook bewoners te laten bijdragen aan het in standhouden of bevorderen van open bodem in de stedelijke omgeving. Wellicht wordt onvoldoende gebruik gemaakt van deze mogelijkheden. In dit verband willen wij u wijzen op het vorig jaar gepubliceerde voornemen van uw voorganger om de vergunningplicht voor aanbouw, serres en schuren in particuliere tuinen te versoepelen. Dit voornemen staat haaks op de zorgen over de gevolgen van afdekken van bodem voor de leefomgevingskwaliteit en biodiversiteit in de stedelijke omgeving.

Uit gesprekken en discussies over afdekken is ons gebleken dat gebrek aan middelen en tijd voor het onderhoud van groen een belangrijke factor is bij afdekken, zowel bij gemeenten als particulieren. Hierdoor wordt vaak gekozen voor onderhoudsarme varianten die meestal leiden tot meer afdekken van de bodem. Hierbij speelt ook een rol dat bij de aanleg en inrichting van bijvoorbeeld wijken de partijen die het toekomstige onderhoud moeten plegen onvoldoende betrokken zijn. Wij denken dat er veel gewonnen kan worden door in te zetten op het laten ontwerpen van andere vormen van groen en het daarbij vroegtijdig betrekken van degenen die het onderhoud gaan plegen. Robuust, zich zelf in standhoudend groen met inheemse soorten op een kwalitatief goede bodem met voldoende ruimte speelt hierin een belangrijke rol.

### **Koppeling aan het Besluit bodemkwaliteit**

Afdekken is een bodemthema met een ruimtelijk aspect en is daarom niet eenvoudig in te passen in bestaand bodembeleid. Toch denken wij dat het mogelijk is het aspect afdekken, in de vorm van het bevorderen van diensten van de open bodem in de leefomgeving, te koppelen aan het Besluit bodemkwaliteit. Er ligt immers vanuit de Beleidsbrief bodem een ambitie het besluit te verbreden met fysische en biologische aspecten van de bodem en tot integratie met het domein ruimte te komen. Er zijn mogelijkheden om de aan- of afwezigheid van de nuttige bijdragen van de bodem zichtbaar te maken op een bodemkwaliteitskaart, behorende bij een bodembeheerplan. Bovendien is de uitvoering van het besluit gedecentraliseerd, met als gevolg dat er veel kennisinfrastructuur in opbouw is om gemeenten hierbij behulpzaam te zijn. In onze optiek moet het onderwerp afdekken hierin meegenomen worden.

### **CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN**

Afdekken gaat ten koste van open bodem. Open bodem is nodig voor het gezond houden van de diensten die nuttige bijdragen leveren aan milieu, welzijn, economie en biodiversiteit van de stad.

De hoeveelheid open bodem die nodig is om bij te dragen aan de leefomgevingskwaliteit door temperatuurregulatie en gezondheid en welbevinden wordt geschat op vijf tot tien procent van de beschikbare ruimte. Voor waterregulatie via de bodem in de stedelijke omgeving is echter meer ruimte nodig en voor biodiversiteit geldt 'meer is beter' (mits gevarieerd, goed verbonden en van goede kwaliteit). De onderbouwing van gevonden waarden per nuttige bijdrage kan verbeterd worden door een uitgebreider literatuuronderzoek uit te laten voeren. Open bodem kan meerdere nuttige bijdragen tegelijkertijd leveren, maar niet alle bijdragen zijn te combineren. Ook opper-

vlaktewater draagt in belangrijke mate bij aan de leefomgevingskwaliteit. Het bereiken van het gewenste resultaat met open bodem is afhankelijk van de lokale omstandigheden en is daarom een kwestie van maatwerk.

De behoefte aan open bodem en oppervlaktewater voor alle nuttige bijdragen aan de leefomgevingskwaliteit bedraagt twintig tot veertig procent van de beschikbare ruimte. Deze waarden dienen op wijkniveau te worden gehanteerd. Ook voor bestaand stedelijk gebied kan de waarde van twintig tot veertig procent open bodem en water als een streefwaarde worden gezien. Bij minder dan twintig procent open bodem en water is de nuttige bijdrage aan milieu, welzijn, economie en biodiversiteit suboptimaal. In zowel nieuwe als bestaande situaties is niet alleen de hoeveelheid open bodem en water van belang, ook de situering van - en de verbindingen tussen - locaties met open bodem en water zijn cruciaal.

Voor het realiseren van meer open bodem in de stedelijke omgeving kan worden aangesloten bij projecten rond 'groen en gezondheid' en 'groen en klimaat'. Er zijn voldoende mogelijkheden om tot sturing te komen. Aanbevolen wordt om ook de mogelijkheden te bezien om het Besluit bodemkwaliteit te verbreden naar beheer van open bodem in de stedelijke omgeving.

Er kan nog veel gewonnen worden door in te zetten op het laten ontwerpen van andere vormen van groen. Robuust, zichzelf in standhoudend groen met inheemse soorten op een kwalitatief goede bodem met voldoende ruimte speelt hierin een belangrijke rol.

Met de meeste hoogachting,

Het origineel van dit advies is gestuurd aan de verantwoordelijke bewindspersoon/personen.
--

Ali Edelenbosch  
Voorzitter Technische commissie bodem

BIJLAGE 1  
Adviesaanvraag





> Retouradres Postbus 30945 2500 GX Den Haag

Aan de wnd. Voorzitter van de Technische  
Commissie Bodem  
Prof. dr. P.C. de Ruiter  
Postbus 30947  
2500 GX Den Haag

**Directoraat-Generaal  
Milieu**

Directie Duurzaam  
Producteren  
Natuurlijke Hulpbronnen

Rijnstraat 8  
Postbus 30945  
2500 GX Den Haag  
Interne postcode 645  
[www.vrom.nl](http://www.vrom.nl)

**Contactpersoon**

mw. dr. M.N.E. Nelemans

T 070-3394105

F 070-3391288

**Kenmerk**

DP/2009048261

Datum **13 AUG. 2009**  
Betreft Randvoorwaarden afdekking bodem

Geachte Voorzitter,

In mijn brief van 24 juni 2009 (DP2009042440) heb ik mijn waardering uitgesproken over het advies van uw commissie over de Gevolgen van het afdekken van de bodem. Ik heb in deze brief ook aangekondigd dat ik op enkele onderdelen nog een nader beroep op u wil doen. Deze brief strekt hiertoe.

Zoals aangegeven wil ik de komende jaren gebruiken om zoveel mogelijk informatie te krijgen over de gevolgen van het afdekken van de bodem, en de mogelijkheden om deze, waar noodzakelijk, te verminderen. Daarmee wil ik overheden en anderen ondersteunen bij beslissingen waar afdekking een rol speelt.

Op mijn vraag, in welke situaties afdekking een serieus probleem zou kunnen vormen, antwoordt u dat dit in situaties zou kunnen zijn, waar de watertoets is vereist. Tevens geeft u voor lokale situaties aan dat individuele bodemgebruikers bij activiteiten, die leiden tot het afdekken van minimaal 25 m<sup>2</sup> gewezen zouden moeten worden op de gevolgen van het afdekken.

Overheden dienen, volgens uw advies, in die situaties na te gaan of de afdekking vermijdbaar is, en indien dit niet het geval is, of deze kan worden beperkt, dan wel de locatie van afdekken kan worden geoptimaliseerd en de gevolgen gemitigeerd. Daarbij geeft u ook aan dat hiervoor nuttig zou zijn als het Rijk randvoorwaarden zou stellen, omdat overheden hiermee een handvat krijgen om meer te sturen op de inrichting. U noemt hierbij drie mogelijkheden, nl.

1. het vaststellen van streefcijfers voor oppervlak onafgedekte bodem,
2. vaststellen van een minimaal percentage onafgedekte bodem per type inrichtingsgebied
3. streefwaarden vaststellen voor de maximale groei van verstedelijking.

Ik verzoek u de eerste twee mogelijkheden in een nader advies uit te werken. Ik ben daarbij geïnteresseerd zowel in het binnenstedelijk gebied als in het buitengebied, waar grote(re) infrastructurele werken aangelegd kunnen worden, zoals bedrijventerreinen, kassencomplexen, wegen e.d. .

Om het advies zo bruikbaar mogelijk te laten zijn verzoek ik u uw ideeën uit te werken per type inrichtingsgebied. U hoeft zich niet te beperken tot alleen de

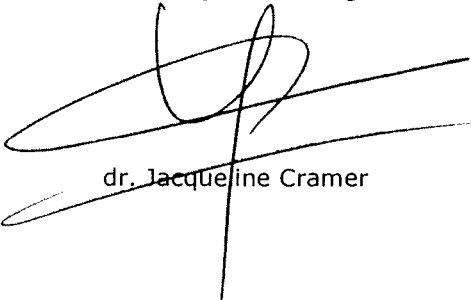
openbare ruimte, omdat de afdekking in particuliere tuinen ook negatieve gevolgen heeft voor de functies van de bodem.

Verder is het ook nodig om meer inzicht te krijgen in de relatie tussen de omvang en het patroon van afdekking enerzijds en het functioneren van de ecosysteemdiensten van de bodem anderzijds. U suggereert hiervoor modellen te ontwikkelen. Ik zou het erg op prijs stellen als u bereid zou zijn een bijdrage te leveren aan het formuleren van goede onderzoeksvragen op dit punt, en actief mee te denken bij de opzet en uitvoering van een dergelijk onderzoek.

Indien mogelijk zou ik uw advies uiterlijk maart 2010 ontvangen.  
Als contactpersoon zal mw. dr. M.N.E. Nelemans fungeren (tel 3394105, [maartje.nelemans@minvrom.nl](mailto:maartje.nelemans@minvrom.nl))

Hoogachtend,

de minister van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer,



dr. Jacqueline Cramer

**Directoraat-Generaal  
Milieu**

Directie Duurzaam  
Producteren  
Natuurlijke Hulpbronnen

**Kenmerk**  
DP/2009048261

## BIJLAGE 2

### ACHTERGRONDEN VAN HET ADVIES RANDVOORWAARDEN AFDEKKEN BODEM (A063)

#### Inhoudsopgave

1 Voorgeschiedenis	1
2 Kwantificering randvoorwaarden afdekken stedelijk gebied	2
3 Waterregulatie door open bodem, door groen op open bodem en door groene daken	2
4 Temperatuur en luchtvochtigheid reguleren	5
5 Stoffen en gassen uit de lucht vastleggen	9
6 Biodiversiteit bevorderen	10
7 Bodem als drager van groen ten behoeve van welbevinden en gezondheid	11
8 Bodem als drager van groen dat bijdraagt aan de economische waarde	14
9 De kwantitatieve gegevens over open bodem in een stedelijke omgeving samengevat	15
10 Literatuur	17

#### 1 Voorgeschiedenis

In het vorige TCB-advies (TCB 2009) over de gevolgen van het afdekken van bodem werd antwoord gegeven op twee hoofdvragen:

- In welke situaties moet de lidstaat Nederland maatregelen nemen om afdekking te beperken? Hoe kan Nederland invulling geven aan de afweging tussen een duurzaam gebruik van de bodem en het behoud van bodemfuncties en maatschappelijke baten van afdekking;
- Wat zouden maatregelen kunnen zijn die Nederland zou moeten nemen om afdekking te beperken?

In de conceptkaderrichtlijn Bodem is een verplichting opgenomen om het permanent afdekken van de bodem met ondoorlaatbaar materiaal zoveel mogelijk te beperken, en indien het afdekken van de bodem toch nodig is, de negatieve gevolgen hiervan te mitigeren. Het gaat daarbij om nieuwe situaties, dus situaties waarin de bodem nog niet afgedekt is. De minister van VROM stelde in de adviesaanvraag dat afdekken van de bodem relevant is het kader van klimaatverandering en verstedelijking in Nederland.

In het vorige advies is een schatting gemaakt van de omvang en toename van verstedelijkt gebied in Nederland. Uit gegevens over het percentage groene ruimte in postcodegebieden in relatie tot de mate van verstedelijking, viel af te leiden dat het percentage afgedekte bodem gemiddeld varieert tussen circa 20 en 80 procent, in niet-stedelijk respectievelijk zeer sterk verstedelijkt gebied. In werkelijkheid zullen de percentages afgedekt iets lager liggen omdat kleine groenelementen en kleine tuinen in deze studie niet waren meegenomen.

Geconcludeerd werd dat er vergeleken met een onbedekte bodem altijd een negatief effect op de bodem optreedt door afdekken. In het vorige advies is een aantal belangrijke nuttige bijdragen van open bodem aan het welzijn en welbevinden van mensen in een stedelijke omgeving benoemd, zoals waterregulatie, microklimaat, groen en biodiversiteit in de stad. Gesteld werd dat in bestaand en te ontwikkelen stedelijk gebied gekeken zou moeten worden naar de kansen die er zijn om tot een betere benutting van deze zogenoemde ecosystemendiensten te komen.

De visie dat vanuit het oogpunt van duurzaam bodemgebruik kritisch gekeken moet worden naar het afdekken van bodem werd onderschreven. De TCB stelde maatregelen voor, die het rijk zou kunnen nemen (stellen van randvoorwaarden). Verder deed de TCB aanbevelingen voor andere overheden en particulieren, die waren gericht op het inrichten van nieuwe locaties en op het verbeteren van bestaande verstedelijking. Daarnaast werden nog een aantal 'groene maatregelen' benoemd. De TCB vroeg om bewustmaking en voorlichting over de gevolgen van afdekken en de alternatieven. Tot slot beval de TCB aan om ook bij de beoordeling van individuele gevallen van afdekken in belangrijke mate rekening te houden met de gevolgen voor collectieve belangen zoals waterbeheer, voedselzekerheid, klimaat en biodiversiteit.

Dit nieuwe advies betreft de aanbevelingen voor randvoorwaarden voor afdekken voor de verschillende inrichtingsgebieden, zowel in het binnenstedelijk gebied als het buitengebied.

## **2 Kwantificering randvoorwaarden afdekken stedelijk gebied**

Voor het stedelijk gebied zijn een aantal specifieke diensten van open bodem benoemd. Voor dit advies is een beperkt literatuuronderzoek gedaan naar gegevens over de hoeveelheid open bodem die nodig is in een gebied om deze diensten te kunnen verzorgen. Hierbij zijn vooral rapportages van toegepast onderzoek in de stedelijke omgeving gevonden. Ook normen of richtgetallen voor groen zijn behulpzaam geweest. Hieronder worden per dienst de resultaten besproken en wordt een aanzet voor randvoorwaarden geformuleerd. Hierbij is de aanname gedaan dat het de ambitie is de bodemdienst optimaal te benutten.

## **3 Waterregulatie door open bodem, door groen op open bodem en door groene daken**

Afdekken van de bodem leidt ertoe dat capillaire opstijging wordt gereduceerd of onderbroken, evapotranspiratie<sup>14</sup> wordt gereduceerd, infiltratie wordt verkort in tijd en gereduceerd, en oppervlakkige afstroming wordt versneld en vergroot (Wessolek 2008).

### *Oppervlakkige infiltratie hemelwater*

Bij water afvoeren kan worden uitgegaan van de ambitie dat vrijwel al het hemelwater in een gebied via de bodem wordt afgevoerd. Dit kan op verschillende wijzen gebeuren, door oppervlakkige infiltratie, eventueel via een wadi, of ondergrondse infiltratie met behulp van buizen, kratten en grindkoffers, waarbij deze voorzieningen vaak ook als tijdelijke berging dienen. Omdat bij oppervlakkige infiltratie ook ander bodemdiensten optimaal benut kunnen worden, zal alleen deze optie hier behandeld worden. Belangrijke factoren bij oppervlakkige infiltratie zijn de grondwaterspiegel, afwezigheid van kwel, de doorlatendheid van de bodem en eventueel reliëf.

In de praktijk van het stedelijk waterbeheer worden hydrologische modellen gebruikt om hemelwaterafvoer naar grond- en oppervlaktewater en eventueel de riolering te modelleren. Het is een trend bij gemeentes en waterschappen om hemelwater af te koppelen van het riool. Hier wordt thans veel praktische ervaring mee opgedaan, ook bij particulieren. Om hemelwater oppervlakkig te infiltreren in de bodem worden als vuistregels gegeven dat de plaatselijke grondwaterspiegel

---

<sup>14</sup> Dit is de optelling van verdamping van water (vanuit de bodem of bijvoorbeeld vanuit onderschepte regenwater vanaf het bladerdek) en transpiratie door de vegetatie (het proces van opname van water via de wortels en afgifte van waterdamp door de huidmondjes).

permanent dieper moet zijn dan 70 cm –maaiveld en de doorlatendheid van de bodem minimaal 0,4 meter per dag moet zijn (Poelman, 2004). Meestal voldoen alleen zandige bodems aan deze eis voor doorlatendheid. Diverse websites over het afkoppelen van hemelwaterafvoer van woonhuizen geven als vuistregel dat voor het oppervlakkig infiltreren van hemelwater een oppervlak van minimaal de helft van het (vlakke) dakoppervlak moet worden gerekend ([www.tuinvragen.nl](http://www.tuinvragen.nl); [www.waterbewust.nl](http://www.waterbewust.nl)).

Op wijkniveau wordt bij oppervlakkige infiltratie van hemelwater veelal gekozen voor wadi's en in laaggelegen gebieden voor een netwerk van kleinschalige oppervlaktewateren. Een wadi bestaat uit een ondiepe 'kom' die hemelwater uit de omgeving opvangt. De bodem kan uit meerdere lagen bestaan, bijvoorbeeld een organisch stofrijke laag om verontreinigingen uit te filteren en grind om het water sneller te laten infiltreren. De bodem is vaak begroeid met gras. De omvang van een wadi hangt af van de infiltratiecapaciteit van de bodem en de maximaal toelaatbare waterstand in de wadi. De tijdsduur waarbinnen de wadi na een regenbui weer droog moet zijn, kan ook een rol spelen. Uit een rekenvoorbeeld voor een woonwijk in Amersfoort blijkt een wadi nodig te zijn met een omvang van circa 13 procent van het verharde oppervlak. Hierbij is rekening gehouden met korte intensieve buien en langdurige regenval, een infiltratiecapaciteit van de bodem van de wadi van 0,5 m per dag en een maximale stijghoogte in de wadi van 40 cm. Ook is ervan uitgegaan dat er geen afspoeling optreedt van het onverharde oppervlak in de wijk, maar al het daarop neerkomende hemelwater rechtstreeks in de bodem infiltreert (Witteveen+Bos 2010).

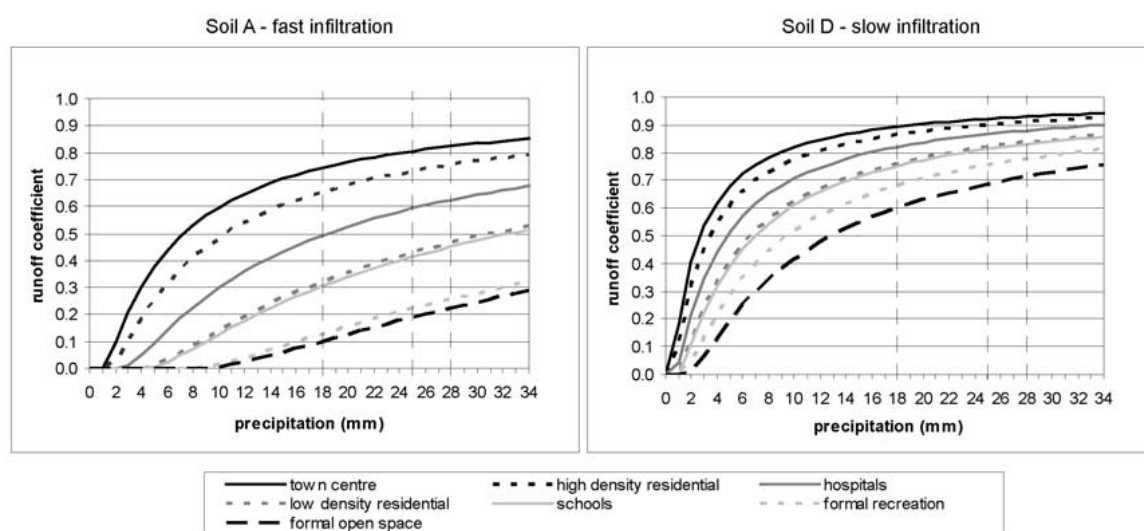
### *Beperking afspoeling hemelwater*

Open bodem en de vegetatie daarop dragen ook bij aan het voorkomen van afspoeling van hemelwater naar bijvoorbeeld oppervlaktewater. Deze afspoeling is een belasting voor het oppervlaktewater door verontreinigingen die worden meegevoerd en verlaagt de mogelijkheden tot grondwateraanvulling en verkoeling door verdamping. Bij infiltratie in de bodem wordt de bodem belast met de verontreinigingen die worden meegevoerd met hemelwater. Omdat dit water meestal over minder lange afstanden heeft gestroomd en de bovenste bodemlaag een filterende functie heeft, kan deze belasting als minder problematisch worden gezien. Het spreekt voor zich dat zorg voor diffuse verontreiniging hier aanhoudend een punt van aandacht is.

Op basis van bodemtype en aard van de afdekking kan worden geschat wat de verhouding is tussen oppervlakkige afspoeling en infiltratie in de bodem. In een studie voor de stedelijke omgeving van Manchester (Gill *et al.* 2007) zijn oppervlakkige afspoelingscoëfficiënten berekend bij verschillende neerslaghoeveelheden, voor verschillende typen bodemgebruik en bijbehorende aannamen ten aanzien van afdekking. De resultaten zijn weergegeven in figuur 1. Als voorbeeld valt af te lezen uit deze figuur:

- 18 mm neerslag op een zandige bodem, bij laag residentieel gebruik, leidt tot 32 procent oppervlakkige afspoeling;
- 18 mm neerslag op een zandige bodem, in het stadscentrum, leidt tot 74 procent oppervlakkige afspoeling;
- 18 mm neerslag op een kleiige bodem, bij laag residentieel gebruik, leidt tot 76 procent oppervlakkige afspoeling;
- 18 mm neerslag op een kleiige bodem, in het stadscentrum, leidt tot 90 procent oppervlakkige afspoeling.

Uit hetzelfde onderzoek blijkt dat een toename van het groene oppervlak in de randstedelijke woongebieden met 10 procent bij een zware regenbui van 28 mm leidt tot afname van de oppervlakkige afspoeling met 4,9 procent. Een toename van de groene bodembedekking (vegetatie) met 10 procent resulteert in een afname van 5,7 procent. Groene daken in het stadscentrum en de dichtbebouwde randzones van de stad reduceren de oppervlakkige afspoeling van een 18 mm regenbui met 17 - 20 procent.



**Figuur 1.** Coëfficiënten voor oppervlakkige afspoeling, voor een snel (links) en langzaam (rechts) infiltrerende bodem in relatie tot de hoeveelheid neerslag (Gill *et al.* 2007). De relatie is specifiek voor het stedelijk bodemgebruik (verschillende lijnen in de grafiek).

### *Economische waarde waterregulatie*

In Bade *et al.* (2008) wordt een rekenvoorbeeld gegeven van de economische waarde van het verwerken van regenwater door verschillende typen groen in de stad. Uitgangspunt is de eenmalige investering om afstromend regenwater van onbegroeide daken af te voeren via het riool. Omdat groen in de stad regenwater infiltreert via de bodem, vermindert de hoeveelheid afstromend regenwater, en verminderen daardoor ook de kosten van het afvoeren van regenwater via het riool. De eenmalige kosten voor afvoer via het riool zijn door de gemeente Zwolle berekend op 15 euro per vierkante meter dakoppervlak. De uitgespaarde kosten voor afvoer van regenwater via het riool door groen zijn in de tabel aangeduid als 'schaduwprijs'.

**Tabel 2.** Vermeden kosten (schaduwprijs) voor de afvoer van hemelwater door open bodem (uit Bade *et al.* 2008)

Type bedekking	Percentage afstromend regenwater	Schaduwprijs per 100 vierkante meter in euro
Onbegroeide daken	100%	0
Speeltuinen en sportvelden	25%	1125
Voor en achtertuinen	15%	1275
Grotere tuinen en voorsteden	10%	1350
Parken	0-5%	1425-1500

Hierop door redenerend, als hemelwater via de open bodem wordt geïnfiltreerd, worden kosten vermeden van waterafvoer/riolering/kunstwerken ter geleiding en berging van het hemelwater in de grootteorde 15 euro per m<sup>2</sup>. Deze 15 euro zijn de eenmalige investeringen voor de infrastructuurele werken. Uitgaande van een afschrijving van deze investering in ca. 30 jaar betekent ca. 0,5 euro per jaar aan vermeden kosten per m<sup>2</sup> bodem die water infiltreert. Het water dat is geïnfiltreerd - in plaats van te moeten worden afgevoerd naar zee - heeft ook een waarde. Die kan worden geschat op ca twee euro per m<sup>3</sup> (Verstraete, 2010). Als een open bodem per m<sup>2</sup> ca. 0,5 m<sup>3</sup> hemelwater infiltreert, levert deze één euro 'diensten van de bodem' per m<sup>2</sup> per jaar op. De posten samen, de vermeden kosten aan infrastructuurele werken en de potentiële waarde van het geïnfiltreerde water, leveren samen dus ca. 1,5 euro per m<sup>2</sup> of 15.000 euro per hectare open bodem per jaar op. Als de waarde van het water niet wordt meegenomen, dan nog staat elke hectare open bodem voor vermeden kosten van 5.000 euro per jaar.

### ***Conclusies waterregulatie:***

Een open bodem kan, als deze geschikte eigenschappen heeft, in hoge mate bijdragen aan de afvoer van hemelwater, en aan het voorkomen van oppervlakkige afspoeling. Het bepalen van het oppervlak open bodem dat daarvoor nodig is, al dan niet in de vorm van een wadi, hangt sterk van de lokale omstandigheden af en is maatwerk. De benodigde wadi van 40 cm diep komt uit op ca vijftien procent van het verharde oppervlak. Bij oppervlakkige infiltratie moet al snel aan vijftig procent van het verharde oppervlak worden gedacht. Groen op open bodem en groene daken dragen extra bij aan het voorkomen van oppervlakkige afspoeling. Uit de gegevens valt verder af te leiden dat een substantiële vermindering van oppervlakkige afspoeling mogelijk is door de hoeveelheid open bodem te vergroten, afhankelijk van de infiltratiecapaciteit van de open bodem en de vegetatie daarop. Het is niet precies aan te geven hoe groot het oppervlak open bodem, al dan niet met groen, of oppervlak open daken moet zijn om een belangrijke bijdrage te leveren aan het verminderen van oppervlakkige afspoeling.

## **4 Temperatuur en luchtvochtigheid reguleren**

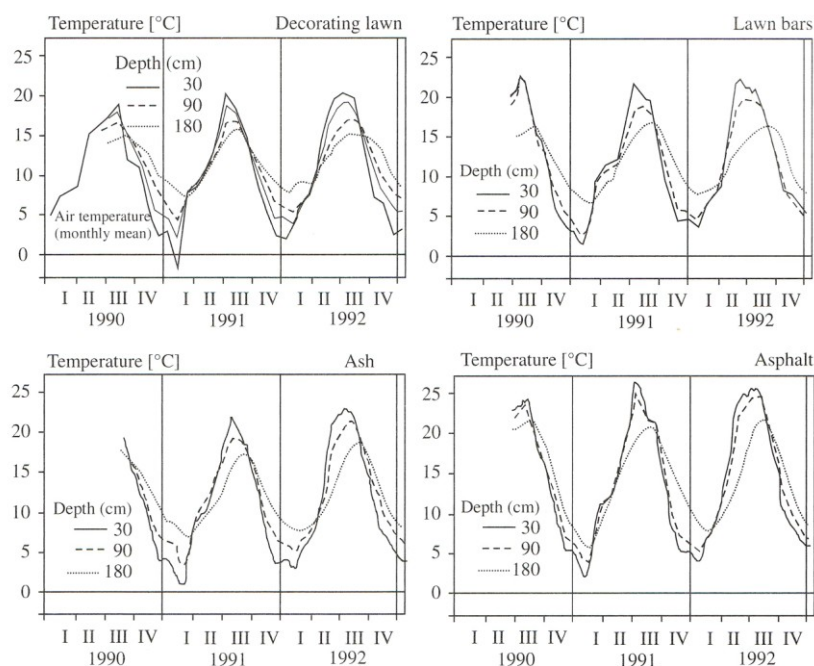
Open bodem zelf en als drager van groen, kan regulerend werken op de temperatuur en de luchtvochtigheid. Dit is onder meer van belang omdat (extreem) hoge temperaturen nadelige gevolgen kan hebben voor de gezondheid van kwetsbare mensen, zoals chronisch zieken en ouderen. In de literatuur is vooral informatie gevonden over het verkoelend effect. Het verkoelende effect van open bodem en groen op de lucht is vooral het gevolg van evapotranspiratie (zie voetnoot 14). Dit is de optelling van verdamping van water (vanuit de bodem of bijvoorbeeld vanuit onderschept regenwater vanaf het bladerdek) en transpiratie door de vegetatie (het proces van opname van water via de wortels en afgifte van waterdamp door de huidmondjes). Daarnaast speelt beschaduwing een belangrijke rol bij verkoeling.

### ***Lokale effecten***

Het temperatuureffect in groengebieden zelf ligt veelal in de orde grootte van enkele graden Celsius. Metingen in Kreta aan het verkoelend effect van verschillende boomsoorten op de luchttemperatuur laten zien dat de temperatuur onder een boom gemiddeld 3,1 °C daalt ten opzichte van een zonbeschenen stoep, bij een omgevingstemperatuur van circa 31 °C. De relatieve luchtvochtigheid stijgt ongeveer 4,6 procent (Georgi & Dimitriou, 2009). In een rapport van de US-EPA (2008) worden, onder verwijzing naar verschillende studies, de volgende temperatuureffecten genoemd:

- Maximum luchttemperatuur onder bosjes was 5 °C lager dan in open terrein.
- De luchttemperatuur boven geïrrigeerde landbouwgronden is 3 °C koeler dan de lucht boven kale grond.
- Suburbane gebieden met volwassen bomen zijn 2 tot 3 °C koeler dan nieuwe suburbane gebieden zonder bomen.
- Temperaturen boven grassportvelden zijn 1 tot 2 °C lager dan op aangrenzende gebieden.

Groengebieden ontwikkelen een eigen microklimaat vanaf een grootte van circa 1 hectare (Gill *et al*, 2007).



**Figuur 2.** Jaarlijkse variatie in bodemtemperatuur in de jaren 1990-1992 op drie verschillende dieptes, onder verschillend gebruik en mate van afdekking (Wessolek 2008).

Temperatuureffecten van vegetatie op open bodem zijn ook waarneembaar in de bodem. Bodemtemperaturen onder verharde oppervlakken zijn verhoogd ten opzichte van het jaarlijks gemiddelde. Figuur 2 illustreert het verschil in het jaarlijkse temperatuurverloop van de bodem tot 1,8 meter beneden maaiveld onder verschillende typen groen en asfalt (Wessolek 2008). De effecten van een hogere temperatuur in de stad op de temperatuur in de bodem is ook op grotere schaal waarneembaar (zie bespreking bij effecten op grotere schaal).

Naast het oppervlak van groen spelen ook de aard van het groen en de inrichting een belangrijke rol bij het temperatuureffect. Het strategisch plaatsen van bomen bij bebouwing kan leiden tot aanzienlijk koeling in een gebouw. Dit leidde tot energiebesparing in een gebouw van 7 tot 47 procent (US-EPA 2008). Hier is dus minder sprake van een relatie met open bodem. Het verkoelend effect van groene daken kan ook relatief groot zijn, wanneer het wordt vergeleken met groene infrastructuur (hierop wordt verder ingegaan bij de effecten op grotere schaal). Op een met vegetatie begroeid dak wordt, op een warme zomerdag, de meeste energie door zonnestraling gebruikt voor evaporatie (585 W/m<sup>2</sup>) en slechts kleine hoeveelheden gaan naar het gebouw (85



W/m<sup>2</sup>) en de lucht (70 W/m<sup>2</sup>). Ter vergelijking, op een grinddak gaat 210 W/m<sup>2</sup> naar de lucht en 210 W/m<sup>2</sup> naar het gebouw. Het gebouw en de lucht absorberen dan meer warmte.

### *Effecten op grotere schaal*

Open bodem, als drager van groen, kan regulerend werken op het zogenaamde *urban heat island* effect, wat inhoudt dat lucht- en oppervlaktetemperaturen in de stad gemiddeld hoger zijn dan in de omgeving van de stad (Kuttler 2008). Stedelijke warmte-eilanden hebben verschillende oorzaken. Donkere verhardingen en daken absorberen zonne-energie en stralen dit weer uit als warmte. Ook warmtebronnen als de verwarming van gebouwen en de warmteproductie door verkeer dragen bij. Veel recente literatuur over dit effect heeft betrekking op klimaatverandering en de verwachting dat de schadelijke effecten van warmte in steden op (onder meer) de gezondheid, vooral in droge hete zomers, sterk zullen toenemen.

Bij zonnig weer met weinig wind kan de temperatuur in Nederlandse steden 3-4 °C hoger liggen dan in de omgeving. In grote steden in Europa kan dit verschil oplopen tot 7 °C (Bade *et al.* 2008). Naast de hoeveelheid groen speelt hierbij ook bijvoorbeeld de inrichting van de stad en de hoogte van de bebouwing een rol. De zeer compacte bouw in bijvoorbeeld oude Zuid-Europese steden leidt tot koelte doordat de gebouwen elkaar beschaduwden. Dikke muren helpen de warmte buiten te houden.

Het mogelijke effect van een hogere (lucht)temperatuur in stedelijk gebied op temperaturen in de bodem is voor de Nederlandse situatie onderzocht (Buik *et al.* 2004). De temperatuurprofielen van de bodem (tot 90 en tot 250 meter diepte) zijn vergeleken van gebieden buiten en binnen de steden Hilversum en Nijmegen. De ondergrondcondities waren voor beide locaties vergelijkbaar. Uit de profielen is te zien dat de bodemtemperatuur voor de stedelijke gebieden tot 2 °C hoger is dan in het buitengebied. Een hogere temperatuur is waarneembaar tot circa 70 en 110 meter diepte.

In een onderzoek naar het effect van groen op de stedelijke omgeving worden de volgende gegevens genoemd (Shashua-Bar & Hoffman 2000):

- In een park in Mexico City van 500 hectare blijkt het effect van het park op de luchttemperatuur waarneembaar binnen een radius van 2 kilometer.
- Voor een park in een Japanse stad van circa 35 hectare is gevonden dat de beïnvloeding van de temperatuur waarneembaar is tot op maximaal 1 kilometer afstand (in de windrichting).
- In een park van 0,5 ha in de Israëliëse stad Haifa is gevonden dat het temperatuureffect tot op 20 tot 150 meter buiten het park waarneembaar was.
- Japans model onderzoek geeft aan dat verschillende kleine groengebieden met voldoende grote afstand ertussen beter zijn dan een groot groen gebied om tot effectieve koeling te komen.

Uit een onderzoek uitgevoerd in Tel Aviv blijkt dat het temperend effect op de luchttemperatuur in de omgeving van kleinschalige groengebiedjes (breedte 20 tot 60 meter) begroeid met bomen reikt tot 100 meter van de locatie (Shashua-Bar & Hoffman 2000). Het verkoelend effect wordt vooral toegeschreven aan beschaduwing. De onderzoekers stellen voor om kleine tuinen aan te leggen van circa 0,1 hectare op onderlinge afstand van circa 200 meter om zo verkoeling te creëren. Een eenvoudige berekening van deze aanbeveling voor een fictieve wijk van 1 km<sup>2</sup> laat zien dat het

aanleggen van parken van 30 bij 30 m (900 m<sup>2</sup>, bijna 0,1 ha) met 200 m tussenruimte op een raster van vierkante cellen tot ca 1,7 procent groen in de wijk leidt<sup>15</sup>.

Er zijn veel studies beschikbaar waarin met modelberekeningen het effect wordt geschat van verschillende maatregelen om de gemiddelde en de piektemperaturen van de lucht in de stedelijke omgeving te temperen. Groene infrastructuur kan hierbij een belangrijke rol spelen (referenties in US-EPA 2009). Voor de Verenigde Staten wordt geschat dat elke toename met 1 procent van de bedekkingsgraad door bomen resulteert in een additionele reductie van de temperatuurstijging midden op de dag met 0,04 tot 0,2 °C (Bade *et al.* 2008).

Berekeningen voor de stad Valencia geven aan dat voor een temperatuuurdaling van 1 °C, 10 hectare aan groen nodig is. En voor temperatuuurdalingen van 2 of 3 °C zijn 50 respectievelijk 200 hectare groen nodig (Van Zoest & Melchers 2006). Valencia stad beslaat ca 135 km<sup>2</sup> (Wikipedia). 200 ha is 2 km<sup>2</sup>, dus ca 1,5 procent van de verharde stad moet groen worden om tot een temperatuuurdaling van 3 °C te komen. Uiteraard is hier situering van het groen van groot belang.

Voor het stedelijk gebied van Manchester is met behulp van hydrologische en energetische modellen de invloed gekwantificeerd van de groene infrastructuur (qua omvang en aard) op temperatuur en oppervlakkige afstroming (Gill *et al.* 2007). De berekeningen zijn uitgevoerd voor het huidige klimaat en voor een aantal toekomstige klimaatscenario's:

- In woongebieden met een hoge dichtheid aan bebouwd of afgedekt oppervlak zorgt 10 procent toename van 'groen' voor afname van de maximum temperatuur van de lucht aan het bodemoppervlak van 2,2 °C.
- Met detailgegevens over hoe het groen in de stad is verdeeld, konden met de modellen verschillende scenario's worden doorgerekend. Vooral het effect van groene daken bleek groot: het vergroenen van daken in het stadscentrum leidt tot verlaging van de maximale temperatuur aan het bodemoppervlak van 6,6 °C (van 31,2 °C naar 24,6 °C).
- In droge zomers zal gras eerder verdrogen dan struiken en bomen. De verwachting is dat klimaatverandering zal leiden tot drogere zomers. De toename van de maximum oppervlaktetemperatuur bij verdroging van gras (waardoor geen verkoeling door evapotranspiratie meer plaatsvindt) is verschillend voor verschillende typen van stedelijke inrichting. De range van de berekende temperatuursverandering is 3 tot 13,8 °C. De laagste waarde heeft betrekking op het stadscentrum, de hoogste waarde op scholen met veel grasvelden omgeven.

### ***Conclusies temperatuur en luchtvochtigheid reguleren***

De belangrijkste conclusie die uit bovenstaande gegevens kan worden getrokken is dat meerdere kleine locaties open bodem met groen meer bijdragen aan de verkoeling op wijk of stadsniveau dan een grote locatie met hetzelfde oppervlak. Berekeningen laten zien dat voor verkoelen op wijk of stadsniveau enkele procenten van het stedelijk oppervlak groen dienen te zijn. Ook groene daken dragen bij aan verkoeling op wijk of stadsniveau. Daarnaast dragen (individuele) bomen en vegetatie op de open bodem lokaal bij aan verkoeling. Kanttekening hierbij is dat relatief veel gegevens zijn gebaseerd op modelberekeningen. Meetgegevens zijn vaak afkomstig uit gebieden die op dit moment niet relevant zijn voor Nederland.

---

<sup>15</sup> 1 km<sup>2</sup> is 1.000 bij 1.000 m (1.000.000 m<sup>2</sup>). Op 1000 meter passen 4,3 eenheden van 230 meter (groengebied en tussenruimte) en op 1000 x 1000 meter dus 4,3 x 4,3 = 18,5 eenheden. 18,5 eenheden van 900 m<sup>2</sup> leveren 16.650 m<sup>2</sup> groen op, dat is 16.650/1.000.000 m<sup>2</sup> = 1,67 procent.

## 5 Stoffen en gassen uit de lucht vastleggen

Open bodem kan drager zijn van vegetatie (bomen, struiken, planten), die stof en gassen uit de lucht kan vastleggen en zo gehalten aan luchtverontreinigende stoffen kan verminderen.

Planten kunnen verontreinigingen uit de lucht verwijderen door verontreinigingen aan de bladeren te adsorberen of in de bladeren op te nemen. Voorbeelden hiervan zijn:

- De omzetting van ammoniak tot nitraat door nitrificerende bacteriën op bladeren (Papen *et al.* 2002).
- De mineralisatie van gechloteerde vluchtige organische verbindingen door endofyten in bladeren (Taghavi *et al.* 2005; Weyens *et al.* 2009).
- Een studie in New York voorspelt dat een toename met 10 procent van het door bomen bedekte oppervlak (boomkroon) het ozonniveau op grondniveau met ongeveer 3 procent kan verlagen (US-EPA 2009).

De verwachtingen van de zuiverende werking van vegetatie (bodem, struiken, planten) op luchtkwaliteit lopen in de literatuur nogal uiteen. Er zijn niet veel concrete meetgegevens beschikbaar. Voor zover beschikbaar hebben de meetgegevens vooral betrekking op bomen. Er zijn praktische gidsjes voorhanden, waarin per boom- of struiktype kwalitatief het effect is aangegeven op de verwijdering van fijn stof, stikstofoxiden en ozon (Hiemstra *et al.* 2008). Hierin wordt aangegeven dat naaldbomen effectiever zijn in het verwijderen van fijn stof dan loofbomen.

Voorals bomen en struiken hebben een **indirecte** invloed op de luchtkwaliteit, doordat zij de windsnelheid en turbulentie beïnvloeden en daarmee de plaatselijke concentraties van de luchtverontreiniging. Bomen kunnen de fijn stofconcentraties in de lucht zowel verhogen als verlagen. Zo verlaagt de aanwezigheid van bomen langs een weg of in een straat de gemiddelde windsnelheid. Daardoor kan lokaal de concentratie fijn stofdeeltjes toenemen. Het zijn vooral de grotere deeltjes die worden afgevangen door bomen.

Een boom legt naar schatting netto 100 gram fijn stof per jaar vast (gemiddelde waarde). Op basis van dit gegeven en de kosten die gepaard gaan met vermindering van de uitstoot van fijn stof, valt te berekenen dat de economische waarde van bomen varieert van 40 euro per jaar voor stadsbomen op locaties met hoge concentraties fijn stof en tot 2 euro voor bomen in een bos in het landelijk gebied (Bade *et al.* 2008).

Op basis van beschikbare gegevens ten aanzien van vegetatie en luchtkwaliteit concludeert het RIVM (Wesseling *et al.* 2008) dat de effecten van vegetatie op de jaargemiddelde PM<sub>10</sub>-concentraties in en om een stad gemiddeld minder dan 1 procent zijn. Door het opvullen van beschikbare beplantbare ruimte kan dit worden vergroot tot 2,5 - 7 procent. Uit onderzoek van Becket *et al.* (2000; verwezen in de RIVM studie) blijkt dat deeltjes van orde grootte 15-18 µm aanzienlijk meer worden afgevangen dan de kleinere deeltjes (2 µm). Uit metingen aan concentraties fijn stof bij losse bomen (*Acer platanoides*) langs een drukke snelweg is gebleken dat het potentieel voor filtering van fijn stof (PM<sub>10</sub>) van de verkeersbijdrage circa 11 procent bedraagt. Ten opzichte van de totale PM<sub>10</sub> belasting bedraagt het potentieel voor filtering van fijn stof circa 4 procent (Langner 2007; verwezen in RIVM studie). Het RIVM concludeert dat de effecten van vegetatie op de fijn stofconcentraties in en om een stad beperkt zijn.

### *Conclusies stoffen en gassen uit de lucht vastleggen*

Er is nog veel onduidelijk over de rol van bodem met vegetatie bij het vastleggen van stoffen en gassen uit de lucht. Er zijn ook weinig kwantitatieve data. Voor zover de vegetatie een positieve invloed heeft, gaat het vooral om maatwerk met betrekking tot vegetatietype en plaatsing om het gewenste effect te bereiken.

## **6 Biodiversiteit bevorderen**

Aangenomen kan worden dat het effect van afdekken op grotere schaal negatief is voor de biodiversiteit. Lokaal kunnen de effecten zowel positief als negatief zijn. Stadsranden kunnen tot de meest soortenrijke gebieden in Nederland behoren (Van Zoest & Melchers 2006). Lintvormige afdekking kan schadelijker zijn dan een compacte vorm met gelijk oppervlak omdat lintvormige afdekking sneller een migratiebarrière vormt voor organismen. Daar staat tegenover dat er in Nederland veel is gedaan aan mitigatie van de effecten van lintvormige afdekking (Grift *et al.* 2009; actualisering doelsoorten en doelen, meerjarenprogramma ontsnippering).

De biodiversiteit in de bebouwde omgeving van de stad is vooral onderzocht door middel van inventarisaties van diverse natuur- en milieuorganisaties van bijvoorbeeld planten (Stichting FLORON), insecten (Nederlandse Entomologische Vereniging), vogels (SOVON Vogelonderzoek), reptielen, amfibieën (Reptielen Amfibieën Vissen Onderzoek Nederland), zoogdieren (Zoogdiervereniging)<sup>16</sup>. Vaak wordt beroep gedaan op bewoners om inzicht te krijgen op de biodiversiteit in de stad<sup>17</sup>. Van der Windt *et al.* (2003) pleiten ervoor om het onderzoek te verleggen naar voor de stad specifieke organismen, ecologische processen en structuren.

Uit het enthousiasme van vrijwilligers voor de bovengenoemde inventarisaties blijkt een hoge mate van interesse voor biodiversiteit. Biodiversiteit levert een wezenlijke bijdrage aan menselijk welbevinden in de stad, in de vorm van esthetische waarden, kennis en educatie, en soms ook verbondenheid aan de woonomgeving en spirituele waarden<sup>18</sup>. Dit zijn culturele ecosysteemdiensten (MEA 2005).

Concrete aanknopingspunten in de literatuur om een kwantitatieve relatie te leggen tussen open bodem en biodiversiteit zijn (nog) niet gevonden. Wel zijn bij Van Zoest en Melchers een aantal algemene constateringingen aangetroffen, die van belang zijn bij het verder invullen van de betekenis van open bodem voor biodiversiteit in stedelijke omgeving:

- Vooral bij grotere dieren (zoogdieren, vogels, reptielen en amfibieën) bepaalt de grootte van het leefgebied het aantal soorten dat er voorkomt. De grootte van een park verklaart in hoge mate het aantal vogelsoorten dat erin voorkomt.
- De doorlaatbaarheid (*connectivity*) van een stad voor planten en dieren hangt samen met de groenstructuur, de aanwezige lijnvormige corridors en met de dooradering op straatniveau (het woonomgevingsgroen). Er zijn veel voorbeelden van steden waarbij het creëren of

---

<sup>16</sup> Voorbeelden van organisaties die zich met inventarisaties bezig houden: <http://www.floron.nl>, <http://www.nev.nl>, <http://ambassadeursoorten.nl/wie-kan-helpen/sovon-vogelonderzoek-nederland>, <http://www.ravon.nl>, <http://www.zoogdierveniging.nl>.

<sup>17</sup> [www.telme.nl](http://www.telme.nl), [http://www.trouw.nl/groen/nieuws/dossiers/bioblitz/article3123550.ece/Trouw\\_bioblitz\\_meet\\_de\\_soortenrijkdom\\_in\\_eigen\\_tuintje.html](http://www.trouw.nl/groen/nieuws/dossiers/bioblitz/article3123550.ece/Trouw_bioblitz_meet_de_soortenrijkdom_in_eigen_tuintje.html), [www.waarneming.nl](http://www.waarneming.nl).

<sup>18</sup> Zie ook de paragraaf 7, Bodem als drager van groen ten behoeve van welbevinden en gezondheid.

verbeteren van groene verbindingszones een belangrijk onderdeel is van het groenbeleid (voorbeelden: de groene As in Amsterdam, groenbeleid in Haarlem, Den Haag).

- In veel steden is een duidelijke 'breuk' aanwezig in de soortensamenstelling van de binnenstad en de meer open uitleggingen van na 1950. Vooral verkeerswegen zijn belangrijke hindernissen.
- Verstedelijking gaat gepaard met toename van verticale heterogeniteit. Voor veel diergroepen geldt: hoe complexer de vegetatiestructuur, hoe groter de soortenrijkdom.

Over de biodiversiteit in de stad stellen Van Zoest en Melchers het volgende:

- De biodiversiteit in steden, vooral in de stadsranden, draagt sterk de sporen van de landschappen rondom de steden.
- Uit een inventarisatie van acht Amsterdamse wijken blijkt dat het aantal planten- en diersoorten in een wijk grotendeels wordt bepaald door het voorkomen van stroken met ruw grasland, ruigte en struweel. In zulke randen vind je verreweg de grootste soortenrijkdom, waarvan de meeste soorten juist ontbreken in traditioneel groen.
- De gradiënt in soortenaantallen van de stadskern tot de stadsrand worden bij alle groepen gewervelde dieren en bij veel groepen ongewervelde dieren aangetroffen. Het woonomgevingsgroen en parken in de stadskern zijn relatief soortenarm. Het groen in de open stad is soortenrijker, zeker de parken en groengebieden die in contact staan met de stadsrand en de stadsranden zijn het rijkste aan soorten.
- Naar de binnenstad toe neemt het aantal soorten flora en fauna die gebonden zijn aan menselijke nederzettingen, duidelijk toe. Dit blijkt onder andere uit onderzoek aan de spinnenfauna. Bebouwing biedt (micro)habitats, die equivalenten vormen voor rotsen en bergwanden.
- Naar de binnenstad toe verandert de predatorengemeenschap in samenstelling, het percentage uitheemse begroeiing stijgt, de verstoring- en betredingsdruk wordt groter, bodems worden gemiddeld voedselrijker, de geluidsniveaus nemen toe. De urbane gradiënt oefent daardoor een complexe selectiedruk uit op planten en dieren.
- Door de ophoping van floristische nieuwkomers in steden (neofyten), zijn de stedelijke gebieden vaak rijker aan plantensoorten dan hun ommeland.

### *Conclusies biodiversiteit bevorderen*

Biodiversiteit neemt toe met de omvang (ha) en diversiteit (in horizontale en verticale zin) van vegetatie op open bodem. Kwaliteit van vegetatie is erg belangrijk (dus ook bodemkwaliteit en ruimte). Daarnaast is de verbinding tussen groen cruciaal, ook op wijk niveau.

## **7 Bodem als drager van groen ten behoeve van welbevinden en gezondheid**

### *De relatie tussen groen, welbevinden en gezondheid*

Groen (een verzamelnaam voor alle typen vegetatie) draagt significant bij aan gezondheid en welbevinden van mensen. Om dit groen te realiseren is onbedekte bodem nodig, met voldoende diepte voor worteling en voldoende kwaliteit voor de waterhuishouding, beluchting, en nutriëntenvoorziening.

In de essaybundel 'Van buiten word je beter' (Van den Berg en Van den Berg, 2001) wordt gewezen op de helende werking van natuur en wordt geconstateerd dat er te weinig over bekend is. Ook in

een verkenning uit 2004 werd gesteld dat er veel aanwijzingen zijn voor positieve effecten van groen op gezondheid, maar dat er nog veel onderzoek nodig is om tot bewijzen te komen (GR/RMNO 2004). In een literatuurinventarisatie van de GGD/DCMR (2009) wordt eveneens een trend gevonden van een positieve relatie tussen groen, welbevinden en gezondheid. Harde bewijzen komen er steeds meer, bijvoorbeeld in het project Vitamine G, Natuurlijke omgevingen – Gezonde omgevingen van Alterra en NIVEL (Maas 2009).

Er zijn vijf processen benoemd waardoor de relatie tussen gezondheid en groen vorm krijgt (GR/RMNO 2004):

1. herstel van stress en aandachtsmoeheid;
2. stimuleren van beweging;
3. bevorderen van sociale contacten;
4. ontwikkeling van kinderen;
5. zingeving;

Analyses van de algemene gezondheidsbevorderende werking van groen leverden o.a. de volgende adviezen op (GGD/DCMR, 2009):

- Een groene omgeving is een gezonde omgeving. Meer groen betekent een betere gezondheid. Mensen worden aantoonbaar gezonder door de aanwezigheid van groen.
- Hoe gevarieerder het groenaanbod, hoe beter.
- Gezond groen hoeft niet per definitie ecologisch verantwoord groen te zijn.
- Groen is vooral belangrijk voor ouderen, minder mobiele mensen, mensen met een lager inkomen, kinderen en jongeren tot 24 jaar. Voor deze doelgroepen is de aanwezigheid van groen in de directe omgeving van groot belang.

Deze analyse bevat ook een bijlage met een tabel groen, gezondheid en milieu, waarin een overzicht wordt gegeven van groenvormen in de stedelijke omgeving en de invloed van deze groenvormen op verschillende gezondheids- en milieuaspecten.

### ***Kwantitatieve gegevens voor groen***

Er zijn weinig kwantitatieve gegevens te vinden over de hoeveelheid groen (en geschikte bodem voor groen) die nodig is om effecten te bewerkstelligen op welbevinden en gezondheid. In de Nota Ruimte (2006) wordt 75 m<sup>2</sup> groen per woning genoemd als een 'goed richtgetal' uit de praktijk, waarbij het groen een 'basiskwaliteit' wordt genoemd (zie citaat hieronder). Het gaat hierbij dus niet expliciet over de invloed van groen op welbevinden en gezondheid.

In de Nota Ruimte wordt gesteld:

*"In de planning van provincies en gemeenten zal niet alleen ruimte voor 'rode' functies moeten worden gevonden, maar ook voor parken, groengebieden, sportterreinen en 'groene' en 'blauwe' recreatiemogelijkheden in en om de stad. In de ruimtelijke plannen van provincies en gemeenten wordt de balans tussen bebouwing en groen en blauw integraal meegenomen. De kwaliteiten van de stedelijke en regionale groenstructuur wordt behouden en zo nodig vergroot, waarbij het groen in en om de stad in samenhang met herstructurering, transformatie en nieuwe uitleg wordt ontwikkeld. De gemeenten geven aan welke mate van intensivering van bebouwing nagestreefd wordt, zonder dat dit ten koste gaat van het oppervlakte groen in het bebouwde gebied, en waar verdichting en verdunning mogelijk is. [...]"*

*Het rijk acht het een onderdeel van de te garanderen basiskwaliteit voor alle burgers, dat aan de vraag naar zowel 'rode' als 'groene' en 'blauwe' recreatiemogelijkheden wordt voldaan. Daarbij is het belangrijk dat de*

*mogelijkheden hiervoor in het buitengebied in balans zijn met de ontwikkeling van het bebouwde gebied. De kwaliteiten van de stedelijke en regionale groenstructuur worden versterkt waarbij ook tevens recreatieve tekorten weggewerkt worden. Afhankelijk van de omstandigheden kunnen maatregelen getroffen worden, die het recreatieve gebruik of de beleving verbeteren. [...]Met zorg constateert het rijk dat ook op nieuwe uitleglocaties het groen nogal eens sluitpost van de begroting is. In de praktijk blijkt circa 75 vierkante meter groen per woning een goed richtgetal. Het rijk rekent erop dat gemeenten bij de opzet van nieuwe uitleglocaties dit richtgetal hanteren”.*

De betekenis van het richtgetal van 75 m<sup>2</sup> groen per woning is besproken in het rapport ‘Dwingend vergroenen?’ (Nuijten 2008). In dit rapport wordt geconcludeerd dat er in de praktijk veel onduidelijkheid bestaat over manier waarop dit richtgetal moet worden toegepast. *“Verschillende opvattingen over typen groen die meetellen in de oppervlakte, grenzen van de stad en de berekeningwijze leiden tot verschillen in de datasets van de gemiddelde oppervlakte groen per woning.”*

Uitgaande van de bodemstatistiek 2003 (MNP) voldoen volgens het rapport 13 van de 32 onderzochte gemeenten minimaal aan het richtgetal van 75 m<sup>2</sup> groen per woning. Lelystad scoort het hoogst met ca 280 m<sup>2</sup> en Leiden het laagst met ca 25 m<sup>2</sup>. Hierbij moet in gedachten worden gehouden dat gemeenten verschillend meten.

Ten behoeve van het rapport ‘Dwingend vergroenen?’ is een enquête afgenomen bij de 31 grote gemeenten en Almere. Uit de samenvatting: *“De gemeenten hebben veel ambities op het gebied van groen in de stad, die vaak worden vastgelegd in specifiek groenbeleid. Hierin is de kwaliteit van het groen in de stad van groot belang, voor de kwantiteit blijkt weinig aandacht te zijn. Gemeenten besteden vooral aandacht aan structuren (plekken en verbindingen), bereikbaarheid, toegankelijkheid, bewonerswensen, beleving, bruikbaarheid en beheer en onderhoud van het groen in de stad. Bij de realisatie van de groenambities lopen gemeenten vooral aan tegen problemen wat betreft financiering, de concurrentiepositie van groen, ruimtegebrek en het beheer en onderhoud van het groen. Van de 32 gemeenten blijken er 13 het richtgetal uit de Nota Ruimte te hanteren. Hierbij tellen de gemeenten verschillende typen groen mee, die meestal niet overeen komen met de typen groen die zij onder groen in de stad beschouwen. Bij de toepassing van het richtgetal blijken gemeenten diverse moeilijkheden te ondervinden. Tevens wordt de kwaliteit van het groen in de stad vaak belangrijker gevonden dan de kwantiteit.”*

Daarbij moet opgemerkt worden dat de bedoelde kwaliteit van groen gericht is op de bewoners die het groen bezoeken. De kwaliteit kan echter ook gekoppeld worden aan de mate van water- en temperatuur regulatie, biodiversiteit en de kosten die moeten worden gemaakt voor onderhoud. Idealiter spelen al deze kwaliteiten een rol bij de aanleg en het beheer van groen.

Andere normen genoemd in dit rapport:

- Venlo: VBA-norm van 47 m<sup>2</sup> groen per inwoner.
- Eindhoven: norm van 1 boom per woning.
- Hengelo: reservering van 16-20 procent voor groen en blauw.
- Tilburg: bij stadsuitbreiding 17 procent voor groen en oppervlaktewater.

In aansluiting op de getallen voor Hengelo en Tilburg stelt Van der Wel *et al.* (2010) dat 20-40 procent groen en water nodig is om de nuttige bijdragen van bodem en water goed tot hun recht te laten komen.

Op basis van gegevens van bijvoorbeeld het CBS kan berekend worden wat het richtgetal is voor groen in een gemeente. Zo heeft bijvoorbeeld de gemeente Arnhem 65.000 woningen en 144.000 inwoners. Het richtgetal van 75 m<sup>2</sup> groen per woning komt voor Arnhem neer op een oppervlak

van 4,9 km<sup>2</sup> (65.000 x 75). De VBA-norm van 47 m<sup>2</sup> per inwoner komt voor Arnhem neer op 6,8 km<sup>2</sup> groen (144.000 x 47). De oppervlakte van de gemeente bedraagt ca 102 km<sup>2</sup>, inclusief 'buitengebied'. De normen leiden tot een opgave van 4,8 respectievelijk 6,7 procent groen in de gemeente. Uit gegevens van het rapport van Nuijten (2008) kan worden geschat dat Arnhem ca. 8,8 km<sup>2</sup> groen in de stad heeft, overeenkomend met 8,6 procent.

Het rapport van Nuijten (2008) geeft ook enkele aanbevelingen:

- Onderzoek of een norm in de vorm van oppervlakte per inwoner of woning beter is, of dat een verhoudingsgetal rood/groen beter is.
- Maak semipublieke ruimte zoals sportveld- en volkstuincomplexen publiek toegankelijk.

Verder zijn er nog normen voor afstanden die bewoners maximaal en zonder al te veel moeite zouden moeten afleggen voor een bezoek aan groen. Er is een relatie tussen de normafstand en de gebruiksfrequentie. Voor dagelijks bezoek is een normafstand van 300 m berekend<sup>19</sup>. Voor parken en andere groengebieden die op stedelijke schaal belangrijk zijn - met andere woorden daar gaan mensen uit alle delen van de stad heen - zijn de berekende normafstanden veel groter (2-10 km). De kritische afstand tot een park blijkt echter vaak kleiner dan de normafstand, waarbij weerstand en persoonlijke beperkingen bepalende factoren zijn. Weerstand wordt bepaald door drukke wegen, slecht verlichte onderdoorgangen etc. (Van Zoest en Melchers 2006).

### *Conclusies bodem als drager van groen ten behoeve van welbevinden en gezondheid*

Inmiddels staat vast dat groen in de stad bijdraagt aan het welbevinden en de gezondheid van de bewoners. Voor dit groen is open bodem nodig. Het richtgetal uit de nota Ruimte en ander normen passen goed in het beeld van de behoefte aan groen en open bodem voor andere nuttige bijdragen van de bodem. De kwaliteit van groen is ook erg belangrijk, niet alleen voor de bewoners, maar ook voor andere nuttige bijdragen, zoals water en temperatuurregulatie en biodiversiteit. De gewenste kwaliteit van groen stelt ook eisen aan de bodemkwaliteit, ruimte voor groen en de verbindingen tussen groen in de stad.

### **8 Bodem als drager van groen dat bijdraagt aan de economische waarde**

Via groen kan de economische waarde van een gebied verhoogd worden. *'Wonen in een groene omgeving wordt sterk gewaardeerd. Dit leidt tot hogere huizenprijzen. Voor sommige mensen leidt dat tot onbetaalbare woningen, maar als je er eenmaal woont, voel je je rijk. Door veroudering van een wijk neemt de rijkdom van het groen meestal toe, bomen worden groter, de vegetatie gevarieerder. Het vergroenen van een wijk draagt positief bij aan de waarde van een woning.'* (GGD Hollands Midden 2009).

Bade *et al.* (2008) inventariseerden gegevens over economische waarden van groen in de stad:

- Uit onderzoek van Alterra (2004) blijkt dat het uitzicht op groen 4,5 tot 15 procent van de waarde van het huis bepaalt (uitzicht op park 6 procent, uitzicht op plantsoen 5 procent, uitzicht op open ruimte 9 procent en uitzicht op water 14 procent).
- Ander Alterra onderzoek (Luttik 2000) wees uit dat in Apeldoorn de aanwezigheid van een park in de buurt een waardestijging van 7 procent gaf. Als het huis echt op de rand van het

---

<sup>19</sup> Dit zou in principe betekenen dat twee groengebieden maximaal 600 m uit elkaar mogen liggen.



park stond, leidde dit tot een extra waardestijging van 8 procent, dus in het totaal 15 procent.

- Amerikaans onderzoek: aanwezigheid van 1 grote boom in de voortuin (>9 m) leidt tot waardevermeerdering van 1 procent. Een boom in de straat leidde tot een meerwaarde van 0,75 procent.

In een literatuurstudie naar de wetenschappelijke relatie tussen groen, gezondheid en milieu (GGD/DCMR 2009) worden de volgende resultaten van modelberekeningen voor Philadelphia genoemd:

- Het groen in de stad brengt de stad jaarlijks 23 miljoen dollar aan opbrengsten.
- Het groen levert 16 miljoen dollar aan besparingen.
- Het groen draagt voor 729 miljoen dollar bij aan de rijkdom van de bewoners (waarde van onroerend goed).

Hierbij beïnvloeden de rekenmethodiek en gebruikte data deze resultaten sterk.

### *Conclusies: bodem als drager van groen dat bijdraagt aan de economische waarde*

De economische waarde van de stedelijke omgeving wordt verhoogd door uitzicht op groen en water. Bomen dragen ook bij aan de economische waarde.

## **9 De kwantitatieve gegevens over open bodem in een stedelijke omgeving samengevat**

**Tabel 3.** De belangrijkste bevindingen uit literatuuronderzoek naar de kwantitatieve omvang van diensten van de open bodem eventueel via de zich daarop bevindende vegetatie. De genoemde waarden zijn indicatief; het gaat bijna altijd om maatwerk.

Dienst	Aard en omvang van diensten	Opmerkingen
Waterregulatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hemelwaterafvoer via oppervlakkige infiltratie: ca 50% van het verharde oppervlak nodig.</li> <li>• Hemelwaterafvoer via wadi: ca 15% van het verharde oppervlak nodig.</li> <li>• Halvering verharding (schatting) leidt tot ca 25 - 50% vermindering van afspoeling op respectievelijk klei en zand.</li> <li>• Afspoeling neemt altijd af door open bodem (versterkt door vegetatie daarop) en groene daken, de mate waarin is afhankelijk van omstandigheden.</li> </ul>	Via open bodem en vegetatie daarop, ook via mitigatie door wadi's en groene daken. Maatwerk: resultaat afhankelijk van infiltratiecapaciteit bodem, grondwaterstand, drainage en type vegetatie.
Temperatuur en luchtvochtigheid reguleren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ommeland is 3 – 8 graden koeler dan de stad.</li> <li>• Grote parken koelen stedelijk gebied tot een afstand van 1 à 2 km.</li> <li>• Afkoeling met enkele graden Celsius door kleine groenelementen (0,1 ha) op regelmatige afstand vraagt naar schatting ca 1,5% van het stedelijk oppervlak.</li> <li>• Toename van 10% groen op open bodem leidt tot enkele graden afkoeling in stedelijk gebied.</li> <li>• Lokaal enkele graden afkoeling door vegetatie of bodem.</li> <li>• Lokale afkoeling treedt op in groengebieden vanaf ca. 1 hectare.</li> </ul>	Via open bodem en vegetatie daarop, ook via mitigatie door groene daken. Afkoeling treedt vaak op door hogere luchtvochtigheid en verdamping. Meeste onderzoek verricht in steden met hoge temperaturen. Relevant voor anticipatie op klimaatverandering.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bomen bij gebouwen leiden tot energiebesparing tot maximaal 50%.</li> <li>• Groen dak leidt tot meer dan halvering van de door een gebouw geabsorbeerde warmte.</li> </ul>	
Stof en gassen vastleggen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bijdrage sterk afhankelijk van het type vegetatie en de plaatsing daarvan.</li> </ul>	Via vegetatie. Formulering kwantitatieve randvoorwaarde niet mogelijk.
Dragen van vegetatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Een boom heeft voor de wortels een ruimte nodig vergelijkbaar met de omvang van de kroon.</li> <li>• Een gezonde vegetatie heeft een bodemlaag van ca 0,5 m diep nodig, een homogene grasmat, mos en kruipende planten en rotsvegetatie (sportveld, gazon, groen dak) kunnen met minder toe.</li> <li>• Diepwortelende gewassen ten behoeve van verbetering van de bodemstructuur beïnvloeden een bodemlaag van ca 2 m.</li> </ul>	In de praktijk blijkt vegetatie het 'te doen' met de ruimte die geboden wordt. Dit leidt vaak tot onvolgroeide vegetatie, verzwakte en afstervende bomen.
Biodiversiteit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Positieve relatie tussen grote van een groen gebied in de stad en de biodiversiteit.</li> <li>• Positieve relatie tussen diversiteit van de vegetatie in een groen gebied in de stad en de biodiversiteit van diersoorten.</li> <li>• Positieve relatie tussen de mate van connectiviteit tussen groene gebieden in en rond de stad en biodiversiteit van diersoorten.</li> <li>• Toenemende verstedelijking leidt naast een afname van de biodiversiteit ook tot een veranderende soortensamenstelling.</li> </ul>	Geen kwantitatieve randvoorwaarde te formuleren. 'Hoe meer, hoe beter' op voorwaarde dat de inrichting een hoge diversiteit kent.
Welbevinden en gezondheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Groen draagt bij aan welbevinden en gezondheid van mensen. Voor dit groen is open bodem nodig.</li> <li>• Kwantitatieve relatie ontbreekt, er zijn wel richtgetallen.</li> <li>• Nota ruimte: 75 m<sup>2</sup> groen per woning (leidt in voorbeeldberekening tot 5% groen).</li> <li>• Venlo: 47 m<sup>2</sup> groen per inwoner (leidt in voorbeeldberekening tot 7% groen).</li> <li>• Eindhoven: 1 boom per woning.</li> <li>• Hengelo: 16 – 20 % groen en water.</li> <li>• Normafstanden voor dagelijks bezoek groen en voor grote groengebieden: 300 m resp. 2-10 km.</li> <li>• Schatting Ontdek de stadsbodem: 40 % voor groen en water.</li> </ul>	Via vegetatie. Kwaliteit van vegetatie vanuit een menselijk perspectief wordt hierbij belangrijk gevonden. De relatie met benodigde kwaliteit voor biodiversiteit wordt meestal niet gelegd.
Economische waarde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uitzicht op groen en of water vermeerderd de waarde van een huis met 5-15%.</li> <li>• Nabijheid park verhoogt de waarde met ca 7%.</li> <li>• Aanwezigheid van een of meerdere bomen bij huis of in straat leidt tot waardevermeerdering.</li> </ul>	Via vegetatie. Geen kwantitatieve randvoorwaarde te formuleren.

## 10 Literatuur

N.B. Literatuur uit de adviesbrief staat vermeld in de voetnoten onderaan de pagina. Deze lijst bevat de geraadpleegde literatuur uit de bijlage bij het advies.

Bade, T. *et al.*, 2008. De kroon op het werk. Werken aan het juiste klimaat voor mensen en bomen. Triple E productions.

Buik, N. *et al.*, 2004. Analyse van temperatuurmetingen in de Nederlandse ondergrond. *Stromingen* 10(4):13-22.

Georgi, J.N. en D. Dimitriou, 2010. The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece. *Building and Environment* 45:1401-1414.

GGD Hollands Midden, 2009. Bio + Divers = Gezond! Informatief rapport in het kader van het Biodiversiteit Actieplan Leiden en omgeving. In opdracht van provincie Zuid-Holland.

GGD/DCMR, 2009. Rotterdam. Gezond groen gewoon doen! Een literatuurstudie naar de wetenschappelijke relatie tussen groen, gezondheid en milieu en aanbevelingen voor een gezond Rotterdams groenbeleid. GGD Rotterdam Rijnmond en DCMR Milieudienst Rijnmond.

Gill, S.E., 2007. Adapting cities for climate change: the role of the green infrastructure. *Built Environment* 33:115-133.

GR/RMNO, 2004. Natuur en gezondheid. Deel 1 van een tweeluik: verkenning van de stand der wetenschap. Gezondheidsraad en Raad voor ruimtelijk, milieu- en natuuronderzoek.

GR/RMNO, 2004. Natuur en gezondheid. Invloed van natuur op sociaal, psychisch en lichamelijk welbevinden.

Grift, E.A. van der *et al.*, 2009. Actualisering doelsoorten en doelen Meerjarenprogramma Ontsnippering. Alterra-rapport 1941.

Hiemstra, J.A. *et al.*, 2008. Bomen. Een verademing voor de stad. Plant Publicity Holland en Vereniging van Hoveniers en Groenvoorzieners.

Kuttler, W., 2008. The urban climate – basic and applied aspects. In: Marzluff, J.M., *et al.* (eds) *Urban Ecology*, pp. 161-179. Springer.

Maas, J., 2009. Vitamine G: Natuurlijke omgevingen – Gezonde omgevingen. Proefschrift Universiteit Utrecht.

MEA, 2005. Millennium ecosystem assessment. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis. World Resources Institute, Washington DC.

Nota Ruimte, 2006. Ruimte voor ontwikkeling. Deel 4: tekst na parlementaire instemming. VROM, LNV, V&W en EZ.

Nuijten, 2008. Dwingend vergroenen? Onderzoek naar de toepassing van het richtgetal van 75 m<sup>2</sup> groen per woning uit de Nota Ruimte en de relatie met de kwaliteit van het groen in de stad. Afstudeerscriptie Wageningen UR.

Papen, H., A. Geßler, E. Zumbusch & H. Rennenberg, 2002. Chemolithoautotrophic nitrifiers in the phyllosphere of a spruce ecosystem receiving high atmospheric nitrogen input. *Current Microbiology* 44: 56–60.

Poelman, E., 2004. Regenwater bufferen en infiltreren. Provinciaal Centrum voor Milieuonderzoek. [http://www.vlaamsbrabant.be/binaries/regenwater-bufferen-en-infiltreren\\_tcm5-7599.pdf](http://www.vlaamsbrabant.be/binaries/regenwater-bufferen-en-infiltreren_tcm5-7599.pdf).

Shashua-Bar, L. en M.E. Hoffman, 2000. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street. An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. *Energy and Buildings* 31:221-235.

- Taghavi, S., T. Barac, B. Greenberg, B. Borremans, J. Vangronsveld, & D. van der Lelie, 2005. Horizontal Gene Transfer to Endogenous Endophytic Bacteria from Poplar Improves Phytoremediation of Toluene. *Applied and Environmental Microbiology* 71(12):8500-8505.
- TCB, 2009. Advies Gevolgen afdekken van bodem. Kenmerk A048(2009).
- US-EPA 2008. Reducing urban heat islands. Compendium of strategies. Chapter 2: trees and vegetation. [www.epa.gov/heatland/resources/compendium.htm](http://www.epa.gov/heatland/resources/compendium.htm).
- Van den Berg, A. en M. van den Berg, 2001. Van buiten wordt je beter. Een essay over de relatie tussen natuur en gezondheid. Bijlage bij jaarboek Alterra 2001.
- Van der Wel, N. *et al.*, 2010. Ontdek de stadsbodem. TCB/Natuurmedia.
- Van Zoest, J. en M. Melchers, 2006. Leven in stad. Betekenis en toepassing van natuur in de stedelijke omgeving. KNNV Uitgeverij Utrecht.
- Verstraete, W., 2010. Schriftelijke mededeling prof. W. Verstraete, Universiteit Gent.
- Wesseling, J. *et al.*, 2008. Effecten van groen op luchtkwaliteit. RIVM rapport 680705012.
- Wessolek, G., 2008. Sealing of soils. In: Marzluff, J.M., *et al.* (eds) *Urban Ecology*, pp. 161-179. Springer.
- Weyens, N., D. van der Lelie, S. Taghavi & J. Vangronsveld, 2009. Phytoremediation: Plant-endophyte partnerships take the challenge. *Current Opinion in Biotechnology* 20(2):248-254.
- Windt, H.J. van der, T. J. Wams & W.A. Wiersinga, 2003. De rots in het weiland. *Landschap* 20(3) 165-171.
- Witteveen+Bos, 2010. Notitie Waterbergingsopgave Randenbroek-Zuid.  
[Www.tuinvragen.](http://www.tuinvragen.com/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=67)  
[http://www.tuinvragen.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=58&Itemid=67](http://www.tuinvragen.com/index.php?option=com_content&view=article&id=58&Itemid=67)  
[Www.waterbewust.](http://www.waterbewust.nl/oppervlakteinfiltratie.htm) <http://www.waterbewust.nl/oppervlakteinfiltratie.htm>.

*TCB adviezen gerelateerd aan dit advies:*

Advies Gevolgen afdekken van bodem, A048(2009), mei 2009

Advies Beleidsvisie duurzaam gebruik ondergrond, A052(2009), 26 november 2009

*De commissieleden van de TCB zijn:*

**Mevr. A. Edelenbosch**, voorzitter TCB

**Prof.dr. P.C. de Ruiter**, plaatsvervangend voorzitter TCB, hoogleraar Milieuwetenschappen aan de Universiteit Utrecht, wetenschappelijk manager Centrum Bodem bij Wageningen UR

**Prof.dr.ir. F.B.J. Barends**, hoogleraar Grondwatermechanica aan de TU Delft, lid wetenschapsteam bij Deltares (Geo-Engineering)

**Dr. J. Griffioen**, milieugeochemicus bij Deltares/TNO Geological Survey of the Netherlands

**Drs. C. Hegger**, arts maatschappij en gezondheid bij GGD Rotterdam-Rijnmond

**Dr.ir. J.J. Neeteson**, manager business unit Agrosysteemkunde van Plant Research International, WUR en geeft leiding aan de leerstoelgroep Biologische Landbouwsystemen van Wageningen Universiteit

**Prof.dr. J.G.M. Roelofs**, hoogleraar Aquatische Ecologie en Milieubiologie aan de Radboud Universiteit Nijmegen

**Prof.dr. J.C.H.M. Vangronsveld**, hoogleraar Milieukunde aan de Universiteit van Hasselt

**Prof.dr. W. Verstraete**, hoogleraar Microbiële ecologie en technologie aan de Universiteit van Gent

**Prof.dr. W.P. de Voogt**, bijzonder hoogleraar Milieuchemie van opkomende watercontaminanten aan de Universiteit van Amsterdam, principal scientist bij KWR Nieuwegein

**Dr. A.P. van Wezel**, ecotoxicoloog, teamleider Chemische waterkwaliteit en gezondheid bij KWR Nieuwegein

**Dr. C.M. Plug**, ministerieel vertegenwoordiger, directeur Duurzaam Produceren, Ministerie van Infrastructuur en Milieu

*Het secretariaat van de TCB:*

**Dr. J. van Wensem**, algemeen secretaris

**Dr.ir. A.E. Boekhold**, plaatsvervangend algemeen secretaris

**Drs. J. Tuinstra**, senior adjunct secretaris

**Drs. M. ten Hove**, adjunct secretaris

**Drs. J.L.M. Oomes**, adjunct secretaris

**S.I. Sewnarain**, administratief medewerker

Dit advies is opgesteld door Joke van Wensem en Jaap Tuinstra.