KENNISAGENDA
BODEM EN ONDERGROND
2016

"The nation that destroys its soil destroys itself"
Franklin D Roosevelt

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting 1
1 Kennisagenda bodem en ondergrond 4
2 Natuurlijk systeem en de maatschappij 6
3 Kennisbehoefte 10
3.1 Maatschappelijke opgaven en dwarsverbanden 10
3.2 Strategische kennisvragen 12
3.2.1 Bodem en landbouw en voedsel 13
3.2.2 Bodem en leefbaarheid landelijk gebied en natuur 20
3.2.3 Bodem en klimaatverandering, mitigatie en adaptatie 25
3.2.4 Bodem, ondergrond en water 30
3.2.5 Bodem onder de gezonde slimme stad 36
3.2.6 Bodem en mobiliteit en transport 42
3.2.7 Bodemkwaliteitszorg 47
3.2.8 Bodem en energievoorziening 52
3.2.9 Bodem en efficiënt gebruik grondstoffen 58
3.2.10 Kennisbehoefte dwars over de thema's heen 63
4 Kennisinfratstructuur en kennislandschap 68
4.1 Kennisinfrastructuur bodem en ondergrond 68
4.2 Kennislandschap bodem en ondergrond 68
Colofon 72
Bijlagen 73
Bijlage 1: Proces kennisagenda bodem en ondergrond 74
Bijlage 2: Memo prioriteren 77
Bijlage 3: Literatuur, websites en andere verwijzingen 81

SAMENVATTING

Aanleiding

Het bewustzijn van de waarde en onvervangbaarheid van bodem, ondergrond en grondwater groeit. Door veranderingen in de samenleving en de bijbehorende leefomgeving neemt de druk op het natuurlijk systeem (waaronder bodem, ondergrond en grondwater) toe. Om nu en in de toekomst duurzaam gebruik te kunnen maken van de bodem en ondergrond is kennis en expertise nodig. In deze kennisagenda bodem en ondergrond worden urgente vragen over bodem, ondergrond en de andere elementen van het natuurlijk systeem en bodem in relatie tot landgebruik in relatie tot de grote maatschappelijke opgaven geagendeerd.

De opdracht voor de kennisagenda bodem en ondergrond volgt uit de doelen en afspraken in de convenanten 'Convenant Bodemontwikkelingsbeleid en aanpak spoedlocaties 2010-2015' [1] en ‘Convenant Bodem en Ondergrond 2016-2020’ [2]. Deze kennisagenda spitst zich dan ook primair toe op de kennisbehoefte van de convenantpartners in relatie tot hun taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden met betrekking tot bodem en ondergrond. De kennisagenda dient als toetsinstrument binnen het Kennis- en Innovatieprogramma Bodem en Ondergrond (KIBO).

Waarde van bodem, ondergrond en grondwater voor de maatschappij

De bodem, ondergrond en grondwater (het natuurlijk systeem) heeft unieke eigenschappen waarmee diensten worden geleverd die waarde hebben voor de maatschappij. Deze waarde (natuurlijk kapitaal) staat onder druk als gevolg van een toename van de belasting van veel ecosysteemdiensten. Zo is bijvoorbeeld de behoefte aan waterberging boven- en ondergronds tijdens extremere neerslagmomenten als gevolg van de klimaatverandering toegenomen terwijl tegelijkertijd van de infiltratiecapaciteit in de bodem als gevolg van afdekking in stedelijk gebied is afgenomen met een risico op wateroverlast tot gevolg.

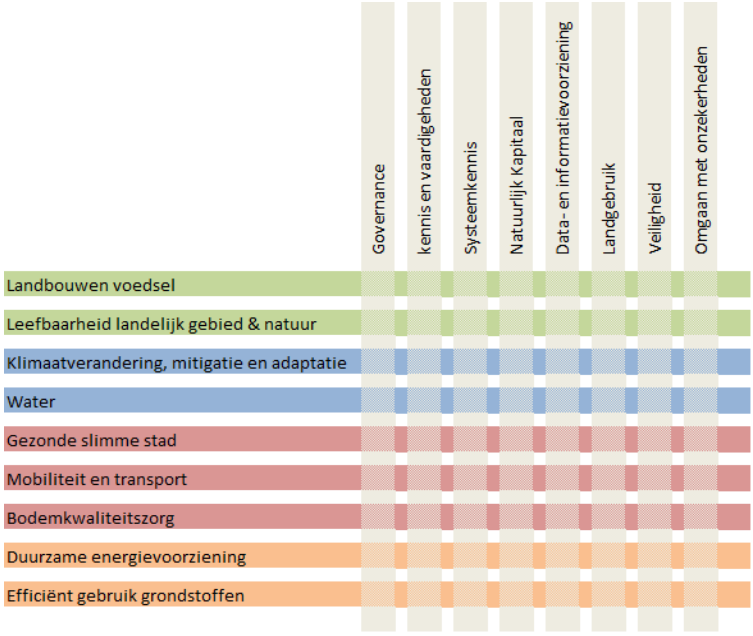
De onbalans tussen de capaciteiten aan natuurlijk kapitaal en de behoefte vanuit de maatschappij aan dit kapitaal leidt tot afbraak van het natuurlijk systeem. Duurzaam landmanagement heeft een sleutelrol in het herstel van deze balans. Hiervoor is echter wel kennis nodig over het functioneren van het systeem, de interactie van bodem, ondergrond en grondwater met de maatschappij en mogelijke oplossingen om verdere afbraak (degradatie) van bodems te voorkomen en herstel te bevorderen.

Strategische kennisbehoefte

De kennisbehoefte op het gebied van bodem, ondergrond en grondwater varieert van hele toegepaste en gedetailleerde vragen, waarmee antwoord moet worden gegeven op praktische problemen van nu, tot strategische vragen, die wellicht gevolgen kunnen hebben voor het beleid in, en de visie op, de toekomst. In de kennisstructuur bodem en ondergrond moet ruimte zijn voor al deze vragen, maar in deze kennisagenda ligt de focus op de meer strategische vragen.

De kennisbehoefte in de kennisagenda bodem en ondergrond wordt bepaald door de maatschappelijke opgaven, de trends en drivers die daarbij horen en het concept dat het natuurlijk systeem duurzaam, in evenwicht met de maatschappelijke druk / behoefte / vraag / gebruik, kan bijdragen aan de oplossing van deze opgaven. Er is gekozen voor een indeling op basis van de maatschappe-

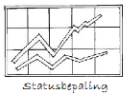
lijke opgaven aangevuld met enkele kenmerkende thema's voor bodem en ondergrond. Daarnaast worden kennisvragen vanuit een aantal dwarsverbanden, dwars op de thema's, onderscheiden. In Figuur 1 zijn deze thema's en dwarsverbanden weergegeven.



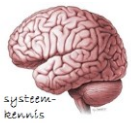
Figuur 1: Thema's en dwarsverbanden in de kennisagenda bodem en ondergrond

De kennisbehoefte op het gebied van bodem en ondergrond kan worden samengevat in de volgende, gegeneraliseerde, strategische kennisvragen:

Bewustwording
Hoe kan het bewustzijn bij stakeholders over de rol die ons natuurlijk systeem speelt in het voorzien in de maatschappelijke behoeften worden vergroot? En hoe kan het besef dat ingrepen in de leefomgeving effecten hebben op dit natuurlijk systeem toenemen?



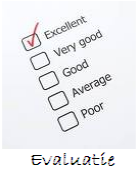
Statusbepaling
Wat zijn de huidige capaciteiten van het natuurlijk systeem?



Systeemkennis
Welke (biologisch, chemisch en fysische) processen zijn van belang voor de status van het natuurlijk systeem? Hoe grijpt de maatschappij (via bijvoorbeeld ruimtelijke ingrepen, het onttrekken van water, het afdekken van de bodem, enz) in op deze processen?

Afwegen
Welke keuzes moeten gemaakt worden, bij bijvoorbeeld ruimtelijke ingrepen, om de (verstoorde) balans tussen het natuurlijk systeem en de maatschappij te herstellen? En wat betekent dit voor het natuurlijk systeem en de maatschappij?

Implementatie
Hoe kan de balans tussen de capaciteiten van het natuurlijk systeem en de maatschappelijke behoeften worden hersteld? Wat is de rol van landmanagement hierin?



Evaluatie
Wat is het effect van deze ingrepen op het natuurlijk systeem (bodem, ondergrond en grondwater) en de wisselwerking met de maatschappij?

In hoofdstuk 3 van deze kennisagenda bodem en ondergrond is, per thema en dwarsverband, de kennisbehoefte verder uitgewerkt.

Kennisinfrastructuur en kennislandschap

De kennisagenda bodem en ondergrond staat niet op zich zelf. Deze kennisagenda vormt één van de pijlers van de kennisinfrastructuur bodem en ondergrond. De andere twee pijlers die worden onderscheiden zijn ‘kennisontwikkeling’ en ‘kennisdoorwerking’. De kenniscoördinator moet, vanuit een overkoepelende rol, zorggedragen voor een sterke verbinding tussen de drie pijlers zodat de volledige kennisketen wordt gedekt met deze kennisinfrastructuur.

Naast inzicht in de aanwezige kennis, de kennisvragen en de kennisontwikkeling is ook inzicht nodig in de kennisvragers, kennisaanbieders en kennisintermediairs nodig om de juiste kennisvragen te kunnen stellen. Dit inzicht wordt gegeven met het kennislandschap bodem en ondergrond.

1 KENNISAGENDA BODEM EN ONDERGROND

In 2011 is door de gezamenlijke overheden, vanuit een groeiend bewustzijn van de waarde en onvervangbaarheid van het natuurlijke bodem-water-systeem, de Kennisagenda bodem en ondergrond [3] opgesteld. Belangrijke input voor deze kennisagenda vormde de door het Dutch Soil Platform opgestelde onderzoeksagenda 'Bodem als partner in duurzame ontwikkelingen, een toekomstagenda voor de bodem' [4]. In 2013 zijn in de Innovatie en kennisagenda bodem en ondergrond (IKABO) [5] de voorgaande kennisagenda's verder uitgewerkt. Doordat de thema's die maatschappij bezighouden continu verschuiven zijn de kennisagenda's toe aan een update. De kennisagenda beweegt daarmee mee met de focus van het moment.

Voor een duurzaam gebruik van het natuurlijk systeem[1], waaronder bodem, ondergrond en grondwater, nu en in de toekomst, is nieuwe kennis en expertise nodig. Kennis en expertise over de natuurlijke processen en mogelijkheden, economische kansen en de sociaal-culturele betekenis van dit systeem. De druk op ons natuurlijke systeem blijft toenemen. Met de concurrentie om de beschikbare ruimte in de ondergrond, het landgebruik aan het maaiveld, de vergrote behoefte aan grondstoffen, de groeiende bevolkingsomvang en het intensiveren van het gebruik van de diensten van het bodem-water-sedimentsysteem neemt ook de behoefte aan nieuwe kennis over dit systeem toe. Bovendien speelt het natuurlijk systeem een belangrijke rol in de Sustainable Development Goals (SDGs) van de Verenigde Naties [6], waaraan Nederland zich gecommitteerd.

De kennisagenda bodem en ondergrond agendeert urgente vragen over bodem, ondergrond en de andere elementen van het natuurlijk systeem en bodem in relatie tot landgebruik in relatie tot de grote maatschappelijke opgaven. Grondslag voor de kennisbehoefte vormen de doelen en afspraken in de convenanten 'Convenant Bodemontwikkelingsbeleid en aanpak spoedlocaties 2010-2015' [1] en 'Convenant Bodem en Ondergrond 2016-2020' [2]. De opdracht voor deze kennisagenda komt voort uit deze convenanten. Deze kennisagenda spitst zich dan ook primair toe op de kennisbehoefte van de convenantpartners in relatie tot hun taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden met betrekking tot bodem en ondergrond. De kennisagenda dient als toetsinstrument binnen het Kennis- en Innovatieprogramma Bodem en Ondergrond (KIBO).

De vragen zijn geïnventariseerd bij groep vertegenwoordigers van gemeenten, waterschappen, provincies, het rijk en de kennisinstituten: professionals en beleidsmakers die in hun dagelijkse praktijk tegen kennislacunes op het gebied van bodem en ondergrond aan lopen. Daarnaast zijn in het kader van het Horizon2020 project INSPIRATION[2] interviews gehouden met Nederlandse "key stakeholders" op het gebied van het natuurlijk systeem en landgebruik. Hun visie op de bijdrage van het natuurlijk systeem aan het oppakken van maatschappelijke opgaven, en de gewenste kennisontwikkeling hiervoor, zijn ook meegenomen in deze agenda. De kennisvragen in deze agenda zijn getoetst bij gebruikers en eigenaars van het natuurlijk systeem, bedrijven, maatschappelijke organisaties en hun adviseurs. De beschrijving van het proces achter deze kennisagenda is opgenomen in bijlage 1.

[1] Natuurlijk systeem: het samenhangende systeem van bodem, ondergrond en (grond)water. Hoewel de agenda over bodem en ondergrond gaat, wordt onderkend dat bodem en ondergrond deel uitmaken van een samenhangend systeem. Dat systeem is van invloed op en wordt beïnvloed door landgebruik.

[2] INSPIRATION: EU-project onder het programma Horizon 2020. Dit project loopt van maart 2015 tot feb 2018 en levert een Europese strategische onderzoeksagenda op over hoe het bodem-water-sediment systeem en landgebruik kunnen bijdragen aan het oppakken van maatschappelijke opgaven. Tevens is hierin aandacht voor financiering van onderzoek en samenwerking. In INSPIRATION werken 17 landen samen http://www.inspiration-h2020.eu/.

Inzet van de kennisagenda is niet alleen om de vragen kenbaar te maken, maar juist ook om stakeholders uit te dagen het gesprek over deze vraagstukken aan te gaan, samen op zoek te gaan naar en te werken aan mogelijke oplossingen en kennis uit te wisselen. Dit gebeurt door met deze kennisagenda betrokken partijen te helpen met het geven van:

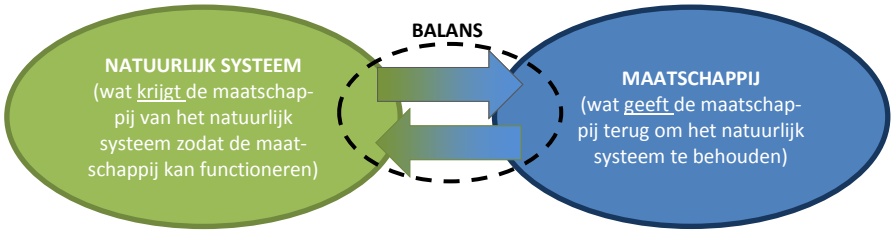
- Inzicht in de huidige kennisbasis;
- Inzicht in de kennisbehoefte;
- Inzicht in actoren, stakeholders en mogelijke partners/allianties voor samenwerking bij kennisontwikkeling;
- Prioriteren en het maken van keuzes voor investeringen in kennisontwikkeling.

2 NATUURLIJK SYSTEEM EN DE MAATSCHAPPIJ

De wereld verandert waardoor de maatschappij voor enorme uitdagingen staat: de maatschappelijke opgaven [7]. Grondstoffen worden schaarser, het klimaat extremer, de bevolkingssamenstelling verandert en de verdeling van voedsel en drinkwater over de wereld wordt schever. Tegelijkertijd wordt de samenleving (zowel nationaal als internationaal) steeds mondiger en betrokken. Het aantal initiatieven waarbij stakeholders samen met overheden op zoek gaan naar bijvoorbeeld nieuwe vormen van ruimtegebruik neemt toe. Dit alles bij elkaar vraagt om een meer integrale benadering van ruimtelijke vraagstukken en een nadrukkelijker beheer van land. Dat bodem en ondergrond daarin een rol spelen is duidelijk.

Ideale situatie

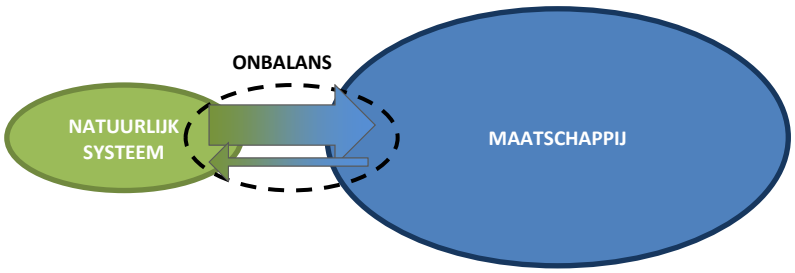
In de ideale situatie zijn het natuurlijk systeem en de maatschappelijke behoeften in balans met elkaar. In een ideale situatie zijn milieukwaliteit en ecosysteemdiensten (natuurlijk kapitaal) in balans met productiegroei in de land- en bosbouw en de behoeften van een groeiende economie en wereldbevolking.



Figuur 2.1: ideale situatie waarin natuurlijk systeem en maatschappij met elkaar in balans zijn

Verstoorde situatie

In Nederland kan het natuurlijk systeem op dit moment niet alles leveren wat de maatschappij vraagt. De afgelopen 25 jaar is de belasting van veel ecosysteemdiensten sneller gestegen dan dat de ecosystemen aan kunnen. Zo is bijvoorbeeld de behoefte aan waterberging boven- en ondergronds tijdens extremere neerslagmomenten als gevolg van de klimaatverandering toegenomen terwijl tegelijkertijd van de infiltratiecapaciteit in de bodem als gevolg van afdekking in stedelijk gebied is afgenomen[3].



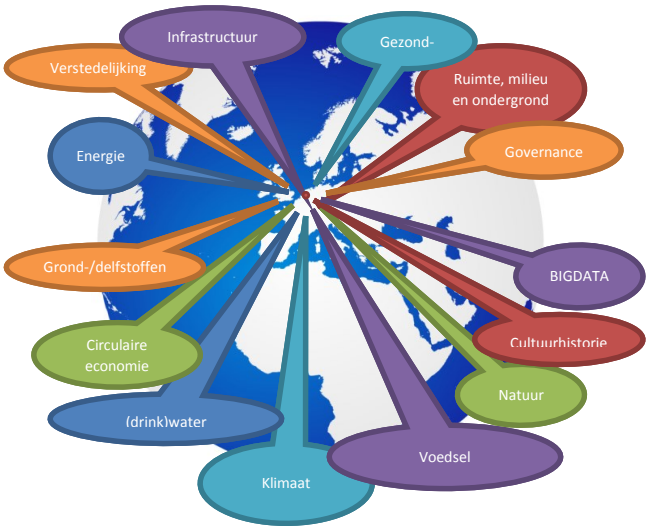
Figuur 2.2: verstoorde situatie waarin de maatschappelijke vraag groter is dan het kapitaal (goederen en diensten) dat geleverd kan worden door het natuurlijk systeem

[3] Meer informatie: http://themasites.pbl.nl/natuurlijk-kapitaal-nederland/achtergronden/wat-is-natuurlijk-kapitaal

De onbalans tussen het natuurlijk systeem en de maatschappelijke vraag is ontstaan als gevolg van een vergrote druk vanuit de maatschappij op het natuurlijk systeem onder invloed van drivers en trends die verantwoordelijk zijn voor de grote maatschappelijke opgaven

Trends, drivers en maatschappelijke opgaven

Nationale en mondiale trends weerspiegelen de veranderende maatschappij. Deze trends worden ingegeven door drivers vanuit de maatschappij en leiden tot maatschappelijke opgaven. De samenhang tussen trend, driver, maatschappelijke opgave en het gebruik van het natuurlijk systeem is bepalend voor de kennisbehoefte op het gebied van bodem en ondergrond. Onderstaand een aantal voorbeelden van effecten van trends op het gebruik van bodem en ondergrond.



Figuur 2.3: trends en drivers

Tabel 2.1 Trends en voorbeelden van effecten op het natuurlijk systeem en landgebruik

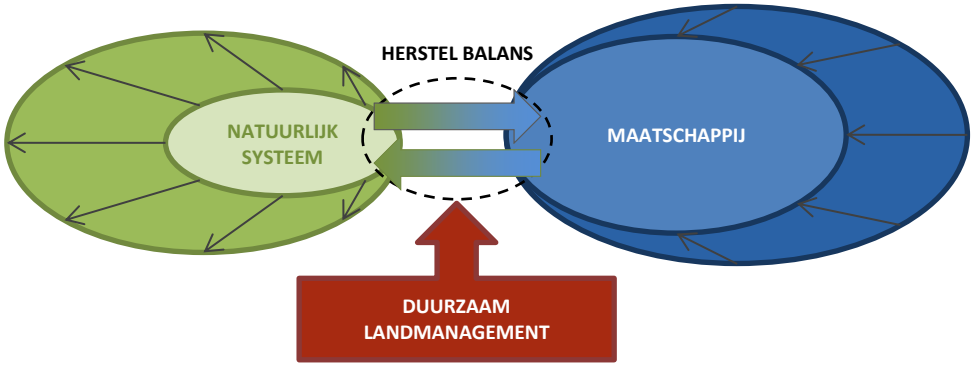
Trend	Voorbeelden van effecten op het natuurlijk systeem en landgebruik
Demografische trends	
Toename wereldbevolking	- Verstedelijking en toename bevolkingsdruk, verandering van landgebruik.
Regionale krimp in Nederland	- Leegloop, sloop van woningen, verkrotting in het landelijk gebied, veranderd landgebruik in krimpregio's met kansen voor herstel natuurlijke functies, transities naar natuur en recreatie en energieteelt.
Verdere verstedelijking Nederlandse delta	- Grotere druk op relatief slappe bodems, verlaging van grondwaterstanden, uitbreiding steden.
Economische trends	
Nieuwe economische ontwikkelingen in Nederland (bedrijven opereren geclusterd rond mainports, greenports en brainports)	- Intensief (industrieel) landgebruik op centrale locaties. - Lokaal intensief gebruik van bijvoorbeeld grondwater (industriële onttrekkingen, WKO's bij bedrijvenclusters). - Nieuwe ondergrondse infrastructuur.
Andere vormen van werken (het nieuwe werken; integratie van werk- en woonmilieus)	- Meer datakabels in de ondergrond. - Minder snelle groei wegennet (groei blijft wel bestaan).
Sociale en politieke trends	
De energieke samenleving	- Meer initiatieven vanuit de samenleving op gebied van bijvoorbeeld duurzame energie, ruimtegebruik en stadslandbouw; dit vraagt kennis en informatie op maat.
Meer aandacht voor governance en verdere individualisering en versplintering van het politieke landschap	- Meerdere partijen betrokken bij allianties voor ruimtelijke ontwikkelingen, databeschikbaarheid steeds belangrijkere voorwaarde?
Decentralisatie van overheidstaken en -bevoegdheden; centraal wat moet, decentraal wat kan	- beslissingen en uitwerking komen samen in de regio, regionale kennis en data van belang. - Decentrale overheden grote rol bij in standhouden en ontwikkelen kennisbasis.
Technologische trends	-
Big en open data	- Meer mogelijkheden voor early warning effecten ten gevolge van ingrepen in de ondergrond (wateroverlast, aardbewegingen, etc.). - Nieuwe mogelijkheden voor participatieve monitoring (bijv grondwaterstanden).

Trend	Voorbeelden van effecten op het natuurlijk systeem en landgebruik
	- Combinatie van data geeft nieuwe informatie over natuurlijk systeem.
Geo- en ecoengineering	- Technologische innovaties geven nieuwe mogelijkheden zoals veranderen grondeigenschappen, building with nature. - Hergebruik van (secundaire) grondstoffen en minder mining van (primaire) grondstoffen.
Meer informatie(uitwisseling) (internet, social media)	- Sociale media bieden nieuwe dimensie voor ontsluiten kennis en informatie en het verzamelen van relevante informatie. - Iedereen expert. Doordat iedereen (al dan niet gefundeerde) informatie kan vinden en een mening vormt worden wetenschappelijke inzichten niet zo maar geaccepteerd. Denk aan de weerstand tegen ingrepen in de diepe ondergrond.
Trends op gebied van grondwater, grondstoffen en energie	
Circulaire economie	- Sluiten van kringlopen.
Toenemend gebruik grond-stoffen (schaarste)	- Uitputting natuurlijke bronnen. - Verstoring landschappen en milieus als gevolg van winning.
Toename gebruik energie uit conventionele bronnen	- Uitputting van olie- en gasvoorraden. - Bodemverontreiniging als gevolg van lekkages en slordige winningen. - Bodembewegingen. - Fysische en chemische verstoring diepe ondergrondmilieus als gevolg van fracking.
Toename gebruik duurzame energiebronnen	- Opslag van warmte en koude in de ondergrond (verwarming en koeling van grondwater). - Winning van warmte uit ondergrond (lokale verstoring thermische gradiënt, mogelijkheid op verontreiniging als gevolg van lekkage van antivriesmiddelen en andere chemicaliën vanuit gesloten systemen). - Verdelingsvraagstukken.
Drinkwatertekorten	- Elk continent zal regio's en landen hebben met een acuut tekort aan schoon drinkwater → uitputting van ondergrondse drinkwater aquifers en droogteschade als gevolg van verlaging van grondwaterstanden. - Toenemende waarde van zoet(grond) water.
Landbouw en voedseltrends	
Mondiale veranderingen in vraag (groter) en aanbod (diverser)	- Verandering van gewassen. - Intensivering gebruik landbouwgrond. - Meer bemesting en gebruik bestrijdingsmiddelen. - Meer gebruik van (drink)water.
Dreiging voedselschaarste	- Concurrentie om landbouwgrond. - Concurrentie tussen vormen van landgebruik. - Schaalvergroting in de landbouw.
Aandacht voor voedselveiligheid en duurzaamheid	- aandacht voor kleinschalige lokale initiatieven, stadslandbouw.
Klimaatverandering	
Veranderingen in neerslag en temperatuur	- Meer neerslag in korte tijd → tijdelijke verzadiging van de toplaag. - Drogere perioden duren langer → verlaging grondwaterstanden, oxidatie van organische bodemcomponenten, veranderingen van chemische evenwichten in de bodem. - Veranderingen in geohydrologische condities.
Klimaatadaptatie	- Gebruik ondergrond voor (tijdelijke) opslag van overtollig regenwater. - Ruimtelijke adaptatie zoals bouwen rekening houdend met het natuurlijk systeem en vergroening. - Omschakeling naar andere soorten landbouw, zilte teelten.

Herstel balans natuurlijk systeem en maatschappij

Duurzaam landmanagement kan de sleutel zijn om de balans tussen het natuurlijk systeem en de maatschappelijke benodigdheden te herstellen. Al in 1992 onderkende de Verenigde Naties dat door duurzaam landmanagement het natuurlijk systeem duurzaam kan voorzien in de maatschappelijke vraag zonder dat dit ten koste gaat van de functies en potenties van dit systeem [8].

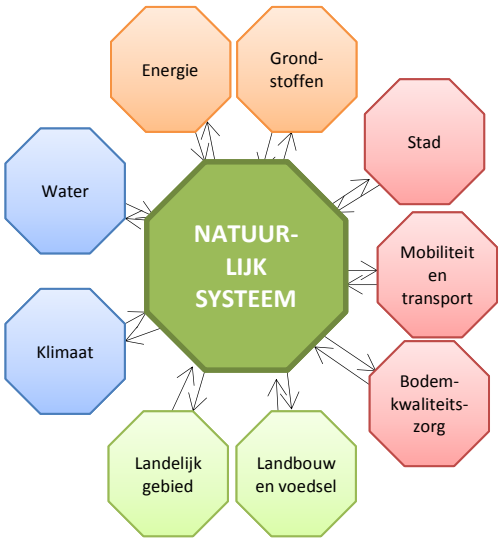
Het natuurlijk systeem en duurzaam landmanagement spelen een sleutelrol in de oplossing van een aantal grote maatschappelijke vraagstukken (zoals wereldvoedselveiligheid en aanpassing aan de klimaatverandering). Bodem en ondergrond maken deel uit van het natuurlijk systeem en zijn daarmee onlosmakend onderdeel van duurzame oplossingen voor de maatschappelijke vraagstukken.



Figuur 2.4: Herstel balans tussen natuurlijk systeem en maatschappij door duurzaam landmanagement

3 KENNISBEHOEFTE

3.1 Maatschappelijke opgaven en dwarsverbanden



Figuur 3.1: thematische indeling kennisbehoefte bodem en ondergrond

De kennisbehoefte in de kennisagenda bodem en ondergrond wordt bepaald door de maatschappelijke opgaven, de trends en drivers die daarbij horen en het concept dat het natuurlijk systeem duurzaam, in evenwicht met de maatschappelijke druk / behoefte / vraag / gebruik, kan bijdragen aan de oplossing van deze opgaven.

Er is gekozen voor een indeling op basis van de maatschappelijke opgaven aangevuld met enkele kenmerkende thema's voor bodem en ondergrond. Daarnaast worden kennisvragen vanuit een aantal dwarsverbanden, die dwars op de thema's in Figuur 3.1. staan onderscheiden.

Prioriteren: welke vraag nu eerst?

Met de beschikbare middelen en de beschikbare tijd zijn niet alle kennisvragen direct op te pakken, dus moeten keuzes worden gemaakt over welke vragen prioriteit hebben. De kennisagenda fungeert als toetsinstrument dat zal worden ingezet binnen het Kennis- en Innovatieprogramma Bodem en Ondergrond (KIBO). Vraagstukken die voor dit programma worden ingediend zullen onder andere worden beoordeeld aan de hand van de strategische kennisvragen in deze kennisagenda. In het Kennis- en Innovatieprogramma Bodem en Ondergrond zal ook de prioritering van de uitvoering gestalte krijgen. In bijlage 2 is een handvat opgenomen voor prioritering van kennisvragen.

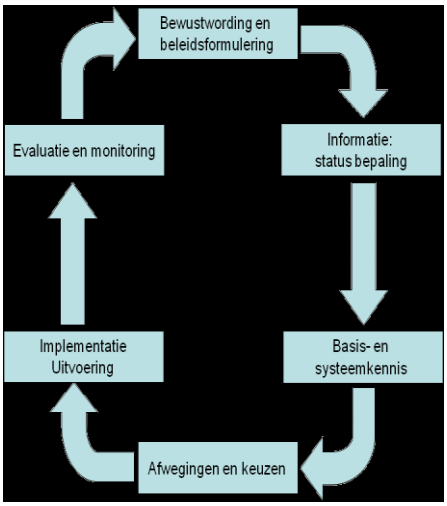
Kennis- en beleidsontwikkeling vinden plaats volgens een min of meer vaste cyclus. De verschillende stadia van deze cyclus zijn in 1986 door Winsemius beschreven [9] (zie kader voor toelichting). Het structureren van de kennisbehoefte volgens deze cyclus helpt bij de vraagarticulatie en het koppelen van de vraag aan de doelstelling het evenwicht tussen het aanbod van ecosysteemdiensten (het natuurlijk kapitaal) en de vraag van de maatschappij te behouden/herstellen zodat bodem en ondergrond duurzaam gebruikt en beheerd worden.

Ordening van de kennisbehoefte op basis van de Winsemius-beleidscyclus en de kennisontwikkelingscyclus

Kennisvragen kunnen worden ingedeeld naar de verschillende fasen van kennisontwikkeling. De start van de ontwikkeling van nieuwe kennis wordt voorafgegaan door een fase van bewustwording en na ontwikkeling van kennis volgen fasen waarin de kennis wordt toegepast en geëvalueerd.

Deze verschillende fasen vertonen gelijkenis met de vier fasen in de beleidscyclus die door Winsemius [9] *zijn onderscheiden: erkenning, beleidsformulering, oplossing en evaluatie en beheer. In deze kennisagenda worden aanvullend twee extra fasen onderscheiden (zie Figuur 3.2).*

Deze ordening heeft twee voordelen. Enerzijds geeft deze ordening richting aan de programmering van kennisontwikkeling in de tijd. Anderzijds wordt zichtbaar waar het accent ligt op de kennisvragen binnen een bepaald thema. Kennisvragen over nieuwe en innovatieve ontwikkelingen zijn vaak oriënterend en meer fundamenteel van aard, terwijl kennisvragen over lopende ontwikkelingen (voorbeeld bodemenergie) meer instrumenteel, technologisch en evaluerend van karakter zijn.

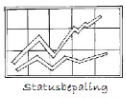
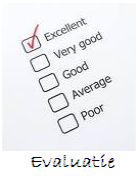


Figuur 3.2: Kennisontwikkeling als cyclisch proces in zes stappen

3.2 Strategische kennisvragen

De kennisbehoefte varieert van hele toegepaste en gedetailleerde vragen, waarmee antwoord moet worden gegeven op praktische problemen van nu, tot strategische vragen, die wellicht gevolgen kunnen hebben voor het beleid in, en de visie op, de toekomst. In de kennisstructuur bodem en ondergrond moet ruimte zijn voor al deze vragen, maar in deze kennisagenda ligt de focus op de meer strategische vragen.

Dit leidt dit tot de volgende, gegeneraliseerde, strategische kennisvragen:

Positie in de beleids- en kenniscyclus	**Strategische kennisvraag**
	Bewustwording Hoe kan het bewustzijn bij stakeholders over de rol die ons natuurlijk systeem speelt in het voorzien in de maatschappelijke behoeften worden vergroot? En hoe kan het besef dat ingrepen in de leefomgeving effecten hebben op dit natuurlijke systeem toenemen?
	**Statusbepaling** Wat zijn de huidige capaciteiten van het natuurlijk systeem?
	Systeemkennis Welke (biologisch, chemisch en fysische) processen zijn van belang voor de status van het natuurlijk systeem? Hoe grijpt de maatschappij (via bijvoorbeeld ruimtelijke ingrepen, het onttrekken van water, het afdekken van de bodem, enz) in op deze processen?
	Afwegen Welke keuzes moeten gemaakt worden, bij bijvoorbeeld ruimtelijke ingrepen, om de (verstoorde) balans tussen het natuurlijk systeem en de maatschappij te herstellen? En wat betekent dit voor het natuurlijk systeem en de maatschappij?
	Implementatie Hoe kan de balans tussen de capaciteiten van het natuurlijk systeem en de maatschappelijke behoeften worden hersteld? Wat is de rol van landmanagement hierin?
	**Evaluatie** Wat is het effect van deze ingrepen op het systeem en de wisselwerking met de maatschappij?

3.2.1 Bodem en landbouw en voedsel

In het thema bodem en landbouw en voedsel worden kennisvragen geagendeerd die betrekking hebben op de relatie tussen het natuurlijk systeem (bodem, water, nutriënten, enz) en onze voedselvoorziening. Onder invloed van drivers zoals klimaatverandering, verandering van de samenstelling van de wereldbevolking, benutting van landbouwproducten voor de energievoorziening en economische groei verandert deze relatie voortdurend. Maar ook technische ontwikkelingen en innovaties in bijvoorbeeld teelprincipes leiden tot een verandering in de wisselwerking tussen bodem, ondergrond, (grond)water en landbouw.

Vier belangrijke trends die de relatie tussen bodem, ondergrond, (grond)water en de landbouw beïnvloeden zijn in deze kennisagenda toegelicht.

Trend 1: Toename voedselvraag, de verandering van dieet en effecten op bodem en grondwater

De vraag naar voedsel neemt de komende eeuw als gevolg van de groei van de wereldbevolking en de economie sterk toe. Wereldwijd zou de landbouwproductie in 2050 zestig procent groter moeten zijn dan nu om aan deze toename van de vraag te kunnen voldoen [10].
Er zijn grote inspanningen nodig om in de toekomst de groeiende en steeds welvarender wereldbevolking te voorzien van voldoende voedsel. Dit verhoogt de al bestaande druk op de beschikbare vruchtbare bodems en watervoorraden. Daarbij is niet zo zeer de kwaliteit van de landbouwgronden de beperkende factor, maar de kwantiteit aan benodigd areaal om te voorzien in onze voedselbehoefte. Het streven naar duurzame voedselvoorziening, wat in deze context vooral betekent het behoud van het agrarisch productievermogen zonder schade elders en/of later, vereist dat het bodem- en watersysteem gezond blijft.
Met maatregelen zoals bemesting, drainage en/of irrigatie, gewasbescherming en verbeterde gewassen is de agrarische productiviteit de laatste decennia enorm verhoogd en konden ook minder vruchtbare gebieden in gebruik worden genomen. Deze intensivering van de landbouw ging echter wel vaak gepaard met erosie, verontreiniging en eutrofiering van grond- en oppervlaktewater door het gebruik van landbouwchemicaliën en door overbemesting. Door verstedelijking wordt steeds meer vruchtbaar land aan de landbouw onttrokken. Het areaal landbouwgrond neemt hierdoor af.

Trend 2: Opkomst Biobased economy

In een Biobased economy worden hernieuwbare grondstoffen zoals algen, planten(resten), voedselresten en ander organisch afval gebruikt om voedsel, diervoeders, bouwmaterialen, chemicaliën, kunststof, energie en brandstof te produceren. Verwachting is dat de biobased economy de komende decennia steeds belangrijker wordt.

Een belangrijke relatie tussen de Biobased economy en het natuurlijk systeem is het gebruik van de bodem en het grondwater voor de levering van biomassa. Bij groei van de Biobased economy zal de vraag naar biomassa toenemen. Dit kan deels worden geleverd door een betere benutting van rest- en afvalstromen uit de landbouw- en voedingsmiddelenindustrie, bos- en natuurbeheer en aquacultures. Voor een substantiële vervanging van fossiele grondstoffen biedt dit echter onvoldoende potentieel. Daarvoor is groei nodig van de huidige mondiale agrarische productie. Nederland realiseert al hoge agrarische opbrengsten, waardoor deze groei elders zal moeten plaatsvinden. Als Nederland meer biobased wil worden, zal zij biomassa moeten importeren. De mondi-

ale biomassaproductie wordt begrensd door beschikbaarheid van land en water van goede kwaliteit.

Trend 3: Schaalvergroting en intensivering en trend 4: ecologisch, kleinschalig en lokaal

De toenemende vraag naar voedsel en biomassa vraagt steeds meer van de leveringscapaciteit van het natuurlijk systeem. Als gevolg van de toenemende vraag en als gevolg van de economische druk in de agrarische sector is een schaalvergroting en intensivering in de landbouw zichtbaar. De druk op het natuurlijk systeem en de milieubelasting met nutriënten, bestrijdingsmiddelen, geneesmiddelen (antimicrobiële resistentie) neemt hierdoor onevenredig toe. Tegelijkertijd groeit het bewustzijn van de herkomst van ons eten in relatie tot gezondheid en milieu. Hierdoor is toename zichtbaar in de vraag naar ecologische en lokale (streek)producten. Steeds meer agrariërs passen hun verdienmodel hieraan aan.
Voor beide typen agrarische productiesystemen (grote intensieve bedrijven en lokale ecologische bedrijven) is de capaciteit en de kwaliteit van het natuurlijk systeem essentieel: bodems die vruchtbaar zijn en blijven, nutriënten leveren, een goede fysieke structuur hebben, water kunnen bergen, koolstof binden in humus, en ziekte-werend zijn.

Kennisbasis

Van oudsher wordt kennis over de wisselwerking tussen bodem en (grond)water en landbouw opgebouwd en uitgewisseld. Door veranderingen in de landbouwsector en door drivers van buitenaf, zoals klimaatverandering en toename en verandering van de voedselvraag, blijft kennisontwikkeling over de rol van het natuurlijk systeem in de landbouwsector actueel.

In Nederland wordt een groot deel van de kennis- en beleidsontwikkeling op het gebied van landbouw en voedsel opgepakt door het Ministerie van Economische Zaken. In het topsectoren beleid van dit ministerie wordt onder andere de topsectoren Agri & Food en Tuinbouw & Uitgangsmaterialen onderscheiden. In beide topsectoren is veel aandacht voor kennisontwikkeling en innovaties.

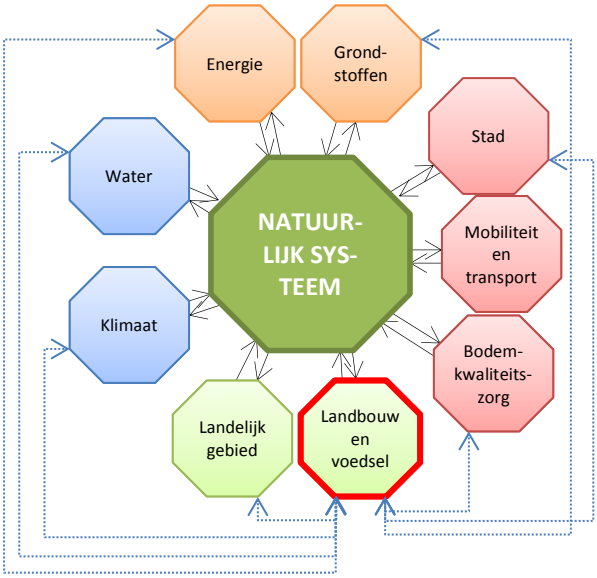
Actuele onderzoeksondewerpen waarvoor in nationale en internationale kennisprogramma's veel aandacht is, zijn:

- **Processen op het grensvlak wortel-bodem**. Een van de aspecten hiervan is het begrijpen van opnameprocessen van nutriënten. Om wat er gebeurt op het grensvlak van bodemchemie en plantfysiologie beter te kunnen modelleren en van daaruit strategieën te ontwikkelen die de nutriëntenbenutting optimaliseren en de opname van contaminanten verminderen.
- **Precisie landbouw en smart farming.**
- **Verduurzaming van de landbouw.** De keerzijde van de intensivering van de landbouw is vanaf de jaren '80 van de vorige eeuw duidelijk geworden in de vorm van bodem-, water- en luchtverontreiniging. Door verduurzaming is de belasting van het milieu sindsdien drastisch afgenomen, maar is op veel plaatsen nog steeds te hoog om kwaliteitsdoelen voor water, bodem en lucht(emissies) te realiseren. Om de volgende stap in het verduurzamen te kunnen realiseren is het nodig om meer gebruik te maken van lokale kennis om op basis van de lokale (bodem)omstandigheden de optimale teelt en teeltwijze te kunnen bepalen. Daarnaast groeit het besef dat de binnenlandse consumptie van geïmporteerd voedsel invloed heeft op het bodemgebruik elders. Nederland committeert zich aan de Sustainable Development Goals (SDGs) van de Verenigde Naties [6]. Vanuit dat perspectief blijkt steeds duidelijker dat duur-

zaam bodemgebruik elders ook mede een verantwoordelijkheid is voor Nederland. Door keuzes hier kan Nederland bijdragen aan duurzamer bodemgebruik elders en daarmee indirect aan het behalen van de SDGs.

- **Kringloopdenken**. Het besef dat duurzaam bodemgebruik in de landbouw niet alleen kansen biedt voor de landbouw, maar ook bijdraagt aan andere maatschappelijke opgaven, zoals waterzuivering, waterberging en biodiversiteit. Het kringloopdenken doet opgeld, maar de manier waarop dit in de praktijk tot andere keuzes uitnodigt (eco-innovaties voor een circulaire economie), is nog weinig onderzocht. In dit kader is verantwoord gebruik van reststoffen in de landbouw (compost, zuiveringsslib, digestaat van (co)vergisting) onderwerp van onderzoek.

Relatie met andere thema's uit de kennisagenda



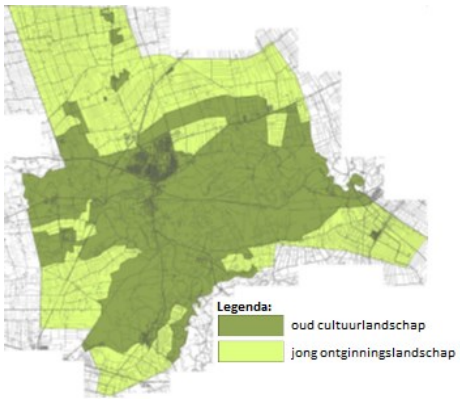
Thema	Voorbeeld van relatie met landbouw en voedsel
Landelijk gebied	De meeste landbouw en voedselbedrijven liggen in het landelijk gebied, daarmee zijn ze deels van invloed op de leefbaarheid van het landelijk gebied
Klimaat	De landbouw ondervindt gevolgen van de klimaatverandering, bijvoorbeeld door veranderingen in neerslaghoeveelheden en –regimes
Water	Zonder water geen landbouw en voedsel. Daarbij heeft de landbouw een effect op de kwaliteit van het (grond)water.
Energie	Steeds meer landbouwgronden zullen worden ingezet voor de teelt van energiegewassen.
Grondstoffen	In de landbouw worden natuurlijke grondstoffen zoals nitraat en fosfaten gebruikt. Daarnaast concurreert landbouwgrond soms met de winning van grondstoffen.
Stad	Via stadslandbouw en de trend ecologisch te consumeren komt de landbouw weer dichterbij de stad, soms zelfs tot in de stad
Bodemkwaliteitszorg	Goede landbouwgronden betekent dat deze gronden ook chemisch, biologisch en fysisch gezond zijn.

Voorbeeld: Landbouw en voedselproductie in de nieuwe Omgevingswet: ruimtelijke toedeling van productiegebieden en voedsellandschappen

(dwarsverband: Landgebruik & Natuurlijk Kapitaal)

Gemeenten en provincies staan aan de lat om invulling te geven aan de inpassing van landbouw in de omgeving. Aan de ene kant moet ruimte worden gegeven aan de groei en schaalvergroting voor de productie van voedsel en energieteelten (kwantiteit). Aan de andere kant moet ruimte worden gegeven aan de transitie naar een manier van produceren waarin kwaliteit, duurzaamheid en toegevoegde waarde centraal staan en aan de kleinschaligere ontwikkeling van ecologische en biologische landbouw (kwaliteit). Ook de verweving van landbouw met natuur, cultuurhistorie (landschap) en recreatie staat in veel gebieden hoog op de agenda.

Door de landbouw op de meest geschikte plekken te laten plaatsvinden, kan ook bij de reguliere landbouw de agrarische productiviteit nog flink toenemen, de kwaliteit van het voedsel worden vergroot en de milieubelasting sterk worden verminderd (door vermindering van het gebruik van pesticiden en kunstmest). De eigenschappen van het bodem-watersysteem bepalen in grote mate waar die meest geschikte productiegebieden zijn voor de landbouw. De waardering van deze zogeheten “goede landbouwgronden” krijgt steeds meer aandacht. Een van de opgaven die is benoemd in het afgelopen “Jaar van de Ruimte” is om de agrarische productie in balans te brengen met de omgeving.



Figuur 3.3: landschappen Ommen (bron: Gemeentelijk Omgevingsplan Ommen)

De verweving van landbouw met natuur, cultuurhistorie (landschap) en recreatie is een belangrijke ontwikkeling in veel landelijke gebieden. In de gemeente Ommen loopt een pilot met een Omgevingsplan nieuwe stijl waarin de verweving van landbouw met natuur, cultuurhistorie (landschap) en recreatie ruim de aandacht krijgt. Landschap en cultuurhistorie zijn onlosmakelijk verbonden met de eigenschappen van het bodem-watersysteem

In een aantal gebieden wordt geëxperimenteerd met de verweving van voedselproductie, natuur, recreatie en wonen. Dat moet aantrekkelijke en veerkrachtige voedsellandschappen gaan opleveren. Voorbeelden zijn het Ketelbroek bij Groesbeek, Park Lingezegen tussen Arnhem en Nijmegen en de Eemvallei-Noorderwold bij Almere.

Optimalisatie van het landgebruik in het buitengebied vraagt om een gerichte toedeling van gronden. De Omgevingswet is bij uitstek het instrument om sturing te geven aan veranderend landgebruik. Provincies en gemeenten gaan onder de Omgevingswet integrale omgevingsplannen en –visies uitwerken waarin ze de kennis over het bodem-watersysteem kunnen gebruiken voor een optimale toedeling van de verschillende vormen van landgebruik.

Kennisbehoefte

Het natuurlijk systeem komt als gevolg van de ontwikkelingen in de landbouw en de voedselvoorziening meer onder druk te staan. Dit leidt tot een onbalans tussen de potenties van het natuurlijk systeem op het gebied van voedsel- en biomassaproductie en de mate waarin dit systeem kan meeveren en zich nog kan herstellen. Voor het behoud en herstel van de balans tussen het natuurlijk systeem en de vraag vanuit de maatschappij op gebied van landbouw en voedsel blijft nieuwe kennis over de bodem en de ondergrond nodig.

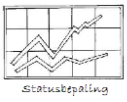
De volgende kennisvragen op het gebied van bodem en ondergrond in relatie tot landbouw en voedsel zijn in het kader van deze kennisagenda gesteld:

Bewustwording

Hoe kunnen stakeholders (consumenten, producenten, leveranciers en andere stakeholders) bewust worden gemaakt van de rol van het natuurlijk systeem (bodem, ondergrond en (grond)water) in de landbouw en voedselvoorziening?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Hoe kunnen stakeholders bewust worden gemaakt van het belang van een goede bodemkwaliteit voor voedselveiligheid en -kwaliteit en hun rol hierin?
- Hoe kunnen stakeholders bewust worden gemaakt van de kwetsbaarheid van dit systeem onder de druk van een toenemende vraag naar voedsel en biomassa en van de gevaren van uitputting van natuurlijk kapitaal (ecosysteemdiensten) als gevolg van (over)bemesting, (overvloedige) toediening van nutriënten en uitputting door schaalvergroting en/of intensivering?
- Wat zijn de trends in voedselaanbod en -diëten en wat betekenen die voor het gebruik van bodem en (grond)water?
- Wat kan in Nederland worden gedaan om te komen tot herstel van bodemkwaliteit, duurzamer bodemgebruik hier en elders en daarmee bij te dragen aan de VN-Sustainable Development Goals?
- Hoe kan praktische invulling worden geven aan het 4 ‰ initiatief, dat tot doel heeft klimaatverandering tegen te gaan via innovatieve landbouwsystemen?[4]



Statusbepaling

- Wat is een gezonde bodem?

Meer specifiek: Wat is de staat van de bodem (bodemleven, bodemstructuur, kwaliteit, gehalte en de kwaliteit van bodemorganische stof etc., geïntegreerd fysisch-chemisch-biologisch) in relatie tot de landbouwfunctie en andere ecosysteemfuncties (waterberging, ziektewering, bodemvruchtbaarheid, producerend vermogen, etc.)? En wat (maatregelen, mensen, technieken van) is nodig om een goede/gezonde bodem te behouden en te realiseren?

[4] Meer informatie: http://www.wageningenur.nl/nl/artikel/4-per-milleverklaring-van-onderzoeksinstanties-.htm

Systeemkennis

Welke processen in het natuurlijk systeem dragen bij aan de balans tussen het natuurlijk systeem en de landbouw- en voedselvraag?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Welke kennis van het natuurlijk systeem is nodig om van de landbouw een resource efficiënte sector te maken? Dit geldt zowel regionaal als mondiaal en heeft een relatie met het sluiten van kringlopen en de footprint van de landbouwproducten.
- Hoe kan het natuurlijk systeem (bodem en (grond)water) optimaal worden benut voor duurzame landbouw?
- Hoe kunnen natuurlijke processen worden benut om gedegradeerde bodems te herstellen?
- Wat betekent de verandering in dieet, bijvoorbeeld het eten van minder vlees in Europa, voor (de processen in) de bodem en wat zijn de gevolgen voor landgebruik, nutriëntenstromen en emissies van broeikasgassen vanuit de bodem?
- Wat is het effect van bodemkwaliteitsbeheer en duurzaam bodembeheer op de emissies van stikstof en fosfaat vanuit de land- en tuinbouw?

Afwegen

Worden de potenties van het natuurlijk systeem meegenomen in de keuzes voor teelt, intensivering, schaalvergroting, enz.? In hoeverre spelen deze potenties een doorslaggevende rol en is optimalisatie hierin mogelijk zodat de balans tussen natuurlijk systeem en de vraag vanuit de maatschappij wordt behouden/hersteld?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Welke factoren bepalen of de geschiktheid van de bodem voor landbouw in ruimtelijke en economische keuzes wordt meegenomen en welke optimalisaties zijn hierin mogelijk?
- Hoe kan de bodem en bodembiodiversiteit als natuurlijk kapitaal (ecosysteemdiensten) voor de landbouw worden gewaardeerd en vertaald naar verdienmodellen?
- Kan, met kennis van het bodemecosysteem, landbouw worden verweven met andere functies zoals water, natuur, energie?

Implementatie

Hoe kunnen instrumenten als landmanagement en het (eu-) landbouwbeleid worden ingezet om de balans tussen het natuurlijk systeem en de landbouw te behouden/herstellen?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Hoe zijn boeren te stimuleren om (nieuwe of verbeterde) landbouwmethoden zodanig in te zetten dat ze leiden tot bodemherstel, een verminderde afhankelijkheid van externe grondstoffen en lagere risico's op bodemdegradatie?
- Kan de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water in Nederland zo worden geïmplementeerd dat agrarische ondernemers worden uitgedaagd ook duurzaam met de bodem om te gaan?
- Hoe zijn nutriëntenkringlopen vorm te geven c.q. te sluiten zodat de bodem niet degradeert?

- Hoe kan effectief beheer van organisch stof in de bodem worden vormgegeven?
- Hoe zijn biotische reststromen (in de landbouw) duurzaam te benutten voor de circulaire economie zodat dit leidt tot verbetering van de bodemkwaliteit?
- Wat draagt gewasrotatie en wisselteelt bij aan het verbeteren van de bodemkwaliteit en het functioneren van het natuurlijk systeem?
- Hoe kan worden omgegaan met bedreigingen als verdichting, microbiële risico's door ziekteverwekkers in de bodem, antimicrobiële resistentie, bodemdaling en verzilting en zijn deze te voorkomen?
- Zijn landbouwfuncties, met kennis van het bodemecosysteem, te verweven met andere functies zoals water, natuur, energie?
- Wat betekenen trends en ontwikkelingen in de landbouwsector die voortkomen uit EU-beleid zoals schaalvergroting, korte-termijn-verdienmodellen, landbouw afgestemd op de marktvraag in plaats van volgend aan de mogelijkheden van het systeem, voor bodem en ondergrond (kansen en bedreigingen voor benutting van het bodem-watersysteem)?

Evaluatie

Evaluatie

- Wat betekent de mondiaal veranderende levensstandaard (meer vlees, hogere energiebehoefte, wel of geen biologisch voedsel) voor het bodemgebruik in Nederland en wat is de bodemfootprint elders?
- Wat zijn effecten van diverse landbouwmethoden op verduurzaming van de landbouw en verbetering van de bodemkwaliteit?
- Wat zijn de risico's op bodemdegradatie? Is beleidssturing gewenst en hoe is deze in te vullen?
- Is inzichtelijk te maken wat op de korte en lange termijn de invloed is van bewust omgaan met de bodemvruchtbaarheid?
- Wat zijn de gevolgen van landbouwpraktijken voor de bodemkwaliteit, - kwantiteit en –buffercapaciteit en grondwaterkwantiteit en –kwaliteit, zowel lokaal, nationaal als mondiaal?

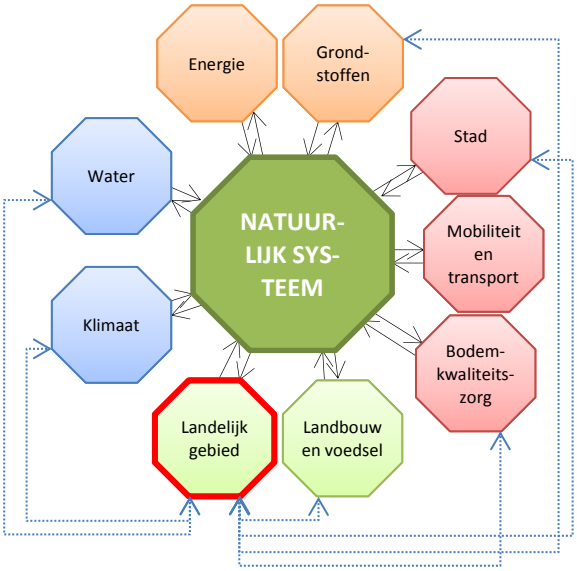
3.2.2 Bodem en leefbaarheid landelijk gebied en natuur

Het thema leefbaarheid bodem en landelijk gebied en natuur komt voort uit de zorg vanuit de maatschappij over de ontwikkelingen van bodem en ondergrond in het landelijk gebied. Natuur is aan dit thema toegevoegd omdat in Nederland het overgrote deel van de natuur(ontwikkeling) in het landelijke gebied ligt. In deze kennisagenda zijn de kennisvragen opgenomen die samenhangen met de balans tussen de leefbaarheid van het landelijk gebied, de natuur en de kwaliteiten en potenties van het natuurlijk systeem (bodem en ondergrond).

Verstoring balans leefbaarheid landelijk gebied, natuur en het natuurlijk systeem

De leefbaarheid van het landelijk gebied is een herkenbaar thema. In een aantal provincies staat de leefbaarheid onder druk als gevolg van leegloop, vergrijzing en schaalvergroting van landbouwbedrijven. In de Randstedelijke provincies staat de leefbaarheid van het landelijk gebied juist onder druk als gevolg van de groei van de steden en de bijbehorende infrastructuur (ruimteconcurrentie).
Beide situaties hebben effect op bodem en grondwater. Als gevolg van schaalvergroting in de landbouw nemen bijvoorbeeld de risico's op plagen en ziekteverspreiding toe. Afname van natuurlijke elementen (barrières) in het landschap versterken deze risico's. Langs de steden verschijnen nieuwe landschappen die de verbinding tussen stad en platteland vormen. Soms worden natuurtypen aangelegd die niet passend zijn bij de bodem van het gebied, waardoor de natuurontwikkeling anders uitpakt dan voorzien.

Relatie met andere thema's uit de kennisagenda



Thema	Voorbeeld van relatie met leefbaarheid landelijk gebied
Landbouw en voedsel	De meeste landbouw en voedselbedrijven liggen in het landelijk gebied, daarmee zijn ze deels van invloed op de leefbaarheid in het landelijk gebied
Klimaat	Het landelijk gebied verandert onder invloed van de klimaatsverandering, bijvoorbeeld door dijkverhogingen en ruimte voor de rivier
Water	Het karakter van het landelijk gebied wordt in grote delen van Nederland bepaald door de aanwezigheid van oppervlaktewater. Daarnaast liggen veel waterwingebieden in het landelijk gebied.
Grondstoffen	De meeste winningen van grondstoffen liggen in het landelijk gebied. Daarmee zijn de winningen deels bepalend voor het karakter en het uiterlijk van het landelijk gebied
Stad	Het landelijk gebied direct naast de stad vormt een belangrijk aspect in de recreatiemogelijkheden van stedelingen.
Bodemkwaliteitszorg	De bodemkwaliteit (chemisch, biologisch en fysisch) van het landelijk gebied bepaalt bijvoorbeeld welke natuur kan worden ontwikkeld.

Voorbeeld: De bodem onder het Natuurnetwerk Nederland

(dwarsverbanden: Systeemkennis & Natuurlijk kapitaal)

Vanaf 2014 zijn de provincies volledig verantwoordelijk voor de realisatie en het beheer van het Natuurnetwerk Nederland (NNN voorheen EHS). In 2011 hebben het Rijk en de provincies afspraken gemaakt over het verdergaande decentralisatieproces die zijn vastgelegd in het zogeheten Natuurakkoord.

Centraal daarbij staan de instandhoudings- en uitbreidingsdoelen voor de natuur. In meerdere gebieden in het NNN zijn maatregelen nodig om de natuur in naastgelegen Natura 2000-gebieden te behouden en herstellen. Dit vormt de 'Uitwerkingsgebied Ontwikkelopgave Natura 2000'. Veel van deze gronden zijn nu nog landbouwgrond. In de komende jaren moet worden vastgesteld of deze gebieden landbouwgebied met beperkingen blijven of dat deze gebieden een natuur functie krijgen. In Nederland bepalen provincies daarmee in belangrijke mate waar natuurontwikkeling plaatsvindt.

Bodemeigenschappen en bodemvruchtbaarheid bepalen in belangrijke mate welke vegetaties zich op een bepaalde locatie kunnen ontwikkelen. De belangrijkste omgevingsfactoren zijn voevoedingsstoffen, zuurgraad, zoutgehalte, vocht en bodemtype. Elk natuurdoeltypen stelt specifieke eisen aan voedselrijkdom en waterbeheer. Heide gedijt het beste op zure tot matig zure voedselarme standplaatsen. Bloemrijke graslanden vragen zwak zure tot neutraal-basische standplaatsen met een matige voedselrijkdom. Moerassen vragen zeer voedselrijke systemen.

Foto 1: Cultuurhistorie in het landelijk gebied (foto: WUR)

Per plantensoort zijn indicatorwaarden beschikbaar voor de abiotische bodemfactoren die voor een plant van belang zijn, zoals pH, grondwaterstand, stikstof-, fosfor-, kalium-, nitraat- en fosfaatgehalte. Op basis hiervan kan per habitattype de range van bodemfactoren worden vastgesteld waarbinnen deze zich goed kan ontwikkelen. Op basis van deze range kan worden beoordeeld of de vegetatietypen die men bij natuurontwikkeling voor ogen heeft realistisch zijn of dat moet worden ingezet op een aangepast beheer of op andere natuurontwikkelingsdoelen.

Op de korte termijn worden de maatregelen met het oog op de N-depositie in het kader van de PAS (Programma Aanpak Stikstof) per Natura-2000 gebied uitgewerkt in beheerplannen. Het beheerplan is het instrument om op gebiedsniveau aan te geven hoe en in welk tijdsbestek de Natura 2000-doelstellingen gerealiseerd worden. Ook de maatregelen die nodig zijn voor de Natura-doelen die geen verband houden met teveel stikstof (niet-PAS maatregelen) worden opgenomen in het beheerplan. Een van de vereisten is dat bij deze uitwerking rekening wordt gehouden met de kwaliteit van water, bodem en lucht zowel binnen als buiten het gebied.

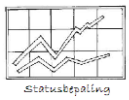
Kennisbehoefte

Bewustwording

Hoe is het bewustzijn van de relatie tussen bodem, ondergrond en grondwater en het landelijk gebied en de betekenis van dit systeem voor onze identiteit en economie te vergroten?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Is de leefbaarheid van het landelijk gebied te verbeteren door optimaal gebruik te maken van het bodem, ondergrond en grondwater en landbeheer, waarbij natuurlijke en culturele waarden en economische en sociale vestigingsfactoren worden meegenomen?
- Kan het bewustzijn in de maatschappij worden vergroot dat landschapsbeheer (inclusief het beheer van het natuurlijk systeem) bijdraagt aan de leefbaarheid van het landelijk gebied en dat dit de aantrekkelijkheid van dit gebied voor wonen en werken kan vergroten?
- Is het van belang voor de leefbaarheid van het landelijk gebied (identiteit) om de betekenis van bodem en ondergrond te laten zien als basis van kenmerkende landschappen (inclusief aardkundige waarden, archeologie, geomorfologie)? En zo ja: hoe kan de 'leesbaarheid' van de ondergrondkarakteristieken in het landschap terug worden gebracht?
- Draagt bodem- en landschapsbeheer bij aan het vergroten van de aantrekkelijkheid van het landelijk gebied als vestigingsplaats voor burgers en bedrijven? Op welke wijze moet dit beheer dan invulling krijgen?
- Hoe kunnen aardkundige, culturele en biologische waarden boven en onder maaiveld worden uitgedrukt in sociale en economische waarden?



Statusbepaling

In hoeverre wordt de leefbaarheid van het landelijk gebied beïnvloed door het natuurlijk systeem?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Aan de hand van welke factoren in het natuurlijk systeem is de invloed van het natuurlijk systeem op de leefbaarheid uit te drukken? En wat zeggen die factoren over de status van het natuurlijk systeem?
- Is er sprake van een balans tussen natuur(ontwikkeling) en het natuurlijk systeem? Bij verstoring: In hoeverre is die balans verstoort? En waarin uit zich dat?

Systeemkennis

Welke processen in bodem en grondwater dragen bij aan de leefbaarheid van het landelijk gebied en aan de natuur(ontwikkeling)?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Welke kennis is nodig om inzicht te krijgen in de processen in het natuurlijk systeem die bijdragen aan de leefbaarheid van het landelijk gebied en aan de natuur(ontwikkeling)? En zijn deze processen te beïnvloeden?

- Wat is de rol van bodem bij gezondheid?
  - Wat is de rol van de bodem en water bij de verspreiding van infectieziekten die van dieren op mensen (of van dieren op dieren) overgaan (zoönosen zoals Q-koorts)?
  - Wat is de rol van de bodem en water bij de verspreiding van antibiotische resistentie?
  - Wat is de rol van de bodem bij de verspreiding en risico's van (nieuwe) verontreinigingen zoals geneesmiddelen en nanodeeltjes?
  - Wat is de samenhang hiervan met landgebruik en veiligheid in het landelijk gebied? Hoe kunnen deze risico's door bodembeheer worden verkleind?
  - Wat betekent de ontwikkeling naar zorgboerderijen, kinderdagverblijven, recreatie bij de boer en daardoor een potentiële blootstelling aan deze stoffen door een grotere populatie voor de volksgezondheid?

Afwegen

Worden de potenties van het natuurlijk systeem meegewogen in de keuzes bij ontwikkelingen in het landelijk gebied en natuur?
Wat is nodig om transities in het landgebruik in het landelijk gebied zo in te steken dat én het natuurlijk systeem niet verder wordt beschadigd én de leefbaarheid van het landelijk gebied niet verder onder druk komt te staan?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- In hoeverre spelen deze potenties van bodem en ondergrond een rol in de keuzes voor ontwikkeling van het landelijk gebied?
- Hoe zijn landbouw en andere gebruiksvormen zoals natuur vorm te geven zodat het natuurlijk systeem wordt versterkt in het landelijk gebied en duurzame landbouw als functie mogelijk blijft?
- Welke kennis en maatregelen zijn om, daar waar transitie van landbouwgebieden naar natuur aan de orde is, dit plaats te laten vinden zonder ingrijpende maatregelen zoals afgraven (transitie naar juiste nutriëntengehalte, waterkwantiteit)?
- Hoe zijn de gebruikers van het landelijk gebied te stimuleren om de bijdrage aan de (bodem)biodiversiteit en de natuur te vergroten?
- Hoe zijn ambities voor bodem en ondergrond in het landelijk gebied in de Omgevingswet en afgeleide instrumenten (o.a. omgevingsvisie) te positioneren? Welke systeemkennis is hiervoor van belang?
- Wie beïnvloeden beslissingen over landgebruik in het landelijk gebied en hoe kunnen zij worden overtuigd om de bodem te betrekken bij landinrichting en ruimtelijke planvorming?
-

Implementatie

- Kunnen economische / sociaal-culturele scenario's worden ontwikkeld die verschillende vormen van landgebruik combineren tot een attractief en leefbaar landelijk gebied? Hoe kan een dergelijk multifunctioneel ruimtegebruik economie en ecologie versterken?
- Is vanuit de potenties van het natuurlijk systeem het landgebruik in het landelijk gebied te managen zodat een aantrekkelijke combinatie ontstaat tussen leefbaarheid, economie en ecologie? Zijn de gebruikers van land en grondwater in een gebied te betrekken bij het realiseren van schoon grondwater en een gezonde bodem voor landbouw en natuur?

- Wat draagt het natuurlijk systeem bij aan ruimtelijke kwaliteit in gebiedsontwikkelingen zoals ruimte voor de rivier?
- Hoe zijn gebruikers van grondwater te betrekken bij het realiseren van een gezonde bodem voor landbouw en natuur, en bij keuzes in landgebruik, mede ten behoeve van schoon grondwater?
- Zijn er instrumenten (door) te ontwikkelen om de leefbaarheid van het landelijk gebied te behouden en bevorderen op basis van de kenmerken van het lokale natuurlijk systeem en sociaal-culturele eigenschappen, gericht op functiecombinaties? Kan hiervoor bijvoorbeeld programma's als Programma Aanpak Stikstof (PAS) worden benut?

Evaluatie

Evaluatie

- Is landmanagement een effectief instrument voor het vergroten van de leefbaarheid van het landelijk gebied en het realiseren van duurzame natuur?
- Welke maatregelen voor landbeheer zijn effectief bij het verhogen van de leefbaarheid van het landelijk gebied en het realiseren van duurzame natuur (evalueren a.d.h.v. pilots)?
- Hoe kan worden geleerd van ervaringen in het buitenland om de leefbaarheid van ons landelijk gebied te vergroten?

3.2.3 Bodem en klimaatverandering, mitigatie en adaptatie

Aan het eind van de twintigste eeuw groeide het besef dat de effecten van de klimaatverandering onomkeerbaar zal zijn en daarmee ons dagelijks leven blijvend zal beïnvloeden. Belangrijke effecten van klimaatverandering [11] op het bodemsysteem zijn: bodemdaling, verdroging, verandering van grondwaterstanden, effecten van intensivering van grondwaterwinning en verzilting. Kennis over de interactie tussen klimaat en het natuurlijk systeem is noodzakelijk in de zoektocht naar maatschappelijke oplossingen om de verandering van het klimaat te beïnvloeden (klimaatmitigatie) en oplossingen te vinden voor de problemen als gevolg van klimaatverandering (adaptatie).

Kennis over de relatie bodem, ondergrond en grondwater en klimaatverandering

Temperatuurstijging, veranderende neerslagpatronen en wijziging van hydrologische kringlopen zullen leiden tot fundamentele veranderingen in (de mogelijkheden van) bodem, ondergrond en grondwater. Maar andersom beïnvloedt het natuurlijk systeem ook het klimaat.

Invloed van het klimaat op het natuurlijksysteem

Verhoogde temperaturen leiden tot verschuivingen van chemische-, fysische- en biologische evenwichten in het bodem- en watersystemen. Dit kan leiden tot bijvoorbeeld een invasie van voor Nederland nieuwe pathogene micro-organismen, algen en ziektes. Door veranderingen in grondwaterstanden ontstaan nieuwe drassige en droge gebieden.

Invloed van bodem, ondergrond en grondwater op het klimaat

Natuurlijke processen in de bodem hebben een invloed op het klimaat. Als gevolg van (verhoogde) bioactiviteit en/of veranderingen in grondwaterstanden breken organische verbindingen af en worden grotere hoeveelheden broeikasgassen uitgestoten.

Risico's van klimaatverandering voor functies in de ondergrond

De functies in de ondergrond worden tevens beïnvloedt door de klimaatverandering en dan met name door veranderingen in neerslagregime en grondwaterstanden. Een functie als waterberging, maar ook de opslag van broeikasgas, het vastleggen van kooldioxide in de bodem of de teelt van bio-energie gewassen kunnen bijvoorbeeld een belangrijke voorwaarde worden bij ruimtelijke ontwikkelingen. Huidige functies in de ondergrond worden ook beïnvloedt door de klimaatverandering. Als gevolg van klimaatverandering loopt de vitale infrastructuur zoals de elektriciteits- en ICT-netwerken een risico.

Adaptatie en bodem en ondergrond

Door de mogelijkheden die het natuurlijk systeem biedt te benutten kan aanpassing aan het klimaat succesvol worden vormgegeven. Voorbeeld van deze adaptatiestrategie in de landbouw is de toepassing van andere teelten bij verziltende gronden in Zeeland. In het stedelijk gebied kan het natuurlijk systeem worden gebruikt voor bijvoorbeeld waterberging in de ondergrond maar ook door stedelijk groen te gebruiken voor temperatuurregulatie.

Mitigatie en het natuurlijk systeem

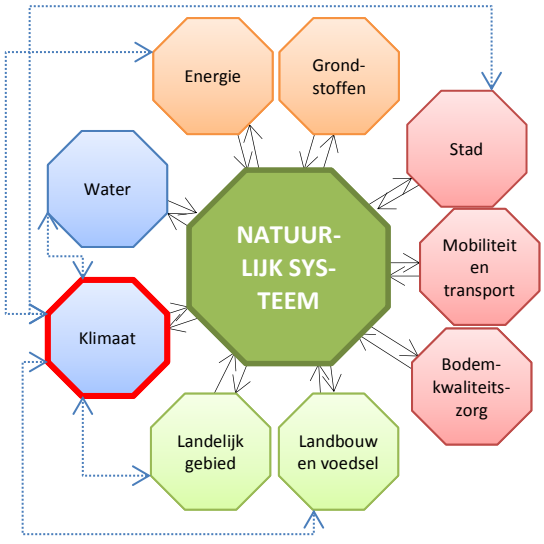
Het natuurlijk systeem draagt bij aan de klimaatverandering. Mitigatiemaatregelen kunnen dan ook betrekking hebben op het beheer van dit natuurlijke systeem. Door dit beheer bijvoorbeeld te richten op de aangroei in plaats van oxidatie van organische stof kan worden voorkomen dat klimaatgassen als CO_2 en CH_4 in de atmosfeer terecht komen. Daarnaast zijn er mitigatiemaatregelen waarbij gebruik wordt gemaakt van de ondergrond. Door CO_2-gas in de ondergrond op te slaan kan de ondergrond een (tijdelijk) bijdrage leveren aan de transitie naar een duurzame energievoorziening. En door de ondergrond in te zetten voor de winning van duurzame energie (WKO, geothermie), waardoor de uitstoot van CO_2-gas als gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen wordt verkleind, kan het natuurlijk systeem een permanente rol spelen in de duurzame energievoorziening.

Kennisprogramma's klimaat

Recente ontwikkelingen met betrekking tot kennisprogramma's op het gebied van klimaatmitigatie en -adaptatie zijn:

- Klimaatagenda van het Rijk [12]. In deze agenda zijn over acht actielijnen ambities voor klimaatadaptatie en -mitigatie in de context van een duurzame ontwikkeling en een integrale aanpak beschreven.
- De Nationale Adaptatie Strategie 2016[5]. Begin 2016 wordt de Nationale Adaptatie Strategie (NAS) uitgebracht door het kabinet en heeft als hoofdonderwerp het 'omgaan met klimaatverandering in alle sectoren die met deze verandering te maken krijgen'. De strategie is een aanvulling op het Deltaprogramma.
- Stimuleringsprogramma Ruimtelijke Adaptatie[6]. Vanuit de gedachte dat in 2020 is een waterrobuust en klimaatbestendig inrichten 'de normaalste zaak van de wereld' zou moeten zijn is nog een grote verandering in denkwijze bij de ruimtelijke (her)ontwikkeling nodig. Deze verandering in denkwijze wordt gestimuleerd in het Stimuleringsprogramma Ruimtelijke Adaptatie (SRA).

Relatie met andere thema's uit de kennisagenda



Thema	Voorbeeld van relatie met klimaat
Landbouw en voedsel	De landbouw ondervindt gevolgen van de klimaatverandering, bijvoorbeeld door veranderingen in neerslaghoeveelheden en –regimes
Landelijk gebied	Het landelijk gebied verandert onder invloed van de klimaatsverandering, bijvoorbeeld door dijkverhogingen en ruimte voor de rivier
Water	Als gevolg van de klimaatverandering veranderen de neerslagintensiteit en de neerslagfrequentie
Energie	De verandering van het klimaat wordt veroorzaakt door het gebruik van met name fossiele grondstoffen.
Stad	De klimaatsverandering zal ook doorwerken in de stad, bijvoorbeeld door hogere temperaturen, wateroverlast na hevige buien en droogte en stof in droge seizoenen.

[5] http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl/nl/nas2016
[6] http://www.ruimtelijkeadaptatie.nl/nl/page/188

Voorbeeld: Klimaat actieve stad: kwestie van slim meekoppelen

Dwarsverbanden: Veiligheid & Governance

Een van de grootste uitdagingen van het Deltaprogramma is misschien wel de gezamenlijke ambitie om Nederland in 2050 klimaatbestendig en waterrobuust te hebben ingericht. Wateroverlast en droogte veroorzaken jaarlijks een aanzienlijke schade in het stedelijk gebied en door klimaatverandering zal dit in de komende jaren alleen maar gaan toenemen. Dat vraagt inspanning van alle partijen van nationaal tot regionaal en lokaal niveau. Om de ambitie te realiseren moeten waterveiligheid en klimaatbestendigheid integraal meegewogen worden bij het plannen van ruimtelijke ontwikkelingen, bij herontwikkeling en bij investeringen in beheer en onderhoud. Dit is een complexe opgave, want het vereist samenwerking van vele actoren op lokaal en regionaal niveau.

Foto 2: Wadi in Ruwenbos (foto: gemeente Enschede)

De inrichting van het bodem/water systeem is direct van invloed op de waterveiligheid. De klimaatverandering zal in steden echter ook leiden tot extreme neerslag, met wateroverlast als gevolg. De inrichting en de eigenschappen van het bodem/water systeem bepalen ook in grote mate welke gevolgen wij hiervan gaan ondervinden en daarmee ook de hoogte van de schades. Neerslag die op de bodem valt, zal afhankelijk van de aard en samenstelling van de bodem, infiltreren of juist oppervlakkig afstromen. Een klimaatrobuuste stedelijke omgeving moet beschikken over voldoende onafgedekte bodem, zoals parken, tuinen en wegbermen, zodat overtollig water gemakkelijker kan wegstromen. Ook het vergroten van het waterbergend vermogen van het stedelijk gebied door het inrichten van ondergrondse waterberging is een effectieve maatregel. Een goed doorlatende bodem biedt bovendien bescherming tegen hittegolven doordat grote hoeveelheden water in de grond worden opgeslagen, wat een matigend effect op de temperatuur heeft. Hierdoor wordt het ontstaan van zogeheten hitte-eilanden voorkomen.

In het kader van de afspraken over de klimaat adaptieve stad (KAS) zal door de gemeenten in de komende jaren invulling moeten worden gegeven aan de klimaatbestendige en waterrobuuste inrichting van het stedelijk gebied. Klimaatadaptieve maatregelen vragen niet per definitie om meer geld. De sleutel is meekoppelen in de uitvoering. Waterveiligheid en klimaatbestendigheid zijn vrijwel nooit de enige doelstellingen van een ruimtelijke ontwikkeling. Meekoppelen kan bijvoorbeeld met geplande ingrepen in de openbare ruimte, de ondergrondse infrastructuur en het vastgoed. Voor het stedelijk gebied betekent dat afstemming met andere sectoren binnen de gemeente, zoals riolering, wegenbeheer en groenbeheer, met de waterbeheerder (in de meeste gevallen het waterschap), de nutsbedrijven en woningcorporaties.

Kennisbehoefte

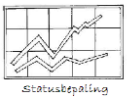
Bodem, ondergrond en grondwater en de klimaatverandering hebben een wisselwerking op elkaar. Hoe deze twee elkaar beïnvloeden is dan ook een van de belangrijkste kennisvragen die bij dit onderwerp gesteld wordt. Hiernaast zijn er ook veel kennisvragen waarin klimaatverandering en het natuurlijk systeem het onderwerp zijn, maar die vanwege hun karakter beter passen bij één van de andere maatschappelijke opgaven.

Bewustwording

Hoe is het bewustzijn van de rol van bodem, ondergrond en grondwater te vergroten bij degenen die zich bezig houden met de klimaatverandering en de adaptatie- en mitigatiemaatregelen?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Wat is de rol van het natuurlijk systeem en landmanagement in de klimaatverandering, mitigatie en adaptatie?
- Is, voor de bodemsector, bijvoorbeeld organisch stof het referentiepunt voor de klimaatopgave?
- Waar liggen kansen om vanuit de potenties van bodem, ondergrond en grondwater samen met anderen maatschappelijke opgaven op te pakken?



Statusbepaling

- Heeft klimaatverandering effect op het natuurlijk systeem? En waarin uit zich dat?
- Hebben het natuurlijk systeem en landgebruik invloed op de klimaatverandering en hoe dan?
- Wat is het effect van klimaatverandering op:
  - bodemkwaliteit, bodemeigenschappen, bodembiodiversiteit, bodemprocessen, bodemdaling en ecosysteemdiensten?
  - het gebruik van de ondergrond, land en leefomgeving?
  - invasieve bodemgebonden pathogenen?
  - Plagen door ontbreken vorstperiode, waardoor nieuwe bestrijdingsmiddelen nodig zijn?

Systeemkennis

- Hoe en in welke mate worden processen in het natuurlijk systeem beïnvloed door klimaatverandering?
- Welke potentie heeft de ondergrond voor klimaatadaptatie en-mitigatie (optimalisatie van landgebruik ter vermindering van de uitstoot van broeikasgassen, vergroting organisch stof gehalte, vermindering verlies organisch stof, verhoging watervasthoudend vermogen, waterveiligheid, stabiliteit van grondlichamen etc.)?
- Hoe zijn de verschillende effecten van klimaatverandering op het natuurlijk systeem (natuurlijk kapitaal, gezondheid, ecosysteem) te monitoren?

Afwegen

- Hoe is het gebruik van het natuurlijk systeem aan te passen aan de effecten van klimaatverandering (adaptatie)?
- Hoe groot zijn de kosten en baten van klimaatadaptatie en -mitigatiebeleid voor het bodem-watersysteem (de ondergrond)? En wat betekent dit voor het landmanagement?

Implementatie

Wat zijn de meest optimale en effectieve maatregelen, ingrepen en landgebruiksvormen waarmee het natuurlijk systeem een bijdrage kan leveren aan de adaptatie- en mitigatieopgaven?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Hoe kan via landmanagement de bijdrage van het natuurlijk systeem aan de klimaatverandering worden verkleind? En hoe is de invloed van klimaatverandering op het natuurlijksysteem te verminderen?
- Welke maatregelen en ingrepen op het bodem-watersysteem zijn het meest effectief om aan de afspraken voor vermindering van de uitstoot aan broeikasgassen te voldoen (mitigatie)?
- Hoe zijn gevolgen van klimaatverandering te voorkomen? En hoe kan worden omgegaan met de gevolgen van klimaatverandering (bodemdaling, waterbeheer, wateroverlast, verdroging en verzilting, hitte, veranderend grondgebruik etc.)?
- Welke handelingsperspectieven voor bodem en ondergrond hebben publieke en private partijen voor klimaatadaptatie- en –mitigatiebeleid?

Evaluatie

- Zijn maatregelen in het kader van klimaatadaptatie- en -mitigatiebeleid voor bodem en ondergrond effectief?
- Welke kleinschalige oplossingen kunnen (op grotere schaal en lange termijn) bijdragen aan klimaatadaptatie en –mitigatie?

3.2.4 Bodem, ondergrond en water

Water en de bodem/ondergrond zijn onafscheidelijk met elkaar verbonden. Boven het maaiveld door het oppervlaktewater, het type landgebruik, maar ook door het peilbeheer dat moet zorgen voor droge voeten. Onder de grond waar grondwater en bodem op elkaar inwerken in termen van chemie, biologie en fysische kwaliteit. Activiteiten boven en onder het maaiveld, externe invloeden, hebben effect op de kwaliteit van het water, de bodem en de leefomgeving. En behalve dat water een bedreiging kan vormen voor ons land, draagt juist ook verstandig gebruik en efficiënte inzet van natuurlijke (hulp)bronnen, zoals water en bodem, bij aan lagere beheerskosten van waterbouwkundige werken die ons moeten beschermen tegen wateroverlast. Dit komt bijvoorbeeld tot uiting in het programma 'Ruimte voor de rivier'[7].

De belangrijkste opgaven voor water in relatie tot bodem en ondergrond zijn:

- Het veiligstellen van voldoende en kwalitatief goed oppervlakte- en grondwater (gebruik van water als grondstof).
- Het beschermen van het land, het landgebruik tegen wateronder- en overlast (inpassing van water in het landgebruik).
- Het beheren en beheersen van de effecten van water(gebruik) op het natuurlijk systeem zoals bodemdaling (zie thema bodem en energievoorziening), verzilting (zie oa bodem en klimaat en bodem en landbouw en voedselvoorziening), redoxpotentiaalveranderingen, enz.

Kennis van water, het natuurlijk systeem en de interactie met de leefomgeving en de maatschappij

De kennis van water, de rol in het natuurlijk systeem en de relatie met de maatschappij is opgebouwd uit een eeuwenlange ervaring met het waterbeheer. Vanwege het belang van water voor onze maatschappij en de recente uitdagingen als gevolg van klimaatverandering, toenemende urbanisatie en intensivering van het gebruik van boven- en ondergrond blijft de ontwikkeling van nieuwe kennis onmisbaar. Door de interactie van bodem en ondergrond met het watersysteem dient de kennisontwikkeling in samenhang en geïntegreerd plaats te vinden

Cruciale onderzoeksonderwerpen zijn:

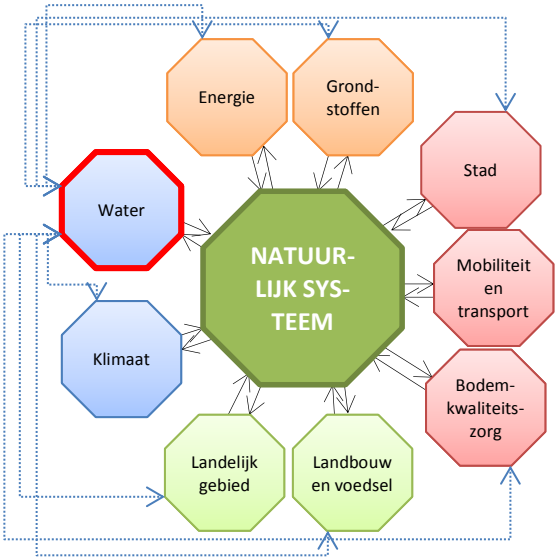
- **Chemische en ecologische kwaliteit van het grond- en oppervlaktewater.** Vanuit de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) moeten uiterlijk in 2027 alle aangewezen oppervlaktewateren en grondwater een goede chemische en ecologische toestand hebben. Daarnaast moet drinkwaterbereiding mogelijk zijn met een eenvoudige zuivering. Onderzoek van het PBL [13] laat zien dat het onwaarschijnlijk is dat die doelen zullen worden gehaald. In veel oppervlakte- en grondwater vormt de belasting met nutriënten (stikstof en fosfaat) een knelpunt voor verdere kwaliteitsverbetering.
  Normen voor gewasbeschermingsmiddelen worden vooral in gebieden met glastuinbouw, bloemkwekerijen, bollenteelt en groenteteelt regelmatig overschreden. Maatregelen in de stroomgebiedbeheerplannen zijn onvoldoende om de gestelde doelen te bereiken. Dat betreft met name maatregelen voor diffuse bronnen, vooral vanuit de landbouw. De internationale afstemming van maatregelen in de stroomgebieden is daarnaast nog onvoldoende. Ook is er nog te weinig bekend over doelbereik [14].

[7] Zie https://www.ruimtevoorderivier.nl/ voor meer informatie

- **Effecten van (milieuvreemde) stoffen op mens en milieu.** Zowel over de effecten van stoffen op mens en milieu als over de effecten van maatregelen is nog onvoldoende bekend. Door het ontbreken van kennis is de urgentie soms onvoldoende duidelijk en is het onmogelijk goede kosten-batenafwegingen te maken over te treffen maatregelen. Kennis die verder moet worden ontwikkeld betreft onder andere het effect van de gecombineerde blootstelling aan verschillende stoffen en/of het effect van stoffen in combinatie met andere factoren voortkomend uit de belasting of de inrichting van het watersysteem (combinatietoxiciteit), effecten van langdurige blootstelling aan stoffen met lage concentraties, en effecten van maatregelen op verschillende plaatsen in de keten en de mate waarin ze bijdragen aan het bereiken van de gestelde doelen.
- **Nieuwe microverontreinigingen die mogelijk problemen opleveren, zoalsgeneesmiddelen, microplastics en nanodeeltjes.** Veel van deze stoffen zijn nog niet genormeerd. Over de omvang waarin ze voorkomen is nog weinig bekend, met uitzondering van enkele geneesmiddelen. Sporen van geneesmiddelen zijn aangetroffen in drinkwaterwinningen uit oppervlaktewater en een aantal winningen uit grondwater. Ook effecten op ecologie en volksgezondheid zijn grotendeels onbekend. Wel is onder andere gedragsverandering en hormoonverstoring bij vissen aangetoond. Concentraties in het milieu zijn laag. Organismen worden in het milieu echter langdurig blootgesteld aan lage concentraties van een mix van stoffen. Voor de risicobeoordeling zijn de lange termijneffecten en gecombineerde effecten van belang.
- **Effecten van klimaatverandering op de waterkwaliteit.** De klimaatverandering leidt tot hogere temperaturen, verzilting, en toenemende concentraties van stoffen. Dat maakt dat drinkwaterbedrijven meer moeite moeten doen om de risico's voor de volksgezondheid weg te nemen.
- **Rol van grondwater in de energievoorziening en bij grondstoffenwinning.** Bij de winning van energie (aardolie, -gas) en grondstoffen (zout) uit de ondergrond wordt het grondwater vaak ingezet hulpmiddel bij de winning en als transportmedium. Daarnaast speelt het grondwater ook een rol bij nieuwe energievormen als warmte-koude-opslag en geothermie. Als gevolg van deze activiteiten bestaat er een risico op verontreiniging van het grondwater. Beschermingsvraagstukken vormen een belangrijk onderzoeksonderwerp.

De topsector Water richt zich onder andere op kennis- en beleidsontwikkeling voor de bescherming van het land (veiligheid), energie uit water en winning en gebruik van drink- en industriewater. Hiervoor is onder andere de 'kennis en innovatieagenda, topsector water, 2016-2019' [15] opgesteld.

Relatie met andere thema's uit de kennisagenda



Thema	Voorbeeld van relatie met water
Landbouw en voedsel	Zonder water geen landbouw en voedsel
Landelijk gebied	Het karakter van het landelijk gebied wordt in grote delen van Nederland bepaald door de aanwezigheid van oppervlaktewater. Daarnaast liggen veel waterwingebieden in het landelijk gebied.
Klimaat	Als gevolg van de klimaatverandering veranderen de neerslagintensiteit en de neerslafrequentie.
Energie	Water kan gebruikt worden om energie in op te slaan, dit is onder andere het geval bij warmte-koude-opslag in de bodem.
Grondstoffen	Water is een grondstof.
Stad	Water in de stad maakt de stad leefbaar, maar te veel (hemel)water in de stad wordt als probleem ervaren.
Bodemkwaliteitszorg	(Grond)water maakt onderdeel uit van de bodem en daarmee het natuurlijk systeem. Zorg voor de bodemkwaliteit betekent dus ook zorg voor de kwaliteit van het (grond)water.

Voorbeeld: Stedelijk (grond)waterbeheer: afspraken maken en samenwerken

Dwarsverbanden: Systeemkennis & Governance

De stad wordt geconfronteerd met meerdere opgaven op het gebied van water- en grondwaterbeheer. In de laatste jaren is door de invoering van de Wet gemeentelijke watertaken en de Waterwet veel veranderd in rol- en taakverdeling tussen de verschillende overheden bij het waterbeheer. Dit geeft soms onduidelijkheden over de verantwoordelijkheden van de verschillende partijen. De provincies zijn beleidsverantwoordelijk voor het integrale grondwaterbeheer; de uitvoerende taak voor het ondiepe grondwater ligt bij de waterschappen en of gemeenten. Vastgoed- en huiseigenaren zijn zelf verantwoordelijk voor de conditie van het perceel en de gebouwen.

Foto 3: Overstroming riool (foto: gemeente Appingendam)

Het stedelijk (grond)waterbeheer richt zich op het optimaal benutten van de gebruiksfuncties van het grondwater en op het voorkomen van schades door grondwateroverlast en droogte. Het gebruik betreft onder andere de toepassing van bodemenergie en de winning van drink- en proceswater. Vanuit dat oogpunt is kwaliteitsbeheer van belang, bijvoorbeeld van de aanwezige verontreinigingspluimen. Grondwateroverlast kan leiden tot schades aan gebouwen, infrastructuur (waaronder kabels en leidingen) en de groenvoorziening. Droogte (grondwateronderlast) kan leiden tot schades als gevolg van bodemdaling en zettingen of door paalrot. De totale potentiele schade, mede onder invloed van kli-

maatverandering, wordt voor de komende decennia geschat op meer dan 100 miljard euro (Manifest klimaat actieve stad)

Integraal gebiedsgericht grondwaterbeheer biedt de mogelijkheid om kansen en knelpunten in onderlinge samenhang aan te pakken. Ook de coördinatie tussen beleid en uitvoering bij alle betrokken partijen is belangrijk voor een optimaal grondwaterbeheer. Door betere samenwerking kan er beter worden gemonitord en kunnen vroegtijdig maatregelen worden genomen om schade te beperken en de effecten van klimaatverandering te verminderen of te voorkomen.

Veel gemeenten en waterschappen hebben nog onvoldoende kennis van het stedelijke grondwatersysteem in hun beheersgebied. De grote hoeveelheid aan (water)bouwwerken maakt de stedelijke (geo)hydrologie bijzonder complex en niet bemeten. Door verschillende waterpeilen, lekkende riolen en verschillende bouwkundige eenheden is het moeilijk een waterbalans te maken. Afkoppeling en infiltratie van hemelwater kunnen de verspreiding van de aanwezige verontreinigingen soms onvoorspelbaar beïnvloeden.

Voor veel gemeenten is de eerste stap het in kaart brengen van het stedelijk grondwatersysteem door het opzetten van een grondwatermeetnet waardoor de systeemkennis kan worden vergroot.

Kennisbehoefte

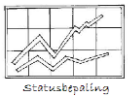
Vanuit de rol die water speelt in onze maatschappij en de duidelijke interactie met bodem en ondergrond, blijft de behoefte aan kennis(ontwikkeling) op dit gebied onverminderd groot. Deze kennisbehoefte bestaat onder andere uit:

- Kennis (over de effecten (chemisch, biologisch en fysisch)) van grondwateronttrekkingen, beregening en waterinfiltratie in relatie tot het natuurlijk systeem.
- Kennis (over de effecten) van ingrepen en activiteiten onder het maaiveld in relatie tot het watersysteem.
- Kennis (over het effect) van klimaatverandering in relatie tot het watersysteem.
- Kennis (over het effect) van afdichting, compactie en degradatie van bodems in relatie tot het watersysteem.
- Kennis (over de effecten) van (nieuwe) milieuvreemde stoffen in relatie tot het watersysteem (mate van verspreiding, mate van oplosbaarheid, mate van toxiteit, enz).
- Kennis over de effecten van de Biobased economy op bodem en water.
- Kennis van mogelijkheden van eco-engineering en de betekenis daarvan voor het natuurlijk systeem.

De volgende kennisvragen op het gebied van bodem en ondergrond in relatie tot water zijn in het kader van deze kennisagenda gesteld:

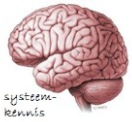
Bewustwording

- Hoe is het bewustzijn van de rol van het natuurlijk systeem te vergroten bij degenen die zich bezig houden met wateropgaven?
- Wat zijn de handelingsperspectieven van publieke en private partijen om het natuurlijk systeem te betrekken bij hun wateropgaven? En hoe krijgen wij deze handelingsperspectieven op het netvlies van deze partijen?



Statusbepaling

- Is er sprake van een balans tussen het natuurlijk systeem en het (gebruik) van oppervlakte- en grondwater?
- Hoe kan de status (kwaliteit, conditie) van het natuurlijk systeem in zijn totaliteit worden bepaald en/of beoordeeld?
- En wat betekent deze kwaliteit voor de ecosysteemdiensten die kunnen worden geleverd?



Systeemkennis

- Hoe beïnvloeden het natuurlijk systeem en het hydrologisch systeem elkaar?
- Wat is de betekenis van een ingreep in het watersysteem voor de balans van het totale natuurlijk systeem?
- In hoeverre is de lokale bodemgesteldheid bepalend voor de invloed van water op het natuurlijk systeem? En is deze kennis te vertalen naar generieke maatregelen?
- Welke waterkenmerken zijn van invloed op de lokale bodemgesteldheid en in welke mate?

Afwegen

Kunnen wij door gebruik te maken van en respect te houden voor het natuurlijk systeem onze wateropgaven oplossen? Wat his hiervoor nodig en hoe zijn verschillende belangen tegen elkaar af te wegen?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Hoe is landmanagement vorm te geven uitgaande van de balans tussen het natuurlijk systeem en wateropgaven (veiligheid, drinkwater, landbouw, industrie, enz.)?
- Hoe is gebiedsgericht kwalitatief en kwantitatief grondwaterbeheer vorm te geven?
- Wat bepaalt of in Nederland actief grondwaterpeilbeheer bestuurlijk, technisch en financieel kansrijk is en in welke omvang?

Implementatie

Welke maatregelen zijn toepasbaar om de balans tussen (gebruik van) water, het natuurlijk systeem en de maatschappij te herstellen?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Hoe zijn essentiële functies en processen van ecosystemen in te zetten om de hydrologische cyclus te reguleren?
- Welke maatregelen (inclusief eco-engineering) bij het gebruik van het natuurlijk systeem zijn, door wie en wanneer, in te zetten om de hydrologische cyclus te optimaliseren?
- Wat is optimaal peilbeheer gezien het natuurlijk systeem op een locatie in relatie tot gewenste functies en opgaven zoals tegengaan bodemdaling en paalrot naast ontwateringsbehoefte landbouw?

Evaluatie

Wat is de effectiviteit van de maatregelen bij het herstel van de balans tussen (gebruik van) water, het natuurlijk systeem en de maatschappij?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Hoe zijn wateropgaven geïmplementeerd in het beleid, zoals het veiligstellen van (drink)waterlevering, en wat betekent dit voor het natuurlijk systeem en strategische grondwatervoorraden?
- Hoe werken ingrepen en de daaruit voortvloeiende veranderingen in de bodem, het grondwater of het water door naar andere domeinen, zoals de landbouw en de ruimtelijke ordening?

3.2.5 Bodem onder de gezonde slimme stad

De stad speelt een belangrijke rol in onze maatschappij, we wonen er, werken er en recreëren er. Na verwachting woont in 2050 70% van de wereldbevolking in de stad. De toename van de stedelijke bevolking legt, samen met de effecten van klimaatverandering, een grote druk op de leefbaarheid in de stad. De gezonde en slimme stad gaat over het wonen, werken, en recreëren maar ook over mobiliteit, een stad die klimaat bestendig is, sociaal en cultureel aantrekkelijk is en waar men gezond oud kan worden.

De kwaliteit van de stadsbodem, de natuur en het stedelijk groen zijn essentieel voor de gezonde slimme stad. De bodem neemt overtollig hemelwater op en voorkomt wateroverlast. De bodem biedt een standplaats aan groen, waardoor de temperatuur in de stad behaaglijk blijft, water verdampt en schaduw wordt gecreëerd. De ondergrond biedt ook plaats aan allerlei elementen die we liever niet boven de grond zien, zoals kabels, leidingen, parkeergarages en afvalcontainers. De benadering ‘bouwen vanuit het natuurlijk systeem’ en het toepassen van ecologische concepten in stedelijk gebied bieden mogelijkheden voor innovaties die de leefbaarheid vergroten, zoals wordt geïllustreerd in het boek ‘Ontdek de stadsbodem’ [16] en in het boek ‘Slimme steden - de opgave voor de 21e-eeuwse stedenbouw in beeld’ [17]. De essentie is de aandacht voor het metabolisme van de stad waaronder de verbinding met het natuurlijk bodem-watersysteem.

De stad is continu in ontwikkeling, voortdurend ontstaan nieuwe inzichten in het functioneren van de stad en doorlopend wordt nieuwe kennis over de stad en de rol van het natuurlijk systeem daarbij opgedaan. Sinds enkele jaren ligt het accent op een gebiedsgerichte benadering met aandacht voor de potentie en waarde van bodem en ondergrond voor een gezonde leefomgeving, de verdeling van de beschikbare ruimte en de mogelijkheden van meervoudig ruimtegebruik.

Tien aspecten van een gezonde stad

Gezonde steden zijn steden met een evenwichtige mix van tien verschillende typologieën (zie Figuur 3.4). De rol van het natuurlijk systeem in de stad blijkt alleen al uit de condities die nodig zijn om de basis op orde te hebben. Het natuurlijk systeem speelt een essentiële rol in de schone, veilige en klimaatbestendige stad.

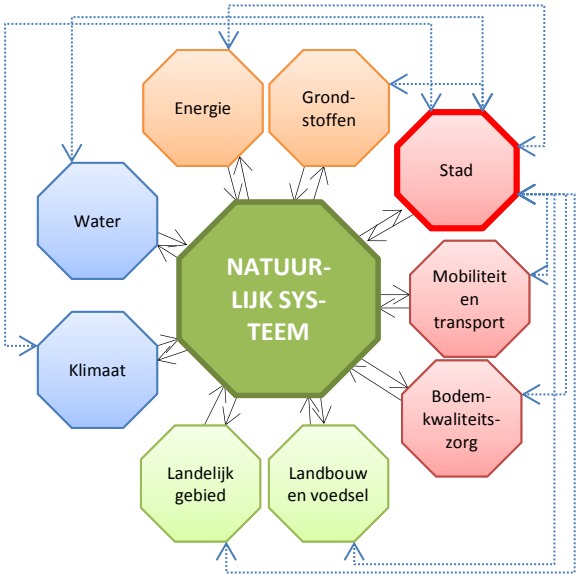
Figuur 3.4: de tien typologieën van een gezonde stad [18].

Innovatieve oplossingen

Een gezonde en slimme stad vraagt om innovatieve oplossingen waarbij bodem en ondergrond een belangrijke rol spelen. Een greep uit de mogelijkheden:

- **Een slim ruimtegebruik.** Denk aan optimaal / multifunctioneel en tijdelijk (her)gebruik van (openbare) ruimte, dus ook van de ruimte onder de grond (kabels, leidingen, nutsvoorzieningen). Het koppelen van systemen waarbij de ondergrond wordt ingezet voor ruimtelijke ontwikkelingen bovengronds resulteert in een efficiënt gebruik van de ruimte.
- **Gebruik maken van het natuurlijk bodem- en watersysteem.** Het ontwerpen met het bodem- en grondwatersysteem helpt ons om problemen als bodemdaling, bodembewegingen en veranderingen in de grondwaterstand vroegtijdig te signaleren en aan te pakken. Het duurzaam benutten van ecosysteemdiensten zal bijdragen aan de veerkracht van de stad. Inzet van het natuurlijk systeem zal mogelijkheden scheppen voor stadslandbouw, vergroening van de openbare ruimte en recreatie. Daarmee zal de leefbaarheid en de gezondheid van de stadbewoner kunnen worden verbeterd
- **Circulariteit.** In het licht van de opgaven voor klimaat, leefbaarheid en gezondheid dient de stad zelfvoorzienend te worden (energie, voedsel, water). Gestreefd dient te worden naar een circulaire bio-based economie.

Relatie met andere thema's uit de kennisagenda



Thema	Voorbeeld van relatie met de gezonde en slimme stad
Landbouw en voedsel	Via stadslandbouw en de trend ecologisch te consumeren komt de landbouw weer dichterbij de stad, soms zelfs tot in de stad
Landelijk gebied	Het landelijk gebied direct naast de stad vormt een belangrijk aspect in de recreatiemogelijkheden van stedelingen.
Klimaat	De klimaatsverandering zal ook doorwerken in de stad, bijvoorbeeld door hogere temperaturen, wateroverlast na hevige buien en droogte en stof in droge seizoenen.
Water	Water in de stad maakt de stad leefbaar, maar te veel (hemel)water in de stad wordt als probleem ervaren.
Energie	De stad (samenleving) kan niet zonder energie. De bodem in de stad zal ook steeds vaker worden gebruikt voor de opslag van energie (warmte-koude-opslag).
Grondstoffen	Voor de ruimtelijke ontwikkelingen in de stad zijn grondstoffen nodig. Soms kunnen we de grondstoffen in de stad hergebruiken, zoals ophoogzand, maar vaak zullen we nieuwe grondstoffen aanvoeren.
Mobiliteit en transport	Met name in stedelijk gebied liggen grote hoeveelheden kabels en leidingen onder de grond.
Bodemkwaliteitszorg	De stad moet veilig zijn voor haar inwoners, dat betekent dat ook de bodemkwaliteit veilig moet zijn om op te wonen en mee te spelen.

Voorbeeld: De slimme, gezonde groene stad (een kosten baten analyse)

Dwarsverband Landgebruik & governance

Hittestress in de stad is een probleem dat in toenemende mate leidt tot gezondheidsproblemen, lagere economische productie en een hoger energieverbruik in verband met koeling. De geschatte financiële gevolgen van een toename in hittestress verschillen per klimaatscenario en kunnen (voor Nederland) oplopen tot meer dan 20 miljoen EURO per jaar aan extra ziekenhuisopnames en de kosten van sterfte. De schade door arbeidsproductiviteitsverlies kan oplopen tot bijna 400 miljoen EURO per jaar.

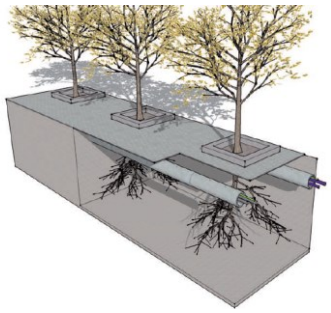
Hittestress kan verminderd worden door verandering van gedrag en door anders te gaan bouwen in het stedelijk gebied. Met name een toename van groen, zoals groene daken, groene gevels en het realiseren van bomenstructuur langs hoofdroutes kan zorgen voor een natuurlijk verkoelend effect waarmee de problemen van hittestress kunnen worden teruggedrongen.

Kennis van het bodem/water systeem is onmisbaar voor een goed en betaalbaar groenplan. Een

goede bodem is van levensbelang voor de gezondheid en ontwikkeling van stedelijk groen. Zo dient de bodem een geschikte zuurgraad te hebben als ook voldoende water vast te houden. Open poriën zorgen voor zuurstoftoevoer én voor afvoer van schadelijke gassen. Hierdoor kan het bodemleven zich optimaal ontwikkelen. Denk hierbij aan wormen en schimmels die organische stoffen in voedingsstoffen voor de boom omzetten. Op plaatsen waar de grond te veel wordt verdicht zullen de bomen door gebrek aan zuurstof en het daarvan afhankelijke bodemleven langzaam maar zeker wegkwijnen. Ook aanwezige bodemverontreiniging en verstoringen en verdichtingen door bijvoorbeeld de aanleg van kabels en leidingen, kunnen verstorend werken op het bodemleven en bodemstructuur.

Een praktijkvoorbeeld is een bodemstructuurvisie zoals die door de gemeente Rotterdam is opgesteld. De visie beschrijft hoe bomen optimaal kunnen worden ingezet bij de inrichting van de openbare ruimte van de stad. Bomen temperen niet alleen de hitte, ze breken ook de wind, dempen het geluid en de bladeren zuiveren de lucht.

De visie biedt ook handvatten voor het duurzaam omgaan met bomen: de juiste boom op de juiste plek. Zowel ondergronds als bovengronds moet voldoende ruimte worden gereserveerd. Rekening wordt gehouden met grondverdichtingen, verhardingen, ophogingen, hoge grondwaterstanden en met ondergrondse en bovengrondse beschadigingen door werken in de stad die met name risico's opleveren voor bomen in verharde profielen. Voor beplantingen op de hoofdstructuur van de stad wordt een bodemtechnisch advies opgesteld. Mede op basis hiervan wordt de definitieve boomsoort gekozen.



Figuur 3.5: mantelbuis ter bescherming van zowel de bomen als de kabels en leidingen (gemeente Rotterdam)

Kennisbehoefte

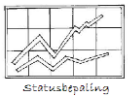
Dat kennis nodig is over het natuurlijk systeem om de leefbaarheid van onze steden te behouden en te vergroten wordt ook onderkend in de Nationale Wetenschapsagenda 2015[8]. In deze agenda is dit als volgt verwoord:
"Het vergroten van de kennis van het bodem-watersysteem voor een veilige bebouwing, gezonde waterhuishouding en voor vergroting van de economische waarde in het stedelijk gebied.
Hoe kan een integrale en ruimtelijke benadering van de toplaag en de gebruikszone van de ondergrond meer kansen bieden aan het oplossen van maatschappelijke en economische opgaven zonder de balans tussen beschermen en benutten te verliezen."

[8] http://www.wetenschapsagenda.nl/

Deze vraag kan worden onderverdeeld in onderstaande kennisvragen:

Bewustwording

- Hoe is het bewustzijn bij stakeholders, over de rol die ons natuurlijk systeem speelt in het voorzien in de gezonde en slimme stad, te vergroten en hoe kan het besef dat ingrepen in de stad effecten hebben op dit natuurlijke systeem toenemen?
- Wat zijn de handelingsperspectieven om het natuurlijk systeem te betrekken bij het vinden van oplossingen voor de uitdagingen in stedelijk gebied?
- Hoe zijn partijen bewust te maken van de concurrentie tussen de diensten van het natuurlijk systeem en de gebruiksfuncties van de ondergrondse ruimte? En hoe kan het belang van beiden worden betrokken in afwegingen?



Statusbepaling

- Wat is de rol van het bodem-watersysteem voor de realisatie van de circulaire stad (kringlopen vormgeven c.q. sluiten)?
- Wat is de waarde (monetariseren / maatschappelijk rendement) van stedelijke bodem, ondergrond en grondwater en de diensten die het levert?
- Welke impact hebben demografische en economische ontwikkelingen (krimp en groei, landeigendom) op het gebruik, de bestemming en het beheer van het natuurlijk systeem?
- Welke (nieuwe) bedreigingen voor de kwaliteit van het natuurlijk bodem-watersysteem in de stad worden in de komende decennia verwacht en welke kosten zijn daarmee gemoeid?
- Welke functies gaan goed samen (in ruimte/tijd) of versterken elkaars werking in de stad en welke zijn concurrerend of maken andere diensten onmogelijk?

Systeemkennis

- Hoe grijpt de (gezonde en slimme) stad in op het natuurlijk systeem?
- Welke bodemprocessen zijn belangrijk voor het functioneren van de ecosysteemdiensten in het stedelijke bodemsysteem in de stad (afbraak verontreinigingen, filteren water / lucht, bufferen van lokaal klimaat, tegengaan hittestress, fijn stof invangen)?
- Wat is de impact van het (niet) benutten van het natuurlijk systeem en de kwaliteit hiervan op gezondheid en leefomgevingskwaliteit in de stad? Wat is nodig om een complex bodemsysteem in de stad te verbeteren?
- Welke bodem- en ondergrondfuncties gaan goed samen/versterken elkaars werking in de stad en welke zijn concurrerend of maken andere diensten onmogelijk?

Afwegen

Welke keuzes zijn te maken om de (verstoorde) balans tussen het natuurlijk systeem en de stad te behouden/herstellen?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Hoe zijn de bodembelangen evenwichtig af te wegen tegen andere (milieu)belangen (als: water, veiligheid, lucht, geluid, ecologie, economie, financiën, ruimtelijke kwaliteit en maatschappelijke opgaven) in de ontwikkeling en het beheer van stedelijke leefomgeving? En hoe draagt een gezonde bodem bij aan andere belangen in de stad?
- Hoe zijn scenariostudies in te zetten zodat in wordt gespeeld op de toekomstige ontwikkelingen in de stedelijke omgeving en de impact op het natuurlijk systeem?
- Op welke manier kunnen 'trade-offs' gemaakt worden tussen het natuurlijke en het artificiële systeem?

Implementatie

Hoe is de balans tussen de capaciteiten van het natuurlijk systeem en de gezonde en slimme stad te behouden/te herstellen? Wat is de rol van landmanagement hierin?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Hoe is 4D ruimtelijke ordening (x,y,z, en t) met een balans tussen benutten en gebruiken van het natuurlijk systeem en de ondergrondse ruimte in het stedelijk gebied te realiseren?
- Hoe kan men het natuurlijk systeem inzetten voor opgaven in het stedelijk gebied? Bijvoorbeeld door:
  - Betere afstemming boven en ondergrond
  - Bijdrage bodem en ondergrond aan transitie stedelijk waterketensysteem
  - Bijdrage aan klimaatbestendige leefomgeving
  - (Ecologische) concepten voor duurzame inrichting, kringlopen
  - Een bijdrage aan de energievoorziening van de stad.
- Waar liggen kansen voor geo- & eco-engineering in het stedelijk gebied?
- Hoe kan positief worden in gespeeld, qua kennisontwikkeling en innovatie, op de voortdurend nieuwe uitdagingen die de ondergrond in de stad ons stelt?

Evaluatie

- Wat zijn de (meetbare) effecten van ecologische en building-with-nature concepten, inrichten op basis van groen-blauwe structuren en inzet van ecosysteemdiensten op de maatschappelijke opgaven in een stad?
- Wat zijn de baten (maatschappelijk rendement) van het benutten van het natuurlijk systeem in de stad? En hoe verdeel je de lusten en de lasten en kun je met ontwerpen ook de kosten in tijd en per stakeholder regelen (mutual gain approach)?

3.2.6 Bodem en mobiliteit en transport

Het thema mobiliteit en transport is in deze kennisagenda opgenomen omdat de infrastructuur voor personen, goederen, stoffen en 'nutsvoorzieningen' grotendeels op of in de grond ligt, hierdoor beïnvloedt de infrastructuur de potenties en het gebruik van het natuurlijk systeem. Voorbeelden hiervan zijn het auto-, spoor- en waterwegennet en de bijbehorende infrastructurele faciliteiten als benzineservicestations, parkeergarages en op- en overslag locaties. Maar ook leidingen voor het transport voor gas, water, benzine/olie, andere bulkstoffen en afvalwater (riolering), drinkwater en kabels voor elektra.

Een van de belangrijkste opgaven voor dit thema is de ordening van de stedelijke ondergrond. Stedelijke bodems bevatten een wirwar van kabels en leidingen. Oude leidingen worden vaak niet weggehaald, onduidelijk is waar de leidingen zich precies bevinden, er zijn geen afspraken over waar wel en geen leidingen geplaatst mogen worden. Zowel informatievoorziening als veiligheid en economische aspecten zijn van belang.

Kennisbasis (state of the art)

Het raakvlak tussen 'mobiliteit en infrastructuur' en het natuurlijk systeem is uit te drukken in vier aspecten:

1. **Ruimte in de ondergrond**: wat onder de grond zit, staat boven de grond niet meer in de weg (parkeergarage, functies stapelen). Daarnaast is er het 3D-aspect van ongelijkvloers kruisen van vervoersmodaliteiten om overlast tegen te gaan c.q. doorstroming te bevorderen. Voor pijpleidingen is dit nu al de regel, voor andere vervoersmodaliteiten vaak gewenst. Ongelijkvloers kruisen van infrastructuur kan vaak ook bovengronds (verkeersknooppunten als Oudenrijn of het Prins Clausplein) maar de eisen/ wensen veranderen ook. Het spoorviaduct in Delft, geopend in 1965 als 'moderne oplossing', werd in 2015 als hopeloos ouderwets gezien en onder de grond gebracht. De A2 in Maastricht is binnenkort de ondertunnelde Groene Loper. De ruimtelijke ordeningsaspecten van onder- en bovengrondse infrastructuur zijn onderwerp van studie onder meer bij de deelnemers van het centrum ondergronds bouwen (COB)[9]
2. **Geschiktheid van de ondergrond om de infrastructuur te dragen**: Naast het draagvermogen van de ondergrond gaat het over effecten die op kunnen treden vanuit het ondergrondsysteem bij aanleg en gebruik / beheer van de infrastructuur. Uit GeoImpuls[10]: komt dat de grootste bouwrisico's uit de ondergrond komen. Het is niet haalbaar de ondergrond op een detailniveau te karteren zodat alles bekend is. Er is dus behoefte aan goed (geo)risicomanagement. Daarnaast wordt in Nederland veel onderzoek gedaan naar duurzamer en hindervrij bouwen. Ook is het van belang te beseffen dat de ondergrondse bouwwerken (lange en grote ondoorlatende constructies) zelf ook invloed hebben op de werking van het ondergrondsysteem en met name ook het grondwaterregime.

[9] Zie http://www.cob.nl/wat-doet-het-cob/ordening-en-ondergrond/platform-oo.html
[10] http://www.geoimpuls.org/ nationaal werkprogramma gericht op het terugdringen van geotechnisch falen

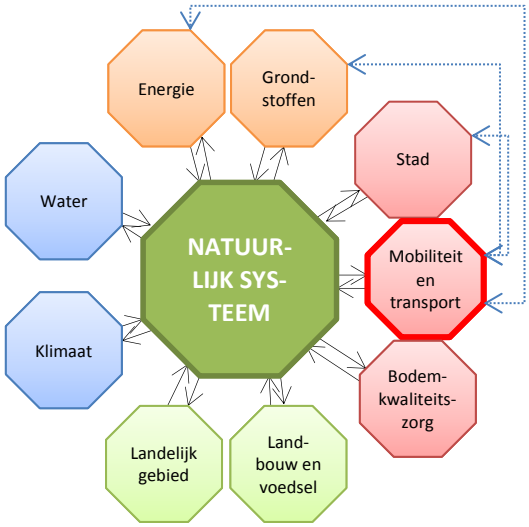
3. **Asset management**: Beheer van de boven- en ondergrondse infrastructuur is van belang om de functies van die infrastructuur te onderhouden, maar ook om kosten te besparen.
   Voor het in stand houden van 'grote' infrastructuur (tunnels, parkeergarages) blijkt de ondergrond incidenteel een cruciale rol te spelen. 'Kleine' infrastructuren (bv lokale gasleidingen en riolering) zijn structureel afhankelijk van de ondergrond omdat deze meestal niet 'vast' gefundeerd zijn. In zettingsgevoelige grond (heel West- en Noord-Nederland) zakken deze ten opzichte van goed-gefundeerde punten als putten, pompstations en huisaansluitingen. Vrij verval van rioleringen verdwijnt en capaciteit neemt af door stagnatie. De veiligheid is in het geding bij gasleidingen die breken. Hoewel ondergrondse kabels en leidingen geregistreerd zijn in het kadaster (KLIC) veroorzaken "ongelukjes" bij graafwerkzaamheden een jaarlijks terugkerende directe schadepost van ruim € 25 miljoen. De staat van ondergrondse infra wordt oppervlakkig geïnspecteerd maar het aantal incidenten lijkt toe te nemen. De drukte in de ondergrond leidt tot allerlei ongewenste cascade effecten.

Figuur 3.6: Kabels en leidingen in Utrecht (foto L. Maring)

4. **Bodem en vitale infrastructuur**. In Nederland spreekt men over "kritieke" of "vitale" infrastructuren: "Producten, diensten en de onderliggende processen die, als zij uitvallen, maatschappelijke ontwrichting kunnen veroorzaken. Hieronder vallen energiestromen en de vitale knooppunten van het vervoer. Onderzoek op dit gebied richt zich op met name op uitval door menselijke en economische oorzaken (terrorisme, mondiale marktbewegingen), maar natuurlijke processen kunnen ook de boosdoener zijn. Zo wordt onderzoek gedaan naar effecten van klimaatverandering, overstromingen (Deltaprogramma) en geïnduceerde aardbevingen in Groningen (tgv aardgaswinning) op kritieke infrastructuur en richt het Kenniscentrum Risicomanagement en Veiligheid zich bijvoorbeeld op risico's van kusterosie op pijpleidingen in de Noordzee.

Figuur 3.7: Wateroverlast Botlektunnel Nederland (foto: Deltares)

Relatie met andere thema's uit de kennisagenda



Thema	Voorbeeld van relatie met mobiliteit en transport
Stad	De relatie tussen bodem, mobiliteit, transport en stad uit zich vooral in de hoeveelheid aan kabels en leidingen in de ondergrond en de drukke infrastructuur in en op de grond voor het vervoer van mensen en producten.
Energie	Voor het transport van energie wordt in Nederland gebruik gemaakt van transportmiddelen die in de bodem liggen (kabels en leidingen).
Grondstoffen	Het transport van grondstoffen legt een flink beslag op de infrastructurele capaciteit Deels vindt dit transport plaats over de weg en het water, maar ook deels door de bodem en ondergrond (in pijpleidingen).

Voorbeeld: Efficiënte ondergrondse netwerken: planning en informatie staan centraal

Dwarsverbanden: Ondergronds landgebruik & Data- en informatievoorziening

Ondergronds wemelt het van de kabels en leidingen. Jaarlijks gaat 400.000 keer de schop in de grond om graafwerkzaamheden te verrichten. Daarbij gaat het in ongeveer 10% van de gevallen mis en wordt een kabel of leiding geraakt. Dat levert jaarlijks circa 25 miljoen euro aan directe herstelschade op. Ook kan sprake zijn van een aanzienlijke indirecte schade als gevolg van uitval van elektriciteit, water, gas of telefoon of bodemverontreiniging door lekkages.
Het ondergrondse netwerk zal de komende jaren intensiever en anders gaan worden gebruikt. Een voorbeeld is het veranderde netwerk dat nodig is voor de energietransitie. Ook is de tendens dat steeds meer bovengrondse netwerken ondergronds verdwijnen.
Bij elke graafbeweging in de grond voor aanleg of onderhoud, moet op basis van de Arbo-regelgeving bekend zijn wat de kwaliteit van die grond is. In stedelijk gebied zal vaak worden gewerkt in (potentieel) verontreinigde grond. Als de informatie over de bodemkwaliteit op een efficiënte wijze wordt verzameld of hergebruikt, levert dit voordelen op die jaarlijks kunnen oplopen tot vele miljoenen euro's.

Lagere kosten en minder schade leveren uiteindelijk een lagere rekening op voor de consument. Grote winst kan worden behaald door slimmer om te gaan met de (schaarse) ruimte voor ondergrondse infrastructuur, bijvoorbeeld door bundeling. Dit kan worden bereikt door de (toekomstige) kabels en leidingen vroegtijdig in een planproces mee te nemen.
Bij zowel de planning als de uitvoering staat echter een goede informatievoorziening over de ligging van kabels en leidingen en aanwezige bodemverontreiniging centraal als we kosten en schades willen verminderen. De Wet Informatie-uitwisseling Ondergrondse Netten (WION of grondroerdersregeling), verplicht om bij mechanisch graafwerk in Nederland tijdig een graafmelding te doen bij het Kadaster. Het Kadaster verstrekt kaartmateriaal over de aanwezige netwerken, Netbeheerders hebben de plicht van al hun ondergrondse leidingen en kabels de gegevens bij te houden en aan het Kadaster te melden. Uit cijfers van het Kabels- en Leidingoverleg (KLO) blijkt echter dat 12% van de graafschades ontstaat omdat kabels en leidingen anders liggen dan

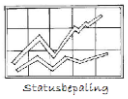
op tekening is aangegeven. Er valt dus de komende jaren nog veel winst te behalen uit een betere registratie van de ligging.
BIDON staat voor Bodem Informatie Delen tussen Overheid en Netbeheerders: een initiatief waarbinnen gewerkt wordt aan een centrale voorziening waarin zowel overheden als netbeheerders hun data over de kwaliteit van de bodem kunnen opslaan en onderling kunnen delen.

Overheden hebben zelf direct baat bij verbeterde informatie en kunnen hun inspanningen op dit gebied dan ook terugverdienen. Gemeenten zijn vaak opdrachtgever voor grondwerken, denk bijvoorbeeld aan aanleg en onderhoud van de riolering. Daarnaast heeft de gemeente een rol als vergunningverlener voor werken, als eigenaar/beheerder van de openbare ruimte en als behartiger van de belangen van hun burgers en bedrijven.

Kennisbehoefte

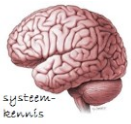
Bewustwording
Hoe is het bewustzijn bij stakeholders over de rol die ons natuurlijk systeem speelt bij mobiliteit en transport te vergroten? En hoe kan het besef dat de aanleg van infrastructuur en infrastructurele faciliteiten effect en hebben op dit natuurlijke systeem worden vergroot?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:
- Wat is –in het kader van duurzaam transport- de rol van de ondergrond bij het duurzaam verbinden van hoofdwegen met “aders” en “haarvaten”?



Statusbepaling
Wat zijn de huidige capaciteiten van de ondergrond in het kader van mobiliteit en transport?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:
- Wat is de staat van ondergrondse infra en wat betekent dit met betrekking tot de vervangingsopgave en saneringsopgave van loze kabels en leidingen?



Systeemkennis
Welke (biologische, chemische en fysische) processen zijn van belang voor de status van het natuurlijk systeem? Hoe grijpt de infrastructuur in op deze processen?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:
- Waaruit bestaan interacties tussen het natuurlijk systeem en (aanleg van) boven- en ondergrondse infra, nu en in de toekomst?
- Treden er als gevolg van ingrepen ten behoeve van de mobiliteit en transport verstoringen op van de balans tussen de potenties van het natuurlijk systeem en de behoeften van de maat-

schappij? En waardoor kenmerken deze verstoringen zich? En wat betekent dit voor de kwaliteit van het natuurlijk systeem?

Afwegen

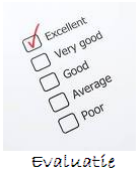
- Welke factoren en argumenten spelen een rol bij de duurzame afweging tussen de aanleg van boven- of ondergrondse infrastructuur? Speelt behoud van de kwaliteiten van het natuurlijk systeem daarbij een rol? En hoe kan met deze argumenten worden gestuurd op afwegingen?

Implementatie

Hoe is de balans tussen de capaciteiten van het natuurlijk systeem en de ingrepen daarin in het kader van 'mobiliteit en transport' te herstellem? Wat is de rol van landmanagement hierin?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Welke technieken zijn te ontwikkelen i.k.v. duurzaam en hindervrij grond-, weg- en waterbouw (bouwen op slappe bodem, hindervrij bouwen in en op de ondergrond)? En wat kunnen concepten als Building with nature hierin betekenen?
- Welke innovaties zijn mogelijk voor beheer, meten en monitoren van ondergrondse infrastructuren?
- Welke slimme functiecombinaties bij wegenbouw en – onderhoud en ecosysteemdiensten zijn mogelijk?



Evaluatie

- Waaruit bestaan positieve en negatieve wisselwerkingen tussen ondergrondse infrastructurele ontwikkelingen en het natuurlijk systeem en wat kunnen we leren van deze wisselwerking voor toekomstige infrastructurele ontwikkelingen in de ondergrond?

3.2.7 Bodemkwaliteitszorg

Onder bodemkwaliteitszorg wordt verstaan de zorg voor de bodem in chemische, fysische en biologische zin. In onze wetgeving is deze zorg vooral gericht op het chemische aspect en dan niet zo zeer vanuit zorg voor de bodem, maar vanuit het idee dat bodemverontreiniging niet schadelijk mag zijn voor mens en milieu. In de toekomstige wetgeving, de omgevingswet, zal de bodemkwaliteitszorg geïntegreerd zijn in het omgevingsbeleid. Bodemzorg zal dan meer gericht zijn op het duurzaam gebruik van de bodem en ecosysteemdiensten. In deze context verschuift dan ook het accent van de bodemkwaliteitszorg van chemische kwaliteit naar de kwaliteit van het bodemsysteem als geheel.

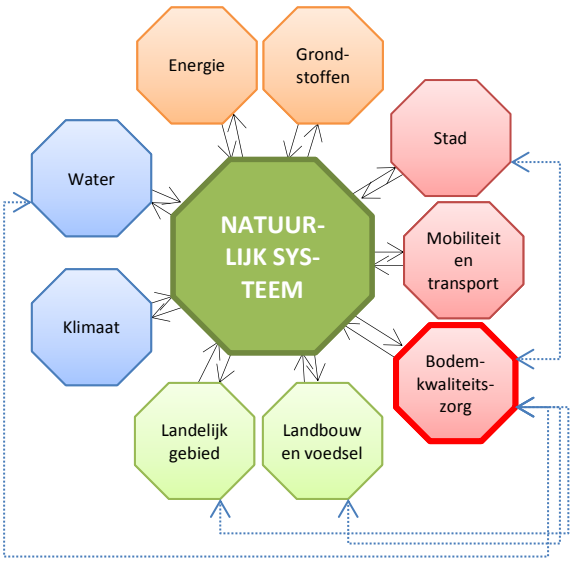
Ondanks de accentverschuiving van chemisch bodemkwaliteit naar de kwaliteit van het volledige bodem- en watersysteem blijft die chemische kwaliteit een belangrijke zorg. Het is de verwachting dat in de nabije toekomst niet meer gesaneerd wordt om enkel de risico's voor mens en milieu weg te nemen. Bodemkwaliteitszorg zal zich richten op een bodemkwaliteit die aansluit op de functie van de bodem. De opgebouwde kennis van chemische bodemkwaliteit, sanering en beheer dient te worden geborgd zodat bij ingrepen deze kennis beschikbaar en actueel is.

Sinds de inwerkingtreding van de Wet bodembescherming in 1987 is de in Nederland ontwikkelde kennis over de chemische kwaliteit van grond en grondwater van hoog niveau. De afgelopen decennia is kennis ontwikkeld over de herkomst van verontreinigingen, het gedrag van verontreinigingen, de mate van toxiciteit van de verontreinigingen en de technieken om verontreinigingen op te ruimen dan wel te beheersen.

Nederland kennisland (?)

Nederland is mondiaal één van de koplopers voor wat betreft het beheer en de sanering van chemische bodem- en grondwaterverontreiniging. Deze kennis is niet alleen van belang voor bijvoorbeeld saneringsopgaven maar speelt ook een rol bij de uitvoering van (internationale) infrastructurele werken (baggeropgave, waterveiligheid etc.). Het is dan ook van economisch belang dat deze kennis wordt geborgd en actueel blijft. Dit omvat ook de opgaven die er zijn ten gevolge van nieuwe bedreigingen en nieuwe stoffen.

Relatie met andere thema's uit de kennisagenda



Thema	Voorbeeld van relatie met bodemkwaliteitszorg
Landbouw en voedsel	Goede landbouwgronden betekent dat deze gronden ook chemisch, biologisch en fysisch gezond zijn.
Landelijk gebied	De bodemkwaliteit (chemisch, biologisch en fysisch) van het landelijk gebied bepaalt bijvoorbeeld welke natuur kan worden ontwikkeld.
Water	(Grond)water maakt onderdeel uit van de bodem en daarmee het natuurlijk systeem. Zorg voor de bodemkwaliteit betekent dus ook zorg voor de kwaliteit van het (grond)water.
Stad	De stad moet veilig zijn voor haar inwoners, dat betekent dat ook de bodem veilig moet zijn om op te wonen en mee te spelen.

Voorbeeld: Stedelijke bodemkwaliteit, een blijvende zorg

Dwarsverbanden: Veiligheid & Data- en informatievoorziening

De sanering van de aanwezige historische bodemverontreiniging is een langdurige operatie. In de recente bodemconvenanten zijn afspraken gemaakt die ervoor moeten zorgen dat voor 2020 alle bodemverontreiniging die leidt tot onaanvaardbare risico's (spoedlocaties) is aangepakt. Daarna is de bodem echter nog niet schoon.

Locaties waar geen spoedeisende sanering aan de orde zijn, kunnen nog steeds van invloed zijn op diverse maatschappelijke opgaven. De resterende bodemverontreiniging zal moeten worden beheerd bij ruimtelijke planprocessen en gebiedsontwikkelingen. Aanwezige bodemverontreiniging kan transacties van grond belemmeren. Door ontwikkeling zoals meer groene open stedelijke bodem en stadslandbouw is de trend dat de contactmogelijkheden met bodem gaat toenemen met alle risico's van dien. Grondwaterverontreinigingen die individueel beschouwd niet spoedeisend zijn, kunnen gezamenlijk een probleem (gaan) vormen bij bronneringen of een negatieve factor zijn voor de vestiging van bedrijven die grondwater gebruiken als proceswater of als grondstof (voedingsmiddelenindustrie).

Restverontreinigingen in de bodem en het grondwater zullen moeten worden beheerd en bij herontwikkelingen zal de kwaliteit van de bodem geschikt moeten worden gemaakt voor het nieuwe gebruik. Kennis van de kwaliteit van de bodem, risico's voor nieuwe gebruiksfuncties en kennis van mogelijkheden om contactmogelijkheden te beperken en bodemkwaliteit geleidelijk te verbeteren, zijn daarom ook de komende decennia van groot belang bij de realisatie van een actieve en gezonde stad.

Het omgevingsrecht wordt de komende jaren vastgelegd in een nieuwe omgevingswet. Deze wet

bundelt alle sectorale milieuregels in één wet. Het doel is om ruimtelijke projecten zoals bijvoorbeeld voor woningbouw of de inrichting van nieuwe infrastructuur eenvoudiger, doelmatiger en met minder kosten te kunnen starten.

Ook de wet bodembescherming en onderliggende regelgeving zal worden opgenomen in de Omgevingswet. Daarbij zal ook een vergaande decentralisatie van taken worden doorgevoerd. Het bevoegd gezag voor de aanpak van bodemverontreiniging komt straks te liggen bij alle gemeenten, waar dat nu nog de provincies en een aantal grote gemeenten zijn. Daarmee wordt de bodem voor alle gemeenten een volwaardig onderdeel van de brede afweging over de gewenste ontwikkeling van de fysieke leefomgeving. Voor kleinere gemeenten vraagt dit om de opbouw van informatie, kennis en kunde met betrekking tot sanering en bodembeheer.

In de bodemconvenanten hebben partijen met elkaar afgesproken dat zij actief meewerken aan nieuwe ontwikkelingen om bodem- en ondergrondinformatie in brede zin te verzamelen, te beheren en te ontsluiten, zodat deze informatie voor een ieder toegankelijk wordt. De nieuwe Omgevingswet voorziet in de inrichting van de Laan van de Leefomgeving met een Informatiehuis Bodem en Ondergrond. Met ingang van 1 januari 2017 treedt de Wet basisregistratie ondergrond (BRO) in werking. De wet BRO wordt dé centrale database met publieke gegevens over de ondergrond in Nederland.

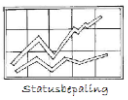
Kennisbehoefte

Bewustwording

Hoe is het bewustzijn bij stakeholders dat bodemkwaliteitszorg meer is dan alleen chemische kwaliteit te vergroten?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Welke landen zijn inmiddels ‘verder’ in hun bodemkwaliteitszorgbeleid dan Nederland en wat kan hiervan worden geleerd?
- Hoe kan bodemkwaliteitsbeheer /-zorg (bodem en grondwater) worden verbonden met andere thema’s zoals klimaatadaptatie, leefbaarheid landelijk gebied en hergebruik en herontwikkeling van brownfields?



Statusbepaling

Wat is de fysische, chemische en biologische kwaliteit van de Nederlandse bodem? En matcht deze met de gewenste kwaliteit?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Wat zijn nieuwe bedreigingen voor de bodem- en grondwaterkwaliteit bijvoorbeeld in relatie tot natuur(ontwikkeling)?
- Welke verontreinigingen blijven een (potentieel) risico voor bijvoorbeeld de gezondheid, het drinkwater of het ecosysteem?

Systeemkennis

- Wat betekent de aanwezigheid van systeemvreemde stoffen voor de kwaliteit en de veerkracht (ziektewering) en andere kwaliteiten en functies van het natuurlijk systeem?
- Wat is de potentie van het natuurlijk systeem voor het produceren van medicijnen of het afbreken van verontreinigingen? Denk met name aan schimmels en wat die nodig hebben om hun werk te doen en hoe schimmels en bacteriën samen werken met planten in de juiste omstandigheden; en welke omstandigheden doen die wisselwerking teniet met de gevolgen van plantenziekte/sterfte etc.
- Wat betekenen processen als bodemdaling, bodemdegradatie en erosie van toplagen voor de fysische en biologische gesteldheid van de bodem?

Afwegen

- Hoe kunnen de risico's worden bepaald van veranderend gebruik van bodem, water en land i.r.t. de kwaliteit (meer "open" bodems, zwemmen in grachten met schoon water, maar verontreinigd sediment)? En wat betekenen deze risico's in relatie tot de maatschappelijke behoeften?

Implementatie

- Welke tools zijn er nodig om (de nieuwe manier van) bodemkwaliteitszorg te ondersteunen?
- Hoe is om te gaan met (nieuwe) verontreinigingen voor het grond- (en drink)water (meten, monitoren en aanpakken, inpassen in de bestaande structuur van beheer van schone en diffuus verontreinigde bodems)?
- Is de risicobeoordeling van bodemverontreiniging te integreren in een risicoafweging voor het totale milieu?
- Is de "governance" van bodemkwaliteitszorg in termen van organisatie, nazorg, professioneel opdrachtgeverschap, organisatie, handhaven en toezicht te verbeteren en hoe dan?
- Hoe kan bodemkwaliteitsbeheer /-zorg (bodem en grondwater) worden verbonden met andere ondergrondthema's?
- Hoe kunnen saneringen met andere activiteiten worden gecombineerd en bijdragen aan gebiedsambities? En kunnen verontreinigde (bedrijfs)terreinen tijdelijk worden bestemd voor bijvoorbeeld de groei van biomassa?
- In hoeverre vormt de bodemkwaliteit (fysisch en chemisch) een belemmering voor het herbestemmen/herontwikkelen van bijvoorbeeld brownfields en stortplaatsen? Hoe kan hergebruik van brownfields (economisch, sociaal, cultureel) gestimuleerd worden?
- Hoe kan het grondverzet en de baggeropgave verder worden verduurzaamd?
- Welke (nieuwe, innovatieve duurzame en (kosten)effectieve) sanerings- en monitoringstechnieken kunnen worden (door)ontwikkeld?
- Hoe kan bodembescherming bijdragen aan de bescherming van strategische grondwatervoorraden?

Evaluatie

Evaluatie

- Hoe kunnen de resultaten (inspanningen) van bodemkwaliteitszorg worden gemonitord?
- Wat zijn indicatoren waarmee (de resultaten van) bodemkwaliteitszorg kunnen zijn uit te drukken?

3.2.8 Bodem en energievoorziening

Duurzame en zekere energievoorziening is een belangrijke voorwaarde voor de welvaart van ons land, het is een onderwerp dat hoog staat op de politieke en maatschappelijke agenda. Voor de energievoorziening zijn bodem en ondergrond belangrijk bepalende factoren. Fossiele brandstoffen liggen opgeslagen in de ondergrond. Maar ook voor niet fossiele energiebronnen wordt gebruik gemaakt van bodem en ondergrond, bijvoorbeeld bij warmte en koude opslag.

Fossiele, conventionele brandstoffen

De relatie ondergrond en fossiele brandstoffen uit zich doordat de brandstoffen over het algemeen uit de ondergrond worden gewonnen. Sommige van deze brandstoffen zitten op grote diepte en zijn alleen te winnen door lange putten naar deze brandstoffen door de ondergrond heen te boren, zoals aardgas, schaliegas en aardolie. De winning van deze brandstoffen wordt steeds minder vanzelfsprekend gevonden door maatschappij. Daarbij is, door bijvoorbeeld de aardbevingen in Groningen, de maatschappelijke onrust over de risico's en impact van de winning van aardolie, aardgas en mogelijk schaliegas toegenomen. Brandstoffen die minder diep in de ondergrond liggen worden vaak gewonnen door dagbouw of via mijnen. Ook deze vormen van winning hebben een direct effect op het natuurlijk systeem. Ondanks de ingang gezette energietransitie zullen we de komende decennia nog afhankelijk zijn van fossiele brandstoffen.

Nieuwe, duurzame energiebronnen

Onze energievoorziening verandert als gevolg van het besef van het effect van fossiele brandstoffen op het klimaat, maar ook omdat de voorraad fossiele brandstoffen in de Nederlandse ondergrond begint op te raken. Nu al veel gebruikte nieuwe energiebronnen zijn windenergie (zowel on-shore als offshore), zonnepanelen (photovoltaics, maar ook zonneboilers) en de benutting van biomassa. Daarbij is er een geleidelijke groei te zien in de benutting van industriële (rest)warmte, zonnewarmte (passiefhuis), waterkracht, elektriciteit uit afval, geothermie, en elektrische warmtepompen. Door gebruik te maken van de nieuwe energiebronnen is het mogelijk de afhankelijkheid van energie uit het buitenland te verminderen en de CO_2-uitstoot terug te dringen.
De ondergrond kan een belangrijk aandeel hebben in de energietransitie. De constante temperatuur van de ondiepe ondergrond maakt het mogelijk om in warme perioden warmte op te slaan en in koude perioden warmte af te geven. De diepere ondergrond is een onuitputtelijke bron van warmte. Deze geothermie (aardwarmte) kan worden aangeboord.

Opslag en transport van energie en brandstoffen in de ondergrond

Het gebruik van de ondergrond voor energievoorziening roept diverse vragen op. Vragen over het gebruik van de ondergrond voor opslag zoals voor CO_2, gas, energie en in de toekomst mogelijk radioactief afval zijn actueel. Nederland heeft een sterk ontwikkelde infrastructuur voor energietransport en heeft de ambitie om gasrotonde van Europa te worden. Vraagstukken rond de ruimtelijke ordening van de ondergrond voor energie (winning en opslag in de diepe ondergrond) zullen worden uitgewerkt in de nationale structuurvisie ondergrond STRONG. Afwegingen op nationale schaal met betrekking tot winningen in de diepe ondergrond maken ook onderdeel uit van STRONG.

Concurrentie boven de grond

Daarnaast zien we door Europees energiebeleid zoals onder meer vastgelegd in de 'Renewable Energy Directive' en de daarmee samenhangende ontwikkeling naar een Biobased economy extra druk ontstaan op het gebruik van vruchtbare landbouwgronden voor de productie van biobrandstoffen. Kennisvragen die betrekking hebben op de Biobased economy en het gebruik van landbouwgronden zijn geagendeerd onder het thema landouw en voedsel.

Kennisbasis (state of the art)

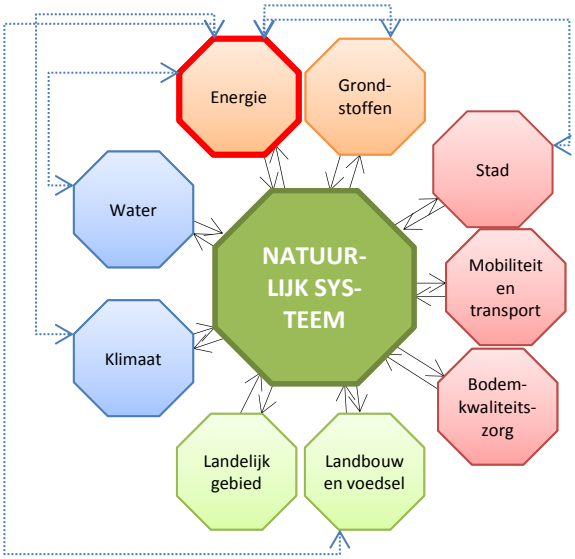
- **Fossiele brandstoffen –winning**. Algemeen wordt verwacht dat aardolie, aardgas en kolen de komende decennia dominant blijven in de energiemix op mondiaal als ook op Europees en nationaal niveau. Er wordt steeds meer geïnvesteerd in innovatieve technieken voor de winning van moeilijk en onconventioneel winbare voorraden (kleine gasvelden, in zee, schaliegas). Sinds 2010 wordt schaliegas benoemd als optie voor gaswinning. Hoewel inmiddels veel onderzoek naar effecten is gedaan, is de maatschappelijke weerstand groot en heeft het kabinet in juli 2015 besloten deze kabinetsperiode niet naar schaliegas te boren. Functies in de diepe ondergrond zoals winning van fossiele brandstoffen, inclusief schaliegas worden opgenomen in de nationale structuurvisie ondergrond STRONG.
- **Fossiele brandstoffen –effecten** Door gaswinning daalt de bodem in een deel van de provincie Groningen. Deze bodemdaling gaat over het algemeen langzaam. De bodemdaling heeft voornamelijk gevolgen voor de waterhuishouding: de waterstand in sloten, meren en kanalen zal hoger worden en de grondwaterstand zal stijgen wat kan leiden tot lagere opbrengsten voor de landbouw. Ook vermindert de doorvaarthoogte van bruggen en komen oeverconstructies en kanaaldijken lager te liggen, waardoor schade kan optreden. Verder verminderen de hoogtes van zeedijken, zeesluizen en buitendijks gelegen terreinen ten opzichte van de zeespiegel. Momenteel loopt in Nederland een verkenning naar het opstellen van een Nationale Informatievoorziening Bodembeweging (getrokken door EZ/ IenM/RWS). Hiermee zou een open en transparante database bewerkstelligd kunnen worden. Wat daarbij aanvullend kan zijn is een gekoppeld onderzoeks- en innovatieprogramma, om niet alleen de bestaande data bij elkaar te voegen, maar ook meerwaarde te creëren door verbanden te leggen tussen data en producten op te leveren die beleidsondersteunend werken en uitgeprobeerd zijn (best practices). Vooralsnog is dit nog niet ingevuld. Ook veroorzaakt de gaswinning in Groningen aardbevingen. Het kabinet heeft laten onderzoeken wat de gevolgen hiervan zijn voor gebouwen, huizen, buisleidingen, dijken en hoogspanningskabels[11].
- **Opslag**. Met name de snelle groei van fluctuerende energiebronnen, zoals zon en wind, kan het functioneren van ons energiesysteem wezenlijk gaan beïnvloeden omdat onze stroomvoorziening steeds meer afhankelijk wordt van de weersomstandigheden. Zonder implementatie van energieopslag-systemen en andere maatregelen die de flexibiliteit van ons energiesysteem vergroten, ontstaan mogelijk nog voor 2030 problemen met het handhaven van de systeembalans voor elektriciteit en met de handhaving van de spanningskwaliteit [19]. Voor het gebruik van de ondergrond betekent dit ondergrondse energieopslag in de vorm van gasopslag (UGS), opslag van (rest)warmte en koude, opslag van perslucht maar ook de conversie van elektriciteit naar warmte en de daaraan gerelateerde opslag. Warmte- en koude-opslag heeft in Nederland een snelle vlucht genomen. Waarbij veel onderzoek is gedaan naar organisatie (inpassing in wet- en regelgeving, koppelen vraag en aanbod), energiebalansen, effecten van WKO op bodemecologie, effectiviteit en interferentie van systemen en functiecombina-

[11] https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/aardbevingen-in-groningen

ties zoals met grondwatersanering. Naast energieopslag is ook ondergrondse opslag van CO_2 (CCS/CCU) volgens vele scenario's een onmisbare (tijdelijke) tussenstap om klimaatverandering te beperken

- **Bodemenergie** Bij de opkomst van hernieuwbare energiebronnen hoort de warmtewinning uit de diepe ondergrond (geothermie). De afgelopen jaren is in Nederland onderzoek uitgevoerd naar de (lokale) mogelijkheden van geothermie en de risico's voor de bodem, ondergrond grondwater en effecten van de winning van geothermie op het natuurlijk systeem.
- **Ruimtelijke ordening van de ondergrond.** In Nederland en andere Europese lidstaten is de snelle groei waarneembaar van het aantal lokale en regionale initiatieven [20] op het gebied van energiebesparing en de opwekking van hernieuwbare energie. Decentrale energieopwekking maakt van nabijheid een belangrijke factor: energie-efficiëntie wordt vooral op gebiedsniveau gerealiseerd. De ruimtelijke ordening van (ondergrondse) transportnetwerken voor warmte, gas en elektriciteit is hierbij aandachtspunt.

Relatie met andere thema's uit de kennisagenda



Thema	Voorbeeld van relatie met energievoorziening
Landbouw en voedsel	Steeds meer landbouwgronden zullen worden ingezet voor de verbouw van energiegewassen.
Klimaat	De verandering van het klimaat wordt veroorzaakt door het gebruik van met name fossiele grondstoffen.
Water	Water kan gebruikt worden om energie in op te slaan, dit is onder andere het geval bij warmte-koude-opslag in de bodem.
Grondstoffen	Conventionele energiebronnen, zoals gas, olie en steenkool zijn grondstoffen die uit de bodem en ondergrond worden gewonnen.
Stad	De stad (samenleving) kan niet zonder energie. De bodem in de stad zal ook steeds vaker worden gebruikt voor de opslag van energie (warmte-koude-opslag).

Voorbeeld: Bodemenergie als onderdeel van transitie in de energievoorziening

Dwarsverbanden: Natuurlijk kapitaal & Omgaan met onzekerheden

Hoewel fossiele bronnen nog een belangrijke rol kunnen blijven spelen in de energievoorziening, zal het percentage hernieuwbare energie in de komende jaren fors moeten gaan toenemen. De bodem en ondergrond kunnen hieraan een belangrijke bijdrage leveren

De praktische uitwerking van de energietransitie staat voor de komende jaren op de agenda van zowel het Rijk, de provincies als de gemeenten. Het onderwerp is bijvoorbeeld onderdeel van een City Deal in het kader van de Agenda Stad is. Agenda Stad is de samenwerking van het Rijk, steden en stakeholders gericht op het versterken van groei, innovatie en leefbaarheid van Nederlandse steden. Één van de vragen is welk aandeel bodemenergie in de praktijk kan leveren aan deze transitie.

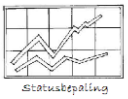
De aanleg en het gebruik van bodemenergiesystemen, aardwarmte-installaties en de bijbehorende ondergrondse netwerken, mag echter niet ten koste gaan van andere waarden en voorraden in de ondergrond. Het gebruik van bodemenergie legt een claim op de ondergrond. Wanneer er meer systemen in gebruik genomen worden, zal dat van invloed zijn op andere ondergrondse gebruiksfuncties zoals kabels en leidingen, ondergronds bouwen maar ook de reeds aanwezige energiesystemen in een gebied.
Daarnaast kan de exploitatie van de ondergrond maatschappelijke onrust veroorzaken omdat de activiteiten ook risico's kunnen opleveren. Een belangrijk vraag is of we het optreden van ongewenste effecten van het gebruik van de ondergrond kunnen voorspellen (bijv. risico op verontreiniging van het grondwater, doorboring van scheidende lagen of geïnduceerde bevingen) en hoe we deze ongewenste effecten kunnen vermijden, beheersbaar maken of tegengaan.

Kennis van de ondergrond is dus onmisbaar om de juiste keuzes te maken bij de inzet van bodemenergie en te zorgen voor een evenwicht tussen benutten en beschermen. Daarbij spelen onzekerheden een belangrijke rol. Onzekerheden die voor een belangrijk deel te maken hebben met de complexiteit van de ondergrond. Onzekerheden maken het niet alleen lastig uitspraken te doen over de risico's op het optreden van ongewenste effecten. Ook een garantie op het aantreffen van een geschikte laag voor bijvoorbeeld geothermie kan nooit worden gegeven. De mate van zekerheid over de geologische situatie hangt af van de hoeveelheid beschikbare gegevens en de kwaliteit en betrouwbaarheid daarvan. Doordat we in de komende jaren de ondergrond steeds vaker zullen gebruiken en onderzoeken, zal de kennis toenemen en daarmee de onzekerheid gaan afnemen. Dat betekent dat de kans op een succesvol aardwarmtesysteem groter zal worden en dat de technische, financiële en sociale risico's steeds beter kunnen worden beperkt.

Kennisbehoefte

Bewustwording

- Hoe is het bewustzijn bij stakeholders van de rol die ons natuurlijk systeem speelt in het voorzien in de energievoorziening te vergroten?
- Hoe kan een goede discussie over de wenselijkheid van en draagvlak voor andere en nieuwe energiefuncties in de (diepe) ondergrond worden georganiseerd?



Statusbepaling

- Welke andere potentie heeft de ondergrond in de transitie naar een duurzame energievoorziening? En wat betekent de energietransitie voor het gebruik en de functies in/van de ondergrond?
- Wat is de impact van 'nieuwe' energievormen op het natuurlijk systeem en wat betekent dit voor het systeem en de maatschappelijke opgaven?
- Welke impact heeft de energiemix op boven- en ondergrond in termen van ruimtebeslag, gevolgen (aardbevingen, bodemdaling), veiligheid, beheer van grondwatervoorraden etc.?

Systeemkennis

- Waaruit bestaan interacties tussen ondergrondsysteem en winning van brandstoffen / toepassing bodemenergie op verschillende ruimtelijke en tijdschalen (kwantiteit, chemische kwaliteit, fysisch, geotechnisch, microbiologisch)?

Afwegen

- Welke keuzes zijn nodig in het kader van de energievoorziening in relatie tot het gebruik van de bodem en ondergrond?
- Welke afwegingssystematiek, waarin ook bodem en ondergrond terugkomen, is geschikt en breed toepasbaar om keuzes te kunnen onderbouwen tussen verschillende soorten energiewinning (nut en noodzaak, duurzaamheid, kosten en baten, risico en impact en acceptatie)?
- Welke ruimtelijke afwegingen in relatie tot energiefuncties (winning en opslag) in de ondergrond (beïnvloeding – concurrentie – uitsluiting functies en effecten van ingrepen/gebruik in horizontaal en verticaal vlak en door de tijd) moeten worden gemaakt?
- Wat is een gunstige businesscase voor toepassing van 'nieuwe' energiebronnen en –voorzieningen die gebruik maken van de potenties van de ondergrond? En hoe zijn die te implementeren?

Implementatie

- Hoe is de balans tussen de capaciteiten van het natuurlijk systeem in relatie tot de energiebehoefte te herstellen? Wat is de rol van landmanagement hierin?
- Hoe is de potentie van de ondergrond voor duurzame energievoorziening beter te benutten?
- Welke kansen voor efficiënte functiecombinaties liggen er (zoals WKO – sanering van grondwater)?
- Hoe kan, met behulp van de ondergrond, energie efficiënt en duurzaam worden opgeslagen en getransporteerd (realiseren van warmtenetten, sluiten energieketens) en welke technologische kennis is daarvoor nodig?
- Hoe kunnen (negatieve) effecten / gevolgen voor het natuurlijk systeem van verschillende soorten energiewinning worden gemitigeerd?
- Hoe kunnen de rolverdeling van en samenwerking tussen markt, overheden, kennisinstellingen en burger worden geoptimaliseerd bij nieuwe energiefuncties in de ondergrond?

Evaluatie

- Hoe kunnen de effecten van de energievoorziening (winning, opslag en levering) op bodem, ondergrond en grondwater worden gemonitord?

3.2.9 Bodem en efficiënt gebruik grondstoffen

Het natuurlijk systeem is de grootste leverancier van onze grondstoffen. Met een toenemende wereldbevolking, een groeiende middenklasse, en verdergaande verstedelijking groeit de behoefte aan grondstoffen. Dit leidt tot uitputting en schaarste en legt een druk op het natuurlijk systeem en de leefomgeving. De toenemende schaarste en milieudruk zijn een belangrijke drijfveer achter de circulaire economie en het efficiënt inzetten van grondstoffen. Zowel binnen Europa als binnen Nederland is efficiënt gebruik van grondstoffen een speerpunt van het milieubeleid en zijn verschillende trajecten gestart. De praktische uitvoering vindt vooral regionaal en lokaal plaats.

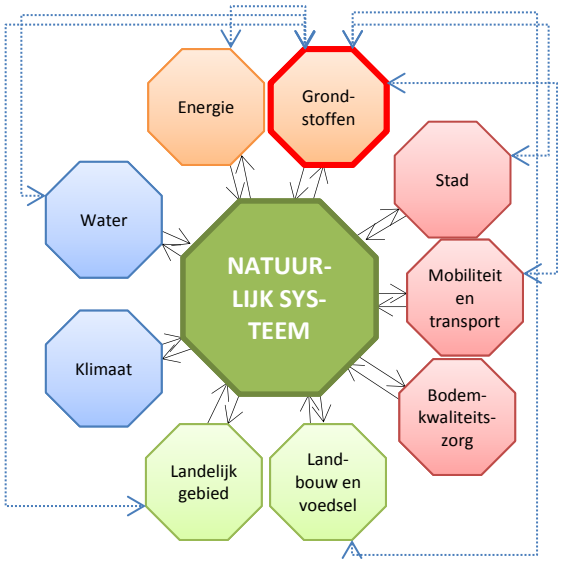
In een circulaire economie en bij het efficiënt inzetten van grondstoffen wordt gestreefd naar hergebruik van grondstoffen en het zodanig toepassen van grondstoffen in producten dat bij het einde van de levensfase er geen afvalstoffen overblijven maar nieuw toepasbare grondstoffen. Grond en sediment dat vrijkomt bij werken (bouw-, baggerwerken, natuurinrichting) werden lange tijd niet gezien als grondstof, maar als afval. In Nederland heeft het grondstromenbeleid (Bbk) dit probleem al verkleind, maar nog steeds worden sediment en grond (te) vaak gezien als kostenpost in plaats van secundaire bouwstof.

Efficiënt gebruik van grondstoffen vraagt om kennis over verschillende aspecten. Onze huidige kennisbasis van de winning en het gebruik van grondstoffen heeft vooral betrekking op de volgende aspecten in relatie met het natuurlijk systeem:

- **Winningen van grondstoffen als zand, klei, grind, mergel, zout.** De technieken achter de winning van grondstoffen zijn voortdurend aan innovatie en verbetering onderhevig. Daarbij veranderen ook de maatschappelijke randvoorwaarden aan de winning van grondstoffen en het inzetten van technieken. Dit leidt tot een continue vraag aan nieuwe kennis op het gebied van de invloed van grondstofwinning, en de technieken achter deze winning, op het natuurlijk systeem.
- **De rol van het natuurlijk systeem en grondstoffen binnen duurzaamheid en circulaire economie.** Als gevolg van een toenemend besef van de schaarste aan grondstoffen wordt steeds meer invulling gegeven aan duurzaamheid en circulaire economie. Dit heeft een effect op het natuurlijk systeem. Daarnaast hebben duurzaamheid en circulaire economie effecten op aspecten buiten het natuurlijk systeem, zoals geopolitieke relaties en de economie.
- **Effect van hergebruik van grondstoffen op het natuurlijk systeem.** Een van de belangrijkste effecten van hergebruik van (secundaire) grondstoffen op het natuurlijk systeem is dat minder primaire grondstoffen hoeven te worden gewonnen. Anderzijds komen er ook minder stoffen in het milieu terecht omdat de afvalstromen kleiner worden. Dit heeft bijvoorbeeld weer effect op de hoeveelheid en de kwaliteit van de baggerspecie die wordt aangevoerd.
- **Effecten van winning op het natuurlijk systeem.** De ondiepe winningen beïnvloeden de verschillende ecosysteemdiensten van bodem en ondergrond. Diepe winning, zoals zoutwinning, kan bodemdaling ten gevolge hebben. De winningen hebben eveneens invloed op het functioneren van het natuurlijk systeem zoals verandering in de grondwaterstroming. De veranderingen zijn van zowel chemische, biologische als fysische aard. Inpassing van winningen, herinrichting en beïnvloeding van de werking van het systeem vragen om kennis.
- **De ruimtelijk effecten van winning van grondstoffen.** Ondiepe winningen hebben ons landschap getekend. Denk aan de veenwinningen die de kenmerkende veenlandschappen hebben achtergelaten en vele zandwinputten nabij uitbreidingslocaties. Mijnbouw, en dan vooral dagbouw van bijvoorbeeld bruinkool, zoals in Zuid-Nederland in begin van de 20e eeuw werd gewonnen, heeft ook zeer ingrijpende effecten op het landschap. Naast de landschappelijke

kant is er ook een ander ruimtelijk aspect. Winningen laten veelal ruimte achter, zoals de zoutcavernes, de groeves in Limburg. Die ruimte kan hergebruikt of -ingericht worden.

Relatie met andere thema's uit de kennisagenda



Thema	Voorbeeld van relatie met grond-stoffen
Landbouw en voedsel	In de landbouw worden natuurlijke grondstoffen zoals nitraten en fosfaten gebruikt. Daarnaast concurreert landbouwgrond soms met de winning van grondstoffen.
Landelijk gebied	De meeste winningen van grondstoffen liggen in het landelijk gebied. Daarmee zijn de winningen deels bepalend voor het karakter en het uiterlijk van het landelijk gebied
Water	Water is een grondstof.
Energie	Conventionele energiebronnen, zoals gas, olie en steenkool zijn grondstoffen die uit de bodem en ondergrond worden gewonnen.
Stad	Voor de ruimtelijke ontwikkelingen in de stad zijn grondstoffen nodig. Soms kunnen we de grondstoffen in de stad hergebruiken, zoals ophoogzand, maar vaak zullen we nieuwe grondstoffen aanvoeren.
Mobiliteit en transport	Het transport van grondstoffen legt een flink beslag op de infrastructurele capaciteit Deels vindt dit transport plaats over de weg en het water, maar ook deels door de bodem en ondergrond (in pijpleidingen).

Voorbeeld: Compost uit GFT-afval: teruggeven van organische stof aan de bodem

Dwarsverbanden: Natuurlijk kapitaal & Governance

Het gehalte organisch materiaal in de bodem bepaalt voor een groot gedeelte hoe de bodem functioneert. Organische stof heeft effect op de bewortelbaarheid, bewerkbaarheid van de bodem, de levering van nutriënten, luchthuishouding, waterdoorlatendheid, het watervasthoudend vermogen en het vermogen om vervuilende stoffen af te breken. In de landbouw en het groenbeheer wordt veel organisch materiaal afgevoerd en niet gebruikt om het organische stofgehalte van de bodem aan te vullen. Veel van dit materiaal wordt ingezameld en verwerkt als GFT afval. Daarbij ontstaat compost, een materiaal met een hoog organisch stofgehalte waarmee de bodemkwaliteit kan worden verbeterd. Feitelijk gaat het om materiaal afkomstig van de bodem dat weer kan worden teruggeven aan de bodem (sluiten kringloop).

Om de waarde van GFT-afval optimaal te benutten, is het belangrijk dat GFT-afval gescheiden wordt ingezameld. Jaarlijks zamelen we in Nederland inmiddels ruim 1,3 miljoen ton GFT-afval in. Via gemeentewerven tellen we daar nog eens 2 miljoen ton groenafval bij op. Deze grote hoeveelheid afval levert bijna 600.000 ton GFT-compost en zo'n 700.000 ton groencompost op. GFT-afval kan bovendien via voorvergisting naast compost ook biogas opleveren. Biogas wordt gebruikt voor de opwekking van elektriciteit en warmte. Deze opgewekte elektriciteit wordt ge-

bruikt voor het eigen proces, en het resterende deel wordt geleverd aan het elektriciteitsnet. Warmte kan lokaal worden afgezet voor bijvoorbeeld de verwarming van kantoorgebouwen of zwembaden.

De gemeenten in Nederland hebben een cruciale rol bij de inzameling van GFT-afval en de afzet van de compost. Op dit moment gaat de helft van de compost naar de Nederlandse land- en tuinbouw. De rest gaat in hoofdzaak naar kwekerijen, bedrijven en de export. GFT-compost wordt onder andere gebruikt als potgrond, waardoor het afgraven van veen in Oost-Europa en Ierland kan worden beperkt. Gemeenten kunnen compost echter ook gebruiken om op lokaal niveau initiatieven te ondersteunen en lokale kringlopen te sluiten.

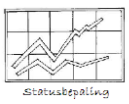
In veel gemeenten worden zogeheten Compostdagen georganiseerd. Op dergelijke dagen kunnen inwoners, vaak gratis, compost afhalen en informatie krijgen over het inzamel- en verwerkingsproces en over de waarde van compost. Hiermee wordt het belang van het gescheiden inzamelen van GFT en het belang van organische stof voor de bodem extra onder de aandacht van het publiek gebracht.

Inzameling van GFT-afval verloopt vaak nog moeizaam in buurten met veel hoogbouw. Een gezamenlijk initiatief om op lokaal niveau de kringloop te sluiten werkt positief. Bijvoorbeeld door de GFT-fractie van bewoners op een centrale plek in de buurt te verwerken tot compost. Een zogeheten buurtcompostmeester geeft de compost vervolgens terug aan de bewoners. Zij mogen beslissen wat ze ermee willen doen: zelf gebruiken, naar een school, de buurtmoestuin, voor openbaar groen of een boer in de directe omgeving.

Kennisbehoefte

Bewustwording

- Hoe is het bewustzijn van stakeholders, dat de winning en het efficiënt hergebruik van grondstoffen effect heeft op het natuurlijk systeem, te vergroten?
- Wat kunnen ondergrond en landgebruik bijdragen aan circulaire economie, waarin ecologie en economie elkaar versterken, zoals het sluiten van kringlopen en hergebruik van grond en water?



Statusbepaling

Wat zijn de effecten van de winning en het hergebruik van grondstoffen op het natuurlijk systeem?

Voorbeelden gedetailleerde kennisvragen:

- Welke rol speelt het natuurlijk systeem in de circulaire economie?
- Wat is de (primaire) grondstoffenvoorraad en hoe verhoudt zich dit tot de grondstoffenbehoefte en de voorraad secundaire grondstoffen? Hoe ziet de sedimentbalans op verschillende schalen eruit, waar is teveel / te weinig sediment en wat zijn gevolgen voor maatschappij?
- Wat is nut en noodzaak van grondstoffenwinning voor de lange termijn (Toekomstscenario's voor gebruik van grondstoffen bij het samenspel tussen zelfvoorzienendheid, geopolitieke af-

hankelijkheid, nationale en internationale schaarste, circulaire economie en transitie naar duurzame energievoorziening)?

Systeemkennis

- Hoe beïnvloeden het natuurlijk systeem, het landschap en de winning van grondstoffen elkaar?
- Wat gebeurt er in het natuurlijk systeem als er grondstoffen worden gewonnen?
- Kan de winning van grondstoffen duurzamer waardoor de effecten van winning van grondstoffen op bodem, ondergrond en grondwater kunnen worden verminderd?

Afwegen

- Welke aspecten van grondstofwinning in relatie tot de beïnvloeding van het natuurlijksysteem en de circulaire economie zouden een onderdeel moeten zijn van de afweging om deze grondstoffen te winnen?
- Hoe kunnen ruimtelijke afwegingen, tussen functies inclusief winning grondstoffen, en inzet van ecosysteemdiensten (ook bovengronds/landschappelijk), worden gemaakt? En welke argumenten kunnen worden ingebracht om het belang van het natuurlijk systeem mee te laten wegen in deze afweging?
- Kan (en hoe) het landschap worden versterken vanuit de baten van grondstofwinning?
- Welke afwegingen zijn te maken op basis van wet- en regelgeving om beter om te kunnen gaan met baggerkwaliteit en –kwantiteit en wat zijn dan de consequenties voor bodem en ondergrond?

Implementatie

- Wat is nodig om de negatieve aspecten van grondstoffen winning voor het natuurlijk systeem te verkleinen? En hoe kunnen de positieve aspecten van de circulaire economie voor het natuurlijk systeem worden vergroot?
- Hoe is vorm te geven / bij te dragen aan hergebruik en de circulaire economie?
    - Kan een “materialenpaspoort” werken? Voor welke doelen? Ontwerpen voor hergebruik: waar rekening mee houden?
    - Hoe zijn sediment, grond (en vruchtbare teelaarde) en grondstoffen op een veilige en kosteneffectieve manier her te gebruiken?
    - Wat is het mijnbouw-potentieel (landfill-mining) van vuilstorten en andere afvalproducten die in de ondergrond beland zijn?
    - Welke technologische kennis met betrekking tot bodem en ondergrond is er nodig bij terugwinning grondstoffen?
- Wat bepaalt de keuze voor de inzet van primaire en secundaire bouwgrondstoffen in de bouw/utiliteit en GWW-sector?
    - hoe kunnen secundaire bouwgrondstoffen nog beter (hoger in de keten) worden ingezet om winning primaire bouwgrondstoffen te reduceren?
    - Welke secundaire bouwgrondstoffen komen in de toekomst vrij (door sloop o.a.) en wat is de invloed hiervan op de winning van primaire bouwgrondstoffen in de toekomst?

- Hoe zijn zoutcavernes op een veilige manier her te gebruiken?
- Hoe kan het natuurlijk systeem helpen om inputs van grondstoffen verlagen in een stedelijke, industriële en agrarische setting?

Evaluatie

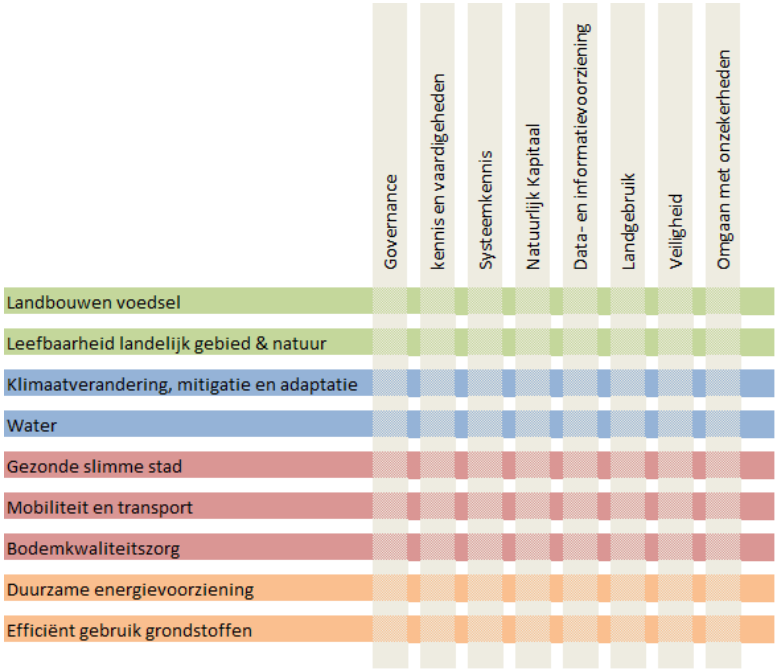
Evaluatie

- Hoe kunnen de effecten van grondstofwinning en het hergebruik van grondstoffen op het natuurlijk systeem worden gemonitord?

3.2.10 Kennisbehoefte dwars over de thema's heen

Niet alleen binnen de thema's in deze kennisagenda bestaat een kennisbehoefte, een deel van de kennisbehoefte is zelfs thema-overstijgend. Opvallend is dat dit zowel kennis over (de werking van) het natuurlijk systeem betreft als kennis over het gedrag van bestuur en maatschappij. Daarnaast zijn het evengoed inhoudelijke vraagstukken als praktische opgaven.

Ook deze thema-overstijgende kennisbehoefte, die dwars op de thema's staat, is ingedeeld in een aantal categorieën. In Figuur 3.8 zijn de thema's uit de kennisagenda bodem en ondergrond en de dwarsverbanden samengevat.



Figuur 3.8: maatschappelijke opgaven en dwarsverbanden

Governance – 'Goed bestuur'

Het in balans brengen en houden van het natuurlijk systeem en de maatschappij vraagt een 'goed bestuur'. Binnen alle thema's zijn dan ook vragen actueel die verband houden met dit goede bestuur. Dit zijn vragen die niet direct gaan over het natuurlijk systeem en de interactie met de maatschappelijke omgeving, maar over hoe we kunnen samenwerken, met wie we moeten samenwerken, wie wanneer invloed kan uitoefenen en welke juridische, economische en financiële instrumenten er zijn om te sturen.

Een voorbeeld van een governance vraag is: Hoe kan er inhoud en uitvoering worden gegeven aan een visie op duurzaam gebruik van de ondergrond terwijl de ondergrond in eigendom van een derde partij is en er geen juridische instrumenten zijn om deze partij te dwingen om de visie in praktijk te brengen?

Kennis en vaardigheden

Het oplossen van vraagstukken op het gebied van de (verstoring van de) balans tussen het natuurlijk systeem en de maatschappij vraagt meer dan alleen inhoudelijke kennis. Vaardigheden als het vertalen van kennis naar de praktijk en het spreken van dezelfde beleidstaal zijn aspecten die ervoor zorgen dat kennis ook echt gebruikt gaat worden op die plaatsen waar zij nodig is. Het vertalen van de behoefte naar een kennisvraag en van kennis van de wetenschap naar de praktijk wordt ook wel de “science-policy-interface”. genoemd

De ‘science-policy-interface’ is extra belangrijk bij de vraagarticulatie en bij goed opdrachtgeverschap. Zonder enige basiskennis is het voor de opdrachtgever lastig om de juiste onderzoeksvraag op het gebied van bodem en ondergrond te formuleren. Het uitzetten van het juiste onderzoek en het sturen op het eindresultaat gaat dan erg moeizaam.

De ‘science-policy-interface’ en het ontwikkelen van vaardigheden waarmee kennis kan worden vertaald naar nieuwe kennisvragen, toepassingen, ervaringen en informatie is het domein van de derde pijler in de kennisinfrastructuur bodem en ondergrond, de pijler kennisdoorwerking. Desondanks geldt ook voor vragen vanuit dit dwarsverband dat zij onderdeel zouden moeten zijn van de kennisontwikkeling op de inhoudelijke en strategische vragen op het gebied van bodem en ondergrond.

Systeemkennis

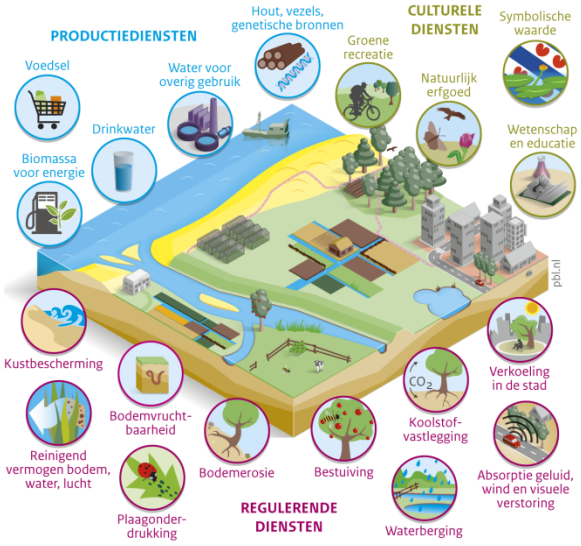
Om te begrijpen hoe de wisselwerking tussen de maatschappij en het natuurlijk systeem in elkaar zit is kennis van zowel de maatschappij als het natuurlijk systeem onontbeerlijk. Deze kennisagenda richten zich primair op de werking van dit natuurlijke systeem. De processen die binnen dit natuurlijk systeem spelen bepalen in grote mate de potenties van het natuurlijk systeem zoals het uiterlijk en de robuustheid van onze natuurlijke landschappen en de mogelijkheden voor landbouw. De processen in dit systeem worden weer beïnvloed door het type sediment, de chemische samenstelling, de temperatuur, redoxpotentiaal en zuurgraad, de waterhuishouding, de biologie enz.

Kennisvragen die in de categorie systeemkennis vallen zijn bijvoorbeeld vragen als: Welke externe invloeden hebben invloed op het systeem? Welke invloed heeft het systeem op maatschappelijke ontwikkelingen en ingrepen? Wat is de flexibiliteit van het systeem onder invloed van ingrepen? Wat is de connectiviteit binnen het systeem?

Natuurlijk Kapitaal

De bijdrage van het natuurlijk systeem aan de maatschappij kan worden uitgedrukt via natuurlijk kapitaal [12]. Dit zijn de natuurlijke hulpbronnen (biodiversiteit en ecosystemen) die het vermogen bezitten om de mens diensten te leveren[13]. Bijvoorbeeld de bescherming tegen overstroming door de duinen of het vastleggen van CO_2 door bossen en laagvenen.

Een belangrijk kenmerk van het natuurlijk kapitaal is dat het hernieuwbaar is, maar ook dat het uitgeput kan worden als er meer van gebruikt wordt dan er bijgroeit/wordt gevormd. In Nederland voorzien ecosystemen op dit moment voor geen enkele ecosysteemdienst in de totale vraag naar de dienst vanuit de maatschappij.



Figuur 3.9: Natuurlijk kapitaal (ecosysteemdiensten) in Nederland (bron: PBL, WUR, CICES)

De kennisbehoefte op het gebied van natuurlijk kapitaal (ecosysteemdiensten) richt zich met name op wat dit natuurlijke kapitaal van de bodem en ondergrond is en hoe dit op een duurzame manier kan worden beheerd en geëxploiteerd.

Data- en informatievoorziening

Data- en informatiemanagement worden steeds belangrijker nu er steeds meer data en informatie beschikbaar is. Doel van data- en informatiemanagement is het beschikbaar maken en houden van data en informatie, zodat de beoogde gebruikers deze ook kunnen vinden en gebruiken.
Door nieuwe technologieën en steeds uitgebreidere data-opslagsystemen is een dagelijks groeiende hoeveelheid data beschikbaar. Voor bodem en ondergrond biedt deze data nog veel ongekende mogelijkheden. Door deze data met elkaar te combineren en te analyseren zijn nieuwe inzichten, concepten en strategieën te ontwikkelen.

Het ontsluiten en gebruik van (nieuwe) data resulteert in vragen die grofweg uiteen vallen in twee categorieën. Enerzijds zijn er de vragen die betrekking hebben op de betrouwbaarheid, de eigendom en de beschikbaarheid van data. Anderzijds zijn er de vragen die gaan over wat we kunnen met deze data en informatie.

Specifiek voor bodem en ondergrond is de data- en informatievoorziening in de vorm van de Basisregistratie Ondergrond (BRO). Hierbij worden in één centrale database de publieke gegevens van de Nederlandse ondergrond verzameld en ontsloten. De wet Basisregistratie Ondergrond zorgt ervoor dat alle publieke gegevens over de ondergrond van Nederland beschikbaar zijn in één centrale database. Het betreft bijvoorbeeld over welke grondsoort waar voorkomt, over metingen van de grondwaterstand, en over olie- en gasvoorraden in de diepe ondergrond. De BRO bouwt daarbij voort op bestaande registraties van ondergrondgegevens, zoals DINO (Data en In-

[12] http://themasites.pbl.nl/natuurlijk-kapitaal-nederland/
[13] De diensten die worden geleverd door het natuurlijk kapitaal worden ook wel ecosysteemdiensten genoemd.

formatie van de Nederlandse Ondergrond) van TNO, Geologische Dienst Nederland (GDN) en BIS Nederland (Bodem Informatie Systeem) dat wordt beheerd door Alterra. Tevens worden de diepe mijnbouw-gerelateerde gegevens, die momenteel worden verstrekt via NLOG (NL Olie-en Gasportaal), opgenomen in de BRO. Het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) is registratiehouder van de BRO en voert sinds januari 2015 de regie over de totstandkoming van de BRO.

Landgebruik en landmanagement

Landgebruik is het (menselijke) gebruik van het land voor een bepaald doel, zoals wonen, werken of recreëren. Omdat (veranderingen in) landgebruik effect kan/kunnen hebben op de potenties van het natuurlijk systeem en de impact hiervan op de thema's uit deze kennisagenda valt landgebruik onder de dwarsverbanden. Belangrijke kennisvraag die valt in de categorie landgebruik is de vraag hoe landgebruik het natuurlijk systeem beïnvloed en vise versa.

Landmanagement staat voor de manier waarop gestuurd wordt op (de ontwikkeling van) het landgebruik. Naast de fysische, chemische en biologische kenmerken van het natuurlijk systeem zijn ook de eigendomssituatie en economische drivers bepalend voor de mogelijkheden om het landgebruik te managen. Binnen 'duurzaam landmanagement' is duurzaam gebruik van natuurlijk kapitaal (ecosysteem diensten) zelfs een van de uitgangspunten voor het management.

De Wereld Bank definieert duurzaam landgebruik als een op kennis gebaseerd proces in een veranderende wereld met een spanningsveld tussen behoud van milieukwaliteit en natuurlijk kapitaal aan de ene kant en groei in productiviteit van de landbouw en bosbouw en de concurrentie om beschikbare ruimte in relatie tot de groei van de wereldbevolking aan de andere kant. Duurzaam landmanagement helpt bij het verbinden van land, water, biodiversiteit en milieumanagement en het behoud van ecosysteemdiensten met de stijgende voedsel- en fibereisen. Duurzaam landmanagement is noodzakelijk om de groeiende wereldbevolking een bepaalde levenstandaard te bieden. Onjuist landgebruik en -management kan leiden tot bodemdegradatie en een aanzienlijke vermindering van de productie en natuurlijk kapitaal (biodiversiteit, schone zoet watervoorraad, vastleggen van koolstof) [21].

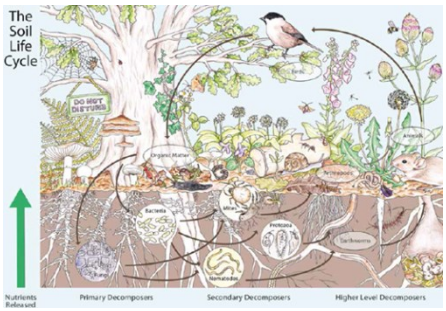
De kennisbehoefte op het gebied van landgebruik en duurzaam landmanagement spits zich vooral toe op de volgende vragen:

- Wat is de toekomstvisie (omgevingsvisie) van Nederland op het landgebruik, boven- en ondergronds, in relatie tot het natuurlijk systeem en welke kennis hebben we hiervoor nodig?
- Kan landmanagement in Nederland worden verbonden aan (lokaal) kenmerkende ecosysteemdiensten, de realisatie van specifieke (gebieds)functies en de mogelijkheden van eco-engineering of building with nature?

Veiligheid en gezondheid

'Veiligheid en gezondheid' is een terugkomend aspect in de kennisbehoefte. Ingrepen, oplossingen en maatregelen moeten veilig zijn voor milieu, ecosysteem en mens. Daarbij mogen deze oplossingen geen risico's opleveren voor de gezondheid van de mens en de gezondheid van het natuurlijk systeem. Veiligheid heeft betrekking op het beschermd zijn tegen gevaar en externe risico's. Gezondheid gaat over de toestand, het functioneren en de mate waarin er sprake is van intern evenwicht waarin iets of iemand verkeerd.

De kennisbehoefte op het gebied van veiligheid komt vooral voort vanuit een besef het natuurlijk systeem te moeten beschermen tegen risico's van buiten af. Daarnaast vormt het natuurlijk systeem onderdeel van de mate van veiligheid van de maatschappij, zo speelt het natuurlijk systeem een belangrijke rol in de hoogwaterveiligheid van Nederland, maar ook bij de veiligheid rond de bodembewegingen in Groningen. Een van de kennisvragen die speelt op het gebied van veiligheid is de vraag hoe is de veiligheid van het natuurlijk systeem te waarborgen?



Figuur 3.10: de gezonde bodem (bron: www.permacultuurnederland.org)

De kennisbehoefte op het gebied van gezondheid hangt vooral samen met het denkbeeld van wat gezond is: Wanneer spreken we van een gezonde bodem en ondergrond en hoe behouden we een gezonde bodem? Wanneer levert het natuurlijk systeem gezondheidsrisico's op voor mens en ecosystemen en hoe kan de maatschappij daar tegen worden beschermd?

Omgaan met onzekerheden

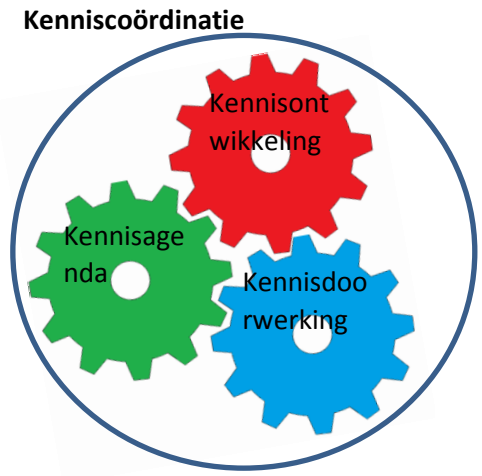
De effecten van ingrepen in het natuurlijk systeem zijn niet altijd voorspelbaar en/of bekend. Ook geven trends zoals klimaatopwarming, schaalvergroting in de landbouw, bevolkingskrimp veel onzekerheden. Omgaan met deze onzekerheden betekent het kunnen anticiperen op/rekening houden met onzekerheden over risico's, gevolgen en effecten. Omgaan met onzekerheden is gerelateerd aan de beschikbaarheid en het toepassen van bestaande kennis en de soms relatief beperkte kennis over het functioneren van de ondergrond en daarmee samenhangende onzekerheden.

4 KENNISINFRATSTRUCTUUR EN KENNISLANDSCHAP

4.1 Kennisinfrastructuur bodem en ondergrond

De kennisagenda vormt één van de pijlers van de kennisinfrastructuur bodem en ondergrond. Deze kennisinfrastructuur heeft tot doel kennisontwikkeling en kennisoverdracht met elkaar te verbinden waarbij sprake is van interactie tussen onderzoek, beleid en praktijk zodat:

1. De juiste kennis beschikbaar is (of komt) voor het oplossen van maatschappelijke vraagstukken,
2. Middelen efficiënt worden ingezet,
3. De kennisbasis op peil blijft,
4. Partijen met elkaar worden verbonden en samenwerkingen worden gestimuleerd,
5. Partijen bewust worden van de rol van kennis in ruimtelijke processen,
6. De positie van de sector versterkt kan worden.



Figuur 4.1: Kennisinfrastructuur bodem en ondergrond

In de kennisinfrastructuur worden naast de kennisagenda de pijlers 'kennisontwikkeling' en 'kennisdoorwerking' onderscheiden (zie Figuur 4.1). De kenniscoördinatie moet zorgdragen voor een sterke verbinding tussen de drie pijlers zodat de volledige kennisketen wordt gedekt met deze kennisinfrastructuur. De drie pijlers hebben elkaar nodig om het kennisniveau van de covenantpartners op peil te houden en de hiaten in de kennis op te kunnen vullen. In de pijler 'kennisagenda' wordt de kennisbehoefte van de covenantpartners aangeduid en geagendeerd. Dit kan alleen wanneer duidelijk is welke kennis er al is (pijler 'kennisdoorwerking'), welke kennis al wordt ontwikkeld (pijler 'kennisontwikkeling') en welke kennis nog nodig is.

4.2 Kennislandschap bodem en ondergrond

Om de juiste kennisbehoefte te kunnen agenderen is naast inzicht in de aanwezige kennis, de kennisvragen en de kennisontwikkeling ook inzicht nodig in de kennisvragers, kennisaanbieders en kennisintermediairs. Het kennislandschap bodem en ondergrond geeft dit inzicht. Naast het inzicht in de betrokken partijen in de kennisketen bodem en ondergrond worden met het kennislandschap ook de kansen voor samenwerking zichtbaar.

Het kennislandschap onderscheidt grofweg drie groepen aan partijen in de kennisketen (zie ook Figuur 4.2):

1. De kennisvragers (eindgebruikers) en financiers van kennisonderzoek. Dit zijn over het algemeen de partijen dien kennis nodig hebben voor de uitvoer van hun werkzaamheden.
2. De kennisaanbieders. Bij deze partijen kunnen de kennisvragers bestaande kennis halen of nieuwe kennis laten ontwikkelen.
3. De verschillende platforms en kennisdragers. Dit zijn partijen die de kennisuitwisseling ondersteunen.

Figuur 4.2: Partijen in het kennislandschap bodem en ondergrond (bron: kenniskaart bodem en ondergrond [22])

Kennisvragers en financiers van kennisonderzoek

De kennisvragers en financiers van onderzoek zijn over het algemeen de partijen die kennis nodig hebben voor de uitvoer van hun werkzaamheden. In Nederland zijn dit, voor bodem en ondergrond, voornamelijk de overheden (de covenantpartners). Zij hebben verschillende verantwoordelijkheden in hun takenpakket waarvoor kennis over het natuurlijk systeem onontbeerlijk is.

De verdeling van de verantwoordelijkheden en bevoegdheden op het gebied van de ondergrond over de overheden kan worden vertaald naar de drie lagen in de ondergrond:

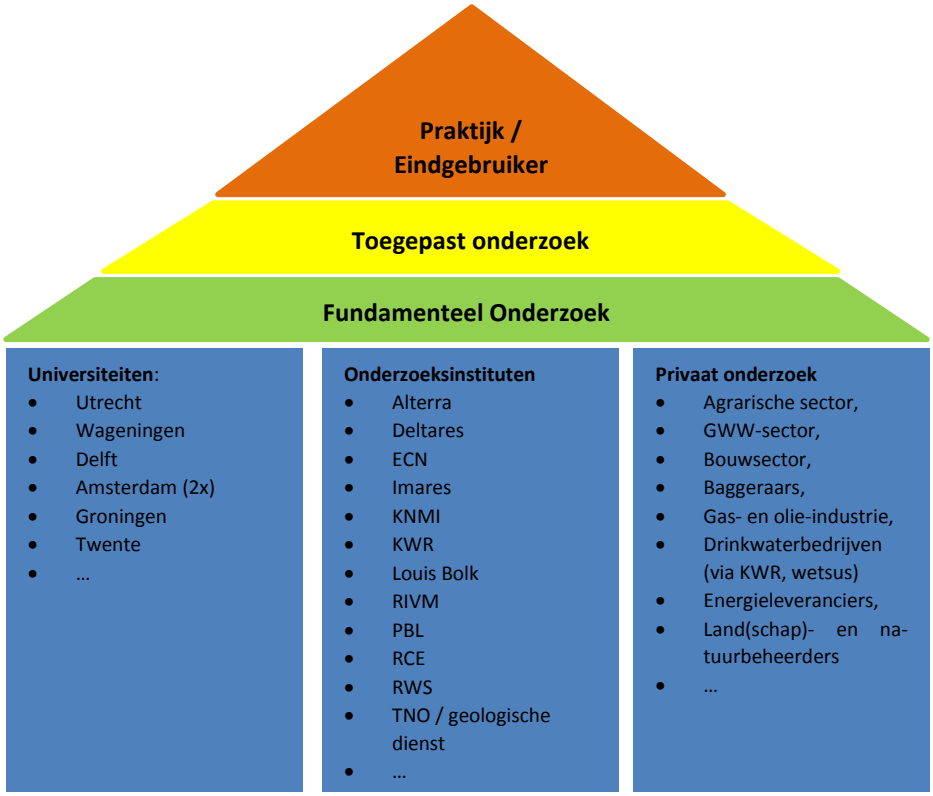
1. De contactlaag / de ondiepe ondergrond (0 tot circa 50m -mv). In deze laag zijn diverse natuurlijke en door de mens aangelegde ondergrondfuncties aanwezig. De verantwoordelijkheden en bevoegdheden voor deze laag liggen voornamelijk op gemeentelijk niveau.
2. De waterlaag (±50 tot 500 m –mv). Dit is de laag waarin over het algemeen de strategische grondwatervoorraad aanwezig is. De verantwoordelijkheden en bevoegdheden voor deze laag zijn vooral in handen van de waterschappen en de provincies.
3. De diepe ondergrond (>500 m-mv). Op deze laag is de mijnbouwwet van toepassing, de verantwoordelijkheden en bevoegdheden liggen op het niveau van de Rijksoverheid (Ministerie van EZ).

Naast de overheden is er nog een groep vragers en financiers te onderscheiden waarvoor geldt dat de behoefte aan kennis niet voortkomt uit wettelijke taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden, maar uit bijvoorbeeld de wens de ondergrond te benutten voor een ontwikkeling.

Kennisaanbieders

In Nederland bieden verschillende partijen kennis aan. Grofweg zijn deze partijen in drie groepen in te delen (zie ook Figuur 4.3):

1. Universiteiten,
2. Onderzoeksinstituten,
3. Onderzoeksresultaten van privaat onderzoek.



Figuur 4.3: kennisaanbieders(versimpeld overzicht. (Bron: INSPIRATION)

Het onderscheidt tussen de verschillende universiteiten en onderzoeksinstituten zit vooral in het onderzoeksaccent. Afhankelijk van universiteit, vakgroep, onderzoeksinstituut en specifieke focus kijkt men anders naar het natuurlijk systeem, waaronder bodem en ondergrond. Zo kijken bepaalde vakgroepen vanuit een ruimtelijke planningsbril terwijl andere vakgroepen zich in hun onderzoek richten op de complexe functies die het ondergrondsysteem levert zoals bodemvruchtbaarheid of bron voor energie waar weer anderen zijn gespecialiseerd in de fysieke kenmerken van de ondergrond. Onderzoek naar opgaven rond landgebruik en het natuurlijk systeem wordt niet alleen opgepakt binnen de natuurwetenschappen, maar ook meer en meer door (sociaal) economische organisaties. Dit gebeurt omdat de opgaven waar het natuurlijk systeem en landgebruik- en beheer aan kunnen bijdragen, van belang zijn voor de maatschappij in brede zin. Een aantal van de universiteiten zijn verenigd onder de Koninklijke Nederlandse Academie der Wetenschappen (KNAW)

Platforms, intermediairs en kennisdragers

De kennisuitwisseling is in handen van een groot aantal platforms en kennisdragers, waaronder de adviesbureaus. Een beschrijving van de diverse platforms, partijen, websites gaat hier te ver, maar hun rol is cruciaal bij het in stand houden van de kennisbasis rond bodem en ondergrond en het “stromen” van kennis tussen partijen, en om wetenschap ook bij beleid en praktijk terecht te laten komen.

Financiering van onderzoek

In Nederland wordt het onderzoek op het gebied van de ondergrond via verschillende geldstromen gefinancierd. Belangrijke geldstromen zijn:

- Financiering via het topsectorenbeleid. Vanuit het topsectorenbeleid financieren het ministerie van EZ en het ministerie van IenM met specifieke onderzoeksfinanciering en thematische programma's het onderzoek bij de onderzoeksinstituten. De topsectoren die het meeste van belang zijn op het gebied van ondergrond zijn Agri&Food, Water en Energie (ook chemie, Tuinbouw en Life science and health hebben aanknopingspunten).
- Financiering via de NWO. Een deel van het wetenschappelijk onderzoek naar de bodem en ondergrond bij universiteiten wordt gefinancierd door de NWO (Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek, onder de verantwoordelijkheid van het ministerie van OCW).
- Financiering via nationale onderzoeksprogramma's zoals het Kennis en Innovatieprogramma Bodem en Ondergrond. Binnen dit programma wordt onder andere met geld dat beschikbaar is gekomen via de convenantsafspraken [2] kennis ontwikkeld.

- Financiering via (netwerk)organisaties bijvoorbeeld Building with Nature / Ecoshape (overheden, industrie en onderzoeksinstellingen), Nieuw Kennisprogramma Water- en Klimaatinnovatie NKWK (Rijkswaterstaat, private partijen en kennisinstellingen), Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA), Centrum Ondergronds Bouwen (COB) en Land- en Tuinbouw Organisatie Nederland (LTO).
- Financiering via onderzoeks- en innovatiebudgetten via bedrijfssectoren en van private partijen zoals: de agrarische sector, de GWW-sector, de bouwsector, de baggeraars, de gas- en olie-industrie, de drinkwaterbedrijven, de energieleveranciers en de land(schap)- en natuurbeheerders

COLOFON

Project:	Kennisagenda bodem en ondergrond – update 2015
Opdrachtgever:	De ondertekenaars van het convenant bodem en ondergrond 2016 – 2020, tw het Rijk, de provincies, de gemeenten en de waterschappen
Team kennisagenda:	Margot de Cleen (RWS, projectleider), Douwe Jonkers (ministerie I&M), Walter Jonkers (provincie Zeeland), Marja Gijsen (provincie Gelderland), Rob Mank (gemeente Dordrecht), Henk-Jan Nijland (gemeente Nijmegen), Ron Nap (omgevingsdienst Veluwe IJssel), Fred de Haan (Waternet), Piet Otte (DSP, RIVM), Linda Maring (DSP, Deltares), Astrid Sleegers (UP convenant), Dorien Derks (Royal HaskoningDHV, secretaris)
Teksten:	Piet Otte (DSP, RIVM), Linda Maring (DSP, Deltares), Sandra Boekhold (DSP, RIVM), Margot de Cleen (RWS), Mark in ’t Veld (Tauw) en Dorien Derks (Royal HaskoningDHV) Met medewerking van: Bas van Delft (Alterra), Christy van Beek (Alterra), Dick Brus (Alterra), Frans van de Ven (Deltares / TU Delft), Gilbert Maas (Alterra), Gilles Erkens (Deltares), Jakob Wallinga (Wageningen Universiteit), Jan Peter Lesschen (Alterra), Jan van den Akker (Wageningen Universiteit), Jasper Griffioen (TNO), Joop Okx (Alterra), Jurjen van Deen (Deltares), Madeleine van Mansfeld (Alterra), Michiel Gadella (RWS), Michiel van der Meulen (TNO), Oene Oenema (Alterra), Paul Römkens (Alterra), Peter Kuikman (Alterra), Rik van den Bosch (ISRIC), Rob Comans (Wageningen Universiteit – Sectie Bodemkwaliteit), Saskia Visser (Alterra), Simone Verzandvoort (Alterra), Victor Beumer (Deltares)
Eindredactie:	Dorien Derks (Royal HaskoningDHV)

April, 2016

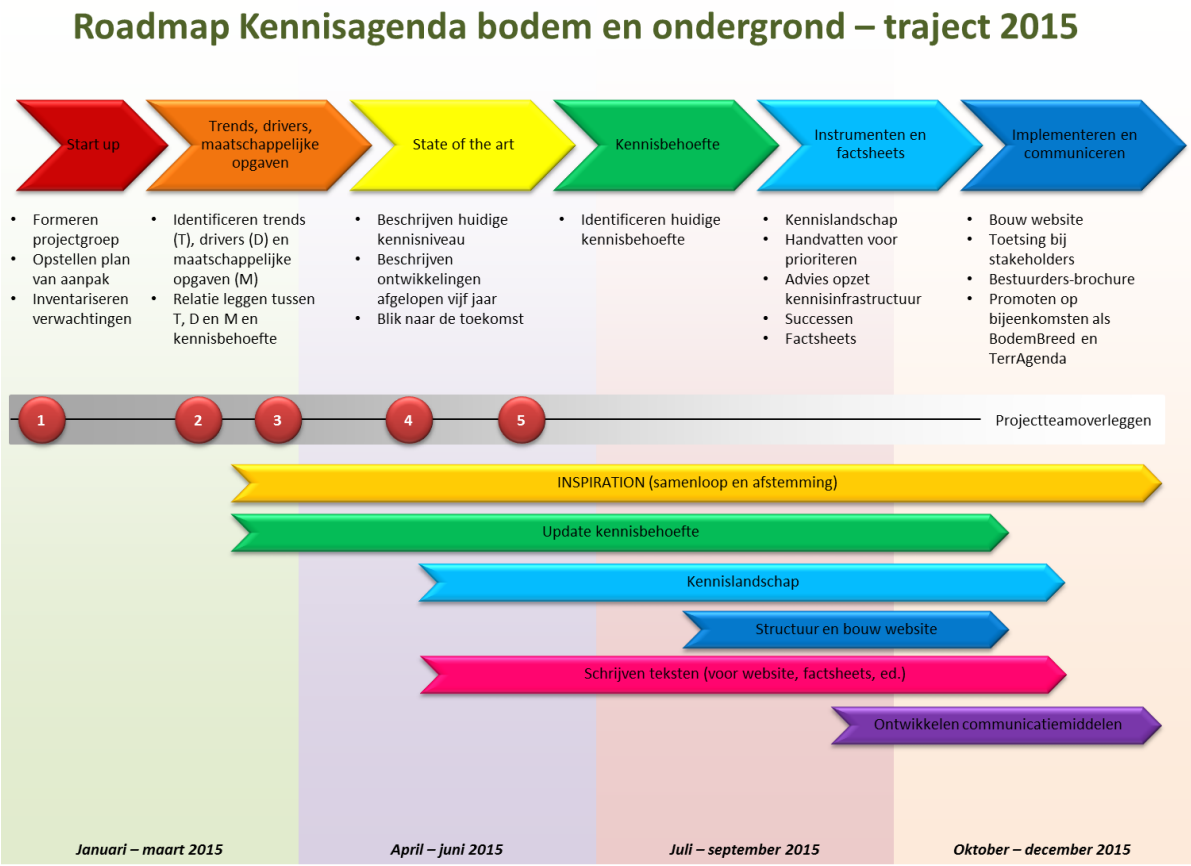
BIJLAGEN

BIJLAGE 1: PROCES KENNISAGENDA BODEM EN ONDERGROND

Uitgangssituatie

Vertrekpunt voor deze kennisagenda bodem en ondergrond vormt de in 2011 opgeleverde kennisagenda bodem en ondergrond (http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/ondergrond/kennisagenda/).

Roadmap



Samenstelling projectteam

De kennisagenda is een product dat voor en door de covenantpartners wordt opgesteld en waarop elk van de covenantpartners zijn stempel kan plaatsen. Om alle covenantpartners actief te betrekken en de gelegenheid te geven de inhoud te beïnvloeden is een projectteam samengesteld waarin alle partners zijn vertegenwoordigd. Zonder de betrokkenheid van de covenantpartners is het onmogelijk een kennisagenda op te stellen waarin de vragen van de covenantpartners en haar achterban zijn opgenomen. Daarnaast hebben de vertegenwoordigers van de covenantpartners ook een belangrijke rol in de communicatie over de inhoud en het doel van de kennisagenda naar de achterban.

Afstemming met de covenantpartners

Gezien de relatief korte doorlooptijd waarin de update gerealiseerd moet worden en een verhoudingsgewijs grote groep partners waarmee moet worden afgestemd, is gekozen voor een werkwijze waarbij we op vijf momenten samen komen om af te stemmen en input te vergaren. Vijf momenten die echt nodig zijn om te horen wat er bij de covenantpartners speelt, met welke ontwikkelingen en vraagstukken de partners worstelen en hoe en wat de partners graag terug willen zien in deze update van de kennisagenda.

De vijf afstemmingsmomenten:

1. Formeren projectgroep, bespreken eerste versie plan van aanpak en inventarisatie verwachtingen (19 januari 2015)
2. Koppelen maatschappelijke opgaven en stakeholders aan de activiteiten van de covenantpartners op het gebied van bodem en ondergrond (10 maart 2015).
3. Inventarisatie van de veranderingen in kennisbehoefte ten opzichte van 2011. Benoemen successen kennisagenda 2011 (31 maart 2015).
4. Prioriteren van de kennisbehoefte (19 mei 2015)
5. Toets kennisvragen i.c.m. INSPIRATION (12 november 2015).

Trends, drivers en maatschappelijke opgaven

Samen met de leden van het Dutch Soil Platform zijn in januari 2015 de laatste trends, driver en maatschappelijke opgaven geïnventariseerd die belangrijk zijn voor het gebruik van bodem en ondergrond. Hiervoor is de expertise van de leden van het DSP gebruikt. De onderbouwing voor de trends, drivers en maatschappelijke opgaven is gebruik gemaakt van publicaties van onder andere de verenigde naties, de Europese Unie en van de instituten waarvan de leden van het DSP afkomstig zijn. In de sessie van 10 maart 2015 zijn deze trends, drivers en maatschappelijke opgaven getoetst bij de covenantpartners.

State of the art (kennisbasis)

Ter onderbouwing van de kennisbehoefte is het belangrijk om te weten wat we al wel weten en wat de huidige onderzoeksonderwerpen en –richtingen zijn. Hiervoor is door het DSP per maatschappelijke opgave een state of the art opgesteld. Deze state of the arts liggen aan de basis van de beschrijvingen bij de verschillende thema’s in hoofdstuk 3 (hoofdstuk kennisbehoefte).

Kennisbehoefte en prioriteren

Samen met de vertegenwoordigers van de covenantpartners is tijdens de sessies van 31 maart en 19 mei 2015 de kennisbehoefte onderzocht. Tijdens deze sessies werd al snel duidelijk dat de huidige kennisbehoefte in grote lijnen overeenkomt met de kennisbehoefte zoals in 2011 was omschreven. Uiteraard is er op verschillende thema’s nieuwe kennis ontwikkeld en benut. Hierdoor verschuiven de accenten binnen de thema’s. Zo was in 2011 warmte-koude-opslag een van de onderwerpen waarvoor ene duidelijke kennisbehoefte bestond op het gebied van impact en toepassing van de techniek. Inmiddels is voor dit onderwerp de kennisbehoefte verder in de beleids- en kenniscyclus doorgeschoven naar evaluatie en doorontwikkeling van nieuwe technieken. Ander voorbeeld is de behoefte aan kennis over het gedrag van de ondergrond bij winningen van olie en gas. In 2011 was dit vooral een lokaal probleem waar nationaal (te) weinig aandacht voor

was. Inmiddels is deze nationale aandacht er zeker en is de behoefte aan kennis op dit gebied groter en duidelijker dan in 2011.

Toetsing

In samenwerking met INSPIRATION[14] is in november 2015 de kennisbehoefte op de verschillende maatschappelijke opgaven en thema's getoetst bij een grote groep vertegenwoordigers van de covenantpartners en bij de nationale key stakeholders op het gebied van bodem, (grond)water, ondergrond en landgebruik. Zij hebben de kennisvragen aangescherpt en aangevuld.

[14] Alle Nederlandse activiteiten ikv INSPIRATION (inclusief de nationale rapportages en verslag / presentaties van de workshop in november 2015) zijn te vinden op http://www.inspiration-h2020.eu/page/nederland

BIJLAGE 2: MEMO PRIORITEREN

Waarom prioriteren?

Met de beschikbare middelen en de beschikbare tijd zijn niet alle kennisvragen op te lossen, dus er moeten keuzes worden gemaakt.

Beantwoorden van alle kennisvragen is om verschillende redenen lastig:

1. Het team kennisagenda bodem en ondergrond maakt niet de keuzes. We kunnen wel adviseren.
2. Er zijn heel veel vragen.
3. De vragen raken verschillende thema's.
4. Verschillende dimensies (ruimte en tijd).
5. Verantwoordelijkheden verdeeld over verschillende bestuurslagen en beleidsdomeinen.

Daarom zijn handvatten nodig om te kunnen prioriteren.

Stappen om prioriteiten te bepalen

- Clusteren van de vragen naar thema's, crossthema en tijdpad:
    - Uit welke maatschappelijke opgave komt de kennisvraag voort?
    - Is het een vraag voor nu, straks of de toekomst?

- Identificeren van de vragen die bestuurders stellen als zij geld en capaciteit vrij moeten maken voor het oplossen van een bepaalde kennisvraag.
    - Wat zijn de risico's van het ontbreken van kennis?
    - Ben ik de eigenaar van de vraag?
    - Heb ik een belang bij het antwoord?
    - Wat brengt mij dichter bij de oplossing?
    - Wat kan een ander doen en wat moet ik zelf doen?
    - Wat gaat het grote verschil maken?

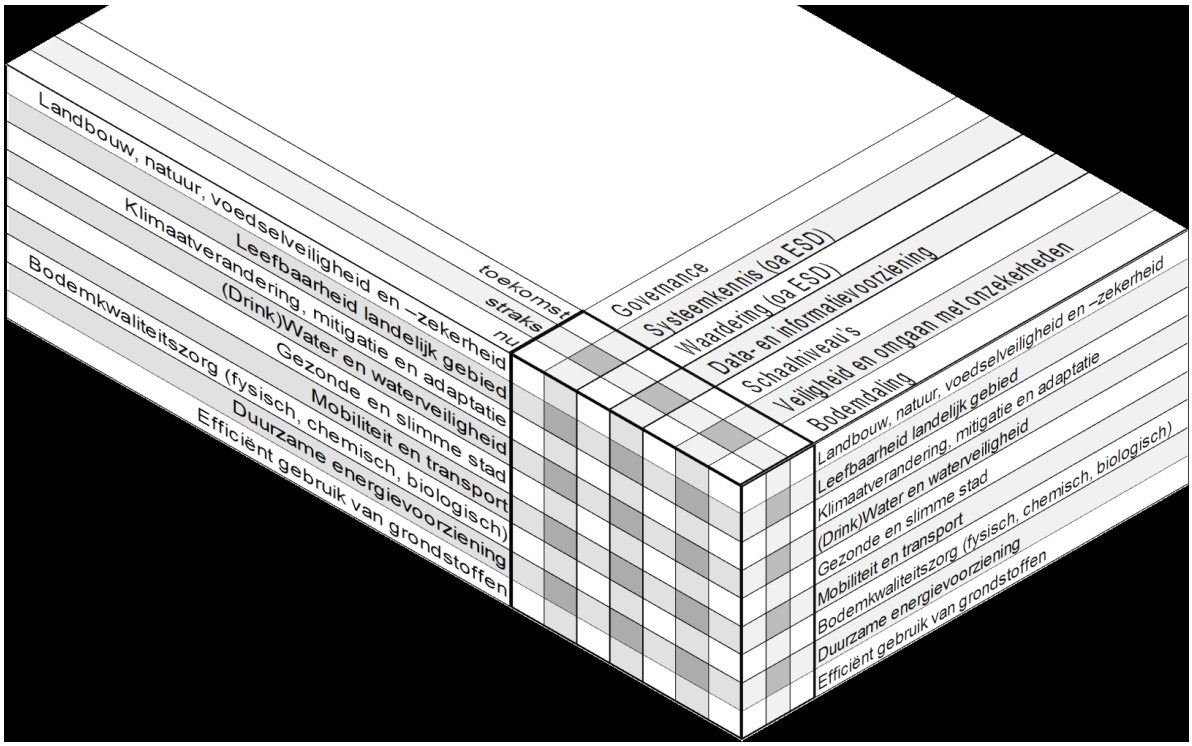
- Wegen van de criteria voor het maken van keuzes.
    - People:
        - Maatschappelijke impact
        - Handelingsperspectief
        - Bewustzijn
        - Draagvlak
        - Gebruik van de ondergrond
        - Gezondheid en veiligheid
        - Welbevinden
        - Eerlijke verdeling

- Planet:
  - Duurzaam en efficiënt gebruik ecosysteemdiensten
  - Efficiënt ruimtegebruik
  - Draagkracht van het systeem
  - Permanente of tijdelijke invloed/verstoring
  - Potentiele schade

- Profit:
  - Technische risico's en potentiele schade
  - Toegevoegde waarde van de kennis
  - Mogelijkheid voor samenwerking/gezamenlijke financiering
  - Duurzaamheid en efficiëntie
  - Mogelijkheden voor innovatie
  - Nieuwe banen (economische groei)

- Politics:
  - Actualiteit versus toekomstperspectief
  - Handelingsperspectief
  - Draagvlak
  - Bestuurlijke en maatschappelijke risico's
  - Mogelijkheid voor samenwerking/gezamenlijke financiering
  - Gezamenlijk probleem, meervoudig belang
  - Niveau: strategisch, tactisch, praktisch
  - Efficiënter besluitvormingsproces

Clusteren van de kennisbehoefte



Figuur: Kennisvragenmatrix (indeling in maatschappelijke opgaven, crossthema's en tijd)

Uit welke maatschappelijke opgave komt de kennisvraag naar voren?

De indeling in maatschappelijke opgaven en de onderverdeling naar de cross thema's helpt bij het prioriteren van de kennisbehoefte. De maatschappelijke opgaven en de urgenties die binnen de opgave spelen biedt de basis voor een vertaling naar urgent en niet urgent.

Tabel: maatschappelijke opgaven en cross thema's die in de kennisagenda bodem en ondergrond worden onderscheiden.

Maatschappelijke opgaven:	Cross thema's:
1. Landbouw, natuur, voedselveiligheid en –zekerheid 2. Leefbaarheid landelijk gebied 3. Klimaatverandering, mitigatie en adaptatie 4. (Drink)Water en waterveiligheid 5. Gezonde en slimme stad 6. Mobiliteit en transport 7. Bodemkwaliteitszorg (fysisch, chemisch, biologisch) 8. Duurzame energievoorziening 9. Efficiënt gebruik van grondstoffen	1. Governance 2. Systeemkennis 3. Waarde(ring) 4. Schaalniveaus 5. Data en informatievoorziening 6. Veiligheid en onzekerheden

Prioriteiten matrix van Eisenhower

"Urgente zaken zijn zelden belangrijk en belangrijke zaken zelden urgent." - Dwight D. Eisenhower, voormalig generaal en president van de VS.

Deze matrix (tabel 3) helpt om onderscheid te maken tussen belangrijk en niet-belangrijk en vervolgens wat je nu moet oppakken en wat je eventueel later zou kunnen doen.
Voor het bepalen van belangrijk en niet-belangrijk helpen de eerder genoemde vragen.

Prioriteiten matrix Eisenhower

	Dringend	Niet dringend
Belangrijk	Type vraagstukken: - Dringende problemen - Conflicten - Crisissen, noodgevallen - Risico's	Type vraagstukken: - Fundamentele vraagstukken - Vraagstukken die door een ander kunnen worden opgepakt Het negeren van deze vraagstukken heeft als resultaat dat de vraagstukken vanzelf doorschuiven naar het eerste kwadrant en dat dan een 'brandje moet worden geblust'
Onbelangrijk	Type vraagstukken: - Vraagstukken die niet op 'onze' agenda thuis horen - Media-aandacht en onrust	Type vraagstukken: - Hobby's van bestuurders en wetenschappers

Is het een vraag voor nu, voor straks of voor de toekomst?

Bij het prioriteren ligt heel erg sterk de neiging om te focussen op die zaken die in de praktijk van vandaag spelen. Vaak wordt vergeten vaak dat nu ook moet worden geïnvesteerd in de kennisontwikkeling waarmee oplossingen worden gecreëerd voor knelpunten en wensen op de middellange en langere termijn die nu al zijn te voorzien (zie tabel 2)

Tabel: toelichting op nu, straks en toekomst

Nu	Kennisbehoefte die voortkomt uit (praktijk)vragen van nu.
Straks	Kennisbehoefte die voortkomt uit convenanten en andere bestuurlijke afspraken. Vaak is kennis nodig om straks (op middellange termijn, bijvoorbeeld 5 jaar) aan de afspraken te kunnen voldoen.
Toekomst	Kennis die nodig is om op de problemen/vragen van de toekomst te kunnen anticiperen. Risico is dat er niet tijdig onderzoek naar oplossingen wordt gedaan. waardoor we de problemen niet voor kunnen zijn. Toekomstscenario's zijn een handig hulpmiddel bij het verkennen van deze vragen.

BIJLAGE 3: LITERATUUR, WEBSITES EN ANDERE VERWIJZINGEN

[1] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Vereniging van Nederlandse Gemeenten, InterProvinciaal Overleg en Uni van Waterschappen, „RWS leefomgeving - convenant bodemontwikkelingsbeleid en aanpak spoedlocaties," [Online]. Available: http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bodemconvenant/convenanten/#hf2582ba2-e04d-47c8-8a48-8f4bbda1625d.

[2] Ministerie van Infratrsuctuur en Milieu, Vereniging van Nederlandse Gemeenten, Unie van Waterschappen en InterProvinciaal Overleg, „RWS leefomgeving - convenant bodem en ondergrond 2016 - 2020," [Online]. Available: http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bodemconvenant/convenanten/#he07a65f0-24c1-4ad0-bcd7-a10b12f2a212.

[3] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Vereniging van Nederlandse Gemeenten, Unie van Waterschappen en InterProvinciaal Overleg, „Kennisagenda bodem en ondergrond," 2011.

[4] Dutch Soil Platform, „Bodem als partner in duurzame ontwikkelingen, een toekomstagenda voor de bodem," Dutch Soil Platform, Utrecht, 2008.

[5] „Innovatie en kennisagenda bodem en ondergrond," 2013.

[6] United Nations, „Sustainable development knowledge platform," [Online]. Available: https://sustainabledevelopment.un.org/.

[7] S. Hoorens, J. Ghez, B. Guerin, D. Schweppenstedde, T. Hellgren, V. Horvath, M. Graf, B. Janta, S. Drabble en S. Kobzar, „Europe's Societal Challenges - An analysis of global societal trends to 2030 and their impact on the EU," European Union, Brussel, 2013.

[8] United Nations, „The Rio Declaration on Environment and Development - agenda 21," in *United Nations Conference on Environment & Development*, Rio de Janerio, Brazil, 3 to 14 June 1992.

[9] P. Winsemius, Gast in eigen huis: beschouwingen over milieumanagement, Alphen aan den Rijn: Samson, 1986.

[10] Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), „Voedsel, biodiversiteit en klimaatverandering. Mondiale opgaven en nationaal beleid," Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag, 2010.

[11] The intergovernmental panel on climate change, „Climate Change 2014 - Synthesis Report," Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, 2015.

[12] Ministerie van Infrastructuur en Milieu, „Klimaatagenda: weerbaar, welvarend en groen," Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag, 2013.

[13] Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), „Basisdocument karaterisering grondwaterkwaliteit voor de Kaderrichtlijn Water," Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag, 2008.

[14] F. v. Gaalen, A. Tiktak, R. Franken, E. v. Boekel, P. v. Puijenbroek en H. Muilwijk, „Waterkwaliteit nu en in de toekomst," Planbureau voor de leefomgeving, Den Haag, 2016.

[15] Topsector Water, „Kennis en Innovatieagenda Topsector Water 2016 - 2019," Topsector Water, Den Haag, 2015.

[16] N. v. d. Wel, Ontdek de stadsbodem, Rolf Roos, 2010.

[17] M. Hajer en T. Dassen, Slimme steden - Opgaven voor de 21e eeuw in beeld, Den Haag: Planbureau voor de leefomgeving , 2014.

[18] Platform Gezond Ontwerp, „Platform Gezond Ontwerp,” 2013. [Online]. Available: http://platformgezondontwerp.nl/.

[19] Frans Rooijers et al., „Scenario-ontwikkeling energievoorziening 2030,” CE Delft/DNV GL. Delft, Delft, 2014.

[20] M. Hajer, „De energieke samenleving, op zoek naar een sturingsfilosofie voor een schone economie,” Planbureau voor de leefomgeving, Den Haag, 2011.

[21] World Bank, „Sustainable land management, challenges, opportunities, and trade-offs,” World Bank, Washington, 2006.

[22] L. Maring, „Kenniskaart bodem en ondergrond,” Deltares, Utrecht, 2011.