

rivm

Rapport 607050005/2010

J.W. Claessens | E.M. Dirven

Klimaatverandering en het stedelijk gebied

De bodemfactor

RIVM-rapport 607050005/2010

Klimaatverandering en het stedelijk gebied

De bodemfactor

J.W. Claessens
E.M. Dirven

Contact:
Jacqueline Claessens
Laboratorium voor Ecologische Risicobeoordeling
jacqueline.claessens@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van VROM-LOK, in het kader van RIVM-project M/607050/09.

© RIVM 2010

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'.

Rapport in het kort

Klimaatverandering en het stedelijk gebied

De bodemfactor

De klimaatverandering kan in steden onder andere tot extreme neerslag leiden, met wateroverlast als gevolg. Een effectieve maatregel hiertegen is het zogeheten waterbergend vermogen van het stedelijk gebied te vergroten, waarvoor het ondergronds bergen van water een goede oplossing is. Ook moet een stedelijke omgeving beschikken over voldoende onafgedekte bodem, zoals parken, tuinen en wegbermen, zodat overtollig water gemakkelijker kan wegstromen. Een ander voordeel van openbaar groen is dat het schaduw biedt en daarmee verkoeling bij extreme hitte, een ander gevolg van klimaatverandering. Het thema 'afdekking' komt echter niet terug in klimaatprogramma's waarmee provincies en gemeenten steden bestendiger kunnen maken tegen de gevolgen van de klimaatverandering. Steden zouden daarom hieraan explicieter aandacht moeten besteden. Dit blijkt uit een inventarisatie van het RIVM van de klimaatprogramma's van twee grote steden in Nederland.

Voor de inventarisatie is gekeken welke bodemthema's, zoals warmte-koudeopslag, de vruchtbaarheid van de bodem en de diversiteit aan organismen erin, in de klimaatprogramma's terugkomen. Maatregelen vanuit bepaalde thema's (warmte-koudeopslag, ondergronds ruimtegebruik en wateropslag) blijken al veel te worden toegepast. Bij dergelijke maatregelen is direct te merken wat het oplevert, de zogenoemde harde thema's. De 'softere' bodemthema's, zoals bodemvruchtbaarheid en biodiversiteit (ecosysteemdiensten), worden minder ingezet. Zo lijkt investeren in een goede bodemvruchtbaarheid geen financieel voordeel te hebben. Hierdoor gaan marktpartijen hier niet mee aan de slag en zal de overheid deze thema's moeten stimuleren.

Trefwoorden: klimaatverandering, stedelijk gebied, bodem, kansen en bedreigingen, wateroverlast

Abstract

Climate change and the urban area

The contribution of soil

One of the possible effects of climate change is an increased frequency of extreme rainfall events which, in cities, may lead to an overburdening of the public water system. An effective measure to protect urban areas against such overflow events is to increase the water storage capacity, such as by expanding the capacity for storing water underground. Additionally, urban areas should contain sufficient unsealed soil in the form of city parks, gardens, verges and other green spaces so that excess water can easily infiltrate the soil. Another advantage of public green areas is that they provide shadow and thereby have a cooling effect during periods of extreme heat, which is also an effect of climate change. However, the topic 'soil sealing' does not appear in government-supported climate programmes aimed at making cities more resistant to the consequences of a changing climate. The cities themselves should therefore focus more explicitly on this issue. These are the outcomes of an inventory of the climate programmes of two large cities in the Netherlands carried out by the RIVM.

In this inventory, the RIVM looked at which topics related to the soil (heat/cold storage, soil fertility and soil biodiversity, among others) were incorporated into the climate change programmes. Measures concerning to certain 'hard' aspects of soil, such as heat/cold storage, underground use of space and water storage, have already been realized on a relatively large scale, with clearly visible benefits. The less concrete aspects, such as biodiversity and soil fertility (soil ecosystem services), have been implemented on a much smaller scale. It would appear that investing in soil fertility and other such 'soft' aspects of soil is financially unattractive to stakeholders and that governments will have to stimulate investments in these areas.

Key words: climate change, urban areas, soil, opportunities and threats, water inconvenience

Inhoud

Samenvatting		7
1	Inleiding	15
2	Effecten van klimaatverandering op de bodem	17
2.1	Bodemambities	17
2.1.1	Waterberging en -opslag	17
2.1.2	Diffuse chemische bodemkwaliteit/bodembelasting	18
2.1.3	Grondwaterkwaliteit	19
2.1.4	Lokale bodemverontreiniging	20
2.1.5	Draagkracht	20
2.1.6	Verdichting	21
2.1.7	Afdekking	23
2.1.8	Biodiversiteit	25
2.1.9	Bodemvruchtbaarheid	26
2.1.10	Bodemdaling	27
2.1.11	Verdroging	28
2.1.12	Versnippering	29
2.1.13	Verziltting	29
2.1.14	Ondergronds ruimtegebruik	30
2.1.15	WKO	31
2.2	Synthese	31
3	Klimaatbeleid van de gemeente en provincie Utrecht	35
3.1	Inleiding	35
3.2	Bodemambities	35
3.2.1	Waterberging en -opslag	35
3.2.2	Diffuse chemische bodemkwaliteit/bodembelasting	36
3.2.3	Grondwaterkwaliteit	36
3.2.4	Lokale bodemverontreiniging	36
3.2.5	Draagkracht	37
3.2.6	Verdichting	37
3.2.7	Afdekking	37
3.2.8	Biodiversiteit	37
3.2.9	Bodemvruchtbaarheid	38
3.2.10	Bodemdaling	38
3.2.11	Verdroging	38
3.2.12	Versnippering	39
3.2.13	Verziltting	39
3.2.14	Ondergronds ruimtegebruik	39
3.2.15	WKO	39
3.3	Discussie	39
4	Klimaatbeleid van de gemeente Rotterdam en provincie Zuid-Holland	41
4.1	Inleiding	41
4.2	Bodemambities	41
4.2.1	Waterberging en -opslag	41

4.2.2	Diffuse chemische bodemkwaliteit/bodembelasting	42
4.2.3	Grondwaterkwaliteit	42
4.2.4	Lokale bodemverontreiniging	43
4.2.5	Draagkracht	43
4.2.6	Verdichting	43
4.2.7	Afdekking	43
4.2.8	Biodiversiteit	44
4.2.9	Bodemvruchtbaarheid	44
4.2.10	Bodemdaling	44
4.2.11	Verdroging	44
4.2.12	Versnippering	44
4.2.13	Verziltting	44
4.2.14	Ondergronds ruimtegebruik	44
4.2.15	WKO	45
4.3	Discussie	45
5	Conclusies	47
5.1	Synthese	47
5.2	Discussie	48
5.3	Aanbevelingen	49
	Literatuur	51
	Websites	53
	Bijlage 1: Ecosysteemdiensten van de bodem	55

Samenvatting

Het klimaat op aarde is aan het veranderen. In Nederland kunnen die veranderingen zich manifesteren in een stijgende zeespiegel, grootschalige overstromingen, extreme neerslag maar ook extreme droogte en hitte. Deze veranderingen vormen een mogelijk risico voor mens en milieu als er geen maatregelen worden getroffen. Ook kunnen deze veranderingen leiden tot kansen waarop de maatschappij zou kunnen inspelen. Het doel van dit onderzoek is om inzichtelijk te maken in hoeverre gemeenten maatregelen nemen of kansen zien om in te spelen op klimaatverandering.



Foto 1: Extreme neerslag is een van de gevolgen van klimaatverandering. In het stedelijk gebied kan extreme neerslag leiden tot wateroverlast. Omdat in het stedelijk gebied de bodem grotendeels is afgedekt, kan het water niet de bodem indringen en moet het dus onder andere worden afgevoerd naar het riool. Bij hevige regenbuien leidt dit tot wateroverlast in de straten. Foto: Liesbet Dirven.

De bodem kan bijdragen aan het klimaatbestendig maken van de stad door bijvoorbeeld opname van water in tijden van extreme neerslag. In het stedelijk gebied is de bodem vaak grotendeels afgedekt door bebouwing en wegen. Hierdoor gaat de functie van wateropname en waterafvoer van de bodem verloren (Foto 1). Een maatregel om het stedelijke gebied meer klimaatbestendig te maken, is dan ook de realisatie van openbaar groen (parken, moestuinen, volkstuinen). Openbaar groen speelt bovendien een belangrijke rol in tijden van extreme droogte en hitte. Parken zorgen voor afkoeling waardoor het zogenoemde ‘hitte-eilandeffect’ in de stad wordt verkleind (Foto 2). Het ‘hitte-eilandeffect’ in stedelijk gebied wordt veroorzaakt door de hogere absorptie van zonlicht door de aanwezige donkere materialen en de relatief lage windsnelheden en men verwacht dat het leidt tot een verhoogde sterfte onder ouderen.



Foto 2: In tijden van extreme hitte zorgen parken voor verkoeling in het stedelijke gebied. Het Sarphatipark in Amsterdam. Foto: Herman Brinkman.

De effecten van klimaatverandering op de leefomgeving zijn in dit onderzoek bestudeerd aan de hand van de thema's van bodemambities. De thema's van bodemambities omvatten alle mogelijke functies die de bodem kan hebben (Tekstbox 1). Per thema is onderzocht in hoeverre de bodem kan bijdragen aan het klimaatbestendig maken van de stad. De effecten van klimaatverandering zijn beschreven in termen van kansen en risico's. Verschillende thema's overlappen elkaar waardoor sommige aspecten verschillende keren aan de orde komen. In aanvulling op de thema's van bodemambities wordt ook waterberging en -opslag besproken.

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.

Om het klimaatbeleid van gemeenten te inventariseren, zijn twee verschillende gemeenten met uiteenlopende problematiek gekozen: Utrecht (Foto 3) en Rotterdam. Voor deze gemeenten is door middel van een literatuurstudie op internet het klimaatbeleid met betrekking tot de bodem geïnventariseerd. Uit deze analyse is vervolgens geconcludeerd welke aspecten van het klimaatbeleid het klimaatbestendig maken van de stad en het hierbij benutten van de bodem kunnen bevorderen.



Foto 3: De binnenstad van Utrecht is grotendeels afgedekt. Afgedekte bodem draagt niet meer bij aan de opname van vocht. Foto: Ernest Rozendal.

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de verschillende thema's en hun relatie tot elkaar. Ook wordt het mogelijke effect op het klimaatbestendig maken van de stad en de benodigde maatregelen gegeven.

Tabel 1: Overzicht van de relatie tussen de thema's van bodemambities en het mogelijke effect op het klimaatbestendig maken van de stad. In de laatste kolom worden de maatregelen gegeven. De geel gearceerde thema's zijn de thema's waarvoor gemeenten maatregelen kunnen treffen. De groen gearceerde thema's zijn de thema's waarvoor toegepast onderzoek nodig is voordat beleidsmaatregelen kunnen worden getroffen.

Thema	Relatie met het thema	Effect op klimaatbestendig maken stad	Maatregel
Wateropslag en -berging	Ondergronds ruimtegebruik, verdichting, afdekking, verdroging, bodemvruchtbaarheid	Waterbergend vermogen	Beleidsmaatregelen
Diffuse bodemkwaliteit	Grondwaterkwaliteit, biodiversiteit	Grondwaterkwaliteit, biodiversiteit	Beleidsmaatregelen
Grondwaterkwaliteit	Ondergronds ruimtegebruik, verzilting	grondwaterkwaliteit	Beleidsmaatregelen
Lokale bodemverontreiniging	WKO, grondwaterkwaliteit	Reductie CO ₂ -uitstoot, grondwaterkwaliteit	Beleidsmaatregelen
Draagkracht	Bodemdaling, verdichting	Mogelijkheden voor bebouwing	Beleidsmaatregelen
Verdichting	Biodiversiteit, draagkracht, bodemvruchtbaarheid	Waterbergend vermogen, openbaar groen en biodiversiteit	Toegepast onderzoek naar bijdrage aan klimaatbestendigheid
Afdekking	Wateropslag en -berging, biodiversiteit, bodemvruchtbaarheid	Waterinfiltratie en openbaar groen	Beleidsmaatregelen
Biodiversiteit	Bodemvruchtbaarheid, verdichting, versnippering, verdroging, verzilting	Openbaar groen, natuur in de stad	Toegepast onderzoek naar bijdrage aan klimaatbestendigheid
Bodemvruchtbaarheid	Biodiversiteit, bodemvruchtbaarheid	Waterbergend vermogen, openbaar groen, boven- en ondergrondse biodiversiteit	Toegepast onderzoek naar bijdrage aan klimaatbestendigheid
Bodemdaling	Draagkracht	Mogelijkheden voor bebouwing, oxidatie veen	Beleidsmaatregelen
Verdroging	Biodiversiteit, bodemdaling	Waterbergend vermogen, natuur in de stad, boven- en ondergrondse biodiversiteit, oxidatie veen	Beleidsmaatregelen
Versnippering	Biodiversiteit	Migratie soorten, boven- en ondergrondse biodiversiteit	Toegepast onderzoek naar 'hitte-eilandeffect'
Verzilting	Grondwaterkwaliteit, biodiversiteit	Grondwaterkwaliteit	Toegepast onderzoek naar effect op grondwaterkwaliteit
Ondergronds ruimtegebruik	WKO, waterberging en -opslag	Reductie CO ₂ -uitstoot, waterbergend vermogen	Beleidsmaatregelen
WKO	Ondergronds ruimtegebruik, bodemverontreiniging, grondwaterkwaliteit	Reductie CO ₂ -uitstoot, grondwaterkwaliteit	Beleidsmaatregelen

Uit Tabel 1 blijkt dat vooral het thema biodiversiteit een raakvlak heeft met diverse andere thema's. Voor de thema's verdichting, biodiversiteit, bodemvruchtbaarheid, verdroging en versnippering zou door middel van toegepast onderzoek uitgezocht moeten worden wat de bijdrage kan zijn aan het klimaatbestendig maken van de stad. Een gezonde onafgedekte bodem speelt een belangrijke rol bij het waterbergend vermogen van een gebied (Foto 4). Voor het thema verzilting zou onderzocht moeten worden wat het effect is op de drinkwatervoorziening. Voor de thema's waterberging en -opslag, ondergronds ruimtegebruik, WKO, draagkracht, bodemdaling en afdekking volstaan beleidsmaatregelen op lokaal en regionaal niveau. De thema's lokale bodemverontreiniging, diffuse bodemverontreiniging en grondwaterkwaliteit zouden meegenomen moeten worden bij een klimaatbestendige inrichting van de stad. Dit kan gekoppeld worden aan gebiedsgericht bodembeheer.



Foto 4: Een gezonde onafgedekte bodem speelt een belangrijke rol bij het waterbergend vermogen van een gebied. Op een gezonde bodem kan bovendien openbaar groen worden gerealiseerd dat in tijden van extreme hitte verkoeling kan geven. Foto: Ton Schouten.

Zowel voor de gemeente Rotterdam als de gemeente Utrecht zijn veel initiatieven gevonden op het gebied van klimaat. Er bestaan uitgebreide klimaatprogramma's waarin verschillende bodemthema's impliciet of expliciet terugkomen. Bepaalde thema's (WKO, ondergronds ruimtegebruik en wateropslag) worden al veel toegepast. Dit zijn dan ook de thema's waarbij maatregelen direct laten zien wat het oplevert, de zogenoemde 'harde' thema's. Aangezien de toepassing van bijvoorbeeld WKO financieel nogal wat oplevert, wordt het vaak opgepikt door verschillende marktpartijen.

De meer 'softe' bodemthema's (ecosysteemdiensten van de bodem) worden minder toegepast in de praktijk. Een goede bodemvruchtbaarheid levert bijvoorbeeld wel degelijk wat op. Het is alleen minder zichtbaar. Aangezien investeren in een goede bodemvruchtbaarheid geen financieel voordeel lijkt te hebben, gaan marktpartijen hier niet mee aan de slag. Deze bodemthema's zullen door de overheid gestimuleerd moeten worden. Een gezonde bodem zal op de lange termijn namelijk wel bijdragen aan de adaptatiemogelijkheden van klimaatverandering.

Opvallend is dat het thema afdekking niet expliciet terugkomt in de klimaatprogramma's. Het thema afdekking is van belang voor het vergroten van het waterbergende vermogen van het stedelijke gebied.

De maatregelen van de gemeente Utrecht en Rotterdam zijn samengevat in Tabel 2.

Tabel 2: Maatregelen en kansen in het stedelijke gebied van Utrecht en Rotterdam. De 'harde' thema's zijn geel gearceerd. De 'softe' thema's zijn groen gearceerd.

	Utrecht	Rotterdam
Waterberging en -opslag	Afkoppelen afvoer hemelwater, bergbezinkbassins, wadi's, watervasthoudend en reinigend vermogen van de bodem	Waterpleinen, singels, ondergrondse waterberging, groene daken
Diffuse chemische bodemkwaliteit	-	Inventarisatie verhoging zuiveringsinspanning door bodemverontreiniging
Grondwaterkwaliteit	Combinatie van WKO en bodemsanering in stationsgebied	-
Lokale bodemverontreiniging	Combinatie van WKO en bodemsanering in stationsgebied	-
Draagkracht	Duurzaam waterbeheer	Peilbeheer
Verdichting	-	-
Afdekking	-	-
Biodiversiteit	Ondersteuning bewonersinitiatieven openbaar groen	Groene daken, natuurvriendelijke oevers
Bodemvruchtbaarheid	-	-
Bodemdaling	-	Peilbeheer
Verdroging	Aanvullende maatregelen moeten nog worden genomen	Aansluiting bij bestaande trajecten
Versnippering	-	Groene daken, natuurvriendelijke oevers
Verziltig	-	Realisatie brakwatermilieu
Ondergronds ruimtegebruik WKO	Ondergrondse waterberging, bodemenergiesystemen Combinatie van WKO en bodemsanering in stationsgebied	Ondergrondse waterberging, bodemenergiesystemen Stimulatie WKO door provincie

Een ander aandachtspunt is dat de bodemthema's die relevant zijn voor klimaatverandering erg verspreid zijn over verschillende overheden en afdelingen binnen overheden. Het onderwerp klimaat is van belang voor zowel de ruimtelijke ordening als de bodem. De verandering 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 klimaatverandering, is veel communicatie tussen overheden en afdelingen binnen de overheden nodig. Het draagvlak binnen de overheid op het gebied van klimaatverandering moet voldoende groot zijn om initiatieven te kunnen laten slagen.

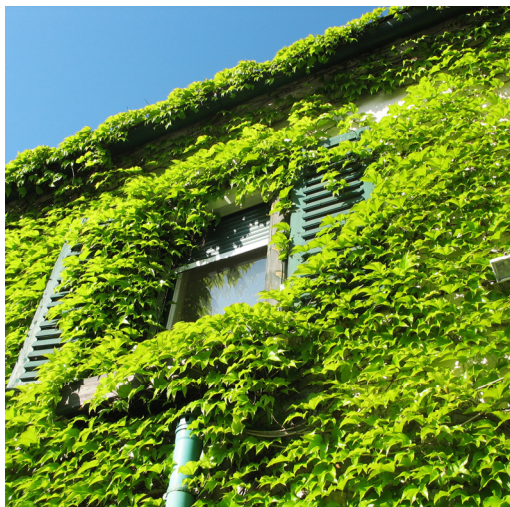


Foto 5: De realisatie van groene daken en muren is een goed initiatief van bewoners om het stedelijk gebied klimaatbestendiger te maken. Groen in de straten zorgt in de zomer voor verkoeling. Bovendien kunnen groene muren de biodiversiteit verhogen en ook als broedplaats voor vogels dienen. Foto: Maciek PELC.

De gemeente moet ook zorgen voor communicatie naar de burgers. De initiatieven van de burgers zijn heel belangrijk in het klimaatbestendig maken van de stad. De burgers moeten als eerste bewust worden gemaakt dat zij zelf ook kunnen bijdragen aan het klimaatbestendig maken van hun woonomgeving. Voorbeelden hiervan zijn de aanleg van tuinen zonder afdekking en de realisatie van groene daken (Foto 5). Maar ook goede maatregelen zijn het afvoeren van hemelwater in de tuin in plaats van op het riool (Foto 6), het afkoppelen van de regenpijp, de regenton en het zo schoon mogelijk houden van het rioolwater. Een voorbeeld van communicatie is het project Klimaatbestendigheid is geen spel van de provincie Utrecht. In dit project worden schoolbesturen op speelse wijze uitgedaagd te investeren in klimaatneutraliteit, terwijl leerlingen bij deze maatregelen worden betrokken.

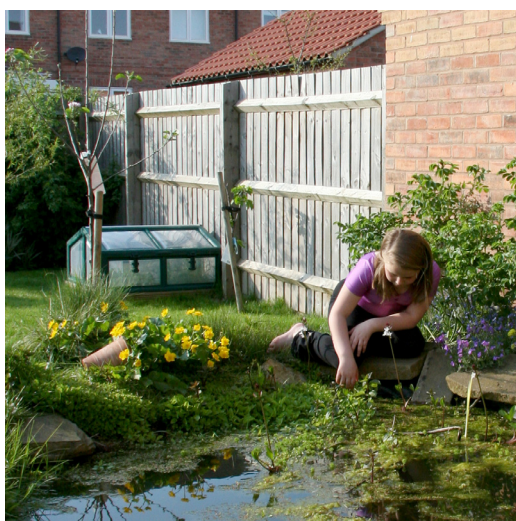
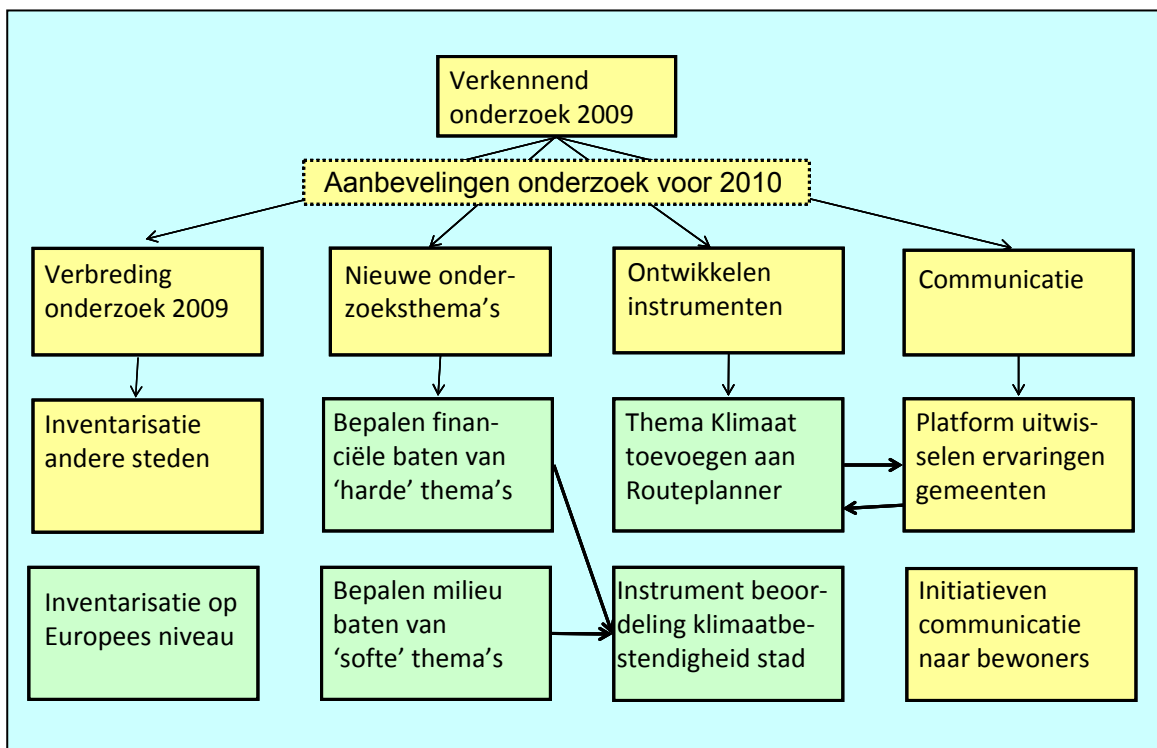


Foto 6: Het afvoeren van hemelwater in de tuin in plaats van op het riool is een goede maatregel voor het klimaatbestendig maken van de woonomgeving. Foto: Bev Lloyd-Roberts.

Een van de aanbevelingen (Figuur 1) die volgt uit dit onderzoek, is het opnemen van het onderwerp klimaat in een bestaand instrument (zoals Routeplanner Bodemambities). Met een dergelijk instrument kunnen gemeenten afwegen of bepaalde maatregelen voor hen gunstig zijn. Ook kunnen op die manier alle gemeenten worden bereikt waardoor een breed draagvlak kan worden gecreëerd voor het nemen van maatregelen ten behoeve van klimaatbestendigheid van de stad. Een dergelijke afwegingssystematiek zou gebruikt kunnen worden om de verschillende ingrepen ten opzichte van elkaar te optimaliseren. Hiervoor is het nodig dat de effectiviteit van maatregelen toetsbaar of zichtbaar kan worden gemaakt. Een toetsinstrument op basis van indicatoren zou kunnen worden ontwikkeld. Als indicatoren kan worden gedacht aan het waterbergend vermogen van een gebied of het oppervlak openbaar groen van het stedelijk gebied. Hiermee kunnen gebieden en steden worden beoordeeld op klimaatbestendigheid.

Figuur 1: Samenvatting van de aanbevelingen voor voortzetting van het onderzoek in 2010. Er wordt aanbevolen de groen gearceerde onderwerpen verder uit te werken in 2010.



1 Inleiding

Aanleiding

Het klimaat op aarde is aan het veranderen. Temperatuurstijgingen van 2°C zijn voorspeld en brengen al grote veranderingen in het klimaat met zich mee. In Nederland kunnen die veranderingen zich manifesteren in een stijgende zeespiegel, grootschalige overstromingen, extreme neerslag maar ook extreme droogte en hitte (website KNMI). Deze veranderingen vormen een mogelijk risico voor mens en milieu als er geen maatregelen worden getroffen. Ook kunnen deze veranderingen leiden tot kansen waarop de maatschappij zou kunnen inspelen. De aanpassing van de samenleving aan het veranderende klimaat wordt adaptatie genoemd. Het nemen van maatregelen om de emissies van broeikasgassen te verminderen, heet mitigatie.

Beleid voor adaptatie en mitigatie speelt een belangrijke rol in het stedelijke gebied. Verschillende onderzoeksgebieden hebben hiermee te maken, zoals ruimtelijke ordening, luchtkwaliteit en economie (Kuypers et al., 2009; Rijke et al., 2009). Bij de inrichting van de stad speelt ook de bodem een belangrijke rol (Foto 7). In 2008 heeft het RIVM onderzoek gedaan naar de effecten van hoogwater op de bodem in het landelijke en stedelijke gebied (Claessens en Van der Wal, 2008). De bodem kan bijdragen aan het klimaatbestendig maken van de stad door bijvoorbeeld opname van water in tijden van extreme neerslag. In het stedelijk gebied is de bodem vaak grotendeels afgedekt door bebouwing en wegen. Hierdoor gaat de functie van wateropname en waterafvoer van de bodem verloren. Een maatregel om het stedelijke gebied meer klimaatbestendig te maken, is dan ook de realisatie van openbaar groen (parken, moestuinen, volkstuinten). Openbaar groen speelt bovendien een belangrijke rol in tijden van extreme droogte en hitte. Parken zorgen voor afkoeling waardoor het zogenoemde ‘hitte-eilandeffect’ in de stad wordt verkleind (Van Drunen en Lasage, 2007). Het ‘hitte-eilandeffect’ in stedelijk gebied wordt veroorzaakt door de hogere absorptie van zonlicht door de aanwezige donkere materialen en de relatief lage windsnelheden en men verwacht dat het leidt tot een verhoogde sterfte onder ouderen (Planbureau voor de Leefomgeving, 2009).

Doel

Het doel van het onderzoek was om inzichtelijk te maken in hoeverre gemeenten maatregelen nemen of kansen zien met betrekking tot de bodem om in te spelen op klimaatverandering.

Aanpak

In dit onderzoek zijn de effecten van klimaatverandering op de bodem en leefomgeving bestudeerd aan de hand van de thema's van bodemambities (Tekstbox 1). De bodemthema's die van belang zijn in een bepaald gebied, kunnen onder andere met behulp van de Routeplanner Bodemambities worden geïdentificeerd waarna er ambities (bodemambities) kunnen worden geformuleerd. Als leidraad voor het onderzoek zijn de effecten van klimaatverandering op de verschillende thema's van de Routeplanner Bodemambities onderzocht. Per thema is onderzocht in hoeverre de bodem kan bijdragen aan het klimaatbestendig maken van de stad. De effecten van klimaatverandering zijn beschreven in termen van kansen en risico's. Verschillende thema's overlappen elkaar waardoor sommige aspecten verschillende keren aan de orde komen.

Om het klimaatbeleid van gemeenten te inventariseren, zijn twee verschillende gemeenten met uiteenlopende problematiek gekozen: Utrecht en Rotterdam. Voor deze gemeenten is door middel van

een literatuurstudie op internet het klimaatbeleid met betrekking tot de bodem geïnventariseerd. Met als leidraad de thema's van bodemambities is onderzocht welke aspecten van de bodem nog niet worden meegenomen in het klimaatbeleid. Uit deze analyse is vervolgens geconcludeerd welke aspecten van het klimaatbeleid het klimaatbestendig maken van de stad en het hierbij benutten van de bodem kunnen bevorderen.

Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de bodemthema's die relevant zijn voor klimaatbeleid uitgewerkt en worden de effecten van klimaatverandering op de bodem beschreven. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 ingegaan op het klimaatbeleid van de gemeente Utrecht. In hoofdstuk 4 wordt het klimaatbeleid van de gemeente Rotterdam besproken. In hoofdstuk 5 volgen de conclusies en worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.



Foto 7: Bij de inrichting van de stad speelt ook de bodem een belangrijke rol. Een onafgedekte bodem kan bijdragen aan het klimaatbestendig maken van de stad door bijvoorbeeld opname van water in tijden van extreme neerslag. Foto: Ernest Rozendal.

2 Effecten van klimaatverandering op de bodem

2.1 Bodemambities

In aanvulling op de thema's van bodemambities wordt eerst waterberging en -opslag besproken.

2.1.1 Waterberging en -opslag

Waterberging en -opslag zijn mogelijkheden om water op te slaan in de bodem.

Kansen

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. Er is een ideale oplossing voor dit probleem: waterberging. Hierbij wordt het wateroverschot dat op een bepaald moment aanwezig is, vastgehouden tot er water nodig is op een later moment. Berging van water kan op diverse manieren. Het ondergronds bergen (opslaan) van water is een zeer interessante optie die vele voordelen biedt (zie ook het thema ondergronds ruimtegebruik), maar heeft ook nadelen.

De bodem zelf kan ook water vasthouden (website [ruimtexmilieu a](#)). Het watervasthoudend vermogen van de bodem, ook wel de sponswerking van de bodem genoemd, zou moeten worden gebruikt in tijden van extreme neerslag. Goede drainagemogelijkheden van functionele grasvelden (ligweiden in parken en voetbalvelden (Foto 8) biedt ook mogelijkheden voor waterberging (website [Gemeente Amsterdam, Stadsdeel Oud-Zuid](#)).



Foto 8: Een voetbalveld biedt ook mogelijkheden voor waterberging. Foto: Beeldbank RIVM.

Ook diepinfiltratie van regenwater is een manier om wateroverlast in de stad te beperken. De gemeente Holten-Rijssen heeft met een diepinfiltratiesysteem een unieke en innovatieve oplossing gevonden om wateroverlast tegen te gaan (website Gemeente Rijssen-Holten). 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. Echter, diepinfiltratie gaat altijd gepaard met enige negatieve beïnvloeding van het grondwater (TCB, 2009a) en dat is niet toegestaan volgens de KRW/GWR. De TCB concludeert daarom dat diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater een uiterste middel is, wanneer blijkt dat geen alternatieven voorhanden zijn.

2.1.2 Diffuse chemische bodemkwaliteit/bodembelasting

Diffuse chemische bodemkwaliteit wordt ook wel achtergrondkwaliteit genoemd. Het is de chemische kwaliteit van de bodem die gekarakteriseerd wordt door een diffuse verontreiniging. De diffuse verontreiniging is vaak kenmerkend voor het gebied waarbij niet kan worden gesproken van een specifieke en herkenbare bron.

Kansen

Bij gebiedsgericht bodembeheer (website RisicotoolboxBodem) kan met het oog op de toekomst rekening worden gehouden met ‘gevoelige’ bodems voor klimaatverandering. Een voorbeeld hiervan is het voorkomen dat oppervlakkige afspoeling plaatsvindt op diffuus verontreinigde bodems door het waterbergend vermogen van dat gebied te verhogen.

Risico's

Als gevolg van wateroverlast door extreme regenval of overstromingen van de rivieren of de zee kan al bestaande diffuse bodemverontreiniging gemobiliseerd worden en daardoor meer bodem diffuus verontreinigen (Claessens en Van der Wal, 2008). Dit kan bijvoorbeeld plaatsvinden door oppervlakkige afspoeling van regenwater (Foto 9). In het stedelijk gebied zal het dan vaak gaan om het verspreiden van metalen en PAK in de bovengrond. Oppervlakkige afspoeling van viezigheid op de weg kan ook leiden tot diffuse bodemverontreiniging, bijvoorbeeld verontreiniging met benzine (voor afkoppelen afgedekt oppervlak, zie thema afdekking). Ook verspreiding van bestrijdingsmiddelen uit plantsoenen en tuinen kan leiden tot diffuse verontreiniging.



Foto 9: Extreme neerslag is een van de gevolgen van klimaatverandering. In het stedelijk gebied kan extreme neerslag leiden tot wateroverlast. Diffuse bodemverontreiniging kan gemobiliseerd worden en daardoor meer bodem diffuus verontreinigen. Foto: Photo Alto.

Diffuse verontreiniging kan ook optreden door overstroming met water dat al verontreinigd is (Claessens en Van der Wal, 2008). Dit kan bijvoorbeeld in het geval van overstroming met verontreinigd rivierwater. Dit kan ook samengaan met afzetten van verontreinigd slib uit rivieren waardoor grote stukken van de bodem diffuus verontreinigd raken.

Als door extreme regenval of overstromingen grote hoeveelheden water op het riool terechtkomen, treedt het riooloverstort in werking. Het afvalwater kan sterk verdund terechtkomen in vijvers en sloten en zo ook de (water)bodem verontreinigen (website Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden). Als door klimaatverandering de riooloverstorten vaker in werking moeten treden, leidt dit in het algemeen tot een verslechtering van de water- en bodemkwaliteit door verspreiding van verontreinigd water.

2.1.3 Grondwaterkwaliteit

Grondwater is essentieel voor mens en milieu. De kwaliteit van grondwater staat onder druk van verontreinigingen door bijvoorbeeld bedrijfsmatige activiteiten en vermisting.

Kansen

Door verdamping uit de bodem tegen te gaan, worden de concentraties in (verontreinigd) water niet hoger. Verdamping kan worden tegengegaan door de bodem te beschermen tegen verdroging (zie het thema afdekking). Opslag van grondwater met een goede kwaliteit leidt ertoe dat het water in tijden van droogte kan worden gebruikt (zie het thema waterberging en -opslag).

Risico's

De kwaliteit van het grondwater is van belang voor onder andere de drinkwatervoorziening. Vooral in het westen van het land bestaat het risico van bedreiging van de drinkwatervoorziening. Enerzijds kan de drinkwatervoorziening in gevaar komen door overstromingen met zout water (website Helpdesk Water). Anderzijds bestaat het gevaar van opwellen (of kwel) van zout of brak water doordat door de stijgende zeespiegel meer druk ontstaat op het zoete grondwater. Verziltiging van zoet water leidt in alle gevallen tot een verslechtering van de grondwaterkwaliteit.

Een ander risico van klimaatverandering voor de grondwaterkwaliteit is de verhoogde uitspoeling van verontreinigende stoffen naar het grondwater. Door extreme regenval en overstromingen neemt de percolatie van water door de bodem naar het grondwater toe. Hierdoor zullen meer stoffen, zoals metalen, bestrijdingsmiddelen en meststoffen, uitspoelen uit de (onverzadigde) bodem en terechtkomen in het grondwater. Het is de vraag of dit effect significant is.

Door wateroverlast in steden ten gevolge van het toenemende neerslagoverschot verslechtert de grondwaterkwaliteit ook door oppervlakkige afspoeling ('run off') (Benoist, 2006). Door grote neerslaghoeveelheden raakt de bodem verzadigd en neemt oppervlakkige afspoeling toe. Ook lekkende rioleringen vormen een bedreiging voor drinkwaterwinning in het stedelijk gebied. Dit wordt veroorzaakt door een veelal verouderd rioleringsstelsel.

Grootschalige overstromingen kunnen ook leiden tot verspreiding van al bestaande grondwaterverontreinigingspluimen. Door overstromingen kan het verhang van het grondwater veranderen waardoor de geohydrologie van een gebied verandert en dus mogelijk ook de verspreiding van grondwaterpluimen. Ook zak- en drijfslagen kunnen zich hierdoor verspreiden. Over het algemeen kan worden gezegd dat het grondwater zuurstofarmer wordt ten gevolge van een overstroming. Door de druk van het water vanuit de zee bij hoog water zal er meer kwel optreden. Dit beïnvloedt de chemie van de grondwaterpluimen en ook bepaalde processen zoals natuurlijke afbraak. Dit kan voor bepaalde

verontreinigingen positief uitpakken en voor andere negatief. In West-Nederland zijn ook enkele verontreinigingen ingedamd. De vraag is of de damwanden bestand zijn tegen de druk van het water bij een grootschalige overstroming.

In tijden van extreme droogte zal veel water verdampen. Verdamping leidt automatisch tot een concentratie van (verontreinigende) stoffen. Of deze concentratie van stoffen effect heeft op de algemene grondwaterkwaliteit is de vraag.

2.1.4 Lokale bodemverontreiniging

Lokale bodemverontreiniging wordt ook wel puntverontreiniging genoemd en is vaak te relateren aan lokale bedrijvigheid, zoals grootschalige bedrijven (industriële installaties, afvalstortplaatsen en gasfabrieken), kleinschalige bedrijven (chemische wasserijen, leerlooierijen) en illegaliteiten (dumpen/storten, illegale xtc-productie, ongecontroleerde opslag van bestrijdingsmiddelen).

Kansen

De aanpak van lokale bodemverontreiniging kan eventueel worden gecombineerd met verschillende vormen van ondergronds ruimtegebruik zoals warmte-koudeopslag (WKO) en wateropslag (Taskforce WKO, 2009). Het combineren van saneringen met ondergronds ruimtegebruik werkt kostenbesparend.

Risico's

Een risico van grootschalige overstromingen is het lek slaan van opslagtanks met giftige stoffen in het stedelijke gebied. In de Randstad is veel industrie aanwezig met de bijbehorende opslag van giftige stoffen. Ook zijn in West-Nederland veel BRZO (besluit risico's zware ongevallen)-bedrijven aanwezig. Voor deze bedrijven geldt de Seveso-richtlijn ter voorkoming van het verspreiden van giftige stoffen in het milieu. Bij calamiteiten (zoals overstromingen) kunnen echter toch extreem toxische stoffen in het milieu terechtkomen. Of en welke opslagplaatsen van giftige stoffen zullen lekken naar het milieu tijdens een overstroming is niet duidelijk.

Door grootschalige overstromingen vinden er veranderingen plaats in de geohydrologie. Dit kan leiden tot verspreiding van (tot dan toe beheerste) verontreinigingspluimen. Ook de chemische omstandigheden kunnen veranderen waardoor deze grondwaterverontreinigingspluimen zich anders gaan gedragen. Zie het thema grondwaterkwaliteit.

Klimaatverandering leidt tot vernatting en verdroging. Zowel vernatting als verdroging heeft effect op bodemprocessen. Zowel chemische als microbiologische processen kunnen veranderen. Deze veranderende omstandigheden kunnen van invloed zijn op het gedrag van lokale bodemverontreiniging, zowel in het brongebied als in de pluim.

In tijden van extreme droogte en hitte kunnen risico's ontstaan door verhoogde uitdamping van stoffen in het geval van vluchtige stoffen in het brongebied van een verontreiniging. Of dit effect significant en daadwerkelijk leidt tot verhoogde risico's, is niet duidelijk. Een ander effect van verdroging is de verhoging van de concentraties van stoffen in het bodemwater.

2.1.5 Draagkracht

Draagkracht bepaalt de stabiliteit van de bodem onder invloed van fysische belasting. Het is afhankelijk van de bodemsamenstelling en grondwaterstand (Koopmans et al., 2007). Hoe meer klei en veen de ondergrond bevat en hoe hoger de grondwaterstand, hoe slechter de draagkracht van dat gebied. In gebieden met alleen zand in de ondergrond is de draagkracht groter en voor veel toepassingen voldoende.

Kansen

Voor het handhaven van de grondwaterstand en daarmee de draagkracht, is duurzaam waterbeheer noodzakelijk. Bij duurzaam waterbeheer wordt in tegenstelling tot vroeger geprobeerd water niet per definitie weg te pompen naar rivieren of de zee, maar vast te houden op de plek waar het terechtkomt (door bijvoorbeeld neerslag). Is vasthouden niet meer mogelijk, dan wordt het geborgen in gebieden die daarvoor zijn uitgekozen. Bij hoge waterstanden wordt de mogelijkheid gecreëerd om rivieren gecontroleerd buiten hun oevers te laten treden in daarvoor speciaal ingerichte gebieden. Ook wordt water opgeslagen om in tijden van droogte aan te kunnen vullen (website Deltawerken).

De bodemgevoeligheid voor het inzakken van de bodem als gevolg van een bovenbelasting, bijvoorbeeld door bebouwing, is afhankelijk van de bodemsamenstelling en grondwaterstand. Door klimaatverandering kan de grondwaterstand veranderen. Een hogere grondwaterstand leidt tot een verminderde draagkracht (website Bodemacademie). Door rekening te houden met het effect van klimaatverandering op de draagkracht van de bodem in ruimtelijke planprocessen, kan in de toekomst hoge kosten worden voorkomen. Bouwen op een ‘zachte’ bodem vergt namelijk diepe, kostbare fundamenteën.

Risico's

Draagkracht van de bodem is een belangrijk thema in het stedelijke gebied. Voldoende draagkracht bepaalt of huizen kunnen worden gebouwd op de betreffende bodem. Draagkracht speelt vooral een rol op klei- en veengronden en in mindere mate op zandgrond. Vernatting als gevolg van klimaatverandering leidt over het algemeen tot een verhoogde grondwaterstand. Verhoging van de grondwaterstand leidt weer tot een verminderde draagkracht. Vernatting van veen- en kleigronden in het stedelijke gebied kan daarom grote gevolgen hebben voor de bebouwing.

Ook verdroging brengt risico's met zich mee voor het stedelijke gebied. Verdroging leidt over het algemeen tot bodemdaling. Zie het thema bodemdaling.

2.1.6 Verdichting

Bodemverdichting is het compacter worden en vervormen van de bodem en ontstaat door bodembewerking of doordat de bodem belast wordt met gewicht, door bijvoorbeeld het gebruik van zware machines (Foto 10). Door verdichting neemt de draagkracht toe, maar de bodemstructuur, het waterdoorlatende vermogen, de bewortelingsmogelijkheden en de leefruimte voor de bodemfauna worden slechter (Koopmans et al., 2007).



Foto 10: Door bodembewerking kan de bodem verdichten. Hierdoor neemt het waterdoorlatende vermogen van de bodem af. Foto: Frans van den Berg.

Kansen

Het luchtig houden van de bodem geeft het bodemleven meer kans. Hierdoor kan meer organisch stof in de bodem opgenomen worden waardoor het watervasthoudend vermogen van de bodem wordt verhoogd, de biodiversiteit kan toenemen en vegetatie (bomen) beter wortelen. De afwatering van het hemelwater zal beter gaan via poriën in de bodem. Hierdoor ontstaat minder wateroverlast.

Risico's

Hevige regenval kan leiden tot verdichting van veen- en kleigronden. Verdichting speelt echter ook een rol bij zandgronden. Door verdichting neemt het waterbergende vermogen en de luchtdoorlatendheid van de bodem af. Juist in het stedelijk gebied is het waterbergend vermogen van de bodem erg belangrijk, omdat een groot deel van de bodem is afgedekt waardoor de functie van waterbergend vermogen al verloren is gegaan. Door extreme regenval kan de bodem die niet is afgedekt verdichten, waardoor het waterbergende vermogen afneemt en het water alleen kan verdwijnen door oppervlakkige afspoeling en dit kan leiden tot wateroverlast.

Verdichting van de bodem heeft niet alleen effect op het waterbergende vermogen van de bodem, maar ook op de biodiversiteit (Moolenaar en Hanegraaf, 2007). Verdichting leidt over het algemeen tot een afname van de biodiversiteit door de slechtere fysieke conditie van de bodem. Een afname van de biodiversiteit leidt vervolgens weer tot een verslechtering van de algemene bodemkwaliteit.

In tegenstelling tot verdichting kan ook scheurvorming optreden (Foto 11). Dit is een proces wat optreedt in tijden van extreme droogte. Klei- en veengronden zijn gevoelig voor scheurvorming. Het ontstaan van scheuren is een onomkeerbaar proces. In tijden van wateroverlast zakt het water door de scheuren dieper de bodem in tot de verzadigde laag. Het waterbergend vermogen van de bodem neemt dan af aangezien het water niet meer door de bodem percoleert.



Foto 11: Tijdens droge perioden kan de bodem gaan scheuren. Door scheurvorming neemt het waterbergend vermogen van de bodem af. Foto: Beeldbank RIVM.

2.1.7 Afdekking

Afdekking van de bodem, bijvoorbeeld door bebouwing of verharding, kan leiden tot het verlies van waterdoorlatend en waterbergend vermogen. Dit kan wateroverlast tot gevolg hebben.

Kansen

Voldoende infiltratiemogelijkheden in de bodem zijn nodig voor de afvoer van neerslag en om de bodem in een goede conditie te houden (TCB, 2009b). Onafgedekte bodem speelt een belangrijke rol in een stedelijke omgeving. De bodem kan bij goed beheer en inrichting:

- water vasthouden, bergen en geleidelijk verdampen of afvoeren naar het grondwater;
- vegetatie dragen;
- temperatuur en luchtvochtigheid reguleren;
- stof en gassen uit de lucht vastleggen;
- biodiversiteit bevorderen;
- bijdragen aan gezondheid en welbevinden (groen in de stad).

De TCB (2009b) beveelt overheden aan om meer nadruk te leggen op het feit dat de bodem in de stad, naast draagvermogen voor huizen en infrastructuur, ook andere nuttige ecosysteemdiensten levert.

Mogelijkheden voor infiltratie bestaan bijvoorbeeld in parken, bermen, wadi's en de niet-afgedekte ruimte rond bomen (boomcirkels). Hoe beter de infiltratie, hoe minder de wateroverlast. Daarnaast geldt: hoe meer infiltratie, hoe meer water door de bodem gefilterd wordt. Het waterzuiverende vermogen van de bodem speelt namelijk ook een belangrijke rol. Bovendien is er bij meer infiltratie, ook meer water beschikbaar in droge tijden, zodat groenbeheerders dan minder hoeven te irrigeren.

Door het plaatsen van boomcirkels in de stad die extra groot zijn, kunnen wortels water en vruchtbare grond vasthouden. Via deze boomcirkels kan meer water naar de ondergrond stromen. Dit water is dan in drogere perioden beschikbaar. Roosters zijn een manier om de ruimte rond een boom te beschermen tegen verdichting. Roosters bieden een mogelijkheid voor aanvoer van water, zuurstof en voeding naar de boom. Deze plaatsen kunnen extra groot worden gemaakt, zodat veel hemelwater naar de ondergrond kan en niet naar het riool afgevoerd wordt. Een ander voordeel hiervan is dat (grote) bomen in de stad het welbehagen en gezondheid van de bewoners verhogen (Maas et al., 2006) en de temperatuurextremen in de stad afvlakken. Bomen geven verkoeling en zijn een rustplaats voor dieren.

Door voldoende ondergrondse groeiruimte kan de wortelopdruk worden tegengehouden zijn; hierdoor zijn de kosten in de toekomst van de schade van wortelopdruk aanzienlijk te beperken (Bonte, 2009).

Het verantwoord afkoppelen van het verharde oppervlak betreft een maatregel die ervoor zorgt dat de neerslag die valt op een verhard oppervlak, niet meer wordt afgevoerd naar de zuivering. Het water wordt op effectieve wijze opgevangen en afgevoerd naar het watersysteem op een manier die niet leidt tot wateroverlast en toename van vervuiling van bodem of watersysteem. Het voorkómen dat schoon regenwater gezuiverd moet worden, vormt een belangrijk element in de visie op het zuiveren van afvalwater in de toekomst. Het nuttig gebruik van schoon hemelwater voor het lokale watersysteem geeft een verbetering van de waterkwaliteit en ecologie (Janse, 2003.) Er zijn projecten die hierop inspelen, zoals regenwater in de tuin door STOWA (Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer) en RIONED (website Stichting Rioned) (Van Dooren, 2009).

Risico's

Het thema afdekking is een belangrijk thema voor klimaatverandering in het stedelijk gebied. Vernatting als gevolg van klimaatverandering leidt tot een toenemende behoefte aan het waterbergende vermogen van de bodem. In het stedelijk gebied is echter een groot deel van de bodem afgedekt door bebouwing en infrastructuur (Foto 12). Hierdoor gaat de functie van waterbergend vermogen van de bodem deels verloren. Een afgedekte bodem kan geen water meer opnemen in tijden van extreme neerslag en dat kan op zijn beurt weer tot overstroming leiden. Wel kan aanpassing van het type afdeklaag op de bodem ervoor zorgen dat meer water de bodem kan indringen.



Foto 12: Het stedelijk gebied is vaak grotendeels afgedekt. Hierdoor gaat de functie van waterbergend vermogen van de bodem verloren. Foto: Ernest Rozendal.

De afgedekte bodem bevat echter heel weinig organisch stof, waardoor de sponswerking van de bodem afneemt en de bodem minder water kan vasthouden. Boomcirkels en poreuze afdeklagen bieden geen oplossing voor dit probleem.

Het verminderen van de afdekking in het stedelijk gebied, kan ook gunstig zijn in tijden van extreme droogte en hitte. In tijden van hitte is in het stedelijk gebied de temperatuur gemiddeld hoger dan in het omliggende landelijke gebied (hitte-eilandeffect). Dit wordt veroorzaakt door de absorptie van zonlicht door de in de stad aanwezige materialen van onder andere afdekkingen en de lage windsnelheden. Hittestress wordt door het hitte-eilandeffect verergerd. Onafgedekte bodem in de stad met daarop groen zorgt voor schaduw en verkoeling en gaat het hitte-eilandeffect tegen (Van Drunen en Lasage, 2007).

2.1.8 Biodiversiteit

Biodiversiteit is de verscheidenheid aan plantensoorten, diersoorten en micro-organismen (in de bodem) en de aanwezigheid van unieke soorten (Foto 13). De biodiversiteit is een maat voor de 'gezondheid' van de bodem (Rutgers et al., 2007). De kwetsbaarheid van de bodem als onderdeel van onze leefomgeving wordt vaak over het hoofd gezien. De bodem is echter veel meer dan het bezinkputje voor allerlei milieuschadelijke stoffen. De bodem leeft, want allerlei bodemorganismen en bodemprocessen zorgen er voor dat planten en dieren kunnen groeien, het klimaat aangenaam blijft, de boer kan produceren, sierplanten onze tuinen versieren en natuurlijke systemen zich kunnen ontwikkelen tot een mooi en divers landschap dat tegen een stootje kan. Helaas is de bodem, anders dan de compartimenten lucht en water, ondoordringbaar voor het blote oog, en zijn de daarin levende organismen meestal onzichtbaar. Bovendien verlopen bodemprocessen relatief traag, waardoor de problemen zich pas na lange tijd openbaren. De opbouw van een volwaardig bodemsysteem duurt tientallen jaren en gaat gedurende duizenden jaren door. Bodem is voor bodemgebruikers eigenlijk een natuurlijke hulpbron die nauwelijks vernieuwbaar is.



Foto 13: De biodiversiteit van de bodem is een maat voor de 'gezondheid' van de bodem. Foto: Ron de Goede.

Kansen

Natuur kan zichzelf aanpassen aan veranderende omstandigheden, zoals klimaatverandering. Op deze manier kan de soortensamenstelling veranderen. De verandering van natuur als gevolg van klimaatverandering biedt soms kansen om nieuwe natuur te realiseren. De klimaatverandering gaat echter zo snel dat de natuur deze veranderingen niet kan bijhouden. Het resultaat hiervan kan verlies van biodiversiteit zijn.

Door te eenzijdige milieuomstandigheden en te veel dominante ecologische factoren, zoals lawaai, onrust, vuil, verstoring, kunnen bepaalde planten en dieren in de stad niet overleven. Door de veelheid aan gradiënten kan de biodiversiteit in de stad echter hoog zijn. Hoewel op kleine schaal de stad meer biodiversiteit kan hebben, biedt op grotere schaal de EHS meer biodiversiteit. Plekken die biodiversiteit zouden kunnen herbergen in de stad, zijn parken, vijvers, grachten en wegbermen. Het benutten van lokale ecologische potenties kan een bijdrage leveren aan een gezonde stad, maar ook aan de identiteit van de stad als geheel. De stad kan tegelijkertijd aantrekkelijker worden om er te wonen.

De bodemkwaliteit in het stedelijk gebied is ook van belang voor de biodiversiteit. Diffuse bodemverontreiniging leidt tot een verlaagde biodiversiteit in steden, zoals in stadsparken, recreatiegebieden en stadstuinen. Ook vergraving, versnippering, verdichting, verharding en het gebruik van bestrijdingsmiddelen hebben effect op het bodemecosysteem. De bodem is een belangrijke basis voor voedselbron voor stadsfauna en een belangrijke basis voor het ecosysteem van de stad. Vooral het effect van versnippering van de groene ruimte op het bodemecosysteem is nauwelijks onderzocht (Roeloffzen, 2008).

De realisatie van infiltratiezones voor regenwater, zoals een semipublieke gemeenschappelijke tuin of een natuurlijke infiltratieplas, biedt kansen in het stedelijk gebied. Gebiedseigen water kan worden gebruikt om droge perioden op te vangen zodat de biodiversiteit voldoende groot blijft en het ecosysteem behouden blijft. Voor het herstel van de stedelijke biodiversiteit, om meer streekeigen planten en dieren in de stad aan te trekken is er blauwgroene ruimte nodig. Indien mogelijk zou deze ruimte gekoppeld moeten worden aan de natuur (EHS en Natura 2000) en agrarische gebieden. Gevelbegroeiing, muurplanten, streekeigen bomen en struiken, vegetatiedaken en natuurvriendelijke oevers kunnen het ecologische netwerk aaneensluiten. Hierdoor wordt de biodiversiteit vergroot en veerkrachtig.

Men kan in steden maatregelen nemen om de temperatuur op hete plekken omlaag te brengen, bijvoorbeeld door daken te beplanten, meer openbaar groen en oppervlaktewater aan te leggen, en de stad meer 'hitteproof' te maken door open ruimten (als koeleluchtcorridor) te behouden of te creëren. Ook energiebesparing en productie van duurzame energie dragen bij aan een beter klimaat (website Platform Communication on Climate Change).

Een van de doelen van de campagne Mooi Nederland is bijvoorbeeld te zorgen voor voldoende groene ruimte voor stedelingen door te voorkomen dat open gebieden tussen steden dichtslibben met bebouwing (website VROM).

Risico's

Extreme weersomstandigheden leiden over het algemeen tot een afname van de biodiversiteit (Claessens en Van der Wal, 2008). Bepaalde soorten kunnen die omstandigheden niet overleven. Dit speelt een rol bij zowel vernatting als verdroging. Bepaalde soorten kunnen slecht tegen vernatting, terwijl andere soorten moeilijk overleven in tijden van extreme droogte. Voldoende diversiteit binnen functionele groepen zorgt ervoor dat de veerkracht van het ecosysteem voldoende groot is om extreme weersomstandigheden te kunnen overleven. De biodiversiteit speelt in het stedelijk gebied vooral een rol in stadsparken, vijvers, grachten, wegbermen en boomcirkels.

In feite levert een gezonde biodiversiteit verschillende 'ecologische diensten' waar onze economie op is gebaseerd, zoals voedsel, grondstoffen, klimaatregulering en bescherming tegen natuurrampen.

2.1.9 Bodemvruchtbaarheid

Bodemvruchtbaarheid is de mate van voedselrijkdom en het vermogen om voedingsstoffen vast te houden of juist af te geven. Bodemvruchtbaarheid is een combinatie van bodemleven, bodemstructuur,

organische stof en mineralen. Bodemvruchtbaarheid kan een rol spelen in stadsparken van het stedelijke gebied, maar ook in het groen net buiten de stad waar inwoners van de stad kunnen recreëren.

Kansen

Een gezonde vruchtbare bodem heeft een bepaalde maatschappelijke waarde (zie het thema afdekking) en zou niet onnodig afgedekt moeten worden. Een vruchtbare bodem levert mogelijkheden voor de ontwikkeling van groene zones, zoals parken en tuinen.

Risico's

Vernatting van de bodem leidt tot een afname van de hoeveelheid zuurstof in de bodem. Doordat er minder zuurstof in de bodem beschikbaar is, neemt de stikstof- en koolstofmineralisatie af. Dit leidt tot een afname van de bodemvruchtbaarheid.

In tijden van extreme hitte kan de hogere temperatuur leiden tot een hogere microbiologische activiteit. Hierdoor komen nutriënten sneller beschikbaar en neemt de bodemvruchtbaarheid toe. Echter, de keerzijde is dat hogere temperaturen leiden tot verdroging. Door verdroging neemt de aanvoer van organisch stof af, aangezien planten slechter groeien bij droogte. Uiteindelijk heeft temperatuurverhoging dus een negatief effect op de bodemvruchtbaarheid.

Een ander gevolg van klimaatverandering is een toenemende dynamiek van bepaalde processen. Op het ene moment kan wateroverlast optreden terwijl op het andere moment extreme droogte plaatsvindt. De microbiologische gemeenschap en dus ook de microbiologische activiteit komen daarmee onder druk te staan (Claessens en Van der Wal, 2008). Op dit moment is het niet duidelijk wat het effect is van deze toenemende dynamiek op bepaalde bodemprocessen. In het geval van irreversibele processen kan het leiden tot permanente veranderingen.

2.1.10 Bodemdaling

Bodemdaling is het dalen van de bodem door oxidatie van veengrond en inklinking van veen- of kleigrond (Foto 14). Drooglegging of belasting door gewicht bepaalt de mate van bodemdaling. Dit verschijnsel speelt vooral in de lage delen van Nederland. Op veen- en kleigrond speelt bodemdaling een rol als gevolg van klimaatverandering (Barends et al., 2008). Verdroging leidt tot oxidatie van veengrond en inklinking van kleigronden. Als gevolg hiervan treedt bodemdaling op en dat kan grote gevolgen hebben voor het stedelijke gebied.



Foto 14: Door het inklinken van veen- en kleigrond kan de bodem gaan zakken. In het bebouwde gebied kan dit leiden tot verzakking van de straat. Hierdoor komen putten hoger te liggen en kunnen riolen breken. Foto: Dirk van der Eijk.

Kansen

Verzakkende panden en kuilen in wegen kunnen het resultaat zijn van bodemdaling. Duurzaam waterbeheer en rekening houden met het bodemtype, kan kosten voorkomen die gemaakt moeten worden als gevolg van bodemdaling. Het maken van een stedenbouwkundig herinrichtingsplan, met hierin een onderzoek naar de bodemkundige staat, is noodzakelijk voordat het plan tot uitvoering komt.

Risico's

Oxidatie van veengrond en inklinking van kleigronden is een onomkeerbaar proces. Drainage van deze gronden om in natte perioden het water af te voeren en in droge perioden water aan te voeren, kan een goede maatregel zijn. Bodemdaling is minder belangrijk op zandgronden.

2.1.11 Verdroging

Verlaging van de grondwaterstand of afzwakking van kwel is een gevolg van verdroging. Verdroging is het gevolg van grondwateronttrekking of -afdekking en heeft invloed op het bodemleven. Het Rijk hanteert de volgende definitie van verdroging: 'Een natuurgebied wordt als verdroogd aangemerkt als de hoeveelheid beschikbaar grondwater van de juiste kwaliteit onvoldoende is om de natuurwaarden te garanderen. Een gebied wordt ook als verdroogd aangemerkt als ter compensatie van een te lage grondwaterstand of een te geringe kweldruk water van een andere, gebiedsvreemde kwaliteit moet worden aangevoerd' (V&W, 1994). Verdroging is dus onder andere gekoppeld aan de functie natuur; het is een structureel probleem.

Kansen

Het vasthouden van water om droge perioden te overbruggen, is een kans. Dit is vooral van belang op de hoge gronden. Vertraging van de waterafvoer door opname in de bodem leidt tot minder verdroging en in lager gelegen gebieden tot minder overstromingen.

Risico's

Verdroging kan in de toekomst een van de directe gevolgen van klimaatverandering worden. Grondwateronttrekking kan ook bijdragen aan verdroging, zoals op dit moment het geval is. Verdroging kan een effect hebben op verschillende hier omschreven thema's: bodemdaling, draagkracht, biodiversiteit, verzilting en bodemvruchtbaarheid.

2.1.12 Versnippering

Het verkleinen van het leefgebied voor flora en fauna door menselijk handelen is een gevolg van versnippering. Versnippering is het gevolg van het aanbrengen van barrières, zoals (spoor)wegen, kanalen en bebouwing.

Kansen

Het groen in de stad kan het best met elkaar verbonden worden zodat uitwisseling van dier- en plantsoorten kan plaatsvinden (zie ook het thema biodiversiteit) Een bomenrij in een straat geeft bovendien direct schaduw en voorkomt dat het zonlicht de bebouwing in een straat verhit.

De koppeling van stedelijke wateren aan doorgaande waterstromen biedt de mogelijkheid voor het vergroten van de migratie van organismen. Bovendien kunnen ook op deze manier de waterafvoermogelijkheden worden verbeterd.

Risico's

Door extreme weersomstandigheden kan de biodiversiteit afnemen (zie het thema biodiversiteit). Versnippering van natuurgebieden leidt ook tot het risico voor afname van biodiversiteit. Ruimtelijke samenhang van natuurgebieden is namelijk van belang om het verschuiven van soorten mogelijk te maken. In tijden van extreme weersomstandigheden is deze ruimtelijke samenhang van natuurgebieden erg belangrijk (Heijmans en Berendse, 2009).

2.1.13 Verzilting

Ophoping van oplosbare zouten (kalium, natrium, magnesium, calcium) in ondiepe of diepe bodems is het gevolg van verzilting. Als gevolg van verzilting neemt de grondwaterkwaliteit en de bodemvruchtbaarheid af. Verzilting kan ontstaan door overstromingen vanuit de zee met zout water. Maar ook kwel door opstuwend zeewater kan leiden tot verzilting (website Helpdesk Water). Verzilting kan ook optreden in warme zomers door verdamping en grondwateronttrekkingen.

Kansen

Een kans van verzilting is de realisatie van natuur dat past bij zoutere condities. De natuur kan zich aanpassen aan zoutere omstandigheden (verzilting). Er bestaan zoutminnende planten, die van nature in een zoute omgeving gedijen. Zoals planten in bermen langs wegen waar 's winters bij gladheid gestrooid wordt en in de buurt van zoute kwel en in de schorren en slikken. Ook zijn er zoutminnende planten die voor consumptie gebruikt worden en ook deze kunnen in volks- en groentetuinen goed gedijen.

Een andere kans is de ontwikkeling van een zoutwaterconomie. De landbouw is onbekend geraakt met de teelt van zilte gewassen. In Nederland bestaan echter al initiatieven die brak en zout water benutten door de ontwikkeling van zilte landbouw (website Leven met Water). De verwachting is dat op den duur meer mogelijkheden zullen worden benut, plaatselijk gestimuleerd door ziltegebiedsontwikkeling.

Bij ondergrondse waterberging wordt in tijden van wateroverschot water in de bodem geïnfiltreerd via infiltratieputten. Hierdoor neemt de druk in het watervoerend pakket toe. Als er zout water aanwezig is in het watervoerende pakket, wordt het zoute water verdrongen om plaats te maken voor het zoete geïnfiltreerde water. In tijden van watertekort kan het zoete water aan dezelfde put onttrokken worden, waardoor de druk in het watervoerende pakket weer daalt.

Risico's

Verziltning vormt een directe bedreiging voor de drinkwaterwinning van onder andere het stedelijke gebied. Door verziltning kunnen ook ecosystemen worden aangetast die niet bestand zijn tegen zout. Dit kan een rol spelen in stadsparken en het groene gebied buiten de stad waar stedelingen kunnen recreëren.

2.1.14 Ondergronds ruimtegebruik

Ondergronds ruimtegebruik is het gebruik van de bodem onder het maaiveld door de mens.

Kansen

Na veel wateroverlast aan het eind van de vorige eeuw wordt tegenwoordig anders naar water gekeken (Kunst, 2009). Om problemen te voorkomen, moet water de ruimte krijgen. In bestemmingsplanprocedures zorgt de watertoets ervoor dat die ruimte er komt. De bodem kan hierbij een belangrijke rol spelen als blijkt dat in de bestaande stad de ruimte voor water niet bovengronds te vinden is. Als regenwater onder de grond voldoende ruimte krijgt, heeft dit consequenties voor de bodemkwaliteit en de ondergrondse ordening.

Bij het inrichten van de ondergrond (nieuwe ontwikkelingen) kunnen de effecten van klimaatverandering op de bodem worden meegenomen. Hierbij kan worden gedacht aan het waterbergend vermogen van de bodem, WKO-systemen, CO₂-opslag en de opslag van bodemenergie (website meermetbodemenergie). Door rekening te houden met de eigenschappen van de bodem bij ruimtelijke ontwikkelingsplannen, kunnen bovendien kosten in de toekomst als gevolg van bodemdaling of een verminderde draagkracht worden voorkomen.

Risico's

Door vernatting neemt de draagkracht van de bodem af. Dit kan problemen opleveren voor ondergronds ruimtegebruik. Onder ondergronds ruimtegebruik wordt verstaan: elk gebruik van de bodem onder het maaiveld door de mens. Ook verdroging kan risico's geven voor ondergronds ruimtegebruik. Door verdroging kan bodemdaling optreden waardoor problemen kunnen ontstaan.

2.1.15 WKO

Warmte-koudeopslag maakt gebruik van grondwater voor koeling in de zomer en, na herinfiltratie, kan hetzelfde grondwater worden gebruikt voor verwarming in de winter.



Foto 15: Warmte-koudeopslaginstallaties: een goede manier om energiebesparing te realiseren. Foto: Ernest Rozendal.

Kansen

Warmte-koudeopslag (Foto 15) is een goede techniek om energiebesparing te realiseren (Taskforce WKO, 2009). De temperatuur van het grondwater wordt gebruikt om gebouwen in de winter te verwarmen en in de zomer te koelen. In het onderzoeksprogramma ‘Meer met bodemenergie’ wordt gekeken of klimaatverandering iets kan opleveren voor het gebruik van de ondergrond (bijvoorbeeld WKO).

De combinatie van grondwatersanering en warmte-koudeopslag is eventueel ook een kans. Arcadis heeft bijvoorbeeld een prijs gewonnen voor het Sanergy-project, een combinatie van bodem- en grondwatersanering en warmte-koudeopslag (website De Vernufteling).

Risico's

Door verwarming en afkoeling van de ondergrond kunnen snelheden van chemische en biologische processen beïnvloed worden. Ook kunnen veranderingen in redoxcondities, organischestofgehaltes of het inbrengen of verplaatsen van bodemvreemde stoffen leiden tot effecten. Bij de aanleg van ondergrondse systemen moet rekening gehouden worden met mogelijke wijzigingen van grondwaterstanden, stijghoogten en voorkeursstroomrichtingen, het verbinden van grondwaterlichamen en het verdichten van de bodem (Dinkla, 2008).

2.2 Synthese

In Tabel 3 staat samengevat in hoeverre de verschillende thema's een relatie hebben met elkaar en welke effecten de thema's hebben met betrekking tot het klimaatbestendig maken van de stad. In de laatste kolom wordt aangegeven in hoeverre toegepast onderzoek of beleidsmaatregelen nodig zijn.

De effecten van de thema's met betrekking tot het klimaatbestendig maken van de stad zijn divers. Tabel 3 laat zien dat verschillende thema's een relatie hebben met elkaar. Vooral het thema biodiversiteit heeft een raakvlak met diverse andere thema's. Openbaar groen is in het stedelijk gebied onder andere van belang om verkoeling te geven bij extreme hitte. Voor de thema's verdichting, biodiversiteit, bodemvruchtbaarheid, verdroging en versnippering zou door middel van toegepast onderzoek uitgezocht moeten worden wat de bijdrage kan zijn aan het klimaatbestendig maken van de stad. Deze thema's dragen bij aan goed functionerende ecosysteemdiensten. De ecosysteemdiensten zijn vooral van belang in het landelijke gebied (landbouw- en natuurgebieden), maar kunnen ook van belang zijn in het stedelijke gebied (stadsparken). Ecosysteemdiensten zijn ecologische processen die door de gebruiker benut kunnen worden. Voorbeelden van ecosysteemdiensten zijn buffering van het klimaat (vocht en temperatuur), bodemstructuur, weerstand tegen stress en afbraak van stoffen tot onschadelijke verbindingen (zie Bijlage 1). Een gezonde onafgedekte bodem speelt een belangrijke rol bij het waterbergend vermogen van een gebied. Voor het thema verzilting zou onderzocht moeten worden wat het effect is op de drinkwatervoorziening. Voor de thema's waterberging en -opslag, ondergronds ruimtegebruik, WKO, draagkracht, bodemdaling en afdekking volstaan beleidsmaatregelen. De thema's lokale bodemverontreiniging, diffuse bodemverontreiniging en grondwaterkwaliteit zouden meegenomen moeten worden bij een klimaatbestendige inrichting van de stad. Dit kan gekoppeld worden aan gebiedsgericht bodembeheer.

Tabel 3: Overzicht van de relatie tussen de thema's van bodemambities en het mogelijke effect op het klimaatbestendig maken van de stad. In de laatste kolom worden de maatregelen gegeven.

Thema	Relatie met thema	Effect op klimaatbestendig maken stad	Maatregel
Wateropslag en -berging	Ondergronds ruimtegebruik, verdichting, afdekking, verdroging, bodemvruchtbaarheid	Waterbergend vermogen	Beleidsmaatregelen
Diffuse bodemkwaliteit	Grondwaterkwaliteit, biodiversiteit	Grondwaterkwaliteit, biodiversiteit	Beleidsmaatregelen
Grondwaterkwaliteit	Ondergronds ruimtegebruik, verzilting	Grondwaterkwaliteit	Beleidsmaatregelen
Lokale bodemverontreiniging	WKO, grondwaterkwaliteit	Reductie CO ₂ -uitstoot, grondwaterkwaliteit	Beleidsmaatregelen
Draagkracht	Bodemdaling, verdichting	Mogelijkheden voor bebouwing	Beleidsmaatregelen
Verdichting	Biodiversiteit, draagkracht, bodemvruchtbaarheid	Waterbergend vermogen, openbaar groen en biodiversiteit	Toegepast onderzoek naar bijdrage aan klimaatbestendigheid
Afdekking	Wateropslag en -berging, biodiversiteit, bodemvruchtbaarheid	Waterinfiltratie en openbaar groen	Beleidsmaatregelen
Biodiversiteit	Bodemvruchtbaarheid, verdichting, versnippering, verdroging, verzilting	Openbaar groen, natuur in de stad	Toegepast onderzoek naar bijdrage aan klimaatbestendigheid
Bodemvruchtbaarheid	Biodiversiteit, bodemvruchtbaarheid	Waterbergend vermogen, openbaar groen en boven- en ondergrondse biodiversiteit	Toegepast onderzoek naar bijdrage aan klimaatbestendigheid
Bodemdaling	Draagkracht	Mogelijkheden voor bebouwing, oxidatie veen	Beleidsmaatregelen
Verdroging	Biodiversiteit, bodemdaling	Waterbergend vermogen, natuur in de stad, boven- en ondergrondse biodiversiteit, oxidatie veen	Beleidsmaatregelen
Versnippering	Biodiversiteit	Migratie soorten, boven- en ondergrondse biodiversiteit	Toegepast onderzoek naar 'hitte-eilandeffect'
Verzilting	Grondwaterkwaliteit, biodiversiteit	Grondwaterkwaliteit	Toegepast onderzoek naar effect op grondwaterkwaliteit
Ondergronds ruimtegebruik	Waterberging en -opslag, WKO	Reductie CO ₂ -uitstoot, waterbergend vermogen	Beleidsmaatregelen
WKO	Ondergronds ruimtegebruik, bodemverontreiniging, grondwaterkwaliteit	Reductie CO ₂ -uitstoot, grondwaterkwaliteit	Beleidsmaatregelen

3 Klimaatbeleid van de gemeente en provincie Utrecht

3.1 Inleiding

De visie van de provincie Utrecht staat geformuleerd in het Klimaat op Orde Programma 2008 tot 2011 (Provincie Utrecht, 2008a). De provincie streeft ernaar mensen en organisaties bewust te maken van de oorzaken, effecten en gevolgen van klimaatverandering en wil hierover het maatschappelijke debat voeren. Ook wil de provincie daadkrachtig optreden om voorbereid te zijn op de gevolgen. De visie van het programma is leren door doen. Het tot stand komen van een klimaatbestendige leefomgeving moet gebeuren in samenspel met andere partijen. De provincie wil een voorbeeld zijn, partijen verbinden, ontwikkelingen versnellen en klimaatbestendigheid vermarkten.

3.2 Bodemambities

Met behulp van internet is geïnventariseerd wat de provincie en gemeente Utrecht doen op het gebied van klimaatverandering. Hieronder is per thema van bodemambities uitgewerkt of het thema terugkomt in het klimaatbeleid.

3.2.1 Waterberging en -opslag

In het Waterplan van de gemeente Utrecht (Lucas, 2005) wordt aangegeven dat er in de toekomst meer ruimte voor water nodig is. De verwachte klimaatverandering zal in Utrecht tot noodzakelijke aanpassingen in het regionale en lokale watersysteem leiden.

Op lokaal niveau bestaan in Utrecht verschillende initiatieven op het gebied van waterberging. In de eerste helft van dit jaar is aan maar liefst vijf waterprojecten van de gemeente Utrecht subsidie toegekend door het Rijk en/of Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden (website Gemeente Utrecht a). Alle projecten hebben als doel de kans op overstromingen te verkleinen en de kwaliteit van vijvers en sloten te verbeteren. Op drie plaatsen – Kernkade, de wijk Oog in Al en bedrijventerrein Strijkviertel – voert de gemeente voortaan het hemelwater apart af, in plaats van het te mengen met afvalwater in het riool. In De Meern worden twee zogenoemde bergbezinkbassins aangelegd, waarmee het vervuilde slib uit het rioolwater wordt gehaald voordat het in de sloten stroomt.

Een project waarbij de bodem wordt gebruikt als opslag voor water is de Leidsche Rijn (website Gemeente Utrecht b). In heel Leidsche Rijn wordt zoveel mogelijk schoon regenwater rechtstreeks in de sloten en in de ondergrond geborgen in plaats van afgevoerd. Het watersysteem wordt, als de woonwijk de Leidsche Rijn helemaal klaar is, een vrijwel gesloten systeem. Er komt alleen regenwater in, dat in buffergebieden, zoals de Haarijnse Plas, wordt bewaard voor drogere tijden. Er hoeft dus geen relatief vuil water uit het Amsterdam-Rijnkanaal te worden ingelaten. Het waterpeil varieert, zodat ook op deze manier extra water gebufferd wordt. Het oppervlaktewater wordt rondgepompt door middel van vier grote gemalen. Zo wordt stilstaand water, en dus zuurstofloosheid en muggenoverlast, voorkomen.

Leidsche Rijn heeft hoger en lager gelegen delen. In de hogere delen van Leidsche Rijn, zoals Langerak, liggen brede greppels, de zogenoemde wadi's. Als het regent, stroomt het regenwater via daken, regenpijpen, wegen en tuinen naar deze wadi's. In de ondergrond van de wadi's wordt een teveel aan regenwater tijdelijk opgeslagen. Het grootste pluspunt is dat het regenwater wordt gefilterd door de dikke zandlaag die in de wadi's ligt. Het water komt daardoor schoon in het grondwater terecht. In de lager gelegen delen van Leidsche Rijn, zoals Terwijde, loopt het regenwater via de poreuze straatstenen, de goten en de bermen naar de sloten. In de berm wordt het water door de beplanting biologisch gezuiverd, waardoor het oppervlaktewater schoon blijft. In de lager gelegen delen zijn ook enkele wadi's. Een nadeel is dat woonwijken uitgevoerd met daken en goten van zink die afwateren op een wadi, kunnen leiden tot grondwaterverontreiniging met zink (Verschoor en Brand, 2008).

3.2.2 Diffuse chemische bodemkwaliteit/bodembelasting

Over dit thema is geen informatie gevonden.

3.2.3 Grondwaterkwaliteit

Het Grondwaterplan van de provincie Utrecht (Provincie Utrecht, 2008b) geeft aan waar de verantwoordelijkheden van de verschillende partijen in de komende jaren zullen liggen. De gemeenten krijgen een grotere verantwoordelijkheid toebedeeld die de komende jaren in samenwerking met waterschappen en provincie moet worden afgebakend. Provincies adviseren in RO-processen, onder andere via de Watertoets. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de kennis van het grondwatersysteem om te bepalen waar uitbreiding of verandering van stedelijke en bedrijfsmatige activiteiten verantwoord is. Hierbij wordt ook gekeken of een nieuwe functie in de toekomst met grondwateroverlast te maken krijgt.

Op lokaal niveau werkt de gemeente Utrecht aan de ontwikkeling van het stationsgebied. In het stationsgebied van de gemeente Utrecht zijn meerdere verontreinigingspluimen aanwezig in het grondwater. De gemeente Utrecht is na uitgebreid onderzoek tot de conclusie gekomen dat een 'biowasmachine' *mogelijk* de oplossing is voor de verontreiniging in de ondergrond van het stationsgebied. Bij de herontwikkeling van dit grootschalige gebied lijkt deze innovatieve oplossing goede kansen te bieden voor de winning van duurzame energie en bodemsanering (website gemeente Utrecht c).

Door verspreid in het stationsgebied op grote schaal warmte-koudeopslag toe te passen, eventueel in combinatie met de toevoeging van voedingsstoffen, ontstaat in de ondergrond een systeem waarbij het grondwater voortdurend in beweging is (net zoals in een wasmachine). Het continue onttrekken en infiltreren van grondwater, beïnvloedt de stromingssnelheid en -richting van het grondwater. Verwacht wordt dat dit een positief effect heeft op de sanering dan wel beheersing van vervuild grondwater. In combinatie met deze dynamiek heeft ook de lokaal verhoogde temperatuur, die bij warmte-koudeopslag ontstaat, een positief effect op de natuurlijke afbraakprocessen in de ondergrond. Het tegelijkertijd benutten van de ondergrond voor duurzame energie (warmte-koudeopslag), ondergronds bouwen en het aanpakken van de verontreinigingen, lijkt voor alle partijen een positieve aanpak.

3.2.4 Lokale bodemverontreiniging

In mei 2009 is de intentieverklaring getekend voor een duurzame aanpak van de VOCl-verontreiniging in het stationsgebied van de stad Utrecht. Het verontreinigde gebied wordt aangepakt door middel van een gebiedsgerichte aanpak met gebruik van WKO. Zie ook grondwaterkwaliteit.

3.2.5 Draagkracht

De draagkracht van de bodem is sterk afhankelijk van de grondwaterstand. Om het watersysteem voor 2015 op orde te kunnen krijgen, werken de provincies samen met de waterschappen aan het oplossen van de zogenoemde kwantitatieve wateropgave. Dit is de opgave die is ontstaan als gevolg van klimaatverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en verstedelijking. Er is sprake van een wateropgave als wateroverlast in een gebied vaker dreigt voor te komen dan acceptabel is. Mogelijke maatregelen om de wateropgave op te lossen zijn:

- het langer vasthouden van water;
- het creëren van waterberging;
- het sneller afvoeren van water.

Het Rijk, provincies, gemeenten en waterschappen hebben in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) bestuurlijke afspraken gemaakt om te voldoen aan de verplichtingen uit de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn. Deze afspraken moeten ertoe leiden dat het watersysteem in 2015 op orde is. De provincie Utrecht ligt volgens de Randstedelijke Rekenkamer redelijk op schema met het watersysteem wat betreft kwantiteit (website randstedelijke-rekenkamer).

3.2.6 Verdichting

Zie de thema's biodiversiteit en bodemvruchtbaarheid. Door een goede bodemvruchtbaarheid en biodiversiteit heeft de bodem minder kans op verdichting door de goede structuur en aanwezigheid van organismen. Een luchtige bodem heeft meer mogelijkheden om bij te dragen aan wateropslag in tijden van extreme regenval.

3.2.7 Afdekking

In de lager gelegen delen van Leidsche Rijn worden poreuze straatstenen gebruikt om de waterafvoer te bevorderen (zie het thema waterberging en -opslag).

3.2.8 Biodiversiteit

In het project Natuur op Orde van het programma Klimaat op Orde geeft de provincie Utrecht haar visie op de kansen als gevolg van klimaatverandering voor het landelijke gebied (Provincie Utrecht, 2008). De gevolgen van klimaatverandering voor de natuur variëren van het ontstaan van drogere gebieden, meer locaties voor waterberging, gebieden die vernatten tot verandering van biodiversiteit. Voor de natuur biedt klimaatverandering ook kansen om natuurdoelen voor nu en in de toekomst te realiseren. Natuur op Orde ontwikkelt activiteiten die moeten leiden tot de volgende resultaten:

- kansen voor klimaatbufferzones;
- de realisatie van een robuuste ecologische hoofdstructuur en Natura 2000-gebieden;
- een visie ontwikkelen op gevolgen van klimaatverandering voor natuurgebieden die blijken uit de klimaatkaarten en borgen in toekomstige ruimtelijke kaders.

De natuur heeft een belangrijke rol voor de recreatie voor mensen uit het stedelijke gebied. Het is dan ook belangrijk de gevolgen van klimaatverandering voor natuurgebieden in kaart te brengen en hierop in te spelen. De landbouwsector kan hierin ook een rol spelen en optreden als natuurbeheerder. De landbouwsector kan bovendien kansen aangrijpen door aan de slag te gaan met vernieuwing van landbouwproducten aangepast aan de nieuwe omstandigheden.

Als het over biodiversiteit gaat, betreft het in eerste instantie de natuur in het landelijke gebied. Echter de biodiversiteit speelt ook een belangrijke rol in het openbaar groen van het stedelijke gebied. Het openbaar groen in het stedelijk gebied draagt in belangrijke mate bij aan de kwaliteit van de leefomgeving. Openbaar groen heeft diverse functies:

- verkoeling in tijden van extreme hitte;
- opvangen van water in tijden van extreme neerslag;
- kwaliteit van de leefomgeving;
- habitat voor planten en dieren.

Op het gebied van biodiversiteit in de stad is geen informatie gevonden van initiatieven van de gemeente. Wel wordt net buiten de stad langs de Kromme Rijn een ecologische verbindingszone aangelegd (website Streekhuis Kromme Rijn). Ook worden bewonersinitiatieven ondersteund voor de realisatie van openbaar groen in de stad door bijvoorbeeld het plaatsen van plantenbakken, de aanleg van tuinen, parken en volkstuinen (website Gemeente Utrecht d). Binnen het gemeentelijk volkstuinenbeleid voor wat betreft de bodem ziet de gemeente de volgende kansen: belang van de volkstuin voor natuur- en recreatiebeleving, bijdrage aan de kwaliteit van de leefomgeving en de natuur en een bijdrage aan de groenfunctie van de stad. Ook zijn er afspraken gemaakt voor het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen (website Gemeente Utrecht e).

3.2.9 Bodemvruchtbaarheid

Het in stand houden van de biodiversiteit in het openbaar groen van het stedelijke gebied, draagt in grote mate bij aan een goede bodemvruchtbaarheid van de bodem in het stedelijke gebied. Een gezonde bodem heeft verschillende functies, zoals watervasthoudend vermogen in natte tijden en recreëren in openbaar groen in droge tijden. Zie ook het thema biodiversiteit.

3.2.10 Bodemdaling

Zie het thema draagkracht.

3.2.11 Verdroging

Vanaf het einde van de jaren 1980 is veel onderzoek gedaan naar de verdrogende effecten van grote grondwateronttrekkingen, al dan niet in combinatie met de effecten van ingrepen in de oppervlaktewaterhuishouding (Provincie Utrecht, 2008b). De oorzaak-gevolgrelaties zijn inmiddels behoorlijk goed bekend; ook zijn er de afgelopen decennia al diverse maatregelen genomen. Specifiek voor grondwater is bijvoorbeeld het besluit genomen om enkele grote grondwateronttrekkingen voor drinkwater op de Heuvelrug te sluiten of te verminderen. Het onderzoek heeft ook aangetoond dat het in Utrecht wel mogelijk is om grondwater te blijven onttrekken, als maar goed wordt nagedacht over de ligging van de winningen ten opzichte van verdrogingsgevoelige natuur.

In 2006 is een nieuwe aanpak voor de bestrijding van de verdroging voorgesteld en in Europees verband worden nu harde eisen gesteld aan het halen van doelen in Natura 2000-gebieden. Dit betekent dat, ondanks eerdere inspanningen, het beleid voor grondwateronttrekkingen en van grondwaterbescherming in relatie tot deze natuurgebieden opnieuw tegen het licht gehouden moet worden en dat nieuwe maatregelen niet op voorhand zijn uit te sluiten.

3.2.12 Versnippering

In het landelijke gebied streeft de provincie naar de realisatie van een robuuste ecologische hoofdstructuur en Natura 2000-gebieden (zie ook het thema biodiversiteit). Versnippering in het stedelijk gebied heeft minder aandacht.

3.2.13 Verzilting

Over dit thema is geen informatie gevonden.

3.2.14 Ondergronds ruimtegebruik

De toepassing van energiewinning uit grondwater is de laatste jaren in een stroomversnelling gekomen (Provincie Utrecht, 2008a). De provincie staat hier positief tegenover omdat hiermee de CO₂-uitstoot wordt beperkt. Er zijn echter ook potentiële risico's voor de kwaliteit van het grondwater: Om deze reden worden beide vormen van energiewinning (koude-warmteopslag en bodemwarmtewisselaars) uit de bodem niet toegestaan in de nabijheid van drinkwateronttrekkingen.

3.2.15 WKO

Het verminderen van de CO₂-uitstoot wordt in de gemeente Utrecht deels gerealiseerd door het stimuleren van warmte-koudeopslag. Een voorbeeld hiervan zijn de plannen voor sanering van het stationsgebied (zie het thema grondwaterkwaliteit). Door grondwatersanering te combineren met grootschalige WKO worden kosten en energie bespaard.

3.3 Discussie

De provincie Utrecht ligt redelijk op schema met duurzaam waterbeheer. Door middel van duurzaam waterbeheer wordt water vastgehouden in het gebied en dat kan worden gebruikt in tijden van droogte. Duurzaam waterbeheer zorgt ook voor handhaving van de grondwaterstand. De grondwaterstand is een belangrijke parameter voor de bodemfuncties draagkracht, bodemdaling en verdroging.

Vanuit de gemeente Utrecht bestaan veel initiatieven op het gebied van wateropslag. Een voorbeeld hiervan is het project in Leidsche Rijn waar regenwater wordt vastgehouden in de ondergrond. De ondergrond wordt in de gemeente Utrecht ook gebruikt voor energieopslag. In het stationsgebied van Utrecht bestaan plannen om een grondwatersanering te combineren met grootschalige warmte-koudeopslag.

In het landelijke gebied van de provincie is ook aandacht voor biodiversiteit en versnippering in het klimaatbeleid. Een afnemende biodiversiteit en versnippering van natuur kunnen de oorzaak zijn van het verdwijnen van plant- en diersoorten onder extreme weersomstandigheden. Een goede biodiversiteit leidt bovendien tot een goede bodemvruchtbaarheid. Een gezonde bodem heeft minder kans op verdichting en kan meer water bergen. De provincie Utrecht ziet de realisatie van nieuwe natuur als gevolg van klimaatverandering als kans (Provincie Utrecht, 2008a).

In het stedelijk gebied is minder aandacht voor de thema's biodiversiteit, bodemvruchtbaarheid, verdichting en afdekking. Juist in het stedelijke gebied kan een gezonde bodem extra mogelijkheden bieden voor afvoer van water. Bovendien kan op een gezonde bodem waardevol groen worden

gerealiseerd. Dit kan in tijden van droogte en hitte zorgen voor verkoeling. Verminderen van de afdekking of het gebruik van poreuze stenen leidt ook tot kansen voor opslag van water in de bodem.

Het ultieme voorbeeld van klimaatbestendigheid van de stad zijn klimaatneutrale bouwprojecten, zoals EVA Lanxmeer in Culemborg. EVA-Lanxmeer is een integraal ontworpen wijk met woningen, bedrijven en kantoren in een ecologisch stadslandschap. Een van de innovatieve technische systemen in de wijk is het integrale waterbeheersysteem, waarbij gebruik gemaakt wordt van water van verschillende kwaliteit (website Gemeente Culemborg).

Op het gebied van communicatie naar bewoners is de provincie Utrecht ook actief. De provincie Utrecht wil dat meer mensen en organisaties in de provincie op een positieve manier, bevlogen en enthousiast met de uitdaging van klimaatverandering aan de slag gaan. In het programma Klimaat op Orde bestaat daarvoor het project Klimaatbestendig is geen spel. Dit project heeft als doel om met prikkelende impulsen bij diverse doelgroepen enthousiasme op te roepen om samen aan de slag te gaan. De start van deze reeks aan prikkelende impulsen is gericht op Utrechtse middelbare scholen. Schoolbesturen worden op speelse wijze uitgedaagd te investeren in klimaatneutraliteit, terwijl leerlingen bij deze maatregelen worden betrokken (Provincie Utrecht, 2008a).

4 **Klimaatbeleid van de gemeente Rotterdam en provincie Zuid-Holland**

4.1 **Inleiding**

Rotterdam wil zich profileren als een deltastad met een wereldhaven die geheel vanzelfsprekend, veilig en vernieuwend omgaat met de klimaatveranderingen van de toekomst (Gemeente Rotterdam, 2009). Internationaal straalt Rotterdam veiligheid, kennis en ‘hier wordt het gedaan’ uit. Het vermarkten van Rotterdam als voorbeeldstad voor water- en klimaatadaptatie wordt gestructureerd en professioneel uitgevoerd. Regio Rotterdam is ook een van de hotspots in het programma Kennis voor Klimaat (website Kennis voor Klimaat).

Niet alleen het stedelijke gebied zal de gevolgen van klimaatverandering ondervinden. Ook het Groene Hart krijgt met verschillende problemen te maken (Kwakemaak en Dauvellier, 2007). Door klimaatverandering zal het Groene Hart meer water moeten verwerken. Daarnaast leidt klimaatverandering tot een toename van de verdamping in de zomerperiode als gevolg van hogere temperaturen en minder neerslag.

Klimaatverandering zal ook leiden tot warmer water in winter en zomer. Bij de huidige fosforbelasting leidt dit tot een verhoogd risico op blauwalgenbloei en vissterfte, maar ook tot risico's voor de volksgezondheid. Hogere temperaturen resulteren ook in een snellere afbraak van de veenbodem. De zoutbelasting zal kunnen toenemen door toename van brakke kwel ('opbarsting'). Ook bodemdaling kan toenemen. Dit zal weer leiden tot een toename van de kooldioxide-emissie en meer vrijkomende nutriënten, de gevolgen van afbraak van veengrond.

Om deze veranderingen op te vangen, staat het Groene Hart voor een ingrijpend proces van regionale omschakeling. In drie programma's (Leven met Water, Klimaat voor Ruimte en Habiforum) wordt hard gewerkt aan de ontwikkeling en toepassing van kennis die nodig is om betrokken partijen inzicht te verschaffen in de consequenties van keuzes die gemaakt kunnen worden.

4.2 **Bodemambities**

Met behulp van internet is geïnventariseerd wat de provincie Zuid-Holland en de gemeente Rotterdam doen op het gebied van klimaatverandering. Hieronder is per thema van bodemambities uitgewerkt of het thema terugkomt in het klimaatbeleid.

4.2.1 **Waterberging en -opslag**

Rotterdam heeft, net zoals de rest van Nederland, een traditie in het ondergronds afvoeren van hemelwater via een uitgebreid rioolstelsel (website Waterplan 2 Rotterdam). De stad heeft dan ook relatief weinig oppervlaktewater waar regen kan worden vastgehouden. Het rioolstelsel kan het hemelwater op sommige plaatsen nu al moeilijk verwerken. In de komende decennia zal het vaker regenen en de buien worden heviger. Juist hevige en korte buien leveren in het dichtbevolkte stedelijk gebied een probleem op: er is te veel verharde ruimte en bebouwing, waardoor het regenwater niet weg

kan. Schade en hinder zijn het gevolg. Rotterdam introduceert daarom een nieuw type hemelwaterberging: het waterplein.

Naast waterpleinen creëert Rotterdam ook nieuwe singels voor verkoeling en ondergrondse waterberging als voorbereiding op de wateroverlast (Gemeente Rotterdam, 2009). Ondergrondse waterberging wordt onder andere onder Kruisplein en museumpark gerealiseerd (website Engenius). Rotterdam realiseert zich dat er in de toekomst voldoende water (niet te veel en niet te weinig) moet zijn op de juiste plek. Ook de kwaliteit van het water moet ook in de toekomst voldoende zijn. Rotterdam werkt, samen met de waterschappen en andere partijen, aan dat aspect van het watersysteem met Waterplan 2 Rotterdam als leidraad (Gemeente Rotterdam et al., 2007).

Maar ook in droge perioden moet Rotterdam voorzien zijn van voldoende water van voldoende kwaliteit. Met flexibel peilbeheer in watergangen en plassen wordt ingezet op extra seizoensberging (Gemeente Rotterdam, 2009). Daarnaast worden ruime waterverbindingen met het regionale watersysteem aangelegd om extra zoet water aan te kunnen voeren. Bovendien is in 2025 gewaarborgd dat door het aanleggen van extra waterverbindingen te allen tijde zoet water kan worden aangevoerd in perioden van droogte.

In ruimtelijke plannen van de provincie voor nieuw te ontwikkelen gebieden of stedelijke herstructureringsgebieden gaat voldoende ruimte gereserveerd worden voor open water. Als provinciale richtlijn geldt een percentage van 10% van het bruto oppervlak.

4.2.2 Diffuse chemische bodemkwaliteit/bodembelasting

In de langetermijnvisie van de provincie Zuid-Holland wordt onderzocht in hoeverre (accumulaties van) verontreinigingen in grond- en oppervlaktewater op de lange termijn voor een verhoging van de zuiveringsinspanning bij de huidige winlocaties zorgen (Provincie Zuid-Holland, 2008a). Vanuit de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn is het niet toegestaan dat deze concentraties toenemen. Ook wordt onderzocht in hoeverre nieuwe synthetische stoffen voor een bedreiging zorgen voor de productie van drinkwater.

4.2.3 Grondwaterkwaliteit

Het grondwaterbeleid van de provincie voor de komende jaren staat in het Grondwaterplan Zuid-Holland 2007-2013 (Provincie Zuid-Holland, 2007). Hierin zijn ook de kaders beschreven die de provincie gebruikt bij het verlenen van vergunningen voor grondwateronttrekkingen.

In het Grondwaterplan heeft de provincie zes speerpunten geformuleerd voor het grondwaterbeleid in de komende periode:

- verzilting;
- grondwaterkwantiteit;
- grondwaterkwaliteit;
- bodemdaling;
- concurrentie om de schaarse ruimte;
- verandering van positie en taken van de provincie.

Rotterdam stelt dat klimaatverandering invloed zal hebben op het grondwater. Men denkt dat zowel het peil als de grondwaterkwaliteit zal worden beïnvloed door de klimaatverandering met mogelijk schadelijke gevolgen voor de bebouwing en groenstructuur in de stad. In de nieuwe wetgeving zal de regierol van het grondwaterbeleid bij de gemeente komen te liggen.

4.2.4 Lokale bodemverontreiniging

Over dit onderwerp is geen informatie gevonden.

4.2.5 Draagkracht

De bodem onder Rotterdam bestaat voornamelijk uit klei- en veengrond. Dit zijn grondsoorten die veel water bevatten en als een spons kunnen worden samengeperst waardoor de bodem inklinkt (website Gemeente Rotterdam a). Als de grondwaterstand hoog wordt en dicht bij de vloer van de woning komt te liggen, dan is de kans op vochtproblemen in de woning groot en kunnen bijvoorbeeld houten vloeren gaan rotten. Bij een te geringe ontwateringsdiepte treedt dus vroeg of laat wateroverlast op.

Wateroverlast kan veroorzaakt worden door:

- 1 inklinking van de bodem. Door de bodem op te hogen, drukt er meer gewicht op de onderlaag, waardoor het water er uit verdreven wordt en het veen en de klei inklinken;
- 2 meer en langdurige regenbuien door verandering van het klimaat. Als er meer regen valt en de afwatering van een perceel niet optimaal is, kan er wateroverlast ontstaan.

Ook in de rest van de provincie Zuid-Holland is de draagkracht van de bodem een veelvoorkomend probleem. De gemeente Gouda staat bijvoorbeeld bekend om zijn zachte bodem. In Gouda verzakt 22% van de wegverhardingen jaarlijks met drie tot zes centimeter. Dat is in totaal 540.000 vierkante meter bestrating. Gouda gaat het probleem van de inklinkende bodem voor langere tijd verhelpen. De benodigde technische middelen worden betaald uit de van het Rijk verkregen afkoopsom. Bijna 44 miljoen euro extra rijksgeld heeft Gouda komende jaren te besteden om achterstallig onderhoud aan straten en parken weg te werken (website ruimtexmilieu b).

Voor een goede draagkracht van de bodem, is de grondwaterstand erg belangrijk. Zie het thema grondwaterkwaliteit en waterberging en -opslag voor de grondwaterplannen van de provincie Zuid-Holland, waarin ook grondwaterkwantiteit is opgenomen.

4.2.6 Verdichting

Zie de thema's bodemvruchtbaarheid en biodiversiteit.

4.2.7 Afdekking

De provincie Zuid-Holland bevordert afkoppeling van regenwater en de toepassing van minder of open bodemafdekking (Provincie Zuid-Holland, 2008a). Ook worden groene daken en muren toegepast om de afvoer van piekbuien te vertragen en de verdamping te bevorderen en hoge temperaturen te temperen.

De vooroorlogse wijken van Rotterdam hebben met elkaar gemeen dat ze vrij dichtbebouwd zijn, veel verhard oppervlak hebben en daarmee gevoelig zijn voor wateroverlast (website Waterplan 2 Rotterdam). Er is maar weinig ruimte om extra oppervlaktewater toe te voegen. Waar het kan, zal in (kleinschalige) herstructureringslocaties, nieuw oppervlaktewater worden toegevoegd. Om de waterkwaliteit te verbeteren, biedt herstructurering kansen om verhard oppervlak af te koppelen en het water te infiltreren of ondergronds te bergen en af te voeren.

4.2.8 Biodiversiteit

Rotterdam realiseert zich dat groenvoorzieningen klimaatbestendig moeten zijn om een aangename leefomgeving te zijn voor de toekomst. De initiatieven hiervoor zijn opgenomen in de 2010 Klimaatatlas. Deze geeft een beeld van de maatschappelijke impact van klimaatverandering op het stadsklimaat in alle facetten, zoals hittestress, gezondheid en groen (Gemeente Rotterdam, 2009). De realisatie van een brede hoofdwatergang met aan één zijde een natuurvriendelijke oever is een goed voorbeeld van een klimaatbestendige groenvoorziening (website Waterplan 2 Rotterdam). Deze hoofdwatergang met oever maakt onderdeel uit van een ecologische verbinding.

Rotterdam heeft veel innovatieve plannen om het groen in de stad te vergroten, zoals groene daken (website Gemeente Rotterdam b). Een groen dak vervangt de natuur die door de verstedelijking verdwijnt en draagt hiermee bij aan zowel de biodiversiteit als de leefbaarheid en de waterberging.

4.2.9 Bodemvruchtbaarheid

De initiatieven die Rotterdam neemt om groenvoorzieningen te realiseren, dragen niet altijd bij aan een goede bodemvruchtbaarheid. Groene daken verhogen immers wel de biodiversiteit, maar hebben geen effect op de bodemvruchtbaarheid.

4.2.10 Bodemdaling

Zie het thema draagkracht.

4.2.11 Verdroging

Verdroging speelt in de provincie Zuid-Holland in de duinen, de kleipolders en in de veenweidegebieden. Het grondwaterpeil daalt daar door drinkwaterwinning, ingrepen in de grondwaterhuishouding of constante bemaling. Hierdoor zakt het land in en de natuur verdroogt.

De lijn van de provincie is om met de aanpak van verdroging zoveel mogelijk aan te sluiten op de bestaande trajecten en geen apart spoor te starten. Het belangrijkste spoor is daarbij Natura 2000. Ook voor de gebieden buiten de Natura 2000-gebieden kan in veel gevallen aangesloten worden bij al lopende trajecten, bijvoorbeeld een watergebiedplan of watergebiedstudie (Provincie Zuid-Holland, 2008b).

4.2.12 Versnippering

Met de realisatie van groene daken en oevers (zie het thema biodiversiteit) wordt versnippering tegengegaan. Diersoorten (bijvoorbeeld vogels) kunnen zich via dit groen verplaatsen in het stedelijk gebied.

4.2.13 Verzilting

Het project herinrichting Oranjevlietpolder wil de natuur- en recreatiefunctie in dit gebied versterken. Een van de onderdelen die moet worden uitgewerkt, is een waterplan dat inzicht geeft in de waterhuishouding en de kansen om een brakwatermilieu te realiseren (website Waterplan 2 Rotterdam).

4.2.14 Ondergronds ruimtegebruik

Ondergrondse waterberging wordt onder andere onder Kruisplein en Museumpark gerealiseerd (zie het thema waterberging en -opslag). Maar ook de realisatie van bodemenergiesystemen (zie het thema WKO) worden door de provincie gestimuleerd (Provincie Zuid-Holland, 2007).

4.2.15 WKO

Doel van het beleid van de Provincie Zuid-Holland voor wat betreft WKO is het toepassen van WKO-systemen voor energieopslag in de bodem, met zo min mogelijk (negatieve) effecten op het grondwatersysteem. Daarom worden voorwaarden gesteld bij vergunningverlening (Provincie Zuid-Holland, 2007).

4.3 Discussie

De provincie Zuid-Holland en de gemeente Rotterdam nemen verschillende initiatieven om wateroverlast in de toekomst tegen te gaan. Voorbeelden hiervan zijn de realisatie van zogenoemde waterpleinen, nieuwe singels en ondergrondse waterberging. Pieksituaties in de waterafvoer worden voorkomen door de hemelwaterafvoer te vertragen door de realisatie van groene daken. Ook ondergrondse waterberging wordt op verschillende plekken gerealiseerd in de stad Rotterdam. In de toekomst zou het watervasthoudend vermogen van de bodem meer kunnen worden gebruikt.

Duurzaam waterbeheer is ook van belang voor het op peil houden van de grondwaterstand. Een goede grondwaterstand zorgt voor een goede draagkracht van de bodem. 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. Problemen met de draagkracht van de bodem en bodemdaling treden veel op in Rotterdam en in de rest van Zuid-Holland. Deze problemen zullen alleen maar groter worden bij toenemende neerslag als gevolg van klimaatverandering.

In de stad Rotterdam is veel aandacht voor de realisatie van openbaar groen. Voorbeelden hiervan zijn groene daken, maar ook de aanleg van natuurvriendelijke oevers dragen bij aan een grotere biodiversiteit in de stad. De aanleg van deze groene daken en natuurvriendelijke oevers zorgen ervoor dat flora- en faunasoorten zich binnen de stad kunnen verplaatsen. De initiatieven die Rotterdam neemt om groenvoorzieningen te realiseren, dragen echter niet altijd bij aan een goede bodemvruchtbaarheid. Groene daken verhogen immers wel de biodiversiteit, maar hebben geen effect op de bodemvruchtbaarheid.

Rotterdam is een dichtbebouwde stad die daardoor grotendeels is afgedekt. Verminderen van de afdekking leidt tot kansen voor opslag van water in de bodem. In het algemeen kan een onafgedekte en gezonde bodem bijdragen aan wateropslag in het stedelijke gebied. Bovendien kan op een gezonde bodem waardevol groen worden gerealiseerd. Dit kan in tijden van droogte en hitte zorgen voor verkoeling.

5 Conclusies

5.1 Synthese

In Tabel 4 zijn de bevindingen uit de vorige hoofdstukken samengevat.

Tabel 4: Maatregelen en kansen in het stedelijke gebied van Utrecht en Rotterdam.

	Utrecht	Rotterdam
Waterberging en -opslag	Afkoppelen afvoer hemelwater, bergbezinkbassins, wadi's, watervasthoudend en reinigend vermogen van de bodem	Waterpleinen, singels, ondergrondse waterberging, groene daken
Diffuse chemische bodemkwaliteit	-	Inventarisatie verhoging zuiveringsinspanning door bodemverontreiniging
Grondwaterkwaliteit	Combinatie van WKO en bodemsanering in stationsgebied	-
Lokale bodemverontreiniging	Combinatie van WKO en bodemsanering in stationsgebied	-
Draagkracht	Duurzaam waterbeheer	Peilbeheer
Verdichting	-	-
Afdekking	-	-
Biodiversiteit	Ondersteuning bewoners-initiatieven openbaar groen	Groene daken, natuurvriendelijke oevers
Bodemvruchtbaarheid	-	-
Bodemdaling	-	Peilbeheer
Verdroging	Aanvullende maatregelen moeten nog worden genomen	Aansluiting bij bestaande trajecten
Versnippering	-	Groene daken, natuurvriendelijke oevers
Verziltning	-	Realisatie brakwatermilieu
Ondergronds ruimtegebruik	Ondergrondse waterberging, bodemenergiesystemen	Ondergrondse waterberging, bodemenergiesystemen
WKO	Combinatie van WKO en bodemsanering in stationsgebied	Stimulatie WKO door provincie

Uit Tabel 4 blijkt dat in de twee onderzochte gemeenten verschillende initiatieven bestaan op het gebied van waterberging en -opslag. Ook de toepassing van ondergronds ruimtegebruik, WKO en bodemenergiesystemen vindt plaats. De thema's draagkracht en bodemdaling komen impliciet aan de orde als het gaat om duurzaam waterbeheer of peilbeheer.

Thema's als biodiversiteit en verdroging komen ook aan bod in de klimaatprogramma's (Provincie Utrecht, 2008a; Gemeente Rotterdam, 2009). Dit geldt dan wel voor het landelijke gebied en minder duidelijk voor het stedelijke gebied.

Opvallend is dat in de klimaatprogramma's minder aandacht is voor het thema afdekking. Ook de thema's bodemvruchtbaarheid en -verdichting komen niet voor in de klimaatprogramma's, maar dragen in belangrijke mate bij aan goed functionerende ecosysteemdiensten (zie Bijlage 1).

5.2 Discussie

Zowel voor de gemeente Rotterdam als de gemeente Utrecht zijn veel initiatieven gevonden op het gebied van klimaat. Er bestaan uitgebreide klimaatprogramma's waarin verschillende bodemthema's impliciet of expliciet terugkomen. Bepaalde thema's (WKO, ondergronds ruimtegebruik en wateropslag) worden al veel toegepast. Dit zijn dan ook de thema's waarbij maatregelen direct laten zien wat het oplevert, de zogenoemde 'harde' thema's. Aangezien de toepassing van bijvoorbeeld WKO financieel nogal wat oplevert, wordt het vaak opgepikt door verschillende marktpartijen.

De meer 'softe' bodemthema's (ecosysteemdiensten van de bodem) worden minder toegepast in de praktijk. Een goede bodemvruchtbaarheid levert wel degelijk wat op (Constanza et al., 1997). Dit is alleen minder zichtbaar. Aangezien investeren in een goede bodemvruchtbaarheid geen financieel voordeel lijkt te hebben, gaan marktpartijen hier niet mee aan de slag. Deze bodemthema's zullen door de overheid gestimuleerd moeten worden. Een gezonde bodem zal op de lange termijn namelijk wel bijdragen aan de adaptatiemogelijkheden van klimaatverandering.

Een ander aandachtspunt is dat de bodemthema's die relevant zijn voor klimaatverandering erg verspreid zijn over verschillende overheden en afdelingen binnen overheden. Om de bodem optimaal te gebruiken als buffer voor klimaatverandering, is veel communicatie tussen overheden en afdelingen binnen de overheden nodig. De bodemthema's draagkracht en bodemdaling komen aan de orde als het gaat om waterbeheer. Hiervan liggen de verantwoordelijkheden vaak bij de provincie en het waterschap. Thema's als bodemverontreiniging en openbaar groen zijn de verantwoordelijkheid van de gemeenten. Binnen een gemeente is de verantwoordelijkheid over de ondergrond verdeeld over een aantal verschillende afdelingen. De kansen van de ondergrond moeten niet worden overgelaten aan de afdeling Bodem(sanering), maar kan ook worden opgepakt door planologen (Westerhof en De Cleen, 2009). Dit kan voordelig werken in de praktijk. Buiten de provincie en de gemeenten zijn er ook andere partijen die kunnen bijdragen aan het benutten van de bodem als het gaat om klimaatverandering. Waterbedrijven kunnen bijvoorbeeld meedoen in het debat rond ruimtelijke ordening (De Haas en Peters, 2009).

Groen kan indirect positieve gezondheidseffecten hebben. Een verklaring is dat mensen in groene omgevingen meer sociale contacten hebben en meer sociale steun ondervinden. Een aanvullend effect van 'groen' is dat mensen zich sneller en gemakkelijker kunnen herstellen van ingrijpende, stressvolle gebeurtenissen (Maas, 2009). Daarom wordt groen door de gezondheidszorgsector soms al ingezet als middel om gezondheidsproblemen te verminderen. Samenwerking tussen 'groene organisaties', de bodemsector en de gezondheidszorgsector, moet bevorderd worden.

Het draagvlak binnen de gemeente op het gebied van klimaatverandering moet voldoende groot zijn om initiatieven te kunnen laten slagen. Hiervoor is ondersteuning nodig vanuit het Rijk. Gemeenten die vooroplopen met het klimaatbestendig maken van de stad kunnen een voorbeeld zijn voor gemeenten die minder ver zijn met hun uitvoeringsplannen.

De gemeente moet ook zorgen voor communicatie naar de burgers. De initiatieven van de burgers zijn heel belangrijk in het klimaatbestendig maken van de stad. De burger moet als eerste bewust worden gemaakt dat zij zelf ook kunnen bijdragen aan het klimaatbestendig maken van hun woonomgeving. Voorbeelden hiervan zijn de aanleg van tuinen zonder afdekking en de realisatie van groene daken. Hierin kan de hoveniersbranche een rol gaan spelen. Maar ook goede maatregelen zijn het afvoeren van hemelwater in de tuin in plaats van op het riool, het afkoppelen van de regenpijp, de regenton en het zo schoon mogelijk houden van het rioolwater (geen schoonmaakdoekjes in het riool).

5.3 Aanbevelingen

De aanbevelingen van dit onderzoek zijn samengevat in Figuur 1.

In dit onderzoek is voor het klimaatbeleid van de gemeente Utrecht en Rotterdam bekeken in hoeverre de bodemthema's relevant voor klimaatverandering hierin terugkomen. Voor het onderzoek is veel informatie gevonden op internet. Helaas bleek het budgettair niet mogelijk om binnen het project ook contact te zoeken met de gemeenten en de provincie. Dit zou in een vervolgonderzoek zeker aan te bevelen zijn.

In het huidige onderzoek is slechts naar twee steden gekeken. In het vervolgonderzoek zouden meer steden meegenomen kunnen worden die wellicht weer hele andere initiatieven nemen op het gebied van klimaat(bestendigheid). Dit zal uiteindelijk leiden tot een meer compleet beeld van welke initiatieven worden genomen op het gebied van klimaat(bestendigheid) in Nederland. Het verzamelen van deze informatie zou kunnen worden gedaan in SKB-verband.

Ook is het wenselijk een aantal thema's verder uit te werken om de baten van eventuele maatregelen inzichtelijk te maken. Waterberging en -opslag leiden bijvoorbeeld tot economische en milieubaten. Het in beeld brengen van deze baten, kan in de toekomst een ondersteuning zijn voor verschillende partijen bij het nemen van initiatieven op dit gebied.

Voor de ecosysteemdiensten kan ook worden uitgewerkt wat de baten zijn. Deze baten zijn echter minder zichtbaar en pas op een langere termijn. Daarom is het extra interessant dit inzichtelijk te maken, zodat verschillende partijen in de toekomst daar mogelijk wel in willen investeren.

Het onderwerp klimaat(bestendigheid) zou opgenomen moeten worden in een bestaand instrument (zoals Routeplanner Bodemambities). Met een dergelijk instrument kunnen gemeenten afwegen of bepaalde maatregelen voor hen gunstig zijn. Met een dergelijk instrument worden alle gemeenten bereikt, waardoor een breed draagvlak kan worden gecreëerd voor het nemen van maatregelen ten behoeve van klimaatbestendigheid van de stad.

Een dergelijke afwegingssystematiek zou gebruikt kunnen worden om de verschillende ingrepen ten opzichte van elkaar te optimaliseren. Hiervoor is het nodig dat de effectiviteit van maatregelen toetsbaar of zichtbaar kan worden gemaakt. Indien bepaalde maatregelen niet worden genomen omdat (kosten en) baten niet zichtbaar zijn en kosten bij andere partijen komen te liggen, zal daar door regelgeving of subsidies in moeten worden voorzien. Ook dit dient te worden uitgezocht.

Een toetsinstrument op basis van indicatoren zou kunnen worden ontwikkeld. Hiermee kunnen gebieden en steden worden beoordeeld op klimaatbestendigheid.

Er wordt aanbevolen het thema waterberging en -opslag toe te voegen aan de thema's van bodemambities. Dit is een thema dat in de toekomst erg belangrijk is bij de afweging die gemeenten maken bij hun bodemambities.

In vervolgonderzoek zou ook kunnen worden onderzocht welke initiatieven in het buitenland bestaan om steden klimaatbestendig te maken.

In de toekomst is het aan te bevelen een platform te maken waar steden hun ervaringen op het gebied van klimaat kunnen uitwisselen. Op een dergelijk platform kunnen gemeenten die minder ver zijn met de uitvoering van klimaatbeleid leren van de gemeenten die hierin vooroplopen.

Literatuur

- Barends, F.B.J., D. Dillingh, R. Hanssen en K. van Onselen. (2008). Bodemdaling langs de Nederlandse kust. Case Hondsbossche en Pettemer zeewering. IOS Press BV.
- Benoist, F. (2006). KRW en drinkwater uit rijkswateren, gevolgen van de Kaderrichtlijn Water voor bescherming drinkwatervoorziening uit rijkswateren. DHV. In opdracht van Rijkswaterstaat/RIZA.
- Bonte, A. (2009). Het 100.000 bomenplan. Initiatiefvoorstel van GroenLinks.
- Claessens, J. en A. van der Wal (2008). Verkenning effecten hoogwaterstanden op de bodemkwaliteit in het landelijk en stedelijk gebied, RIVM-briefrapport 607050003.
- Constanza, R., R. D'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton en M. van den Belt (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, 387, 253-260.
- Dinkla, I.J.T. (2008). Biodiversiteit en ecosysteemdiensten als parameters voor verantwoord ondergronds gebruik. *Bodem*, achttiende jaargang, nummer 4.
- Dooren, van N. (2009). Water in de tuin. STOWA en RIONED, www.riool.info.
- Drunen van, M. en R. Lasage (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
- Gemeente Rotterdam, Waterschap Hollandse Delta, Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard, Hoogheemraadschap van Delfland (2007). Waterplan 2 Rotterdam, werken aan water voor een aantrekkelijke stad.
- Gemeente Rotterdam (2009). Rotterdam Climate Proof, The Rotterdam challenge on water and climate adaptation. Adaptatieprogramma 2009, Rotterdam Climate Initiative.
- Haas, de P. en J. Peters (2009). De bijdrage van waterbedrijven aan de ruimtelijke kwaliteit. *H2O*, 14/15, 22-24.
- Heijmans, M.M.P.D. en F. Berendse (2009). State of the art review on climate change impacts on natural ecosystems and adaptation, Knowledge for climate report number KfC009/09, Wageningen UR.
- Janse, L. (2003). Nota Afkoppelen verhard Oppervlak. Hoogheemraadschap Rijnland, mei 2003.
- Koopmans C., J. Bokhorst, C. Terberg en Nick van Eekeren (2007). Bodem signalen. Praktijkgids voor een vruchtbare bodem, Roodbont B.V., Louis Bolk Instituut.
- Kunst, O.N. (2009). Druk op ruimte heeft gevolgen voor de ondergrond. Water heeft drie dimensies, *Bodem*, 2, 11-13.
- Kuypers, V.H.M., B. Enserink, E.A. de Vries, J. Hinterleitner, J. Kortman en A. Oosterhuis (2009). Klimaat en de stad; Dialoog A17 Klimaat voor Ruimte. Wageningen: Alterra, Alterra-Document1. 33.
- Kwakemaak, C. en P. Dauvellier (2007). Ruimte, water en klimaat in het Groene Hart, *H2O*, 22, 20-22.
- Lucas, E (2005). Waterplan Gemeente Utrecht.

- Maas, J., R.A. Verheij, P.P. Groenewegen, S. de Vries en P. Spreeuwenberg (2006). Green space, urbanity, and health: how strong is the relation? In: *J. Epidemiol. Community Health* 2006, vol. 60, p. 587-592.
- Maas, J. (2009). *Vitamin G: Green environments-Healthy environments*, Universiteit Utrecht, proefschrift.
- Moolenaar, S.W. en M.C. Hanegraaf (2007). *Bodembeheer bodembiodiversiteit. Waaier uitgebracht als onderdeel van het project Kans voor Klei*, NMI.
- Planbureau voor de Leefomgeving. (2009). *Wegen naar een klimaatbestendig Nederland*. PBL-publicatienummer 500078001
- Provincie Utrecht (2008a). *Programma Klimaat op Orde 2008-2011*.
- Provincie Utrecht (2008b). *Grondwaterplan 2008-2013*.
- Provincie Zuid-Holland (2007). *Grondwaterplan Zuid-Holland 2007-2013*.
- Provincie Zuid-Holland (2008a). *Ontwerp Provinciaal Waterplan Zuid-Holland 2010-2015*.
- Provincie Zuid-Holland (2008b). *Nota uitvoering verdrogingsbeleid Zuid-Holland*.
- Rijke, J., C. Zevenbergen en W. Veerbeek (2009). *State of the art. Klimaat in de stad*, Kennis voor klimaat rapportnummer KvK007/09.
- Rutgers, M. C. Mulder, A.J. Schouten, J. Bloem, J.J. Bogte, A.M. Breure, L. Brussaard, R.G.M. de Goede, J.H. Faber, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel, G.W. Korthals, F.W. Smeding, C. ten Berg en N. van Eekeren (2007). *Typeringen van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit*. RIVM-rapport 607604008.
- Roeloffzen, A.B. (2008). *Bodemdiversiteit in de stad*. *Bodem*, achttiende jaargang, nummer 4.
- Taskforce WKO (2009). *Groen licht voor bodemenergie*.
- TCB (20 april 2009a). *Advies diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater*. TCB A047.
- TCB (27 mei 2009b). *Advies gevolgen afdekken van de bodem*, TCB S25.
- Verschoor, A.J. en E. Brand (2008). *Afspoeling van bouwmetalen. Risicobeoordeling van emissies van koper, lood en zink*. RIVM-rapport 711701078/2008.
- V&W (1994). *Evaluatienota Water; regeringsbeslissing; aanvullende beleidsmaatregelen en financiering 1994-1998*. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Den Haag: Sdu.
- Westerhof, R. en M. de Cleen (2009). *Waarom zou je het gebruik van de ondergrond in de stad willen ordenen?* *Bodem*, 2, 16-18.

Websites

Bodemacademie: <http://www.bodemacademie.nl/index.php?i=214>

Deltawerken: <http://www.deltawerken.com/Duurzaam-waterbeheer/64.html>

De Vernufteling: http://www.devernfteling.eu/00/vnf/nl/6_32/content/63/index.html

Engenius:

http://www.engenius.nl/ingenieur/nieuws/Rotterdam_proeftuin_voor_klimaatbestendig_waterbeheer?p=3

Gemeente Amsterdam, Stadsdeel Oud-Zuid:

http://www.oudzuid.amsterdam.nl/sport_en_recreatie/vondelpark/werkzaamheden

Gemeente Culemborg: ¹

<http://www.culemborg.nl/tDocumenten/detail.aspx?pKey1=201164116&pageid=14110>

Gemeente Rijssen-Holten: [http://www.rijssen-](http://www.rijssen-holten.nl/rsn/webgenrijssen.nsf/pages/_D69A13B0864C809BC12575AE004F2BDC/$file/Oplevering+diepinfiltratie+regenwater+Rijssen+(7+november+2005).pdf)

[holten.nl/rsn/webgenrijssen.nsf/pages/_D69A13B0864C809BC12575AE004F2BDC/\\$file/Oplevering+diepinfiltratie+regenwater+Rijssen+\(7+november+2005\).pdf](http://www.rijssen-holten.nl/rsn/webgenrijssen.nsf/pages/_D69A13B0864C809BC12575AE004F2BDC/$file/Oplevering+diepinfiltratie+regenwater+Rijssen+(7+november+2005).pdf)

Gemeente Rotterdam a:

<http://www.wonen.rotterdam.nl/smartsite.dws?Tekstmode=0,%200&id=2165297>

Gemeente Rotterdam b: <http://www.rotterdam.nl/groenedaken>

Gemeente Utrecht a:

<http://www2.utrecht.nl/smartsite.dws?id=12564&mw=1005&w=18;94&p=17434&parFrom=17434&infFrom=17434&persberichtID=70299&type=pers>

Gemeente Utrecht b: <http://www2.utrecht.nl/smartsite.dws?id=195220>

Gemeente Utrecht c: <http://www.utrecht.nl/smartsite.dws?id=236064>

Gemeente Utrecht d: <http://drempelsweg.utrecht.nl/smartsite.dws?id=247395>

Gemeente Utrecht e:

<http://www2.utrecht.nl/smartsite.dws?id=302624#Beleidslijn%20en%20doelstelling>

Helpdesk Water: http://www.helpdeskwater.nl/water_en_ruimte/klimaat/feiten_en_fictie/item_22763/

Hoogheemraadschap de Stichtse Rijnlanden:

http://www.hdsr.nl/informatie/werk_in_uitvoering/projecten_per/gemeenten/schoonhoven/@127925/pagina/

Kennis voor Klimaat: http://kennisvoorklimaat.klimaatonderzoeknederland.nl/nl/25222746-Regio_Rotterdam.html

KNMI: http://www.knmi.nl/klimaatverandering_en_broeikaseffect/

Leven met Water: <http://www.levenmetwater.nl/projecten/leven-met-zout-water/?cat=laag-nederland>

Meermetbodenergie: <http://www.meermetbodenergie.nl/>

Platform Communication on Climate Change:

<http://www.klimaatportaal.nl/pro1/general/start.asp?i=5&j=1&k=4&p=1&itemid=711>

Randstedelijke-rekenkamer: http://www.randstedelijke-rekenkamer.nl/rapport/74/Puzzelen_met_de_wateropgave__Utrecht/

RisicotoolboxBodem: <http://www.risicotoolboxbodem.nl/>

Ruimtexmilieu a: <http://www.ruimtexmilieu.nl/index.php?nID=484>

Ruimtexmilieu b: <http://www.ruimtexmilieu.nl/index.php?nID=544>

Stichting Rioned: www.riool.info

Streekhuis Kromme Rijn: <http://www.streekhuiskrommerijn.nl/lopende-projecten-items/82,28/duurzame-inrichting-kromme-rijn>

VROM: <http://www.vrom.nl/pagina.html?id=32952>

Waterplan 2 Rotterdam:

<http://www.gw.rotterdam.nl/Rotterdam/Openbaar/Overig/Waterplan/PDF/Waterplan%20Low%20Res%20B.pdf.pdf>

Bijlage 1: Ecosysteemdiensten van de bodem

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:

- nutriëntenretentie 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. De volgende 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 door planten;
- het bufferen van het klimaat, zoals het bufferen van vocht en temperatuur, maar ook de vastlegging van broeikasgassen.

Biodiversiteit

De bodem vorm 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.



RIVM

Rijksinstituut
voor Volksgezondheid
en Milieu

Postbus 1
3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl