



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

Deltares

Afwegingen bij het gebruik van grondwater en de ondergrond

Een verkenning op basis van ecosysteemdiensten

Hans Peter Broers (Deltares)
Johannes Lijzen (RIVM)
met bijdragen van:
Patrick van Beelen (RIVM)
Jacqueline Claesens (RIVM)
Jasper Griffioen (Deltares)
Janneke Klein (Deltares)
Marijn Kuijper (Deltares)
Saskia Lukacs (RIVM)
Suzanne van der Meulen (Deltares)
Michiel Rutgers (RIVM)
Susanne Wuijts (RIVM)

1207762-016

Titel

Afwegingen bij het gebruik van grondwater en de ondergrond

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Ministerie Infrastructuur en Milieu Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving	1207762-016	1207762-016-BGS-0001	54

Trefwoorden

Grondwater, ondergrond, ecosysteemdiensten, afwegingen

Samenvatting

Dit rapport biedt een overzicht van ecosysteemdiensten van de ondergrond en het grondwater dat kan worden gebruikt om duurzaam om te gaan met ecosysteemdiensten van de ondergrond en daarvoor activiteiten in de ondergrond onderling en in relatie tot deze ecosysteemdiensten af te wegen. Dit overzicht is technisch-inhoudelijk van aard en heeft betrekking op de vraag hoe kwantiteit en de kwaliteit van het grondwater samenhangen met de verschillende ecosysteemdiensten (ESD) van ondergrond en grondwater. In het rapport zijn de volgende elf ecosysteemdiensten onderscheiden:

Productie-diensten

1. Beschikbaarheid van voldoende water van goede kwaliteit
2. Energie

Regulerende diensten

3. Reinigend vermogen van de ondergrond
4. Draagkracht
5. Bergingscapaciteit
6. Rol in biogeochemische cycli
7. Temperatuurregulatie
8. Voorzien in watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater
9. Voeding van grondwaterafhankelijke natuur

Culturele diensten:

10. Cultuurhistorische waarden
11. Biodiversiteit.

Om het gebruik van het concept van ecosysteemdiensten bij afwegingen in de ondergrond inzichtelijk en concreet te maken is voor een negental gebruiksfuncties van de ondergrond (activiteiten genoemd) een uitwerking gemaakt in de vorm van *factsheets*, die de informatie overzichtelijk en compact samenvatten. Van de volgende negen activiteiten zijn *factsheets* in dit rapport opgenomen als bijlage:

1. Winning van grondwater voor drinkwater
2. Berekening uit grondwater
3. Warmte Koude Opslag
4. Onttrekken grondwater i.c.m. brijnlozingen
5. Ondergrondse eindberging van radioactief materiaal
6. Toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen
7. Beheer terrestrische en aquatische ecosystemen
8. Peilbeheer Laag Nederland
9. Aanpak Grondwaterverontreiniging.

Om inzichtelijk te maken wat het belang is van ecosysteemdiensten voor de verschillende activiteiten, is voor elke activiteit nagegaan: (1) welke ecosysteemdiensten worden benut door de activiteit, (2) welke invloed een activiteit heeft op de waarden van

Titel

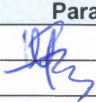
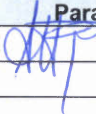
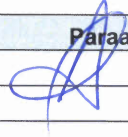
Afwegingen bij het gebruik van grondwater en de ondergrond

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Ministerie Infrastructuur en Milieu Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving	1207762-016	1207762-016-BGS-0001	54

ecosysteemdiensten van het grondwater en de ondergrond (winst of verlies of beide), en (3) welke activiteiten elkaar uitsluiten en of negatief beïnvloeden. Deze informatie is samengevat in drie kruistabellen.

De bedoeling van het rapport is om het concept van ecosysteemdiensten te concretiseren voor grondwater en de ondergrond en de lopende visie-ontwikkeling op het gebied van grondwater bij het Ministerie van Infrastructuur en Milieu te ondersteunen. Door het compact bij elkaar brengen van informatie over afwegingen in de ondergrond via het concept van ecosysteemdiensten, o.a. in de vorm van *factsheets* en kruistabellen, is ook een aanzet gemaakt voor relevante bouwstenen waarmee regionale en lokale overheden in afwegingsprocessen hun voordeel kunnen doen. Voor bovengenoemde activiteiten 2. en 4. is tijdens een workshop geanalyseerd of het concept van ecosysteemdiensten toepasbaar is bij afwegingen met betrekking tot het grondwater en de ondergrond. De uitkomst daarvan was positief.

Deltares-rapportnummer 1207762-016
RIVM-rapportnummer 607710003/2014

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	jan. 2014	H.P. Broers		H.F. Passier		A.G. Segeren	
		J. Lijzen					

Status

definitief

Inhoud

1 Inleiding	3
1.1 Projectinformatie	3
1.2 Doel van het onderzoek	3
1.3 Projectfasering	4
1.4 Leeswijzer	4
2 Werkwijze en definities	7
2.1 Inventarisatie ecosysteemdiensten	7
2.2 Omschrijving en verantwoording van de elf onderscheiden ecosysteemdiensten	8
2.2.1 Het concept Ecosysteemdiensten en ontwikkelingen daarin	8
2.2.2 Omschrijving van de 11 ecosysteemdiensten	9
2.3 Inventarisatie van activiteiten	14
2.3.1 <i>Onttrekking van grondwater</i>	15
2.3.2 <i>Opslag van water en andere stoffen</i>	15
2.3.3 <i>Reserveringen</i>	15
2.3.4 <i>Winning andere grondstoffen dan water</i>	15
2.3.5 <i>Ruimtebeslag</i>	16
2.3.6 <i>Peilbeheer</i>	16
2.3.7 <i>Bovengrondse activiteiten</i>	16
2.4 Relaties tussen activiteiten en ecosysteemdiensten en activiteiten onderling	17
2.5 Uitwerking per activiteit in <i>factsheets</i>	17
3 Uitwerking in kruistabellen	19
3.1 Kruistabel 1: van welke ecosysteemdiensten maken de activiteiten gebruik?	19
3.2 Kruistabel 2: hoe worden ecosysteemdiensten beïnvloed door de activiteit	19
3.3 Kruistabel 3: Hoe beïnvloeden activiteiten elkaar onderling	19
4 Uitwerking in <i>factsheets</i>	23
5 Opzetten en toepassen van een afwegingsmethodiek (deel 2 van de studie)	25
5.1 Eerste gedachten over een afwegingsmethodiek	25
5.2 Relatie met het visiedocument	26
5.3 Opzet van de workshop van 1 oktober	27
5.4 Feedback op de algemene opzet en resultaten van de studie	27
5.5 Uitwerking in een tweetal cases	28
5.5.1 Case 1: Brijnlozingen in combinatie met onttrekken van grondwater	28
5.5.2 Case 2: Beregening en water vasthouden	33
5.5.3 Samenvatting van de twee cases	39
6 Conclusies en aanbevelingen	41
6.1 Conclusies	41
6.2 Opties voor een vervolg van het project in 2014	41
7 Literatuur	43
Bijlage A: Nadere verantwoording van de indeling in 11 ecosysteemdiensten	
Bijlage B: Programma en deelnemers van de workshop op 1 oktober 2013	
Bijlage C: Factsheets	

1 Inleiding

1.1 Projectinformatie

Het ministerie van Infrastructuur en Milieu (IenM) stimuleert onderzoek naar de mogelijkheden om ecosysteemdiensten (ESD) in te zetten bij het beheer en de inrichting van de leefomgeving. Duurzaam beheer en inrichting kunnen gebaseerd worden op de optimalisatie van complete sets van ecosysteemdiensten. Voor IenM is het belangrijk dat er een goede kennisbasis en breed gedragen denkkader ontstaat op het gebied van ecosysteemdiensten. Voor de ecosysteemdiensten in de bovengrond bestaat al langer aandacht, onder meer via de verbreding van het bodembeleid, maar voor grondwater en de ondergrond is het denken in ecosysteemdiensten relatief nieuw. Door vanuit het Rijk te faciliteren in het leveren van kennis van het gebruik van de ondergrond en bouwstenen voor een afwegingskader, kunnen gebiedsgerichte afwegingen met zo veel mogelijk kennis van de gevolgen en interacties worden gemaakt.

IenM heeft Deltares verzocht een onderzoek uit te voeren naar de bouwstenen voor een "Afwegingskader Grondwaterkwaliteit in relatie tot het gebruik van ondergrond en de ecosysteemdiensten die het grondwater en de ondergrond leveren". Het onderzoek maakt deel uit van het BOA taakveld 'Waterkwaliteit zoet-zout 2013 (Deltares-kenmerk 1207762). Het onderzoek is door Deltares in nauwe samenwerking met het RIVM uitgevoerd. Voor het RIVM maken de werkzaamheden voor dit project deel uit van het project 'Kennisontwikkeling Preventief beleid', binnen het deelproject 'afwegingskader grondwater' (RIVM-kenmerk M/607710/11/DC). In de aanpak en de werkzaamheden is op verzoek van IenM zoveel mogelijk aansluiting gezocht bij het Visieontwikkeling grondwaterkwaliteit van DGMI (2012).

1.2 Doel van het onderzoek

De grondwaterkwaliteit en -kwantiteit heeft grote invloed op de ecosysteemdiensten die geleverd (kunnen) worden. Om duurzaam met deze ecosysteemdiensten van het grondwater en de ondergrond om te gaan, is het belangrijk dat transparant wordt gemaakt hoe de kwaliteit en de kwantiteit worden beïnvloed door het beheer en door activiteiten. Met deze informatie wordt inzichtelijk waar belangen tegengesteld zijn en waar zij elkaar kunnen versterken, zodat deze belangen vervolgens kunnen worden afgewogen.

Het doel van deze studie is om het concept van ecosysteemdiensten voor het grondwater en de ondergrond te concretiseren en een aanzet te leveren voor een afwegingskader. Een eerste stap daarin is een inventarisatie en beschrijving van ecosysteemdiensten en vervolgens van activiteiten. Tenslotte wordt per activiteit geanalyseerd van welke ecosysteemdiensten gebruik wordt gemaakt en hoe deze activiteiten elkaar en de ecosysteemdiensten beïnvloeden. Deze beschrijvingen zijn technisch-inhoudelijk van aard.

Het resultaat zal door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu worden gebruikt bij de visieontwikkeling op het gebied van grondwater. Door het compact bij elkaar brengen van informatie over afwegingen in de ondergrond via het concept van ecosysteemdiensten, o.a. in de vorm van *factsheets*, wordt het product ook bruikbaar voor decentrale overheden die daarmee in afwegingsprocessen hun voordeel kunnen doen.

De informatie in het rapport moet voldoende recent en robuust zijn om in een latere fase (waar nodig met verdieping en verbreding in een vervolgfase) als bouwsteen te dienen voor

een afwegingskader voor het gebruik van de ondergrond waarbij het grondwater een rol speelt.

1.3 Projectfasering

De uitvoering van de studie bestaat uit drie delen:

12. Een inventarisatie van de verschillende ecosysteemdiensten van het grondwater, de kwaliteitseisen van het grondwater die nodig zijn voor een gegeven ecosysteemdienst en de invloed van de dienst zelf op de grondwaterkwaliteit en eventueel andere ecosysteemdiensten;
13. Opzetten en toetsen van een methodiek voor het afwegen van verschillende vormen van gebruik in de ondergrond, in onderlinge relatie en in relatie tot de beïnvloeding van verschillende ecosysteemdiensten aan de hand van geselecteerde case studies.
14. Uitwerken en testen van de methodiek voor meerdere gebieden in Nederland, mits daar middelen voor 2014 beschikbaar komen.

Alle drie de onderdelen worden afgesloten met een concreet tussenproduct en een bespreking met de begeleidingsgroep. Delen 1 en 2 zijn uitgevoerd in 2013, deel 3 is voorzien voor 2014.

In deze rapportage is de weerslag te vinden van de onderdelen 1 en 2 van de studie. En omvat een inventarisatie van de verschillende ecosysteemdiensten van het grondwater en van de diverse vormen van gebruik van de ondergrond en de aanzet tot een methodiek om deze inventarisatie te gebruiken voor afwegingen in de ondergrond. In het rapport wordt nagegaan hoe ecosysteemdiensten en gebruiksvormen (activiteiten) met elkaar samenhangen en welke afwegingen daarbij een rol kunnen spelen. Voor een negental gebruiksvormen van de ondergrond is dit in *factsheets* uitgewerkt. De conceptrapportage van deze studie is besproken in een overleg met de begeleidingsgroep op 10 september 2013 en op een workshop op 1 oktober 2013. In de workshop is via een tweetal cases nagegaan of de concepten uit dit rapport geschikt zijn voor het gebruik bij afwegingen in de ondergrond.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 worden de ecosysteemdiensten die wij hebben onderscheiden besproken, waarbij we voor elk van de elf ecosysteemdiensten een concrete beschrijving geven. Daarnaast worden 26 vormen van gebruik van de ondergrond onderscheiden, die we in dit rapport aanduiden als 'activiteiten'. In hoofdstuk 3 worden die ecosysteemdiensten en activiteiten met elkaar geconfronteerd in de vorm van zogenaamde kruistabellen. Zo'n confrontatie maakt in de gekozen filosofie deel uit van een afwegingskader, waarmee in de workshop is geëxperimenteerd. Hoofdstuk 4 werkt de methodiek uit voor een negental activiteiten in de vorm van *factsheets*, namelijk voor de activiteiten:

- Wining grondwater voor drinkwater
- Berekening uit grondwater
- Onttrekken grondwater in combinatie met brijnlozingen
- Aanpak grondwaterverontreiniging
- Peilbeheer Laag-Nederland
- Toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen
- Beheer terrestrische en aquatische ecosystemen
- Warmte en koude opslag
- Ondergrondse eindberging van radioactief materiaal

In die *factsheets* worden het type afwegingen geïnventariseerd die spelen bij elk van deze activiteiten, zowel in relatie met andere gebruiksvormen van grondwater als in relatie met de onderscheiden ecosysteemdiensten.



In hoofdstuk 5 wordt verslag gedaan van de workshop van 1 oktober, waarbij de centrale vraag was of het concept van ecosysteemdiensten kan helpen bij het maken van afwegingen over het gebruik van de ondergrond. Dat gebeurt op basis van twee case studies, nl. 1. Onttrekken grondwater in combinatie met brijnlozingen en 2. Berekening uit grondwater. In hoofdstuk 6 tenslotte worden opties beschreven voor het vervolg van het project in 2014 en aanbevelingen gedaan.



2 Werkwijze en definities

2.1 Inventarisatie ecosysteemdiensten

In het eerste deel van het project is een inventarisatie uitgevoerd van de verschillende ecosysteemdiensten van het grondwater en van de diverse vormen van gebruik van de ondergrond. Ten opzichte van het oorspronkelijke projectplan is, na intensief overleg met RIVM en ruggenspraak met de begeleidingsgroep, besloten om een duidelijk onderscheid te gaan maken tussen:

- *de activiteiten in het grondwater en de ondergrond*, ofwel de diverse vormen van feitelijk gebruik van ondergrond of de bodem; inclusief de bovengrondse vormen van gebruik die invloed hebben op de toestand van het grondwater en de ondergrond
- *de ecosysteemdiensten van het grondwater en de ondergrond*.

Het bleek namelijk dat deze begrippen door elkaar werden gebruikt, wat de helderheid van de argumentaties en bevindingen niet ten goede kwam¹.

Als eerste stap in het project is overeenstemming over terminologie bereikt die ons geschikt lijkt om te communiceren over het gebruik van de ondergrond in relatie tot ecosysteemdiensten. De terminologie sluit aan bij de terminologie die voor het compartiment bodem is ontwikkeld (bijvoorbeeld Starink et al. 2012; van der Meulen et al. 2013, Rutgers en Dirven-van Breemen 2012) en in de internationale context (MEA 2005, Maes et al. 2013, CICES 2013).

De volgende elf ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater onderscheiden we:

Productie-diensten

15. Beschikbaarheid van voldoende water van goede kwaliteit
16. Energie

Regulerende diensten

17. Reinigend vermogen van de ondergrond
18. Draagkracht
19. Bergingscapaciteit
20. Rol in biogeochemische cycli
21. Temperatuurregulatie
22. Voorzien in watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater
23. Voeding van grondwaterafhankelijke natuur

Culturele diensten:

24. Cultuurhistorische waarden
25. Biodiversiteit.

Deze elf ecosysteemdiensten worden in de paragrafen 2.2 en 2.3 nader beschreven.

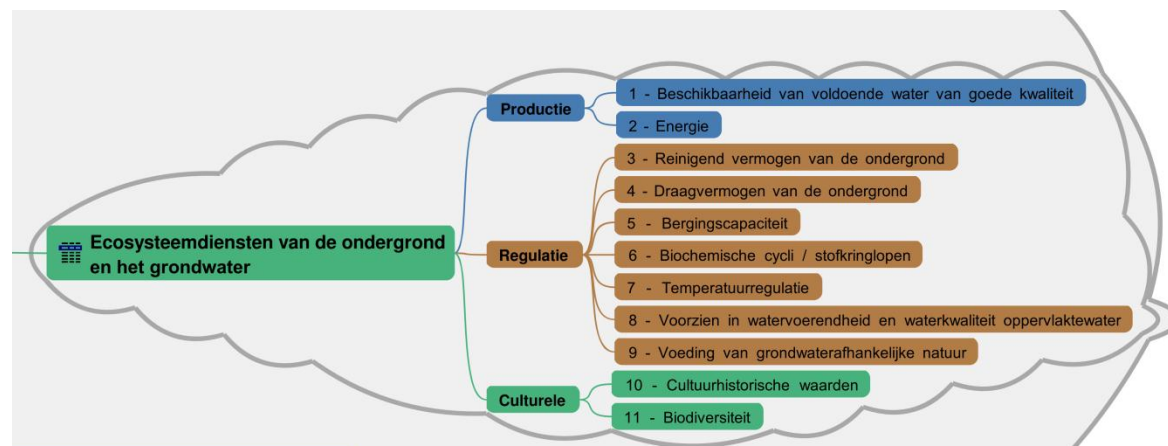
In bijlage A is een nadere verantwoording van de indeling in elf ecosysteemdiensten gegeven. Daarin wordt ook een link gelegd met CICES, de *Common International Classification of Ecosystem Services* waaraan in een werkgroep van de *European Environment Agency* wordt gewerkt.

¹ De ecosysteemdiensten van de bodem waren geen onderdeel van deze studie

De verschillende gebruiksvormen van de ondergrond, in het vervolg van dit rapport dus activiteiten genoemd, maken in meer of mindere mate gebruik van deze ecosysteemdiensten, maar hebben er tegelijk ook invloed op. Om een voorbeeld te geven; de *activiteit* “onttrekking van grondwater voor de drinkwatervoorziening” maakt gebruik van de *ecosysteemdienst* “beschikbaarheid van voldoende water van goede kwaliteit”, maar gebruikt een deel van dit water op, waardoor het niet meer beschikbaar is voor andere activiteiten/gebruiksvormen, of ten koste gaat van de afvoer van beken waardoor het mogelijk de ecosysteemdienst “voorzien in watervoerendheid oppervlaktewater” vermindert. Bij afwegingen voor verschillende activiteiten in het grondwater is het dus nodig om te weten:

- 1 welke ecosysteemdiensten worden gebruikt door de activiteit / nodig zijn
- 2 of ecosysteemdiensten door het gebruik in omvang groter of kleiner worden, zodat ze in meer of mindere mate voor andere activiteiten beschikbaar zijn of blijven.
Met andere woorden: concurreren de activiteiten om die ecosysteemdiensten?
- 3 of activiteiten elkaar onderling uitsluiten, negatief beïnvloeden of versterken.

Deze driedeling staat centraal in de gekozen aanpak om de activiteiten in het grondwater te beschrijven. De manier van uitwerken wordt beschreven in paragraaf 2.4. In hoofdstuk 3 worden de resultaten besproken. Eerst wordt de keuze voor de elf onderscheiden ecosysteemdiensten toegelicht in paragraaf 2.2.



Figuur 2.1 Grafisch overzicht van de onderscheiden elf ecosysteemdiensten

2.2 Omschrijving en verantwoording van de elf onderscheiden ecosysteemdiensten

2.2.1 Het concept Ecosysteemdiensten en ontwikkelingen daarin

Via ecosysteemdiensten (ESD) krijgt onze natuurlijke leefomgeving een makkelijker te duiden (concrete) maatschappelijke betekenis. In tegenstelling tot de termen ‘Life Support Functies’ en ‘Life Support System’ die in de jaren 80 en 90 van de vorige eeuw hun opwachting deden, lijkt de term ecosysteemdiensten wel te beklijven in beleidsdocumenten, populaire media en wetenschappelijke literatuur. Toch betreft het een nog jong en onontgonnen terrein, en verschillende definities ‘leven langs elkaar heen’. In dit en andere projecten bij Deltares en RIVM wordt aangesloten bij de gemeenschappelijke (internationale) ontwikkelingen op dit gebied. Vijf primaire informatiebronnen zijn hierbij van belang.

1. TCB advies A33 (2003: www.tcbodem.nl) voorzag in een solide basis voor een transitie in het milieubeleid, namelijk van beschermen en herstellen van het milieu, naar een beleid waar op basis van ESD ook ruimte wordt geboden aan het benutten van de leefomgeving. De Beleidsbrief Bodem uit 2003 was mede op dit advies gebaseerd.

2. De Millennium Ecosystem Assessment (2005: www.millenniumassessment.org) legde een solide basis onder het begrip ESD door vier groepen te onderscheiden; *provisioning, regulating, cultural* en *supporting* ecosystem services.
3. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (2010: www.teebweb.org) legde de link tussen sommige ESD en de reële economie. Eén groep ESD werd buiten beschouwing gelaten, namelijk de *supporting* ecosystem services.
4. Onder de vlag van de European Environment Agency is een werkgroep bezig aan de Common International Classification of Ecosystem Services (CICES). Deze harmonisering dient er toe dat ESD een plek kunnen krijgen in economic accounting systems. Momenteel is versie 4.3 beschikbaar (www.cices.eu).
5. Als onderdeel van het onlangs geratificeerde EU biodiversiteitsverdrag dienen lidstaten in de National Ecosystem Assessment hun 'Natuurlijk Kapitaal' (NK) in kaart te brengen. Nederland is de Digitale Atlas van het Natuurlijk Kapitaal (DANK) aan het opstellen. De EU werkgroep Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services (MAES) geeft hiervoor de generieke richtlijnen (http://ec.europa.eu/environment/nature/knowledge/ecosystem_assessment/pdf/MAESWorkingPaper2013.pdf). Het NK omvat grofweg vier onderdelen namelijk het ecologische kapitaal (alle ESD, en het overige ecologische kapitaal), en het abiotische kapitaal (de hernieuwbare en niet-hernieuwbare abiotische bronnen; bijvoorbeeld wind en aardgas).

Bij het onderscheiden van de elf ecosysteemdiensten voor het grondwater en de ondergrond is zoveel als praktisch mogelijk aangesloten bij de genoemde (inter)nationale ontwikkelingen, en de ontwikkelingen in de aangrenzende compartimenten 'oppervlaktewater' en 'bodem en ondergrond'. De collega's in dit project zijn zich bewust van de momenteel ongeconsolideerde definities voor Ecosysteemdiensten en Natuurlijk Kapitaal (zie ook bijlage A). Er is daarom gestreefd naar een set werkafspraken, waarbij het streven was om compleet te zijn voor wat betreft de ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater.

Naast het momenteel dynamische karakter van de internationale operationele definities en classificatie van Ecosysteemdiensten en Natuurlijk Kapitaal, levert ook de specifieke Nederlandse situatie zijn eigen dynamiek op. In Nederland zijn zowel in fysiek als in bestuurlijk opzicht bodem en water zeer sterk met elkaar verweven. In bijna elke bodem zijn de contactzones tot grondwater en oppervlaktewater heel kort. Beheersmatig komen de diverse bestuurslagen elkaar veel tegen, onder andere bij de diverse regelgeving voor bodem, grondwater en oppervlaktewater. Dit geheel stelt unieke eisen aan het bestuur en aan de wetenschap in Nederland, ook op het gebied van Ecosysteemdiensten.

2.2.2 Omschrijving van de 11 ecosysteemdiensten

Zoals in Figuur 2.1 is aangegeven wordt onderscheid gemaakt in producerende diensten (A), regulerende diensten (B) en culturele diensten (C). Hieronder zijn deze diensten volgens deze indeling beschreven.

A. Productie diensten (*provisional services*)

1. Beschikbaarheid van voldoende water met een bepaalde kwaliteit

- Grondwater is een bron van water voor diverse vormen van gebruik, waaronder drinkwater, proceswater, irrigatiewater
- Grondwater heeft onder onverstoorde omstandigheden vaak een stabiele samenstelling en temperatuur en is daarom een betrouwbare bron.

- Voorwaarde voor duurzame benutting van deze ecosysteemdienst is dat er voldoende aanvulling van de grondwatervoorraad is via infiltratie van regenwater en rivierwater van voldoende kwaliteit en dat het gebruik de aanvulling niet overtreft.
- Deze ecosysteemdienst vraagt een chemische, biologische en fysische (bijvoorbeeld temperatuur) kwaliteit die voldoet aan de eisen die aan een bepaald gebruik gesteld worden. Voorwaarde voor duurzaam gebruik door onttrekking is dat de kwaliteit niet zodanig wordt beïnvloed dat het gebruik van deze en andere gewenste ESD onmogelijk wordt, of bemoeilijkt wordt door een noodzakelijke extra zuivering.

2. Bijdragen aan energiesystemen.

- De ondergrond is een (niet-hernieuwbare) bron van energiedragers die in Nederland vaak op grote diepte voorkomen (olie, gas, schaliegas, geothermische reserves)
- De ondiepe ondergrond is ook geschikt voor de opslag van warmte en koude (WKO) wat een bijdrage levert aan energiebesparing. Deze bijdrage is wel hernieuwbaar.
- Grondwater is door de lage constante temperatuur geschikt als koelwater bij bijvoorbeeld de energieproductie
- De ondergrond kan deze 'energiediensten' leveren door
 - de constante temperatuur;
 - de doorlatendheid en
 - geohydrologische kenmerken die het mogelijk maken warmte en/of koude te onttrekken, en tijdelijk op te slaan.
- Voorbeelden zijn ondergrondse WKO-systemen, geothermie en koeling uit grondwater

B. Regulerende diensten

3. Reinigend vermogen van de ondergrond

- Door fysische processen, chemische reacties en biologische processen kan de ondergrond de samenstelling van grondwater veranderen. Dit wordt aangeduid als het 'reinigende vermogen' of "*attenuation capacity*". Het reinigende vermogen is een regulerende dienst (CICES 2013). Deze zorgt voor:
 - het verwijderen van milieuvreemde stoffen en organismen;
 - verlaging van te hoge concentraties van milieueigen stoffen (en vice versa).
- Deze dienst wordt benoemd waar een menselijke activiteit tot een gewijzigde watersamenstelling heeft geleid (bijvoorbeeld door bemesting of puntverontreiniging) waarbij transport door de bodem/ondergrond leidt tot afzwakking en/of omzetting van die verontreiniging.
- We maken bewust en actief van deze dienst gebruik bij bijvoorbeeld kunstmatige infiltratie voor de drinkwatervoorziening, waarbij de bacteriologische activiteit zodanig afneemt na bodempassage dat opgepompt water bacteriologisch veilig is als drinkwaterbron. Ook bij sommige in-situ saneringen wordt deze dienst actief ingezet, evenals bij bufferstroken rond waterlopen.
- Passief (soms onbewust) maken we van de dienst gebruik doordat stoffen tijdens hun weg door de ondergrond afbreken, zoals het geval is bij denitrificatie waarbij nitraat uit bijvoorbeeld meststoffen wordt omgezet naar stikstofgas, of waar metalen als cadmium en zink worden gedemobiliseerd bij sulfidevorming of in organische stofcomplexen.
- Verschil tussen deze ESD en ESD 6 (biogeochemische cycli) is de relatie met een concrete menselijke activiteit op een te overziene tijdschaal (30 jaar bij een in-situ sanering, honderd jaar bij de infiltratie van een nitraatfront). ESD 6 gaat over de langere termijn en natuurlijke processen die bijdragen aan globale cycli, waaronder ook regulerende functies op het gebied van waterkwaliteit en bij de uitstoot van broeikasgassen.

4. Draagvermogen van de ondergrond

- De ondergrond voorziet in mogelijkheden om infrastructuur en bouwwerken aan te leggen door het bieden van:
 - stevigheid, stabiliteit en conservering (bijvoorbeeld tegen paalrot)
 - draagvermogen om de bodem te berijden (werktuigen en landbouwmachines).
- Het draagvermogen is afhankelijk van de bodemsamenstelling (deeltjesgrootte verdeling), bodemtype en de waterverzadiging.

5. Bergingscapaciteit

- De ondergrond is te gebruiken om (tijdelijk of 'semi'-permanent) berging te verschaffen aan bijvoorbeeld regenwater, aardgas, CO₂, afvalstoffen (zoals brijn en radioactieve stoffen), en oppervlaktewater (overloopgebieden, wadi's, duininfiltratie t.b.v. drinkwaterproductie)
- Ook kan de ondergrond worden gebruikt voor het vasthouden van gebiedseigen water in bovenstroomse gebieden (ook wel bergen aan de bron genoemd). In de *EU Blueprint* wordt dit aangeduid als *Natural Water Retention Measures*.
- De ondergrond is ook geschikt voor de opslag van restproducten van energiewinning zoals CO₂, maar ook van warmte en koude (WKO)
- Om berging te gebruiken is het van groot belang om de zogenoemde trade-offs te beschouwen: ruimtebenutting gaat vaak ten koste van andere ESD's; het grondwater is bijvoorbeeld niet meer te gebruiken voor onttrekking
- Meestal betekent het benutten van de bergingscapaciteit voor een bepaalde activiteit, dat een andere activiteit diezelfde ruimte niet meer kan benutten voor berging.
- De verschillende typen opslag stellen deels verschillende eisen wat betreft bodem en water samenstelling en de nabijheid van ander gebruik van de ondergrond; soms is alleen ruimte nodig, soms zijn ook beschermende lagen boven en onder de opslag nodig (cap rocks, afdekkingen op en onder stortplaatsen).

6. Biogeochemische cycli ofwel stof- en waterkringlopen

- Grondwater heeft een rol in de hydrologische kringloop en vervoert daarbij stoffen in de richting van zoet oppervlaktewater, estuaria en zeeën.
- Op die manier heeft grondwater een rol in de biogeochemische cycli van koolstof, stikstof, fosfor en alle andere elementen. Grondwater voert bijvoorbeeld veel CO₂ af naar de ondergrond en heeft op die manier ook een regulerende functie met betrekking tot broeikasgassen.
- Het water in het de ondergrond zelf is onderdeel van de waterkringloop
- Veranderingen in de diepte van grondwaterspiegel en processen als drainage van veengebieden en de denitrificatie van nitraat uit meststoffen hebben invloed op broeikasgassen als CH₄, N₂O en CO₂. Grondwater in een natuurlijke setting speelt hierbij vaak een bufferende rol.
- Natuurlijke reacties tussen ondergrond en grondwater leiden er toe dat uittredend grondwater een andere kwaliteit heeft dan infiltrerend regenwater. Grondwater heeft op die manier een bufferende, regulerende functie, bijvoorbeeld bij de buffering van zure regen.
- In de beschouwing van ecosystemendiensten wordt deze dienst op alle ruimte en tijdschalen aangeduid op het niveau van het 'natuurlijk functioneren' van een systeem. Dit natuurlijk functioneren levert kringloop-georiënteerde ESD, zoals het binnen bepaalde optimum-grenzen houden van allerlei verbindingen (C, N, P, S, K, zouten, metalen). Dit in tegenstelling tot ESD 3 "reinigend vermogen" die gebruikt wordt voor concrete

menselijke verstoringen met een begrensde looptijd en een lokale of regionale ruimtelijke schaal.

7. Temperatuurregulatie

- Onder temperatuurregulatie worden hier zowel de regulatie van de temperatuur in de ondergrond gerekend, maar ook de temperatuur-, vocht- en klimaatregulatie die samenhangen met het water in de bodem en de diepte van de grondwaterspiegel
- De ondergrond en grondwater spelen een rol bij temperatuurregulatie van het aardoppervlak en van ontvangend oppervlaktewater. Extra verdamping in geval van een ondiepe grondwaterspiegel of door onttrekken van irrigatiewater kan bijvoorbeeld tot temperatuurdaling van het aardoppervlak leiden. Dat kan vervolgens via terugkoppelingsmechanismen tot regulatie van het lokale en mondiale klimaat leiden door lokaal vocht op te nemen en af te geven
- Een andere vorm van temperatuurregulatie is de temperatuurbuffer van de ondergrond, die in Nederland bijvoorbeeld tot een vrij constante grondwatertemperatuur van circa 10 graden C leidt. Afvoer van opkwellend grondwater leidt ook tot temperatuurbuffering van het ontvangende oppervlaktewater. Deze temperatuurregulatie is van belang voor terrestrische en aquatische ecosystemen die waarde voor de mens hebben en op zich weer ecosysteemdiensten leveren.
- De ecosysteemdienst kan benut worden in Warmte Koude Opslag installaties doordat de ondergrond warmte en koude goed kan vasthouden zodat het water zonder grote warmte- en of koudeverliezen opnieuw kan worden opgepompt.

8. Voorzien in watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater

- Grondwater draagt bij aan de watervoerendheid van beken en rivieren en voorziet daarmee in de behoeften van aquatische ecosystemen. Met name de basisafvoer van grondwater heeft een belangrijke mitigerende en bufferende functie in perioden van droogte, waardoor beken niet droogvallen en water van voldoende kwaliteit blijven voeren.
- Naast beken en rivieren, zijn ook aquatische ecosystemen in estuaria afhankelijk van kwaliteit en kwantiteit van opkwellend grondwater.
- Infiltratie van oppervlaktewater naar grondwater kan bijdragen aan het vasthouden van water in natte perioden en draagt bij aan vergroten van basisafvoer in droge perioden
- Grondwater draagt bij aan de watervoerendheid van beken en rivieren en voorziet daarmee in bevaarbaarheid van rivieren voor de scheepvaart.

9. Voeding van grondwaterafhankelijke natuur

- Veel terrestrische ecosystemen zijn afhankelijk van grondwaterkwel en het behoud van grondwaterstanden. Daarbij is zowel de kwantiteit als kwaliteit van het opkwellend grondwater belangrijk.
- Verschil met ESD 8 is dat het hier om de rechtstreekse stroming van grondwater naar de terrestrische natuur gaat en om directe beïnvloeding van grondwaterstanden en stijghoogten. Oppervlaktewater zit daar niet tussen; als dat wel het geval is valt het onder ESD 8.

C. Culturele diensten

10. Cultuurhistorische waarden

- Grondwater en ondergrond herbergen aanvullende waarden die in de categorie culturele diensten passen en dus niet tot de productie- en regulatiefuncties (CICES 2013, zie ook bijlage A) gerekend worden.



- Grondwater speelt bijvoorbeeld een rol bij het in stand houden van de redoxcondities die nodig zijn om archeologische waarden te conserveren. De ondergrond bewaart en conserveert deze waarden.

11. Biodiversiteit en habitat²

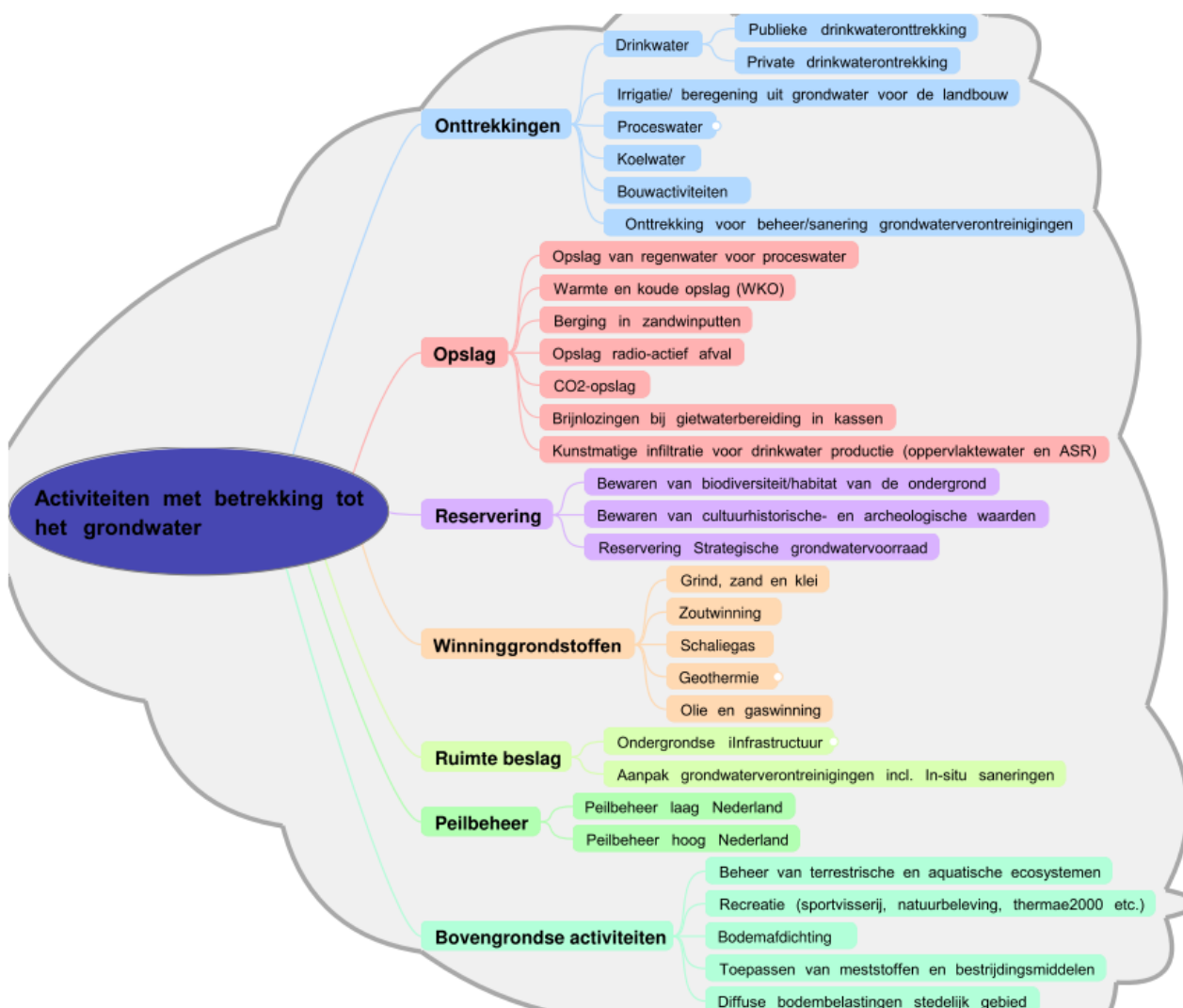
- Grondwater herbergt een eigen ecosysteem dat deel uitmaakt van de aardse biodiversiteit
- De ondergrond en de grondwatersystemen voorzien in een habitat voor een biodivers bodemleven (qua omvang minder in vergelijking met de toplaag of bodem. Maar niet met een lagere biodiversiteit, en door het volume toch omvangrijk), dat bijvoorbeeld voorziet in nog onontgonnen genetisch materiaal voor productontwikkeling in de life sciences.

² Zie ook opmerkingen met betrekking tot deze dienst in bijlage A

2.3 Inventarisatie van activiteiten

Centraal in deze studie staat hoe we activiteiten (het samenstel van beheer, inrichting, ingrepen en beïnvloeding) in de ondergrond kunnen afwegen. Het gaat daarbij zowel om afwegingen tussen activiteiten onderling, als om afwegingen tegen waarden van de ondergrond. De waarden van de ondergrond worden gevat onder de noemer ecosysteemdiensten. In dit rapport onderscheiden we 31 activiteiten die gebruik maken van de ecosysteemdiensten van het grondwater en de ondergrond of er aanzienlijke invloed op hebben. Er zijn zeven hoofdcategorieën van activiteiten:

1. Onttrekking van grondwater
2. Opslag van water en andere stoffen
3. Reserveringen
4. Winning andere grondstoffen dan water
5. Ruimtebeslag
6. Peilbeheer
7. Bovengrondse activiteiten



Figuur 2.2 Inventarisatie van activiteiten in de ondergrond en het grondwater

De diverse activiteiten worden hieronder kort toegelicht. Het bleek nodig om binnen de hoofdcategorieën nader onderscheid te maken, omdat elk van de activiteiten toch specifieke eisen blijkt te stellen aan de ondergrond en het grondwater. Elk van de nu onderscheiden 31 activiteiten stelt andere eisen aan de ondergrond en op een andere manier gebruik maakt van de ecosysteemdiensten.

2.3.1 *Onttrekking van grondwater*

Qua onttrekkingen is onderscheid gemaakt tussen verschillende vormen van gebruik:

1. Drinkwatervoorziening
2. Irrigatie/beregening uit grondwater ten behoeve van landbouwgewassen
3. Proceswater voor bijvoorbeeld de voedingsindustrie
4. Koelwater
5. Bouwactiviteiten, zoals bronbemalingen
6. Onttrekking ten behoeve van beheer en saneringen van grondwaterverontreinigingen

Bij elk van deze activiteiten wordt grondwater onttrokken, maar zowel de eisen aan de kwaliteit en de hoeveelheid water, als bijvoorbeeld de periode van onttrekkingen verschillen sterk tussen de activiteiten onderling. Voor 2 typen onttrekkingen zijn in 2013 *factsheets* gemaakt, te weten 1. Winning grondwater voor drinkwater en 2. Beregening uit grondwater (zie hoofdstuk 4)

2.3.2 *Opslag van water en andere stoffen*

Qua opslag of berging van stoffen in de ondergrond zijn 7 activiteiten onderscheiden:

7. Opslag van regenwater voor proceswater
8. Warmte en koude opslag
9. Berging van (verontreinigd) sediment of afvalstoffen in zandwinputten
10. Opslag van radioactief afval
11. CO₂-opslag
12. Brijnlozingen bij gietwaterbereiding in kassen
13. Kunstmatige infiltratie voor drinkwaterproductie, zowel als oppervlaktewater infiltratie in bijvoorbeeld de duinen, als in diepinfiltratie in aquifers (ASR).
14. *Natural Water Retention Measures*; opslag van water in bovenstroomse gebieden om waterbeschikbaarheid in de zomer te garanderen en overstromingsrisico's te beperken (Bergen aan de bron)

Bij opslag wordt water of een andere stof tijdelijk opgeslagen en mogelijk later weer onttrokken. Voor de activiteiten 8. WKO, 10 Radioactief afval en 12 Brijnlozingen zijn in 2013 *factsheets* gemaakt (zie hoofdstuk 4).

2.3.3 *Reserveringen*

Wat betreft reserveringen is onderscheid gemaakt in:

15. Bewaren van biodiversiteit/habitat van de ondergrond
16. Bewaren van cultuurhistorische en archeologische waarden
17. Reservering strategische grondwatervoorraden

Dergelijke reserveringen worden op dit moment meestal impliciet gemaakt in Nederland maar nog niet als zodanig vastgelegd. Dat is overigens wel het geval voor archeologische waarden. In 2013 zijn van deze reserveringen nog geen *factsheets* gemaakt

2.3.4 *Winning andere grondstoffen dan water*

Er zijn 5 activiteiten van winning van grondstoffen

18. Winning van grind, zand en klei
19. Zoutwinning

20. Schaliegaswinning (inclusief gebruik grondwater als proceswater)
 21. Olie- en gaswinning
 22. Geothermie, in Nederland in het algemeen diepe geothermie
- In 2013 zijn van deze categorieën nog geen *factsheets* gemaakt

2.3.5 Ruimtebeslag

Onder de categorie ruimtebeslag zijn vormen van gebruik opgenomen die weliswaar ruimtelijke claim in de ondergrond leggen, maar niet voor tijdelijke opslag zijn bedoeld zoals de activiteiten 7 t/m 14. Hieronder vallen:

23. Ondergrondse infrastructuur en gebouwen
24. Aanpak grondwaterverontreiniging, incl. in-situ saneringen

De ruimtelijk claim van activiteit 24 betreft bijvoorbeeld de ruimte die een verontreinigingspluim inneemt en waarvoor een beheersysteem actief is of een monitoring systeem voor van een stabiele eindsituatie. Voor activiteit 24. Aanpak grondwaterverontreiniging is in 2013 een *factsheet* gemaakt.

2.3.6 Peilbeheer

Beheer van oppervlaktewaterpeilen heeft grote invloed op grondwaterstroming, draagkracht van de ondergrond en is daarmee een belangrijke activiteit met invloed op ecosysteemdiensten van het grondwater en de ondergrond. Peilbeheer in diepe polders zou ook als onttrekking kunnen worden gezien, maar is hier als aparte activiteit benoemd vanwege het grote ruimtebeslag in westelijk Nederland.

25. Peilbeheer laag Nederland
26. Peilbeheer hoog Nederland

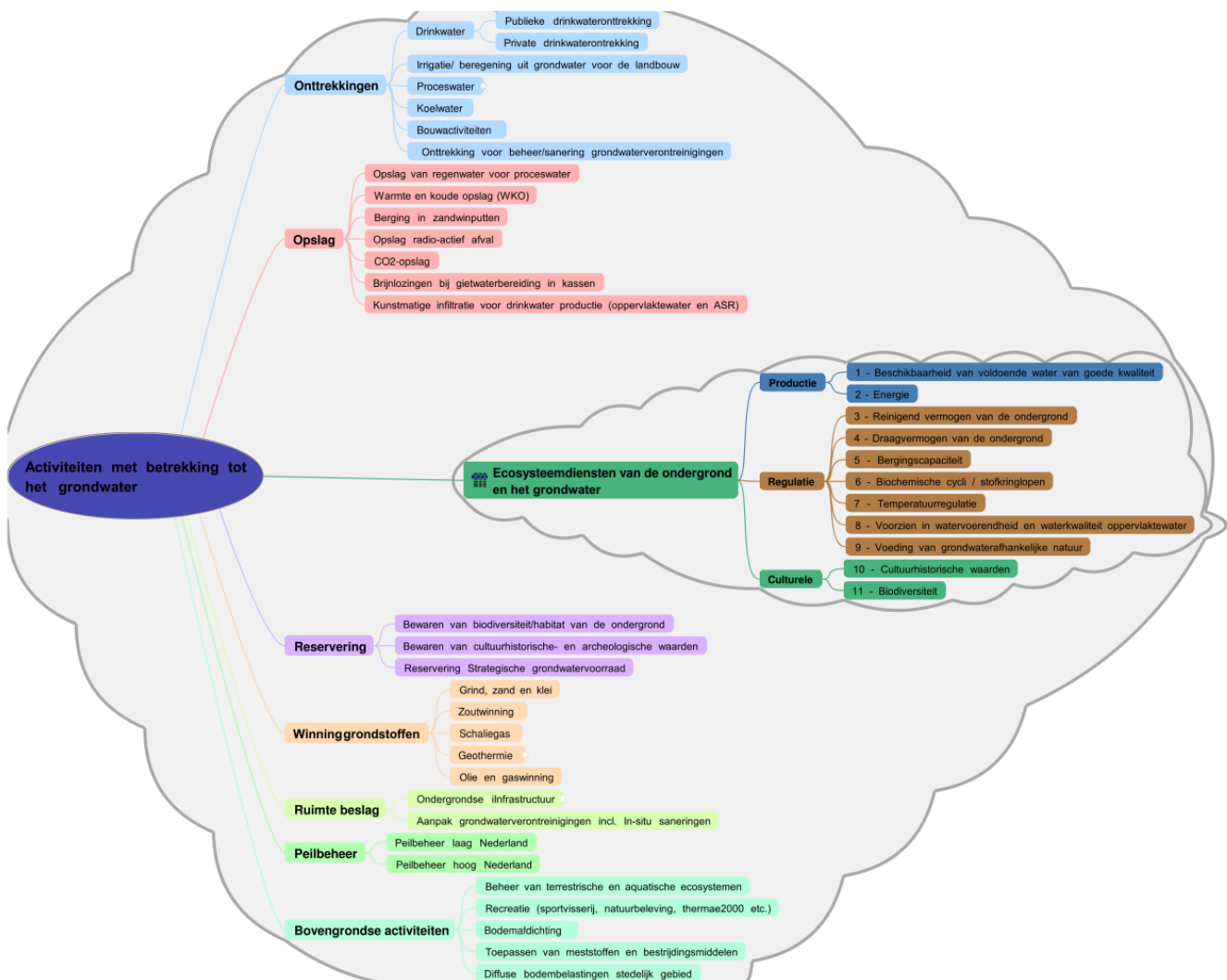
Onder peilbeheer wordt niet alleen drainage van landbouwgronden en ontwatering van stroomgebieden en polders gevat maar ook de wateraanvoer en inlaat van gebiedsvreemd water die mogelijk weer tot infiltratie naar het grondwater kan leiden. Van 25. Peilbeheer Laag Nederland is een *factsheet* gemaakt in 2013.

2.3.7 Bovengrondse activiteiten

Het is nodig bovengrondse activiteiten te beschouwen bij een inventarisatie van ecosysteemdiensten van het grondwater en de ondergrond, omdat ze deze ecosysteemdiensten soms beïnvloeden en omdat ze invloed hebben op andere activiteiten die we in de ondergrond willen ondernemen. Een duidelijk voorbeeld is de uitspoeling van meststoffen die het grondwater tot op grote diepte beïnvloedt, waardoor onttrekking van grondwater voor de levering van drinkwater bemoeilijkt wordt. De volgende 5 bovengrondse activiteiten zijn daarom onderscheiden:

27. Beheer terrestrische/aquatische ecosystemen
28. Recreatie (sportvisserij, natuurbeleving, thermie2000)
29. Bodemafdichting
30. Toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen
31. Diffuse bodembelasting stedelijk gebied

Van de activiteiten 27. Beheer ecosystemen en 30. Toepassen meststoffen zijn in 2013 *factsheets* gemaakt.



Figuur 2.3 Relaties tussen activiteiten en ecosysteemdiensten en activiteiten onderling

2.4 Relaties tussen activiteiten en ecosysteemdiensten en activiteiten onderling

Om inzichtelijk te maken wat het belang is van ecosysteemdiensten voor de verschillende activiteiten, is voor elke activiteit nagegaan:

- 1 welke ecosysteemdiensten worden benut door de activiteit;
- 2 welke invloed een activiteit heeft op de waarden van ecosysteemdiensten van het grondwater en de ondergrond (winst of verlies of beide);
- 3 welke activiteiten elkaar uitsluiten en of negatief beïnvloeden elkaar negatief; met andere woorden: concurreren de activiteiten om dezelfde ecosysteemdiensten?

Het resultaat van deze uitwerking is gedaan in drie verschillende kruistabellen die in hoofdstuk 3 worden toegelicht. Het maken van deze kruistabellen heeft tijdens het onderzoek bijgedragen aan het scherp maken van de omschrijving van de ecosysteemdiensten en daarmee aan een consistente uitwerking van de activiteiten in *factsheets* (zie toelichting in paragraaf 2.5 en hoofdstuk 4). Onderdelen van deze kruistabellen zijn ook opgenomen in de *factsheets*.

2.5 Uitwerking per activiteit in *factsheets*

In 2013 zijn negen activiteiten uitgewerkt in *factsheets*: De *factsheets* zijn technisch-inhoudelijk en dienen om een overzicht te genereren dat kan helpen afwegingen beter te maken en de duurzame benutting van ecosysteemdiensten van het grondwater en de

ondergrond te optimaliseren. De aanpak bouwt conceptueel voor op zogenaamde *assessment frameworks* die door Ranganathan (2008) zijn opgesteld voor het uitwerken van de impact van activiteiten op ecosysteemdiensten en de afhankelijkheid van ecosysteemdiensten om die activiteiten te kunnen uitvoeren. In de *factsheets* wordt achtereenvolgens op de volgende zaken ingegaan:

In de *factsheets* wordt achtereenvolgens op de volgende aspecten ingegaan:

1. een technische beschrijving gegeven van de activiteit en een beknopte beschrijving van de vigerende regelgeving;
2. een overzicht van de ruimtelijke dimensies van de activiteit (horizontaal en verticaal) en de temporele invloed van de activiteit (gebruiksfase en herstelfase na beëindiging);
3. de ecosysteemdiensten die de activiteit benut (van de 11 die in totaal zijn onderscheiden);
4. de eisen van de activiteit aan de kwaliteit en kwantiteit van de fysieke omgeving;
5. de invloed (impact) die de activiteit heeft op deze en andere ecosysteemdiensten van het grondwater en de ondergrond en of daar mogelijk een afweging nodig is;
6. of er een potentiële afweging nodig is ten opzichte van andere activiteiten omdat ze gebruik maken van dezelfde ecosysteemdienst of een relevante ecosysteemdienst negatief beïnvloeden;
7. de verwachte toekomstige ontwikkelingen van de activiteit
8. regionale verschillen wat betreft het vóórkomen van de activiteit of de aard van de effecten
9. beschikbare kennis en informatie over het onderwerp door middel van relevante literatuur en web verwijzingen

In de onderdelen 3, 5 en 6 van de *factsheets* wordt gebruik gemaakt van de kruistabellen uit hoofdstuk 3.

Naast de beschrijving van de verschillende ecosysteemdiensten is ook een beschrijving gegeven van de verschillende grondwaterlichamen en grondwatertypen in Nederland. Dit omdat niet al het grondwater in Nederland dezelfde kwaliteit heeft en de al aanwezige kwaliteit van grote invloed is op het al dan niet kunnen benutten van een bepaalde dienst.

De *factsheets* zijn opgenomen als bijlage C bij dit rapport.

3 Uitwerking in kruistabellen

3.1 Kruistabel 1: van welke ecosysteemdiensten maken de activiteiten gebruik?

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de ecosysteemdiensten waarvan de activiteiten gebruik maken. Daarbij is de term 'gebruik maken van' ruim geïnterpreteerd in de zin van dat als de ecosysteemdienst er niet zou zijn de activiteit niet langdurig mogelijk zou zijn.

De legenda is als volgt:

- J = activiteit maakt gebruik van de ecosysteemdienst
- N = activiteit maakt geen gebruik van de ecosysteemdienst
- ? = onduidelijk of de activiteit gebruik maakt van de ecosysteemdienst

De scores van in de kruistabellen worden gebruikt in de *factsheets* en worden daar herhaald. In de *factsheets* is een uitgebreide toelichting te vinden voor de scores in deze tabel voor de specifieke activiteit die is beschreven.

3.2 Kruistabel 2: hoe worden ecosysteemdiensten beïnvloed door de activiteit

Kruistabel 2 geeft een overzicht van de beïnvloeding van ecosysteemdiensten door de activiteiten in de boven- en ondergrond. Deze invloed kan zowel positief als negatief zijn. Een invloed wordt als negatief beoordeeld als een ecosysteemdienst in zekere mate "wordt opgebruikt" door een activiteit. Bijvoorbeeld: WKO gebruikt een deel van de ondergrondse ruimte op die daardoor niet door andere activiteiten kan worden gebruikt. De legenda is als volgt:

- + = positieve invloed van activiteit op het in stand houden of vergroten van de ESD
- - = negatieve invloed van activiteit op ESD (vermindering dienst)
- +/- zowel positieve als negatieve invloed mogelijk, afhankelijk van tijdsschaal of invalshoek
- O = geen positieve en/of negatieve invloed van de activiteit
- ? = onbekend,
- (?) achter een ander teken zoals een +(?) dan is het effect onzeker.

De scores van in de kruistabellen worden gebruikt in de *factsheets* en daar herhaald. In de *factsheets* is een uitgebreide toelichting te vinden voor de scores in deze tabel voor de specifieke activiteit die is beschreven.

3.3 Kruistabel 3: Hoe beïnvloeden activiteiten elkaar onderling

In Kruistabel 3 is aangegeven of activiteiten elkaar mogelijkerwijs uitsluiten of onderling negatief beïnvloeden, waardoor een afweging tussen de activiteiten noodzakelijk is. Deze tabel is alleen ingevuld voor activiteiten die zijn uitgewerkt in een *factsheet*. De legenda is als volgt:

- U = activiteiten sluiten elkaar *uit* als ze in zelfde dieptetraject plaatsvinden
- B = *bekend* dat afweging noodzakelijk is omdat activiteiten elkaar sterk negatief beïnvloeden (internationale of nationale voorbeelden beschikbaar)
- W = activiteiten beïnvloeden elkaar waarschijnlijk negatief (expert judgement); afweging in individuele gevallen noodzakelijk
- N = activiteiten beïnvloeden elkaar waarschijnlijk niet (individuele afweging vaak niet nodig)
- ? = onduidelijk of er een afweging noodzakelijk is.

De tabel geeft dus een direct overzicht van de activiteiten waarvoor afwegingen noodzakelijk zijn. In de *factsheets* zijn deze afwegingen nader uitgewerkt en zijn de scores uitgebreid toegelicht..

Kruistabel 1

Activiteit	Specifieke activiteit	Ecosysteemdienst ondergrond en grondwater										
		1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	2 - Energie	3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	4 - Draagvermogen van de ondergrond	5 - Bergingscapaciteit	6 - Biochemische cyclus (regulering hoofdelementen)	7 - Temperatuursregulatie	8 - Voorzien watervoerendeheid en waterkwaliteit oppervlaktewater	9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	10 - Cultuurhistorische waarden	11 - Biodiversiteit
Onttrekkingen	Drinkwater	J	N	J	N	N	J	J	N	N	N	N
	Irrigatie uit grondwater	J	N	J	N	N	N	N	N	N	N	N
	Proceswater	J	N	J	N	N	J	J	N	N	N	N
	Koelwater	J	J	N	N	N	J	J	N	N	N	N
	Bouwactiviteiten	N	N	N	J	N	N	N	N	N	N	N
	Beheer, sanering grondwaterverontreinigingen	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Opslag	Opslag van regenwater voor proceswater	N	N	N	N	J	N	N	N	N	N	N
	Warmte en koude opslag	N	J	N	N	J	N	J	N	N	N	N
	Berging van (verontreinigd) sediment of afvalstoffen in zandwinputten	N	N	J	N	J	N	N	N	N	N	N
	Opslag radio-actief afval	N	N	J	N	J	N	N	N	N	N	N
	CO ₂ -opslag	N	N	N	N	J	N	J	N	N	N	N
	Brijnlozingen	J	N	N	N	J	N	N	N	N	N	N
	Kunstmatige infiltratie voor drinkwaterproductie (ASR)	J	N	J	N	J	N	J	J	N	N	N
Reserveringen	Bewaren van biodiversiteit/habitat van de ondergrond	N	N	N	N	N	J	J	J	J	N	J
	Bewaren van cultuurhistorische en archeologische waarden	N	N	N	N	N	J	J	J	N	J	N
	Reservering strategische grondwatervoorraden	J	N	J	N	J	J	J	N	N	N	N
Winning grondstoffen	Grind, zand en klei	N	N	N	J	N	N	N	N	N	N	N
	Zoutwinning	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Schaliegaswinning (incl. gebruik grondwater als proceswater)	J	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Olie- en gaswinning	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Geothermie	J	J	N	N	N	N	J	N	N	N	N
Ruimte beslag	Ondergrondse infrastructuur	N	N	N	J	N	N	N	N	N	N	N
	in-situ saneringen	N	N	J	N	N	J	N	J	N	N	N
Peilbeheer	Peilbeheer laag Nederland	N	N	N	N	J	N	N	J	N	N	N
	Peilbeheer hoog Nederland	J	N	N	N	J	N	N	N	N	N	N
Bovengrondse activiteiten	Beheer terrestrische/aquatische ecosystemen	J	N	J	N	J	J	J	J	J	N	J
	Recreatie (sportvisserij, zwembad, natuurbeleving, thermale2000)	J	N	N	N	N	N	J	J	J	J	J
	Bodemafdicthting	N	N	N	J	N	N	N	N	N	N	N
	Toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen	N	N	J	J	N	J	N	N	N	N	N
	Diffuse bodembelasting stedelijk gebied	N	N	J	N	N	J	N	N	N	N	N

Legenda J activiteit maakt gebruik van de ecosysteemdienst
N activiteit maakt geen gebruik van de ecosysteemdienst
? onduidelijk of de activiteit gebruik maakt van de ecosysteemdienst

Kruistabel 2

		Ecosysteemdiensten van grondwater en ondergrond												
Activiteit	Specifieke activiteit	1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	2 - Energie	3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	4 - Draagvermogen van de ondergrond	5 - Bergingscapaciteit	6 - Biochemische cyclus (regulering hoofdcomponenten)	7 - Temperatuursregulatie	8 - Voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater	9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	10 - Cultureelhistorische waarden	11 - Biodiversiteit		
Onttrekkingen	Drinkwater	-	o	o	o	-	o	o	-	-	o	o		
	Irrigatie uit grondwater	-	o	-	o	-	o	+/-	-	-	-	o		
	Proceswater	-	o	o	o	o	o	o	-	-	o	o		
	Koelwater	-	o	o	o	-	o	+/-	-	-	o	o		
	Bouwactiviteiten	-	o	o	+/-	-	o	o	-	-	-	o		
	Onttrekking tbv beheer en saneringen grondwaterverontreinigingen	-	o	o	o	-	o	o	-	-	o	+/-		
Opslag	Opslag van regenwater voor proceswater	-	o	o	o	-	o	o	+	o	o	o		
	Warmte en koude opslag	-	+/-	?	o	-	o	+/-	o	o	o	?		
	Berging van (verontreinigd) sediment of afvalstoffen in zandwinputten	-	o	-	o	-	o	o	o	o	o	o		
	Opslag radio-actief afval	-	o	o	o	o	o	o	-	o	o	o		
	CO ₂ -opslag	?	o	o	o	-	o	o	o	o	o	o		
	Brijnlozingen	-	o	-	o	-	o	o	o	o	o	o		
	Kunstmatige infiltratie voor drinkwaterproductie (ASR)	+/-	o	-	o	-	o	o	+	o	o	o		
Reserveringen	Bewaren van biodiversiteit/habitat van de ondergrond	o	o	+	o	-	+	o	o	o	+	+		
	Bewaren van cultureelhistorische en archeologische waarden	o	o	o	o	-	o	o	o	o	+	o		
	Reservering strategische grondwatervoorraden	+	o	o	o	-	o	o	+	+	o	+		
Winning grondstoffen	Grind, zand en klei	-	o	o	-	+/-	o	o	o	o	-	-		
	Bruinkoolwinning Naar Duits voorbeeld	-	-	-	-	+/-	o	o	-	-	-	-		
	Zoutwinning	o	o	o	-	+/-	o	o	o	o	o	o		
	Schaliegaswinning (incl. gebruik grondwater als proceswater)	-	-	-	?	-	o	o	-	o	o	o		
	Olle- en gaswinning	o	-	-	-	+/-	o	o	o	o	o	o		
	Geothermie	o	-	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
Ruimtebeslag	Ondergrondse infrastructuur	o	o	o	o	o	o	o	-	+/-	-	o		
	aanpak grondwaterverontreiniging, incl. in-situ saneringen	+/-	o	-	o	-	o	o	o	+/-	o	o		
Peilbeheer	Peilbeheer laag Nederland	+/-	o	o	+/-	+/-	+/-	+/-	o	+/-	+/-	o		
	Peilbeheer hoog Nederland	+/-	o	o	+/-	+/-	o	+/-	+/-	+/-	+/-	o		
Bovengrondse activiteiten	Beheer terrestrische/aquatische ecosystemen	+	o	o	o	o	+	+	+	+	o	+		
	Recreatie (sportvisserij, natuurbeleving, thermie2000)	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o		
	Bodemafdeling	-	o	-	o	o	o	o	o	-	o	-		
	Toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen	-	o	-	o	o	-	o	-	-	o	-		
	Diffuse bodembelasting stedelijk gebied	-	o	-	o	o	-	o	-	-	o	-		
Legenda		+	positieve invloed van activiteit op het instandhouden of vergroten van de ESD											
		-	negatieve invloed van activiteit op ESD (vermindering dienst)											
		+/-	zowel pos. als neg. invloed, afhankelijk van tijdschaal of invalshoek											
		o	geen positieve en/of negatieve invloed van de activiteit											
		?	onbekend, of in geval van (?) achter een ander teken zoals een + (?) dan is het effect onzeker											

Kruistabel 3

Voorgenomen activiteit	Specifieke voorgenomen activiteit	Drinkwater	Irrigatie uit grondwater	Proceswater	Koelwater	Bouwactiviteiten	Beheer/sanering grondwaterverontreinigingen	Opslag van regenwater voor proceswater	Warmte en koude opslag	Berging van (verontreinigd) sediment of afvalstoffen in zandwinputten	Opslag radio-actief afval	CO2-opslag	Brijnlozingen	Kunstmatige infiltratie voor drinkwaterproductie (ASR)	Bewaren van biodiversiteit/habitat van de ondergrond	Bewaren van cultuurhistorische en archeologische waarden	Reservering strategische grondwatervoorraden	Grind, zand en klei	Zoutwinning	Schaliegaswinning	Olle- en gaswinning	Geothermie	Ondergrondse infrastructuur	In-situ saneringen	Peilbeheer laag Nederland	Peilbeheer hoog Nederland	Beheer terrestrische/aquatische ecosystemen	Recreatie	Bodemafdeling	Toepassen meststoffen en bestrijdingsmiddelen	Diffuse bodembelasting	
Onttrekkingen	Drinkwater	W	W	W	N	W	W	W	B	W	W	W	N	N	N	W	U	W	W	W	N	N	W	W	B	B	B	W	W	B	B	
	Irrigatie	W	W	W	N	W	W	W	W	N	N	N	N	N	N	N	W	U	N	N	N	N	N	W	W	B	B	B	W	W	B	B
	Proceswater																															
	Koelwater																															
	Bouwactiviteiten																															
	Beheer, sanering grondwaterverontreinigingen																															
Opslag	Opslag van regenwater voor proceswater																															
	Warmte en koude opslag	B	W	W	N	W	W	W	N	N	N	N	W	W	W	N	U	N	N	N	N	N	N	W	W	N	N	N	N	N	N	N
	Berging van (verontreinigd) sediment of afvalstoffen in zandwinputten	B	N	N	N	N	N	N	N	N	N	W	N	N	N	N	W	N	U	W	W	W	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Opslag radio-actief afval	B	N	N	N	N	N	N	N	N	N	W	N	N	N	N	W	N	U	W	W	W	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	CO2-opslag	W	N	N	N	N	N	B	W	N	N		W	N	N	W		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Brijnlozingen	W	N	N	N	N	N	B	W	N	N		W	N	N	W		N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Kunstmatige infiltratie voor drinkwaterproductie (ASR)																															
Reserveringen	Bewaren van biodiversiteit/habitat van de ondergrond																															
	Bewaren van cultuurhistorische en archeologische waarden																															
	Reservering strategische grondwatervoorraden	W	U	W	W	N	W	W	W	N	W	N	N	N	N	N		N	N	W	N	N	N	W	N	W	N	N	N	W	W	W
Winning grondstoffen	Grind, zand en klei																															
	Zoutwinning																															
	Schaliegaswinning (incl. gebruik grondwater als proceswater)																															
	Olle- en gaswinning																															
	Geothermie																															
Ruimte beslag	Ondergrondse infrastructuur																															
	in-situ saneringen	B	W	W	N	W	N	U	W	N	N	N	N	U	W	W	U	N	N	N	N	N	N	W		N	N	W	W	N	N	W
Peilbeheer	Peilbeheer laag Nederland	N	N	N	N	N	N	N	W	W	N	N	W	W	N	B	N	W	N	N	N	N	N	B	W		N	B	B	B	B	B
	Peilbeheer hoog Nederland																															
Bovengrondse activiteiten	Beheer terrestrische/aquatische ecosystemen	B	B	W	W	W	N	N	N	W	N	N	N	B	N	N	N	W	N	N	N	N	B	W	B	B		N	W	B	N	N
	Recreatie																															
	Bodemafdeling																															
	Toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen	B	W	W	N	N	N	N	N	N	N	N	N	B	W	N	B	N	N	N	N	N	N	N	N	B	B	B	W	N	N	N
	Diffuse bodembelasting stedelijk gebied																															

Legenda U = activiteiten sluiten elkaar uit als ze in zelfde dieptetraject plaatsvinden

B = bekend dat afweging noodzakelijk is omdat activiteiten elkaar sterk negatief beïnvloeden (internationale of nationale voorbeelden beschikbaar)

W = activiteiten beïnvloeden elkaar waarschijnlijk negatief (expert judgement); afweging in individuele gevallen noodzakelijk

N = activiteiten beïnvloeden elkaar waarschijnlijk niet (individuele afweging vaak niet nodig)

? we hebben echt geen idee :)



4 Uitwerking in *factsheets*

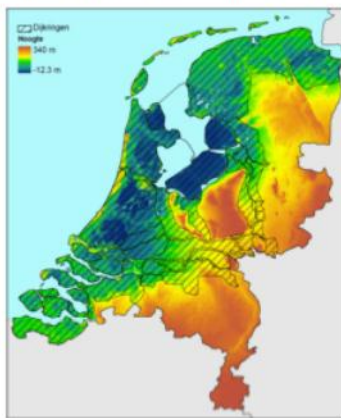
De *factsheets* zijn beschikbaar in een aparte bijlage bij dit rapport (bijlage C). Daarin zijn de volgende activiteiten uitgewerkt:

1. Winning van grondwater voor drinkwater
2. Berekening uit grondwater
3. Warmte Koude Opslag
4. Onttrekken grondwater i.c.m. brijnlozingen
5. Ondergrondse eindberging van radioactief materiaal
6. Toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen
7. Beheer terrestrische en aquatische ecosystemen
8. Peilbeheer Laag Nederland
9. Aanpak Grondwaterverontreiniging

FACT SHEET PEILBEHEER LAAG NEDERLAND

Omschrijving activiteit

Laag Nederland wordt beschermd tegen overstromingen door dijken (Figuur 1). De inrichting van Laag Nederland wordt gekenmerkt door polders en droogmakerijen (diepe kleipolders), die lager liggen dan het omringende water. De (grond)waterstanden in de polders worden kunstmatig beheerd door het afvoeren (bemalen) en aanvoeren (inlaten) van oppervlaktewater via het hoger gelegen boezemwatersysteem of de rivieren. Binnen polders kunnen door middel van stuwen en kleinschalige bemaling ook verschillende waterpeilen worden gehanteerd. Het kunstmatig beheren van waterpeilen heet peilbeheer.



Figuur 1: hoogteligging laag Nederland

Uitgangspunten voor peilbeheer worden door Provincies vastgesteld in provinciale waterplannen. Waterschappen geven hier nadere invulling aan. Peilbeheer wordt afgestemd op de functies in een gebied. Waterschappen stellen waterpeilen voor zowel landelijk als stedelijk gebied vast in peilbesluiten en voeren het peilbeheer uit. (Art. 5.2 Waterwet)

In stedelijke gebieden worden over het algemeen vaste waterpeilen gehanteerd, enerzijds om wateroverlast (natte kelders) te voorkomen en anderzijds om rotting van houten funderingen tegen te gaan. Paalrot treedt vooral op bij sterk fluctuerende grondwaterstanden.

De agrarische functie verlangt lage waterpeilen in het winterseizoen, zodat hevige pieken in regenval tijdelijk geborgen en snel afgevoerd kunnen worden. In de zomer worden hogere waterpeilen gehanteerd, door het inlaten van water, zodat voldoende water voor gewassen beschikbaar is. Vooral voor gevoelige gewassen zoals bloembollen is een strikt peilbeheer noodzakelijk om schade te voorkomen.

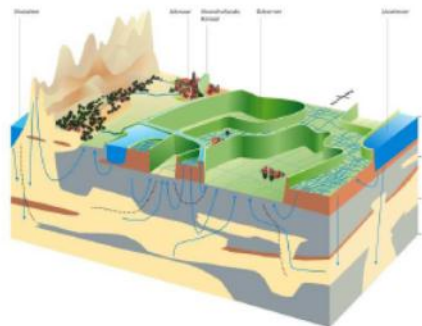
De natuurfunctie in laag Nederland (natte natuur) vraagt juist om hoge waterpeilen gedurende het hele jaar. Dit heeft

tot gevolg dat natuurgebieden vaak een ander peil hebben dan de omringende landbouwgebieden.

Eigenschappen: ruimtelijke en temporele impact

Peilbeheer heeft op verschillende manieren invloed op de ondergrond en het grondwater.

Door het verschil in waterpeilen, zoals tussen hoger gelegen veenpolders en diepe droogmakerijen treedt infiltratie (inzijging) op vanuit de gebieden met een hoger peil naar gebieden met een lager peil (Figuur 2). Bovendien staan diepe polders ook onder invloed van kwel uit dieper grondwater. Als daar geen water meer zou worden afgevoerd, zouden de diepe polders vollopen. Met het reguleren van waterpeilen kan de mate van injijging en kwel beïnvloed worden. Zo heeft peilbeheer tot op grote diepte effect, soms wel tot 100 m of dieper. Omdat peilbeheer overal uitgevoerd wordt is de ruimtelijke impact horizontaal wijdverbreid. (Tabel 1)



Figuur 2: Overzicht van de effecten van peilbeheer op grondwaterstroming in Laag Nederland. Vanuit hogere polders en boezemwater infiltreren water en in de droogmakerijen en diepe polders kwelt water op, zoet water aan de randen en zout water in het midden van de polders. (Deltares wiki)

Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5 m	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km ²)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Aspecten	chemisch		fysisch		biologisch	

Tabel 1 ruimtelijke en temporele impact van de activiteit

Het water dat infiltreert vanuit agrarisch gebied en vanuit oppervlaktewater is veelal verontreinigd met nutriënten en bestrijdingsmiddelen, waardoor verontreiniging van het grondwater kan optreden. Dit gebeurt met name onder hogere polders en boezemwateren waar water diep kan

5 Opzetten en toepassen van een afwegingsmethodiek (deel 2 van de studie)

5.1 Eerste gedachten over een afwegingsmethodiek

Voor het afwegen of nieuwe of bestaande activiteiten samen gaan en duurzame benutting van ecosysteemdiensten mogelijk is, is een bepaalde methodiek nodig. De eerste gedachten wat betreft het opzetten van een afwegingsmethodiek gaan uit van een vijf-stappen aanpak. Met die aanpak is proef gedraaid op de workshop op 1 oktober (zie ook paragraaf 5.3).

De voorgestelde 5 stappen zijn:

1. Identificeren mogelijke onderlinge beïnvloeding en conflicten
 - Activiteit versus activiteit
 - Activiteit versus ecosysteemdiensten
2. Opstellen conceptueel model dat de interacties beschrijft
 - In beeld brengen ruimtelijke en temporele uitstraling van de beoogde activiteit
 - Welke data of informatie is nog nodig en niet direct beschikbaar?
 - Is er een numeriek model nodig?
 - Is het gewenst om scenario's uit te werken?
3. Prioriteitstelling
 - Bestuurlijke inbreng, wat is de activiteit waard in relatie tot andere
 - Wat is het nut en de noodzaak van een beoogde activiteit?
 - Algemene of regionale verdringingsreeks?
 - Hoe waarderen we de verschillende gebruiksvormen in relatie tot de betrokken ecosysteemdiensten
 - Hoeveel verslechtering van een ecosysteemdienst is bestuurlijk acceptabel?
4. Scenario's uitwerken
 - Kosten/baten
 - Ruimtelijke en temporele uitwerking diverse varianten
5. Inspraak en beslissing.

In het voorgestelde stappenplan zijn de stappen 1 en 2 feitelijk technisch-inhoudelijk. Stap 1 hebben we in generieke zin uitgewerkt in de systematiek van de kruistabellen (hoofdstuk 3) en *factsheets* (hoofdstuk 4). Stap 2 gaat verder en is meer gebiedspecifiek. Kunnen we een conceptueel model opstellen van de interacties in het gebied, hebben we dan genoeg gegevens om onderlinge beïnvloeding te kwantificeren?, etcetera.

In stap 3 komen beleidskeuze aan de orde en is bestuurlijke inbreng noodzakelijk om prioriteiten te stellen. Om beleidskeuzes te kunnen maken moeten de algemene en gebiedspecifieke ambities bekend zijn, zoals in paragraaf 5.2 wordt aangestipt.

Stap 4 omschrijft de acties die nodig zijn om de gevolgen van bepaalde prioriteitstellingen in beeld te brengen en te kwantificeren. Vaak zijn scenario-analyses nodig, al dan niet in combinatie met numerieke modellen en kosten-baten analyses. Van alternatieve varianten kunnen de effecten op de relevante ecosysteemdiensten worden gekwantificeerd.

Stap 5 geeft dan het bestuurlijke proces weer tot aan de feitelijke beslissing.

Er zijn verschillende soorten afwegingen mogelijk, waarvan twee belangrijke typen zijn:

- Afwegingen voor individuele vergunningsaanvragen van een bepaalde specifieke activiteit
- Afwegingen in een meer Ruimtelijke Ordening context waarin wordt gestreefd naar optimale duurzame benutting van het grondwater en de ondergrond voor een groter gebied waarbij een scala aan activiteiten wordt betrokken.

De uitwerking van de 5 stappen zal voor beide soorten afwegingen duidelijk verschillen. In het eerste type afweging zou het goed zijn als in een regionaal visiedocument de verschillende ecosysteemdiensten al zijn geïnventariseerd en gewaardeerd, zodat lokale vergunningsverlening kan voortbouwen op het technisch-inhoudelijke inzicht dat al op regionale schaal is opgebouwd. De uitwerking van de relaties tussen ecosysteemdiensten en activiteiten in de ondergrond, zoals in de hoofdstukken 2 t/m 4 uitgewerkt, zal met name ondersteunend zijn voor het tweede type afwegingen en een basis zijn voor structuurvisies, bestemmingsplannen en daarop gebaseerde specifieke afwegingen voor lokale vergunningsaanvragen.

5.2 Relatie met het visiedocument

In deze studie is geprobeerd om aansluiting en afstemming te bereiken met een Visiedocument Grondwater waarin vanuit het Rijk ambities voor grondwaterbeheer worden verkend (Lijzen et al., in prep.). Het vormgeven van die ambities hoort in het stappenplan thuis in stap 3: prioriteitsstelling. De belangrijkste ambities uit het Visiedocument (versie September 2013) worden hieronder kort samengevat.

De centrale ambitie voor het grondwater genoemd in het visiedocument is:

- Het kunnen benutten van producerende, regulerende en culturele ecosysteemdiensten (ESD) in de grondwaterlaag door activiteiten, waarbij de kwaliteit en kwantiteit van het grondwater (en de ondergrond) duurzaam geschikt is en blijft voor deze ecosysteemdiensten en andere ecosysteemdiensten buiten de grondwaterlaag niet worden belemmerd.

Als uitwerking van de centrale ambitie voor het grondwater zijn op nationaal niveau de volgende doelstellingen voor het grondwater voorgesteld:

1. Geen (of beperkte) verandering van het huidige of natuurlijke niveau van een bepaalde stof (bijvoorbeeld via de doelstelling *standstill* op bepaald schaalniveau of het realiseren van goede chemische kwaliteit van het grondwater)
2. Het duurzaam benutten van specifieke ecosysteemdiensten op generiek niveau
3. Voorkomen van directe effecten op de mens.
4. Het in balans brengen van grondwateraanvoer en –afvoer (en vermijden van wateroverlast en watertekort).

In de bovengenoemde doelstellingen is generiek geen hiërarchie aangebracht. Hiërarchie van de doelstellingen is echter wel nodig wil men in een afwegingsmethodiek heldere en transparante keuzes kunnen maken tussen de verschillende activiteiten en ecosysteemdiensten. Dat kan gebiedspecifiek nader worden ingevuld. Het zal in gevallen noodzakelijk zijn te kiezen tussen een *standstill* beginsel of een vaste norm zoals bedoeld onder 1. en een mate van benutting van ecosysteemdiensten, zoals bedoeld onder 2. We kunnen benutting van een ecosysteemdienst prioriteit geven als daar positieve resultaten tegenover staan (zoals bijvoorbeeld betrouwbaar drinkwater) waarbij we accepteren dat we niet aan een norm of *standstill* ambitie kunnen voldoen. De TCB noemde dat in haar advies 'een balans zoeken tussen bescherming en benutting'.

De hiërarchie in doelstellingen en het ambitieniveau kan verschillen tussen verschillende grondwaterlichamen of gebieden. Een afweging op basis van doelstellingen voor het grondwater kan naast generiek en op een grote ruimtelijke schaal of gebiedsniveau worden uitgevoerd. Te denken valt aan een stroomgebied of grondwatervolume met eenzelfde kwaliteit. Bij een dergelijk grootschalig of regionaal afwegingskader kan een differentiatie in de diepte nodig zijn, omdat het ambitieniveau ook voor de verschillende dieptetrajecten kan verschillen.

5.3 Opzet van de workshop van 1 oktober

Op de workshop van 1 oktober is de in dit rapport gevolgde werkwijze gepresenteerd aan een groep van personen die op regionale en lokale schaal betrokken zijn bij afwegingen in de ondergrond (zie bijlage B voor het programma en de deelnemers). Aan hen is feedback gevraagd op de conceptuele indeling Ecosysteemdiensten en de uitwerking in kruistabellen en *factsheets*, ook in relatie met de doelen uit het visiedocument (zie paragraaf 5.2). De resultaten van die generieke discussie worden besproken in paragraaf 5.4. Vervolgens is door middel van de bespreking van een tweetal case studies nagegaan of de methodiek ook concreet toepasbaar is bij afwegingen op een regionale schaal. Over die discussie wordt in paragraaf 5.5 verslag gedaan.

5.4 Feedback op de algemene opzet en resultaten van de studie

De algemene conclusie van de deelnemers van de workshop is dat de uitwerking in ecosysteemdiensten door middel van *factsheets* en kruistabellen een goed hulpmiddel is bij grootschalige afwegingen. Door de uitwerking in ecosysteemdiensten wordt bereikt dat de verschillende diensten van de ondergrond en het grondwater meer in samenhang worden beschouwd. Er ontstaat zo gezegd meer inzicht in de werking van het systeem, en daarmee kunnen ook betere afwegingen worden gemaakt. Een concrete aanwijzing voor het nut van de aanpak is dat de concept *factsheets* inmiddels worden toegepast bij het opstellen van redeneerlijnen voor de Structuurvisie Ondergrond. Daarbij wordt vooral de technisch-inhoudelijke kennis die op toegankelijke wijze wordt ontsloten als een meerwaarde gezien. Door verhoging van het kennisniveau worden afwegingen evenwichtiger.

Tijdens de workshop werd opgemerkt dat we in Nederland er bij diverse vormen van afwegingen weliswaar regels en normen ter beschikking hebben, maar dat bij complexe afwegingen zoals toepassing van grond en bagger in zandwinputten of rond schaliegaswinning bestaande regels en normen maar in beperkte mate helpen. Bij dergelijke complexe afwegingen is behoefte aan inzicht in de werking van het systeem, met name in de mate waarin en de schaal waarop een voorgenomen activiteit ecosysteemdiensten van de ondergrond en grondwater kunnen beperken of sterk in omvang kunnen doen verminderen. Het denken in ecosysteemdiensten kan op die manier bijdragen aan een robuuste, duurzame en verantwoorde implementatie van de EU Grondwaterrichtlijn en een gefundeerde regionale en/of landelijke structuurvisie voor de ondergrond. Het gebruik van het concept van ecosysteemdiensten biedt daarbij ook een communicatiemiddel naar burgers om te verantwoorden waarom een zekere beslissing uiteindelijk is genomen.

Wel was er bij de deelnemers behoefte om de ecosysteemdiensten van grondwater en ondergrond te koppelen aan de ecosysteemdiensten van de bodem en de bovengrond, om te voorkomen dat een verschillende systematiek ontstaat die niet goed matcht. Er is behoefte aan het uniformeren van ecosysteemdiensten, zowel binnen Nederland (tussen de compartimenten bodem, grondwater en oppervlaktewater) als binnen Europa. Dit vergt een harmonisatiestap, waarbij gemeenschappelijke terminologie ontwikkeld moet worden en

afspraken gemaakt moeten worden. In bijlage A van dit rapport wordt hierop nader ingegaan, en voor 2014 is hier een aanvullende activiteit aanbevolen.

Een centrale vraag in de discussie was in hoeverre benutten van de ecosysteemdiensten van de ondergrond in balans kan worden gebracht met het beschermingsdoelstellingen, die nu vaak via principes als “standstill” of “voorkomen van normoverschrijding” worden ingevuld. . Er is voor elke ecosysteemdienst een maatlat nodig om de waarde/omvang te meten. Geconcludeerd werd dat per geval moet worden bekeken in hoeverre de positieve gevolgen van het benutten van een ecosysteemdienst opwegen tegen een verslechtering van dezelfde of een andere ecosysteemdienst. De uiteindelijke prioriteitsstelling blijft daarbij uiteindelijk een bestuurlijke. De meerwaarde van de ontworpen systematiek is vooral dat een integraal overzicht ontstaat van de betrokken ecosysteemdiensten. Dit is in de huidige praktijk niet altijd het geval. Een onttrekking voor drinkwater of anderszins wordt bijvoorbeeld vaak wel geëvalueerd op de mate waarin een grondwaterstandsverlaging optreedt, maar in Nederland zelden op het effect op de watervoerendheid van beken. In welke mate een afname in de watervoerendheid optreedt, in welke periode precies, en welke mate en periode aanvaardbaar worden geacht is een vraag die in een regionale afweging past, en waarop geen generiek antwoord te geven is. Vanuit de workshop komt daarom de aanbeveling om na te gaan hoe de ecosysteemdiensten invalshoek uiteindelijk aanvullend kan worden toegepast in bijvoorbeeld de MER-systematiek en de Watertoets.

Op de vraag of een afweging op basis van ecosysteemdiensten altijd strijdig is met een afweging op basis van normen of vaste doelen, kon geen generiek antwoord worden gegeven. De indruk van de deelnemers is dat het kwantificeren van ecosysteemdiensten ook kan helpen om normen en kwantitatieve doelen te onderbouwen, zodat normstelling en een ecosysteemdiensten-benadering uiteindelijk complementair zijn.

In de discussie wordt geconcludeerd dat ook in een afweging op basis van ecosysteemdiensten behoefte blijft om een vertaling te vinden in heel specifieke, kwantitatief en of economisch geformuleerde doelen. Vaak is dan een tussenstap nodig in de vorm van een conceptueel model van een gebied dat de samenhang tussen de verschillende ecosysteemdiensten duidelijk maakt, en waaraan een aantal kerndoelen kan worden opgehangen, zoals bijvoorbeeld het halen van een minimum-basisafvoer van beken of een minimum mate van grondwateraanvulling.

5.5 Uitwerking in een tweetal cases

In het tweede deel van de workshop is in twee werksessies proef gedraaid met het stappenplan uit paragraaf 5.1. Doel van de werksessies was om na te gaan of het definiëren ESD en activiteiten dat in dit rapport is gepresenteerd bruikbaar is voor afwegingen op een regionale schaal. Een vraag daarbij is hoe afwegingen op basis van normen of *standstill* zich verhouden met afwegingen op basis van een ESD systematiek; pakt dit wezenlijk uit of niet? De volgende twee activiteiten zijn gebruikt voor deze analyse:

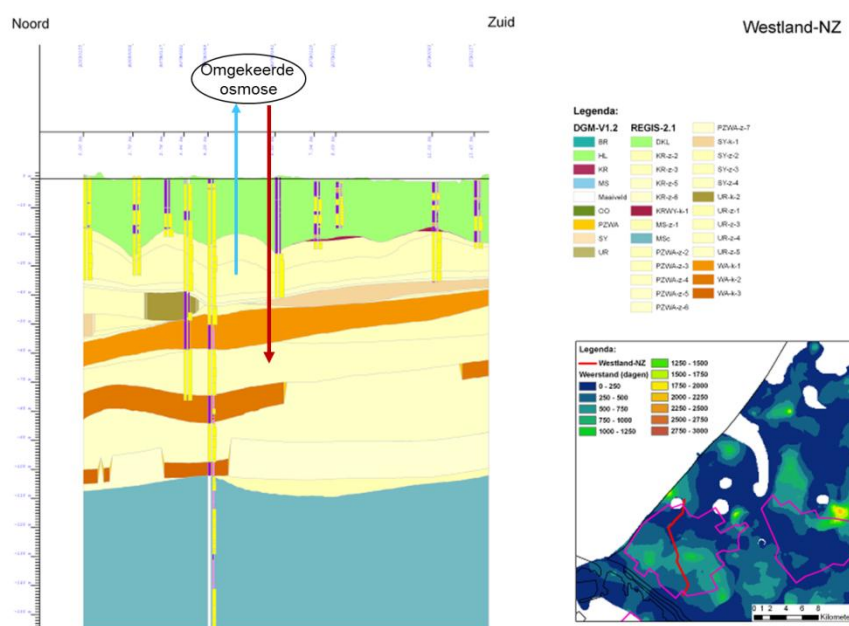
1. Onttrekken grondwater in combinatie met brijnlozingen;
2. Berekening uit grondwater in combinatie met water vasthouden.

Het was nadrukkelijk niet de bedoeling om tijdens de workshop een oplossing aan te dragen voor het specifieke probleem dat voor de case studie is gebruikt, maar veeleer om na te gaan hoe een afweging kan worden aangepakt in een ESD systematiek.

5.5.1 Case 1: Brijnlozingen in combinatie met onttrekken van grondwater

De problematiek van brijnlozingen is beschreven in één van de negen *factsheets* uit hoofdstuk 4. Voor details wordt naar deze *factsheet* verwezen. Figuur 5.1 toont een

dwarsdoorsnede door het Westland waar tuinders omgekeerde osmose gebruiken voor het bereiden van gietwater. Daartoe wordt uit het eerste, licht brakke watervoerende pakket water onttrokken, waaruit via omgekeerde osmose gietwater wordt bereid. Het restproduct, de brijn, wordt op grotere diepte weer geïnjecteerd in het 2^e watervoerend pakket. Het injecteren van brijn wordt bij vergunningverlening normaalgesproken getoetst aan de EU Grondwaterrichtlijn, die eisen stelt aan het voorkomen en beperken van de inbreng van stoffen. Voor het toetsen van de systematiek zijn tijdens de workshop met name de eerste 3 stappen uit het Stappenplan van paragraaf 5.1 doorlopen.



Figuur 5.1 Brijninjectie in het tweede watervoerend pakket na onttrekking van brak water uit het eerste watervoerend pakket en omgekeerde osmose voor de gietwaterbereiding

Stap 1: inventarisatie relevante ecosysteemdiensten

In stap 1 is daarbij nagegaan van welke ecosysteemdiensten de combinatie van onttrekking en brijninjectie gebruik maakt en welke mogelijke invloed van deze activiteit uitgaat op de ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater. Deze analyse komt overeen met die in de factsheet (Figuur 5.2)

ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	J	-
2 - Energie	N	o
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	N	-
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	o
5 - Bergingscapaciteit	J	-
6 - Biochemische cycli	N	o
7 - Temperatuursregulatie	N	o
8 - Voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater	N	o
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur en aq. Ecosystemen	N	o
10 - Cultuurhistorische waarden	N	o
11 - Biodiversiteit	N	o

Figuur 5.2 Relatie tussen de activiteit en de 11 ecosysteemdiensten van de ondergrond. Gebruik: maakt de activiteit gebruik van de ESD (J(a) of N(ee)). Beïnvloeding: beïnvloedt de activiteit een of meerdere ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

Uit Figuur 5.2 blijkt dat de brijninjectie mogelijk negatieve gevolgen heeft voor de beschikbaarheid van voldoende water met een bepaalde kwaliteit, dat ze een beroep doet op het reinigend vermogen van de ondergrond en die functie mogelijk enigszins uitput en dat ze de mogelijkheid tot berging van water of andere stoffen in het tweede watervoerend pakket verminderd door het ruimtebeslag van de injectie.

Stap 2: conceptueel model

Stap 2 uit het stappenplan behelst het opstellen van een conceptueel model dat de interacties beschrijft. Daarbij wordt de ruimtelijke en temporele uitstraling van de beoogde activiteit in beeld gebracht, nagegaan welke aanvullende informatie en data nodig is voor de afweging en welke nog verzameld moet worden via bijvoorbeeld veldonderzoek, nagegaan of er een modellering nodig is om kwantitatieve informatie te verkrijgen over de effecten die kunnen optreden en kunnen tenslotte scenario's en varianten voor inrichting worden opgesteld en doorgerekend. In feite omvat stap 2 met name technisch-inhoudelijke activiteiten.

In het geval van de afwegingen omtrent brijninjecties in Zuid-Holland zijn de diverse aspecten van deze stap in een periode van zeker zo'n 10 jaar doorlopen. Zo is er via veldonderzoek een indruk verkregen van de kwaliteit van het water in het brakke 2^e watervoerend pakket, is de samenstelling van het brijn gemeten en is nagegaan of brijninjectie mogelijk tot een kwaliteitsverslechtering kan leiden. Dat bleek inderdaad het geval (Klein et al. 2009) voor een aantal stoffen, waaronder bijvoorbeeld As, Co, sulfaat en Ba, waarmee niet rechtstreeks aan het "*prevent and limit*" doelstelling van de Grondwaterrichtlijn kon worden voldaan.

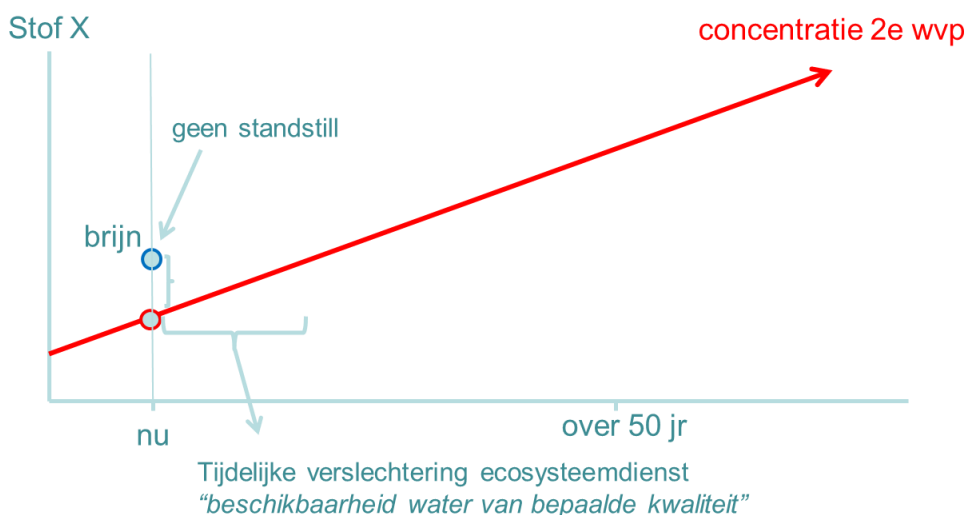
Daarnaast zijn effectberekeningen uitgevoerd over de grootte van grondwaterstandsval (lokale effecten in de orde van grootte van centimeters), is de hydrogeologische opbouw nader onderzocht om te bepalen of brijn niet van het tweede naar het eerste watervoerend pakket terug kan stromen (ja, dat kan) en is nagegaan in hoeverre dat terugstromen tot grote waterkwaliteitsveranderingen kan leiden. Uit de combinaties van deze analyses bleek dat de kwaliteitsveranderingen in het eerste en tweede pakket qua ruimtelijke omvang en concentraties erg klein zijn in verhouding tot de verzilting die in dit gebied gaande is. Deze verzilting is het na-ijlende gevolg van het inpolderen en is in zekere mate te zien als een autonoom proces dat onomkeerbaar voortschrijdt.

De belangrijkste conclusies die getrokken kunnen worden uit de "Stap 2 analyse" is dat de autonome verandering voor de chlorideconcentratie veel groter is dan het effect van brijnlozingen op de chlorideconcentratie (zie figuur 5.3). Hieruit kan geconcludeerd worden dat afwegingen o.b.v. "*standstill*" en vaste zoet water normen beperkend kunnen zijn in een dergelijke dynamische situatie³. Bij een beslissing op basis van *standstill* of vaste zoet-waternormen wordt namelijk voorbijgegaan aan de veranderlijkheid van de kwaliteit van het grondwater.

In Stap 2 zoals hierboven beschreven heeft in dit geval nog geen prioriteitsstelling plaatsgevonden maar is uitsluitend gekeken naar technisch-inhoudelijke aspecten. In de praktijk kan het echter zo zijn dat de stappen 2 en 3 en zelfs 4 worden doorlopen via een

³ Daarbij moet wel worden aangetekend dat niet zeker is dat dit ook voor andere stoffen dan chloride. Zo zouden mogelijk ook "*ingedikte*" bestrijdingsmiddelen via het brijn terug naar het 1e watervoerend pakket kunnen stromen.

soort *trial and error* methode, waarbij bestuurlijke inbreng weldegelijk de opgevraagde informatie ten behoeve van het conceptuele model beïnvloedt of bepaalt. Ook in Zuid-Holland was dat in de praktijk het geval, en zijn studies uitgevoerd om verschillende maatregelvarianten kwantitatief met elkaar te vergelijken. Het nadeel van zo'n *trial and error* methode is dat de kans bestaat dat naar bepaalde gewenste keuzes wordt toegewerkt.



Figuur 5.3 Vergelijking van een standstill afweging met een ecosysteemdienst-afweging. Hoewel injectie van brijn tot een kwaliteitsverslechtering leidt in het injectiepakket, is die zo klein ten opzichte van de autonome trend dat een standstill beslissing niet tot een toegevoegde bescherming leidt op de iets langere termijn.

Stap 3: Prioriteitstelling

Tijdens de workshop is nagegaan hoe de bovenstaande analyse op basis van ecosysteemdiensten kan helpen bij de prioriteitstelling. Voor die prioriteitstelling zijn de volgende aspecten van belang:

- Bestuurlijke inbreng, wat is de activiteit waard in relatie tot andere
 - Wat is het nut en de noodzaak van een beoogde activiteit?
 - Algemene of regionale verdringingsreeks?
- Hoe waarderen we de verschillende gebruiksvormen in relatie tot de betrokken ecosysteemdiensten
 - Hoeveel verslechtering van een ecosysteemdienst is bestuurlijk acceptabel?

Het geval van brijnlozing is anders dan andere bodemlozingen omdat zowel de onttrekking als de injectie plaats vinden in een brak pakket. Impliciet gaat Nederlandse en Europese regelgeving steeds uit van het beschermen en beheren van voorraden zoet grondwater en is er minder aandacht geweest voor brak grondwater. Bij de prioriteitsstelling speelt dus een rol dat de bron van het water minder waardevol wordt geacht als zoet water. Er is echter een verschuiving gaande, waarbij brak water een steeds interessantere optie wordt voor het bereiden van drinkwater ten gevolge van nieuwe zuiveringstechnieken. Het is immers veel goedkoper om licht brak water te ontzilten dan zeewater. Zeker in gebieden met waterschaarste wordt brak water daarom tegenwoordig een grotere waarde toegekend (zie o.a. recent paper in Nature, Post et al. 2013). Bestuurlijk is er dus een afweging nodig tussen de economische waarde die wordt gegenereerd met het beschikbaar hebben van een relatief goedkope waterbron voor de glastuinbouw, de ecosysteemdiensten die daarbij worden benut en de andere mogelijke gebruiksvormen van dit brakke water. Minimaal moet worden uitgezocht of het bergen van zoet regenwater in de licht brakke ondergrond niet een

alternatief kan vormen, omdat daarmee een veel minder grote kwaliteitsverandering plaats vindt, of zelfs een kwaliteitsverbetering. Dergelijk onderzoek is ook gaande in Zuid-Holland (Zuurbier et al. 2013).

Uit bovenstaande discussie blijkt al dat een afweging op basis van ecosysteemdiensten anders uitpakt en meer ruimte geeft dan een afweging op basis van “zoet water normen”. Eerder is al vastgesteld dat de injectie van brijn zeker voor een aantal stoffen tot concentratieverhoging leidt die in tegenspraak is met de doelen uit de Grondwaterrichtlijn. Uit de stap 2 analyse bleek echter ook dat er ook autonoom sprake is van een toenemende verzilting en dat de kwaliteitsveranderingen in ieder geval voor chloride daarbij in het niet vallen. Daarmee geldt voor ESD1 dat de brijninjectie niet tot een grote afname van de beschikbare hoeveelheid licht brak water leidt, dat er voor ESD 5 nauwelijks andere gebruiksvormen zijn die van dit deel van de ondergrond gebruik zouden willen maken (met uitzondering van regenwateropslag) en dat de veranderingen in het reinigend vermogen van de ondergrond relatief gering zullen zijn ten opzichte van de autonome trend (ESD 3).

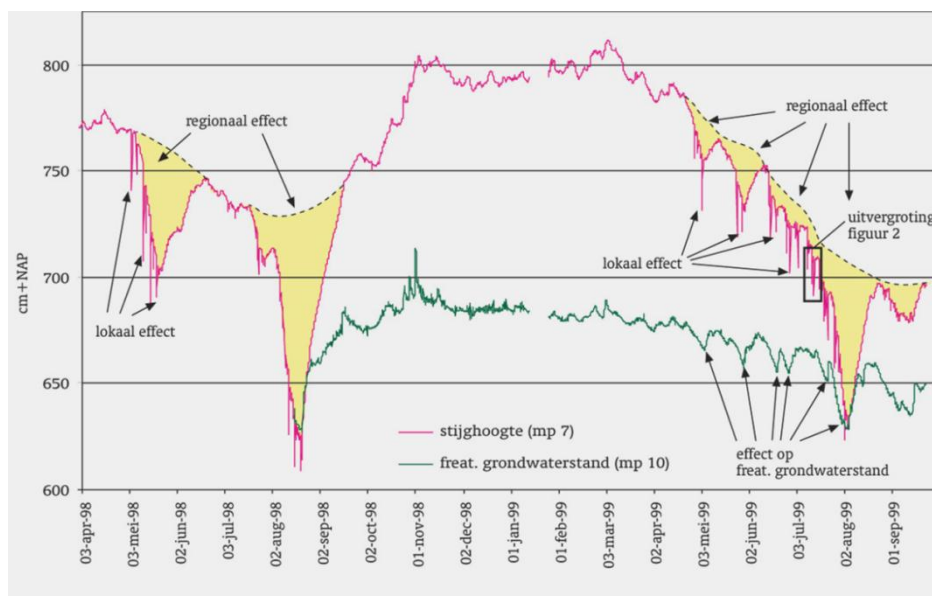
Tijdens de workshop werd geconcludeerd dat de ecosysteemdiensten systematiek goede handvaten biedt om het geval van brijnlozing te bespreken en te analyseren. De systematiek lijkt daarmee bruikbaar voor toepassing in regionale afwegingen. Voor afwegingen voor individuele vergunningsverlening is de methode niet direct geschikt; het is dus nodig dat er eerst een regionaal kader of gebiedsvisie wordt opgesteld waaraan individuele gevallen kunnen worden getoetst.

Bij de deelnemers is er behoefte aan instrumenten die gestructureerd feiten aanreiken om de beslissing te nemen door overheden, bijvoorbeeld in de vorm van een beslisboom. Daarbij is het van belang dat die eerste twee stappen van het stappenplan waarde vrij zijn, vanuit het oogpunt van het natuurwetenschappelijk systeem en effecten daarin.

In stap 3 is het dan van belang om eerst nut en noodzaak voldoende vast te stellen en daarbij ook aandacht te hebben voor bijvoorbeeld de duurzaamheidsprincipes die de Technische Commissie Bodembescherming heeft opgesteld (TCB 2003). Om die reden is het goed als de meer centrale overheden (provincie, Rijk) voor stap 3 een visie ontwikkelen (bijvoorbeeld Visie op gebruik ondergrond) waarin wordt aangegeven welke toekomstige gebruiksfuncties van de gebieden in elk geval mogelijk moeten blijven. In een afweging kan dan worden bepaald of andere activiteiten of functies daarmee samengaan. Als er in het geval van de brijn-case ook sprake is van een drinkwaterfunctie voor het licht brakke water, dan is het van belang om die al in de stappen 1 en 2 in beeld te brengen. Over de vraag of het Rijk dan wel de Provincie kaders zou moeten stellen voor regionale afwegingen als genoemd in deze case, was tussen de deelnemers nog geen eenduidige opvatting.

5.5.2 Case 2: Beregening en water vasthouden

Het onttrekken van water voor beregening is als activiteit beschreven in één van de 9 *factsheets* uit hoofdstuk 4. Voor details wordt naar deze *factsheet* verwezen. Onttrekking van grondwater voor beregening voor landbouwgewassen is slechts één van de activiteiten die gebruik maakt van de beschikbaarheid van water in de ondergrond. In een droge periode met een groot vochttekort is de onttrekking voor beregening in veel gebieden groter dan drinkwateronttrekking, zo bleek uit onderzoek in Twente en Noord-Brabant na de droge zomer van 2003. Specifiek aan beregening is dat er in een relatief korte periode (bijvoorbeeld 1 of 2 maanden) veel grondwater wordt onttrokken en diffuus verspreid over het landbouwareaal (Figuur 5.4). Voor het toetsen van de systematiek zijn tijdens de workshop met name de eerste 3 stappen uit het Stappenplan van paragraaf 5.1 doorlopen.



Figuur 5.4: Bij onttrekking ten behoeve van beregening kunnen grondwaterstanden (groen) en stijghoogten (paars) in korte tijd sterk dalen doordat in een korte periode veel onttrokken wordt. Bron: De Louw 2000.

Stap 1: inventarisatie relevante ecosysteemdiensten

In stap 1 is nagegaan van welke ecosysteemdiensten de beregening uit grondwater gebruik maakt en welke mogelijke invloed van deze activiteit uitgaat op de ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater. Deze analyse komt overeen met die in de *factsheet* (Figuur 5.5).

ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	J	-
2 - Energie	N	o
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	J	-
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	o
5 - Bergingscapaciteit	N	o
6 - Biochemische cycli	N	o
7 - Temperatuursregulatie	N	-
8 - Voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater	N	-
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	N	-
10 - Cultuurhistorische waarden	N	-
11 - Biodiversiteit	N	o

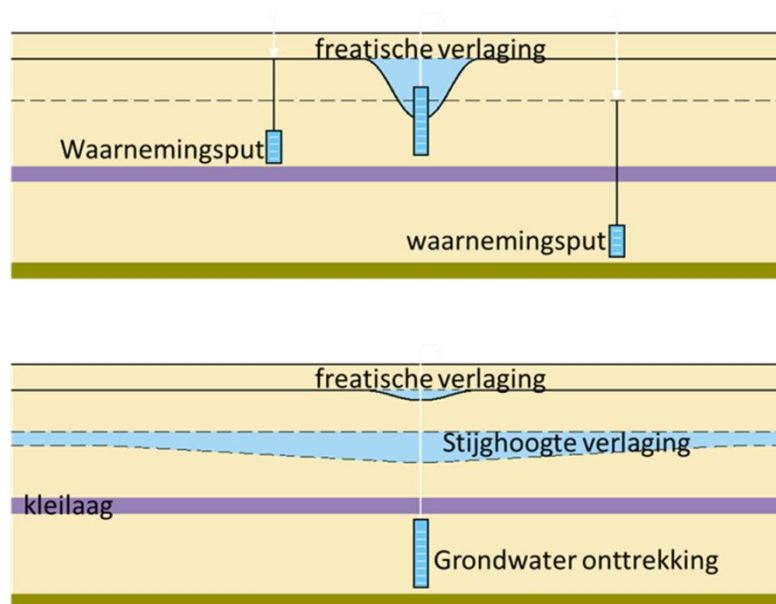
Figuur 5.5 Relatie tussen de activiteit beregening en de 11 ecosysteemdiensten van de ondergrond. Gebruik: maakt de activiteit gebruik van de ESD (J(a) of N(ee)). Beïnvloeding: beïnvloedt de activiteit een of meerder e ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

Uit Figuur 5.2 blijkt dat beregening gebruik maakt van 2 ecosysteemdiensten: nl. de beschikbaarheid van geschikt grondwater en het reinigend vermogen van de ondergrond dat zorgt voor een constante kwaliteit van dat water. Ook valt op dat beregening zes ecosysteemdiensten in meer of mindere mate negatief beïnvloedt. Zonder voor deze case studie volledigheid na te streven lichten we er hier drie uit. Beregening uit grondwater concurreert mogelijk met onttrekkingen voor menselijke consumptie omdat beide gebruik maken van de zelfde bron (ESD 1). Beregening heeft daarnaast een potentieel negatieve invloed op de watervoerendheid en waterkwaliteit van beken (ESD 8) omdat ze plaats vindt in een periode waarin beken door droogte toch al op hun minimum afvoer zitten. Ook heeft beregening mogelijke gevolgen voor de voeding van grondwaterafhankelijke natuur (ESD 9) zowel voor kwelgevoelige vegetaties door afname van de kweldruk, als voor bijvoorbeeld hoogveengebieden waar extra grondwaterstandsaling kan optreden.

Stap 2: conceptueel model

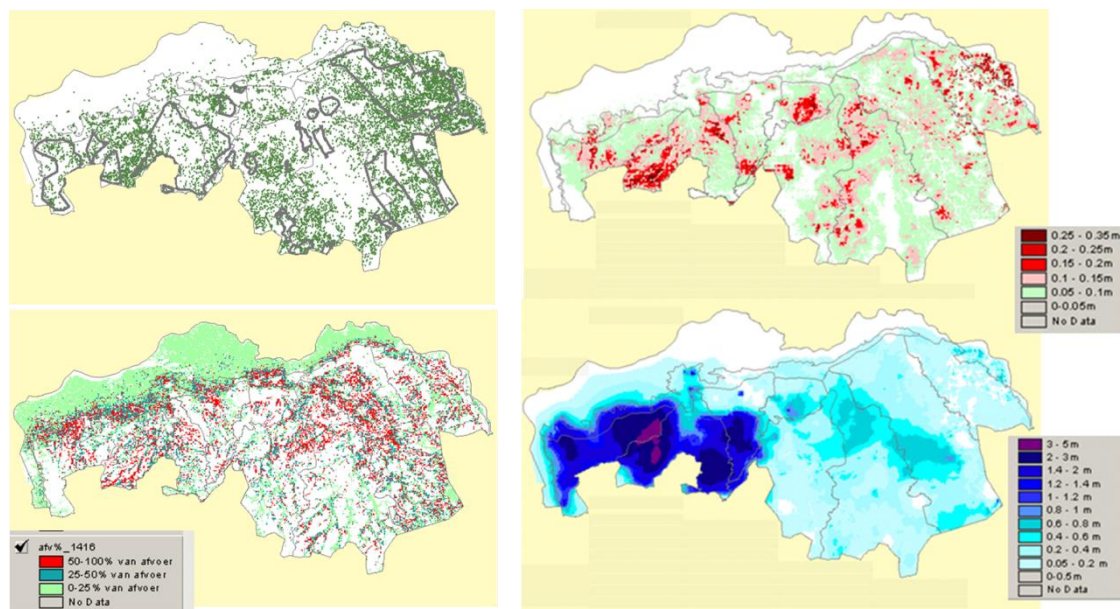
Stap 2 uit het stappenplan behelst het opstellen van een conceptueel model dat de interacties beschrijft. Daarbij wordt de ruimtelijke en temporele uitstraling van de beoogde activiteit in beeld gebracht, nagegaan welke aanvullende informatie en data nodig is voor de afweging en welke nog verzameld moet worden via bijvoorbeeld veldonderzoek, nagegaan of er een modellering nodig is om kwantitatieve informatie te verkrijgen over de effecten die kunnen optreden. In feite omvat stap 2 met name technisch-inhoudelijke activiteiten.

Om de effecten van beregening goed te duiden is het gezien de effecten op ecosysteemdiensten nodig zowel te kijken naar de effecten op de grondwaterstand, als naar effecten op de regionale stijghoogten en de watervoerendheid van beken (Figuur 5.6). Eén van de vereisten om de cumulatieve effecten van een groot aantal beregeningsputten in een gebied te kunnen ramen is het registreren van de onttrekkingsdebieten en perioden. Zo'n registratie- en vergunningstelsel bestond tot en met 2006 in Noord-Brabant. Om de effecten op grondwaterstanden, kweldruk en watervoerendheid van beken te kunnen schatten is het nodig om geohydrologische berekeningen te maken die representatief zijn voor periode van droogte (zie bijvoorbeeld Figuur 5.7).



Figuur 5.6 Effecten van onttrekking op grondwaterstanden (boven) en op stijghoogten (onder)

Bij onderzoek in Twente is nader ingegaan op de relatie tussen onttrekking voor beregening en de mate van basisafvoer van beken in droge zomers. In Twente bleek uit modelonderzoek dat het uitzetten van beregening in een droog jaar tot 28% extra meer basisafvoer kan leiden en kan voorkomen dat beken helemaal droogvallen.



Figuur 5.7 Berekeningen van de effecten van beregeningen. Lokaties beregeningsputten (linksboven), effect op grondwaterstand (rechtsboven), effect op watervoerendheid beken (linksonder) en effect op stijghoogten die bepalend is voor kweldruk (rechtsonder). Bron: Deltares 2008.

Uit bovenstaande conceptuele analyse blijkt dat bij afwegingen omtrent beregening in ieder geval de effecten op grondwaterstanden, stijghoogten en watervoerendheid van waterlopen

zouden moeten worden betrokken om te voorkomen dat ecosysteemdiensten die vooral bij natuurbeheer benut worden verloren gaan of significant verminderen⁴.

Gezien de grote onttrekkingshoeveelheden in droge perioden zou daarnaast ook een afweging in relatie met onttrekking voor drinkwatervoorziening reëel zijn, zowel wat betreft de cumulatieve effecten van beide soorten onttrekkingen op grondwaterstanden, stijghoogten en beekafvoeren, maar ook om onderlinge negatieve beïnvloeding te voorkomen. Toename van beregening uit grondwater zou bijvoorbeeld kunnen leiden tot extra doorboren van afsluitende kleilagen die bescherming bieden aan het diepere grondwater en tot menging en waterkwaliteitsveranderingen in de onttrekkingspakketten voor drinkwater. Bij een ruimtelijke afweging zou een verdringingsreeks op basis van hoogwaardigheid van het gebruik van grondwater kunnen worden opgesteld. Als uitwerking van zo'n aanpak in Noord-Brabant had bijvoorbeeld het diepe watervoerend pakket in de Centrale Slenk een voorkeursbestemming voor de drinkwaterwinning.

De belangrijkste conclusies die getrokken kunnen worden uit de "Stap 2 analyse" is dat de effecten met een combinatie van registratie van onttrekkingen en zogenaamde niet-stationaire modelberekeningen met regionale grondwatermodellen gekwantificeerd kunnen worden. De effecten op andere ecosysteemdiensten kunnen daarmee goed in beeld gebracht worden.

Stap 3: Prioriteitstelling

Tijdens de workshop is nagegaan hoe de bovenstaande analyse op basis van ecosysteemdiensten kan helpen bij de prioriteitstelling. Voor die prioriteitstelling zijn de volgende aspecten van belang:

- Bestuurlijke inbreng, wat is de activiteit waard in relatie tot andere
 - *Wat is het nut en de noodzaak van een beoogde activiteit?*
 - *Algemene of regionale verdringingsreeks?*
- Hoe waarden we de verschillende gebruiksvormen in relatie tot de betrokken ecosysteemdiensten
 - *Hoeveel verslechtering van een ecosysteemdienst is bestuurlijk acceptabel?*

Wat betreft beregeningsbeleid is er de afgelopen 5 jaar een kentering van beleid en een verschuiving van prioriteiten te zien, die deels samen hangt met de verschuiving van het grondwaterbeheer van de provincies naar de waterschappen. Gedreven door een tendens naar het verminderen van regeldruk en versimpelen van regels voor o.a. agrarische ondernemers worden in verschillende delen van het land de regels voor de onttrekking van grondwater veranderd en in het algemeen verruimd, waarbij in meer of mindere mate uitzonderingen gelden voor de omgeving van kwetsbare natuurgebieden. Zo wordt in veel gevallen de vergunningsplicht of registratie van onttrekkingen verminderd of afgeschaft en worden algemene regels ingevoerd die beregening uit grondwater in grote gebieden vrijgeeft. Bij het Waterschap Regge en Dinkel is bijvoorbeeld beregening uit grondwater vrijgegeven in het hele waterschapsgebied, behalve in een zone van 200 meter om een kwelafhankelijk natuurdoeltype⁵. Bij de vaststelling van die zonering wel is gekeken naar grondwaterstanden, maar niet naar de effecten op stijghoogte en basisafvoer. Op het moment dat waterlopen

⁴ Bij beregening lijken ook effecten op de grondwaterkwaliteit op te treden, waar in de factsheet aan wordt gerefereerd.
In de workshop hebben we aan dat aspect geen aandacht besteed.

⁵ <http://wrddgeoservices.nl/map.html?webmap=9e3bf60d09ad43f59d8f9e15e5518f5f>

droogvallen mag niet meer uit oppervlaktewater worden beregend, maar direct naast de beek wel uit grondwater, ook langs waterlopen die als kwetsbaar zijn gekenmerkt. Dit is een verandering ten opzichte van het oude beleid waarbij beregening uit grondwater verboden was als er geen water meer over de referentiestuwen liep. Ook in andere gebieden in Nederland is nieuw beregeningsbeleid in ontwikkeling dat een verruiming van de mogelijkheden voor beregening uit grondwater zou betekenen en een vermindering van regeldruk (bijvoorbeeld Noord-Brabant: Wilde & vd Wal 2012, Stuurman et al. 2013, Akker & Roelofs 2013).

In tegenstelling tot de case brijnlozing uit paragraaf 5.5.1 zou het toepassen van een ecosysteemdienstenbenadering op de case beregening waarschijnlijk leiden tot minder ruimte voor verruiming van beregening, tenzij er bestuurlijk wordt gekozen voor een geaccepteerde verdere achteruitgang van ESD 8 (voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit van oppervlaktewater) en ESD 9 (voeding van grondwaterafhankelijke natuur). Een ecosysteemdienstenbenadering kan daarbij helpen via bijvoorbeeld een economische doorrekening om het prijskaartje van onttrokken grondwater af te stemmen op maatschappelijke kosten en het verlies van benutting van ecosysteemdiensten die door de activiteit verloren gaan.

Opvallend is dat in de discussie voor nieuw beregeningsbeleid die afwegingen worden gemaakt zonder ecosysteemdiensten in volle omvang te betrekken. Zo speelt bijvoorbeeld de watervoerendheid van beken, die voor de Kaderrichtlijn Water van belang is voor de ecologische toestand, niet of nauwelijks een rol in de afweging in de provincie Noord-Brabant, en wordt uitsluitend getoetst op de Natuurbeschermingswet en daarmee samenhangend vooral op basis van grondwaterstanden (Wilde & vd Wal 2012, Stuurman et al. 2013, Van Akker & Roelofs 2013). In het geval van beregeningsbeleid is de situatie extra complex omdat de verruiming van beregening uit grondwater wordt gekoppeld aan maatregelen om lokaal water vast te houden, zoals het ophogen van slootbodems en de invoering van peilgestuurde drainage. In hoeverre een dergelijke compensatie effectief is, is nog niet zo goed onderzocht en de regionale uitwerking van maatregelen om water vast te houden ontbreekt nog in de afweging. Wel is het zo dat de meest droogtegevoelige gebieden waar beregening noodzakelijk is, vaak afhankelijk zijn van wateraanvoer uit andere gebieden. Juist die wateraanvoer ontbreekt in de droge perioden. Uit eerste modelberekeningen uit Twente blijkt dat er mogelijkheden zijn om water vast te houden, mits niet tegelijkertijd (peilgestuurde) drainage wordt aangelegd in gebieden die nu nog niet zijn gedraineerd (Kuijper et al. 2012, De Louw et al. in voorbereiding).

Resultaten van de workshop

Tijdens de workshop werd geconcludeerd dat de ecosysteemdiensten-systematiek goede handvaten biedt om het geval van beregening te bespreken en te analyseren. De systematiek lijkt daarmee bruikbaar voor toepassing in regionale afwegingen. Voor afwegingen voor individuele vergunningsverlening is de methode niet direct geschikt; het is dus nodig dat er eerst een regionaal kader of gebiedsvisie wordt opgesteld waaraan individuele aanvragen kunnen worden getoetst. Het opstellen van zo'n visie past in stap 3 van het hier gepresenteerde afwegingskader.

Uit de discussie kwam naar voren dat juist bij een problematiek die zo complex is, en waar verschillende maatregelen tegelijkertijd in een afweging worden betrokken, het goed is om een conceptueel model op te stellen en na te gaan hoe de diverse ecosysteemdiensten het

meest optimaal kunnen worden benut, in onderlinge samenhang. Het lijkt daarbij logisch om nut en noodzaak van de ene activiteit af te wegen tegen de effecten op ecosysteemdiensten en andere activiteiten in de ondergrond en het grondwater. Logisch is om dan ook de balans tussen grondwateronttrekking en -aanvulling te kwantificeren en na te gaan welke posten veranderen bij bijvoorbeeld verandering van onttrekkingsregimes. Of en in welke mate de waterafvoer van beken dan wordt beïnvloed zou dan logischerwijze in zo'n systematiek in beeld worden gebracht, terwijl tegelijkertijd duidelijk wordt welke maatschappelijke baten er vanuit de berekening worden gegenereerd. Tijdens de workshop werd opgemerkt dat zo'n aanpak ook goed past bij de ontwikkelingen in EU verband⁶ waar wordt gestreefd naar de inzet van Natuurlijke Water Retentie Maatregelen (NWRM) om water vast te houden en op die manier voldoende basisafvoer in stand te houden⁷. Uit de discussie kwam naar voren dat het goed zou zijn om na het waarderen van de betrokken ecosysteemdiensten ook duidelijke kwantificeerbare doelstellingen voor zomerafvoer van beken op te stellen. Op basis van zo'n kwantitatieve doelstelling zou bijvoorbeeld met onttrekkingsquota per gebied gewerkt kunnen worden, indien mogelijk ondersteund met een operationeel beslissingsmodel dat voorspelt wanneer en in welke mate berekening kan zonder de afgesproken doelstellingen in gevaar te brengen.

Uit de workshop kwam naar voren dat het goed zou zijn om bij dergelijke complexe afwegingen in de stappen 2 en 3 een aantal duidelijke substappen te doorlopen:

- a) In beeld brengen van de complexiteit via conceptuele of eventueel numerieke modellen
- b) Nut en noodzaak van de toekomstige activiteit of verandering in beeld brengen, bijvoorbeeld via een sociaal-economische analyse, ook in relatie met andere gebruiksfuncties
- c) Een gebiedsambitie opstellen waarin wordt beschreven welke ecosysteemdiensten en welke toekomstige gebruiksfuncties van de gebieden in elk geval mogelijk moeten blijven; in het geval van berekening bijvoorbeeld een ambitie waarbij een balans wordt gezocht tussen grondwateraanvulling, onttrekking en afvoer door oppervlaktewater.
- d) Kwantificeren van die ambities via duidelijke doelstellingen voor deelaspecten, zoals in dit geval bijvoorbeeld toegestane grondwaterstandsverlaging, toegestane verlaging van de regionale stijghoogte en/of kweldruk en de toegestane vermindering van afvoer in droge perioden.

In stap 4 van het proces kunnen deze kwantitatieve doelstellingen dan via bijvoorbeeld numerieke modellen en via scenario's en varianten worden getoetst, alvorens tot besluitvorming wordt overgegaan.

Bij de deelnemers is er behoefte aan dergelijke instrumenten die gestructureerd feiten aanreiken om de beslissing te nemen door overheden, bijvoorbeeld in de vorm van een beslisboom. Daarbij is het, net als bij de "brijn case", van belang dat die eerste twee stappen van het stappenplan waarde vrij zijn, vanuit het oogpunt van het natuurwetenschappelijk systeem en effecten daarin. In stap 3 is het dan van belang om nut en noodzaak voldoende

⁶ Zoals bijvoorbeeld de EU Blueprint to Safeguard Europe's Waters

⁷ In EU verband wordt aangedrongen op het invoeren van een registratie en vergunningsplicht voor onttrekkingen en het bepalen van onttrokken grondwater door de gebruikers.

vast te stellen en daarbij ook aandacht te hebben voor bijvoorbeeld de duurzaamheidsprincipes die de Technische Commissie Bodembescherming heeft opgesteld (TCB 2003). Om die reden is het goed als de hogere overheid (provincie, Rijk) in stap 3 een visie ontwikkelt (bijvoorbeeld Visie op gebruik ondergrond), waarin wordt aangegeven wat de toekomstige gebruiksfuncties van de gebieden zijn waarover een afweging nodig is.

5.5.3 Samenvatting van de twee cases

Tijdens de workshop werd geconcludeerd dat de ecosysteemdiensten systematiek goede handvatten biedt om de gevallen van brijnlozing en beregening te bespreken en te analyseren. Het is daarmee een goed communicatiemiddel gebleken en de systematiek lijkt op die manier bruikbaar voor toepassing in regionale afwegingen. In het ene geval (brijn) lijkt de ecosysteemdiensten systematiek bestuurlijke ruimte te bieden ten opzichte van een op normen of *standstill* gebaseerde aanpak, in het andere geval (beregening) maakte de workshop vooral duidelijk dat juist meer aandacht nodig was voor de brede set van ecosysteemdiensten. Voor de beregeningsproblematiek was een eerder gekozen *standstill* aanpak in bijvoorbeeld Noord-Brabant feitelijk een uitwerking van zo'n bredere afweging uit de tijd dat de term ecosysteemdiensten nog niet in zwang was.

Voor afwegingen voor individuele vergunningsverlening is de methode niet direct geschikt; het is nodig dat er eerst een regionaal kader of gebiedsvisie wordt opgesteld waaraan individuele gevallen kunnen worden getoetst.



6 Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

In dit rapport is voor het eerst een overzicht van ecosysteemdiensten van de ondergrond en het grondwater opgesteld zoals dat voor de bovengrond al langer bestaat. In aansluiting op de internationaal geaccepteerde hoofdindeling zijn 11 ecosysteemdiensten (ESD) van de ondergrond en grondwater benoemd. Het bleek dat met de kennis die beschikbaar is bij kennisinstituten relaties gelegd kunnen worden tussen activiteiten (gebruiksvormen) en ecosysteemdiensten van de ondergrond die zeer bruikbaar zijn bij het maken van afwegingen op gebiedsniveau. Het lijkt een goede manier om deze kennis te ontsluiten voor beleidsmakers. Bij het opstellen van het overzicht bleek overigens ook dat er nog kennishiaten zijn.

Het inzicht in deze relaties kan worden gebruikt om activiteiten in de ondergrond onderling en in relatie tot diensten van de ondergrond af te wegen. Het rapport biedt daarbij voor negen van de 26 benoemde activiteiten een beschrijving van de ecosysteemdiensten die worden gebruikt en hoe ze mogelijk worden beïnvloed. Aanbevolen wordt deze *factsheets* separaat beschikbaar te maken, bijvoorbeeld via www.bodemambities.nl.

Het bepalen van mogelijke interacties tussen activiteiten en ESD en het inzichtelijk maken via een conceptueel model kunnen gezien worden als de eerste twee stappen van een afwegingsproces. Deze twee stappen moeten direct gevolgd worden of parallel lopen aan beleidskeuzes en politieke keuzes over prioriteiten. Daaruit kunnen nog scenario analyses voortkomen alvorens definitieve beleidskeuzes worden gemaakt. Het is gewenst de structuur hiervoor verder te ontwikkelen. Dit kan door onderdelen toe te voegen aan bestaande afwegingskaders (bijvoorbeeld MER) of door het gepresenteerde stappenplan verder te ontwikkelen.

6.2 Opties voor een vervolg van het project in 2014

Binnen de projectrandvoorwaarden kon in 2013 voor een deel van de onderscheiden gebruiksvormen van de ondergrond (activiteiten) een *factsheet* worden gemaakt. In 2014 is een projectvervolg voorzien waarin de hieronder genoemde aspecten een plaats kunnen vinden. Over de precieze invulling van het project in 2014 worden in december 2013 en januari 2014 nadere afspraken gemaakt.

Uitbreiden van het aantal factsheets

In 2013 zijn voor een negental activiteiten *factsheets* opgeteld. Omdat de *factsheets* worden gewaardeerd als toegankelijke bron van technisch-inhoudelijke kennis is het aanbevolen om de set verder uit te breiden voor activiteiten waarvoor de behoefte bestaat. Onderwerpen die daarvoor prioritair in aanmerking komen vanwege het belang voor de Structuurvisie Ondergrond (STRONG):

- Reservering strategische grondwatervoorraden
- Schaliegaswinning (incl. gebruik grondwater als proceswater).

Andere mogelijke onderwerpen voor *factsheets* zijn, in willekeurige volgorde:

- Opslag van regenwater voor proceswater
- Kunstmatige infiltratie voor drinkwaterproductie
- *Natural Water Retention Measures*; opslag van water in bovenstroomse gebieden om waterbeschikbaarheid in de zomer te garanderen en overstromingsrisico's te beperken
- Peilbeheer hoog Nederland
- Diffuse bodembelasting stedelijk gebied

- Bodemafdichting.

Verbinden systematiek met bodem en bovengrond

Het verdient aanbeveling om de systematiek zoals die nu voor grondwater en ondergrond is opgesteld duidelijk te verbinden met het concept van ecosysteemdiensten zoals dat voor bodem en bovengrond is uitgewerkt, zowel in Nederland als in EU verband. Het is daarbij nuttig om aansluiting te zoeken op de nieuwe Digitale Atlas Natuurlijk Kapitaal, met de Europese ontwikkelingen in CICES (CICES 2013) en met concepten die voor oppervlaktewater worden ontwikkeld, zoals in het FPVII project MARS (Hering et al. 2013). Voorgesteld wordt om bijlage A in 2014 nader uit te werken.

Factsheets gericht op maatregelen

Naast *factsheets* over activiteiten is het een mogelijkheid informatie te bundelen over maatregelen die genomen kunnen worden om de waarde van ecosysteemdiensten te vergroten, net zoals voor maatregelen aan het bodemoppervlak al *factsheets* zijn opgesteld. Dit kan bijdragen aan het duurzamer maken van het bodem- en water systeem.

Kwantificering van ESD

Tijdens de workshop is ook aangegeven dat het gewenst is de waarde van ESD te kunnen meten en daaraan zo nodig grenzen te kunnen stellen. Gekozen kan hiermee aan te vangen en na te gaan of dit voor alle ESD mogelijk is. Het is daarbij verstandig om de indeling in ecosysteemdiensten nog nader tegen het licht te houden; bijvoorbeeld om conceptueel na te gaan of de indeling ook bij een economische doorrekening niet tot 'dubbeltellen' van financiële waarden leidt.

Inbrengen systematiek in MER-procedure en Watertoets

Tijdens de workshop werd geconcludeerd dat gebruik van het concept van ecosysteemdiensten voor afwegingen waarbij ondergrond en grondwater betrokken zijn een meerwaarde kan hebben. Een mogelijke activiteit voor 2014 kan zijn om in gesprek met de MER-commissie na te gaan of en in hoeverre de systematiek een bijdrage kan leveren aan toekomstige ruimtelijke afwegingen. Dit geldt ook voor het inbrengen van aspecten in de Watertoets.

7 Literatuur

- CICES (2013) *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): Consultation on Version 4, August-December 2012* (Haines-Young R, Potschin M, eds.), EEA Framework Contract No EEA/IEA/09/003 (Download at www.cices.eu or www.nottingham.ac.uk/cem)
- Hering, D. et al. (2013). MARS. Project full title: "Managing Aquatic ecosystems and water Resources under multiple Stress " Grant agreement no: 603378, Description of Work. EU FPVII project, starting 2014.
- Klein, J & H.Passier (2009). *Ondergrond en grondwaterkwaliteit in relatie tot brijnlozingen in de provincie Zuid-Holland*. Deltares rapport 0912-124
- Kuijper, M.J.M., S. Hommes en H.P. Broers (2013) *Grondwater als buffer om droogte te voorkomen* In: *Land+Water* nr. 1/2, februari 2013.
- Akker, C. van den & J. Roelofs (2013). *Herziening van het beregeningsbeleid van Brabant; Een programma van eisen voor toetsend onderzoek aan de Natuurbeschermingswet. Rapport 30 augustus 2013*
- Lijzen, J. & M. van Dreumel (2013) *Visieontwikkeling grondwaterkwaliteit. Rapport Ministerie van Infrastructuur en Milieu, versie September 2013*
- Maes J, Teller A, Erhard M, Lquete C, Braat L, Berry P, Egoh B, Puydarrieux P, Fiorina F, Santos F, Paracchini ML, Keune H, Wittmer H, Hauck J, Fiala I, Verburg P, Condé S, Schägner JP, San Miguel J, Estreguil C, Ostermann O, Barredo JI, Pereira HM, Stott A, Laporte V, Meiner A, Olah B, Royo Gelabert E, Spyropoulou R, Petersen JE, Maguire C, Zal N, Achilleos E, Rubin A, Ledoux L, Brown C, Raes C, Jacobs S, Vandewalle M, Connor D, Bidoglio G (2013) *Mapping and assessment of ecosystems and their services. An analytical framework for ecosystem assessments under action 5 of the EU biodiversity strategy to 2020. Publications of the European Union, Luxembourg.*
- MEA (2005) *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and human well-being: biodiversity synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute; 2005.
- Post, V.E.A., J. Groen, H. Kooi, M. Person, S. Ge & W. M.Edmunds (2013) *Offshore fresh groundwater; reserves as a global phenomenon*. *Nature*, doi:10.1038/Nature12858
- Ranganathan, J.(2008) *Ecosystem services: a guide for decision makers*. World Resources Institute [1-56973-669-3]
- Rutgers M, Dirven-Van Breemen L, eds. (2012) *Een gezonde bodem onder een duurzame samenleving. Rapport 607406001, RIVM, Bilthoven*.
- Starink J, Nuiver H, Keuning S, eds. (2012) *Ecosysteemdiensten in de praktijk van duurzaam bodembeheer en gebiedsontwikkeling: De Triple-O aanpak. Met bijdragen van: Oude Boerrichter P, Westerhof R, Rutgers M, Van der Meulen S, Smit A, Breure T, Van Eijdsen G, Roghair C, Winkler T. Consortium Ecosysteemdiensten in de praktijk. Bodem+, Agentschap NL, Den Haag. (<http://www.agentschapnl.nl/content/triple-o-aanpak-ontdekken-overeenkomen-ontwikkelen>)*
- Stuurman, R., A.A. Freriks and H.P. Broers (2013) *Second Opinion rapport Grondwaterberekening en Natura 2000*. Deltares rapport 1207553
- Van der Meulen, S., M. Rutgers, P. Oude Boerrichter, R. Westerhof (2010) *Ecosysteemdiensten in de praktijk van duurzaam bodembeheer. Rapportage van de sporen kennis en pilots, fase 1. Rapport Bodem+ project. Ecosysteemdiensten in de praktijk van duurzaam bodembeheer*.
- Van der Meulen, S. (2013) *Impuls Lokaal Bodembeheer – Ecosysteemdiensten. Hoe kan worden voortgebouwd op de resultaten? Deltares rapportnr 1207762-01*.
- TCB (2003) *Advies duurzamer bodemgebruik op ecologische grondslag. Advies A33, Technische commissie bodem, Den Haag*.
- Wilde, A.J. de & B.J. van der Wal (2012). *Grondwaterberekening en Natura 2000. Voortoets van nieuw grondwaterberegeningsbeleid. Royal Haskoning /DHV rapport 9x4925/R0001/501672/AH/DenB*.
- Zuurbier, K.G., M. Bakker, J.W. Zaadnoordijk and P.J. Stuyfzand (2013). *Identification of potential sites for aquifer storage and recovery (ASR) in coastal areas using ASR performance estimation methods. Hydrogeology Journal 21:1373-1383*



A Bijlage A: Nadere verantwoording van de indeling in 11 ecosysteemdiensten

Deze bijlage bevat enige achtergrondinformatie bij de keuzes die we hebben gemaakt om tot elf ecosysteemdiensten van het grondwater te komen. Daarbij wordt verantwoord hoe de indeling past bij de ontwikkelingen in *Common International Classification of Ecosystem Services* (CICES) en in de EU Biodiversiteitsstrategie en de Nederlandse Uitvoeringsagenda Natuurlijk Kapitaal.

Een onderdeel van deze uitvoeringsagenda betreft de productie van de Digitale Atlas Natuurlijk Kapitaal (DANK) die voor eind 2014 is voorzien. In deze interactieve digitale informatiefaciliteit zullen de ecosysteemdiensten van bodem, water, agroecosystemen, natuur en ruimtelijke kwaliteit worden opgenomen.

In dit rapport zijn de volgende elf ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater onderscheiden:

Productie-diensten

- 1 Beschikbaarheid van voldoende water van goede kwaliteit
- 2 Energie

Regulerende diensten

- 3 Reinigend vermogen van de ondergrond
- 4 Draagkracht
- 5 Bergingscapaciteit
- 6 Rol in biogeochemische cycli
- 7 Temperatuurregulatie
- 8 Voorzien in watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater
- 9 Voeding van grondwaterafhankelijke natuur

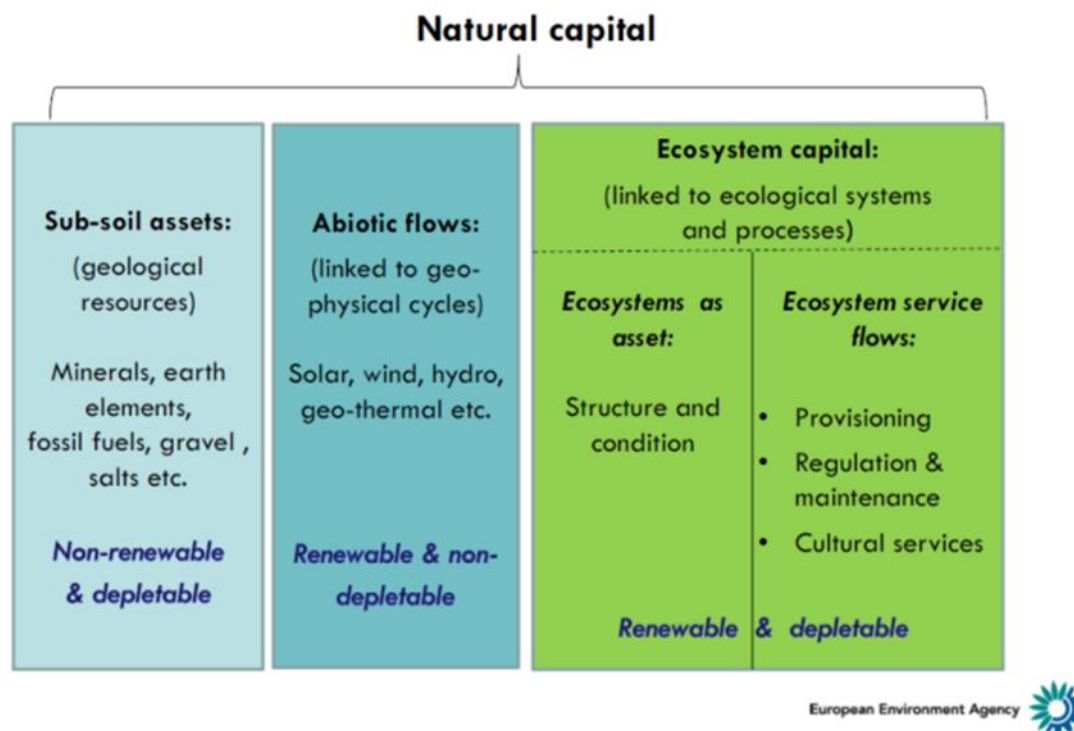
Culturele diensten:

- 10 Cultuurhistorische waarden
- 11 Biodiversiteit.

Met deze elf ecosysteemdiensten is gepoogd een brede en vrijwel complete doorsnede te geven, die nog net praktisch is om op één niveau te inventariseren binnen dit project. De indeling in de drie groepen (productie, regulatie en culturele diensten) sluit aan bij de internationale kaders voor Natuurlijk Kapitaal en ecosysteemdiensten (MA 2005, TEEB 2010). Fijnere of grovere structuren zijn denkbaar (zie bijvoorbeeld CICES 2013 voor een verdeling in *section*, *division*, *category* en *class*). Het is altijd mogelijk, en soms zelfs zeer gewenst, om in specifieke gevallen ecosysteemdiensten toe te voegen of een aantal ecosysteemdiensten samen te voegen (zie Rutgers en Dirven 2012).

In CICES (2013) wordt onderscheid gemaakt tussen een potentiële dienst en een echte of 'finale' ecosysteemdienst. Een finale ecosysteemdienst dient 'geconsumeerd' te worden, bijvoorbeeld grondwater van een bepaalde kwaliteit dat onttrokken wordt, of een reservering voor een toekomstige onttrekking waardoor andere gebruiksmogelijkheden beperkt worden. Een grondwaterlichaam met een bepaalde kwaliteit is zelf dus niet automatisch een echte of 'finale' ecosysteemdienst, maar volgens deze terminologie wel een potentiële dienst. Een grondwaterlichaam met een bepaalde kwaliteit zonder consumptiedoel is ook onderdeel van het Natuurlijk Kapitaal (Figuur A1; Maes et al. 2013). Hoewel Figuur A1 een duidelijke afbakening van ecologische en abiotisch kapitaal impliceert vonden we dat voor grondwater en ondergrond vaak niet praktisch en is gekozen voor een werkbaar aantal en herkenbare ecosysteemdiensten. Daarbij combineren we finale en potentiële ecosysteemdiensten onder

één begrip. Of een ecosysteemdienst in de huidige situatie al daadwerkelijk wordt benut of gereserveerd is voor de afwegingen vaak niet relevant. Afwegingen gaan namelijk vaak over



toekomstig, potentieel gebruik.

Figuur A1. De hoofdcomponenten van het Natuurlijk Kapitaal volgens de European Environmental Agency (EEA): ecosysteem kapitaal (ecosysteemdiensten en ecosystemen zelf) en de hernieuwbare en niet-hernieuwbare abiotische componenten. Het grondwatersysteem is niet eenvoudig inpasbaar in dit schema, want het raakt aan alle basiscomponenten,

Een ander aspect van het benutten van ecosysteemdiensten is dat soms niet direct duidelijk is welke systeemkenmerken van belang zijn. In die zin is een ecosysteemdienst een containerbegrip. Om goed met dit containerbegrip te kunnen werken in de praktijk is het nuttig specifieke aspecten van het systeem apart te beschouwen. Bij benutten van de ecosysteemdienst “beschikbaarheid van voldoende water van een bepaalde kwaliteit”, zoals gebeurt bij de activiteit “drinkwaterproductie in de duinen” zijn bijvoorbeeld vier onderliggende systeemaspecten van belang, namelijk i) ruimte in de ondergrond, ii) een infiltreerbare en zelfreinigende bodem, iii) voldoende oppervlaktewater van goede kwaliteit, en iv) energie voor het transport van water (meestal fossiele brandstoffen). Bij afwegingen rondom het benutten van de ecosysteemdienst is het dus nodig om in te zoomen op onderliggende systeemkenmerken, die niet uitsluitend met de ondergrond maar ook met bovengrondse activiteiten samenhangen.

Het draagvermogen (ESD 4) en de bergingscapaciteit (ESD 5) van bodem en ondergrond worden door CICES (2013) en Maes et al. (2013) niet expliciet als ecosysteemdienst genoemd. Toch menen we dat het goed is om ze mee te nemen als bouwsteen voor het afwegingskader, omdat ze goed praktisch hanteerbaar zijn. Dit geldt ook voor sommige andere ESD, zoals bijvoorbeeld ook biodiversiteit van de ondergrond (ESD 11). Er is discussie mogelijk of deze de biodiversiteit als aparte ESD moet worden bestempeld. Opnemen van de ESD 11 biodiversiteit, wil daarbij niet zeggen dat het denken in



ecosysteemdiensten bij afwegingen automatisch positieve effecten heeft voor de biodiversiteit als geheel.

Uit bovenstaande beschouwing blijkt al wel dat exacte definities en begrenzing van ecosysteemdiensten niet zijn te geven. Binnen de samenwerking tussen Deltares en RIVM in het KPP-project Afwegingskader Grondwater is onderling afgesproken om de elf ecosysteemdiensten als praktische afbakening voor tenminste de duur van het project te beschouwen, waarop op een later moment kan worden voortgebouwd. De ontwikkeling van DANK en andere kaders zullen opnieuw een impuls kunnen geven aan discussie over de definities en grenzen van ecosysteemdiensten en Natuurlijk Kapitaal.



B Bijlage B: Programma en deelnemers van de workshop van 1 oktober 2013

Programma

Begin	Eind		Onderwerp	Sprekers
9.15	9.30		Inloop en koffie	
9.30	9.45	Plenair	Welkom + voorstelronde Aanleiding	Toon Segeren Elmert de Boer
9.45	9.50		Relatie met beleidskaders	Mari van Dreumel
9.50	10.00		Doelstelling workshop	Hans Peter Broers
10.00	10.15		Toelichting op rapportage	Hans Peter Broers
10.15	11.00		Discussie + vragen over rapportage	o.l.v. Toon Segeren
11.00	11.30		Pauze met koffie	
11.30	13.30	Parallel	Toepassen afwegingskader: 1. Brijnlozing i.c.m. onttrekking grondwater 2. Berekening + water vasthouden	1. Janneke Klein 2. Marijn Kuijper
13.30	14.00		Plenaire terugkoppeling	
14.00			Afsluiting	

Deelnemers

Naam	Organisatie	Sessie
Elmert de Boer	WVL	Berekening
Mari van Dreumel	DGMI	-
Tommy Bolleboom	RWS Leefomgeving	Berekening
Pieter de Boer	RWS	Berekening
Charlotte Schmidt	WVL	Berekening
Douwe Jonkers	DGRW	Brijn
Hilde Passier	Deltares	Brijn
Johannes Lijzen	RIVM	Berekening
Juliaan Prast	DGRW	Berekening
George Stobbelaar	RWS Leefomgeving	Brijn
Rene van Elswijk	Provincie Utrecht	Brijn
Brenda Schuurkamp	Omgevingsdienst Midden-Holland	Brijn
Clemens Kester	Provincie Zuid-Holland	Berekening
Suzanne van der Meulen	Deltares	Brijn
Toon Segeren	Deltares	Berekening + brijn
Hans Peter Broers	Deltares	Berekening + brijn
Marijn Kuijper	Deltares	Berekening
Janneke Klein	Deltares	Brijn





C Bijlage C: *Factsheets*

- 1 Winning van grondwater voor drinkwater
- 2 Berekening uit grondwater
- 3 Warmte Koude Opslag
- 4 Onttrekken grondwater i.c.m. brijnlozingen
- 5 Ondergrondse eindberging van radioactief materiaal
- 6 Toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen
- 7 Beheer terrestrische en aquatische ecosystemen
- 8 Peilbeheer Laag Nederland
- 9 Aanpak Grondwaterverontreiniging



Omschrijving activiteit

Deze factsheet beschrijft de winning van grondwater voor de productie van drinkwater voor de openbare drinkwatervoorziening.

Grondwater wordt sinds ongeveer 100 jaar gebruikt als bron voor drinkwater. Circa 60 % van het drinkwater in Nederland wordt bereid uit grondwater. Het overige drinkwater wordt bereid uit oppervlaktewater. De keuze voor grond- of oppervlaktewater als bron voor drinkwater wordt veelal bepaald door de beschikbaarheid en de kwaliteit van het grondwater in de betreffende regio. Grondwater wordt beschouwd als aantrekkelijke bron voor drinkwater omdat het constant is van kwaliteit en minder beïnvloed door menselijk handelen. Voor de bereiding van drinkwater uit grondwater volstaat veelal een eenvoudige zuivering, bestaande uit beluchting en zogenoemde snelfiltratie middels zandbedden.

Vooraf in midden- en oost-Nederland wordt drinkwater geproduceerd uit grondwater. Er zijn ruim 200 grondwaterwinningen in Nederland. Dit betreffen winningen voor de openbare drinkwatervoorzieningen. Industriële winningen en 'eigen winningen' (winningen in eigen beheer die drinkwater aan derden ter beschikking stellen) zijn hierin niet meegerekend. De capaciteit per winning varieert tussen 0,5 en 10 mln.m³/jaar. Jaarlijks wordt in totaal ongeveer 700 mln.m³/jaar onttrokken. Deze hoeveelheid was in de afgelopen jaren vrij constant.

Grondwater wordt beschermd op grond van de Wet Milieubeheer. Medio jaren tachtig van de vorige eeuw is rondom winningen voor de openbare drinkwatervoorziening grondwaterbeschermingsbeleid ingesteld. Binnen de grenzen van een grondwaterbeschermingsgebied gelden beperkingen ten aanzien van het landgebruik en het uitvoeren van boringen. Deze beperkingen zijn vastgelegd in provinciale verordeningen.

De onttrekking zelf is gereguleerd via de Waterwet (kwantiteit). In de onttrekkingsvergunning van de winning zijn vaak voorwaarden opgenomen van de toegestane grondwaterstandsverlaging. Deze verlaging moet worden gemonitord en gerapporteerd.

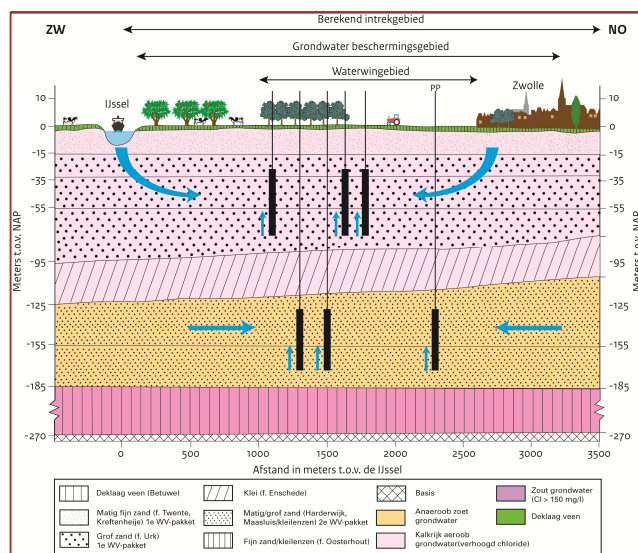
De uitgangspunten van het beleid zijn vastgelegd door de rijksoverheid. Provincies geven hier nadere invulling aan in hun provinciale plannen en verordeningen. Op onderdelen zijn er verschillen tussen provincies in de uitvoering van het beschermingsbeleid, bijvoorbeeld ten aanzien van de in het gebied toegestane bedrijven en activiteiten. Provincies zijn niet verplicht een grondwaterbeschermingsgebied rondom een winning in te stellen, maar in de praktijk is dit bijna altijd wel het geval. Het beschermingsbeleid richt zich op het voorkomen van nieuwe verontreinigingen en niet op het aanpakken van bestaande verontreinigingen. Het beleid richt zich met name op het voorkomen van verontreinigingen uit stedelijke en industriële bronnen en calamiteiten en niet zozeer op reguliere landbouwactiviteiten. Er gelden bijvoorbeeld geen extra restricties voor het uitrijden mest. Voor het gebruik van bestrijdingsmiddelen zijn soms provinciaal, soms op lokaal

niveau specifieke afspraken gemaakt (Vander Grift en Broers, 2005, Van den Brink et al. 2008).

Vanaf 2000 is ook het regime van de Kaderrichtlijn Water (2000/60/EG) en de Grondwaterrichtlijn (2006/118/EG) van toepassing op de bescherming van waterlichamen voor menselijke consumptie. Drinkwater zelf wordt gereguleerd middels de Europese Drinkwaterrichtlijn (98/83/EG). Deze is in Nederland geïmplementeerd in de Drinkwaterwet, het Drinkwaterbesluit en de Drinkwaterregeling (allen: 2011).

Eigenschappen: ruimtelijke en temporele impact

Het grondwater wordt veelal onttrokken uit het eerste en tweede watervoerende pakket op een diepte van ongeveer 30 meter tot 150 meter onder maaiveld (zie figuur 1). Op een enkele plaats wordt ook op veel grotere diepte grondwater onttrokken, bijvoorbeeld in de Roerdaalslenk in Noord-Brabant waar tot op een diepte van 350 m grondwater wordt onttrokken. De ruimtelijke impact wordt bepaald door de hydrologische kenmerken van de ondergrond en de capaciteit van de winning.



Figuur 1 Schaal en interactie activiteiten aan maaiveld en winning met in oplopende grootte een indicatie van het waterwingebied, het grondwaterbeschermingsgebied en het berekend intrekgebied (Tiebosch et al., 2011). De winning pompt uit twee verschillende watervoerende pakketten die zijn gescheiden door een slecht doorlatende laag.

Het grondwaterbeschermingsgebied is meestal vastgesteld op basis van een berekende verblijftijd van een waterdeeltje in het gepompte pakket van 25 jaar. Het verticale transport van dit waterdeeltje is niet meegerekend. Deze contour is vervolgens 'vertaald' naar logische kenmerken in het landschap (wegen, perceelgrenzen etc.). Deze uiteindelijke contour vormt het uitgangspunt voor het beschermingsbeleid. Qua omvang moet worden gedacht aan een gebied van enkele tot enkele tientallen km² (5-100) (zie figuur 1). Bij de introductie van het grondwaterbeschermingsbeleid is destijds gekozen voor een periode van 25 jaar omdat dit werd beschouwd als een redelijke afschrijvingstermijn van de technische installaties bij een winning. Inmiddels blijkt dat het uitwijken naar een

andere locatie vaak moeilijk te realiseren is, omdat de grondwaterkwaliteit minder geschikt is of omdat de bestaande ruimtelijke functies conflicteren met de winning van grondwater voor drinkwater.

Voor zeer kwetsbare winningen is in een aantal provincies ook een 100-jaarszone als grondwaterbeschermingsgebied aangemerkt. Deze contour komt grotendeels overeen met het intrekgebied van de winning en wordt berekend als de contour van waterdeeltjes met een verblijftijd vanaf maaiveld tot aan de onttrekkingsputten. In deze zone is het verticaal transport dus wel meegerekend. Dit heeft tot gevolg dat de contouren van de 25-jaars- en de 100-jaarszone in sommige gebieden weinig afwijken van elkaar.

Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km ²)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit (jr)	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel (jr)	0-5*	5-15	15-50	50-150**	150-1500	>1500

Tabel 1 ruimtelijke en temporele impact van de activiteit.

* Hersteltijd grondwaterstanden

** Bij beëindiging van een onttrekking worden verontreinigingen in het voormalige intrekgebied niet zomaar meer verwijderd anders dan door afbraakprocessen.

Winning drinkwater		
ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	J	-
2 - Energie	N	o
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	J	o
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	o
5 - Bergingscapaciteit*	J	-
6 - Biochemische cycli	J	o
7 - Temperatuursregulatie	J	o
8 - Voorzien watervoerendheid en kwaliteit oppervlaktewater	N	-
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	N	-
10 - Cultuurhistorische waarden	N	o
11 - Biodiversiteit	N	o

* voor infiltratie zal een aparte factsheet opgesteld worden

Tabel 2: Relatie tussen de activiteit en de 11 onderscheiden ecosysteemdiensten van de ondergrond. Kolom A: maakt de activiteit gebruik van de ESD; J(a) of N(ee). Beïnvloedt de activiteit de ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

Ecosysteemdiensten die gebruikt worden

De activiteit maakt gebruik van vier ecosysteemdiensten van de ondergrond (Tabel 2):

- Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit (1)
- Reinigend vermogen van de ondergrond (3)
- Biochemische cycli (regulering hoofdelementen) (6)
- Temperatuursregulatie (7)

Ad 1 De beschikbaarheid van voldoende water met een bepaalde kwaliteit is de basisvoorwaarde voor het gebruik van grondwater als bron voor drinkwater. Inmiddels zijn de technieken beschikbaar om ook van andere waterkwaliteiten drinkwater te kunnen produceren. De doelstellingen van de KRW stellen echter dat de kwaliteit van de bronnen voor menselijke consumptie niet achteruit mogen gaan en op termijn moet verbeteren teneinde het niveau van zuivering te verminderen.

Ad 3 Het reinigend vermogen van de ondergrond draagt bij aan de afbraak van chemische en microbiologische verontreinigingen. Grondwater is door het gebruik van deze ESD zo'n betrouwbare en constante bron van drinkwater. Om microbiologisch veilig water te kunnen onttrekken gelden minimale

eisen voor de duur van de bodempassage. Voor virussen bedraagt deze 1-2 jaar. Ook voor de chemische waterkwaliteit heeft de ondergrond een belangrijke reinigende functie. Nitraat is hiervan een duidelijk voorbeeld. Tijdens bodempassage kan het nitraat worden gedenitrificeerd. De mate waarin dit plaatsvindt, wordt bepaald door de geochemische omstandigheden, zoals de aanwezigheid van pyriet (FeS₂) of organische stof. Voor meer informatie hierover wordt verwezen naar de factsheet Gebruik Meststoffen en Bestrijdingsmiddelen.

Ad 6 Ook in meer indirecte zin maakt grondwaterwinning voor drinkwater gebruik van chemische, bufferende processen die hier zijn samengevat als 'biogeochemische' cycli. Tijdens bodempassage vakt de grondwaterkwaliteit af en verandert de samenstelling, afhankelijk van de geochemische en hydrologische omstandigheden. Deze kunnen plaatselijk sterk verschillen.

Ad 7 Grondwater is ook een aantrekkelijke bron voor drinkwater omdat het een constante en relatief lage temperatuur heeft waarbij nagroei van micro-organismen in het leidingnet beperkt is.

Eisen van de activiteit aan kwaliteit en kwantiteit van de fysieke omgeving

Ongeveer 50 % van de grondwaterwinningen voor drinkwater is beïnvloed door menselijk handelen. De concentraties van stoffen overschrijden bij ongeveer de helft daarvan de normen voor drinkwater (Drinkwaterbesluit, 2011). Deze normen zijn veelal gebaseerd op het voorzorgsprincipe. Dit betekent dat de aanwezigheid van stoffen met een biologische werking in drinkwater als ongewenst wordt beschouwd. De gehalten waarin deze stoffen worden aangetroffen, vormen echter geen acuut risico voor de volksgezondheid. De aanwezigheid van deze stoffen is enerzijds een erfenis uit het verleden, uit de periode voordat er grondwaterbeschermingsbeleid werd gevoerd. Anderzijds blijkt dat er ook nu nog veel hapert bij de implementatie van het milieubeschermingsbeleid in het lokale ruimtelijk beleid. Dit betekent dat het beschermingsbeleid in de praktijk niet altijd voldoende waarborg biedt om nieuwe verontreinigingen te voorkomen. Het instrumentarium is beschikbaar, de implementatie ervan kan beter en wordt daarmee dan ook effectiever.

Voor grondwater bestemd voor drinkwater zijn geen specifieke kwaliteitseisen geformuleerd. Bij de implementatie van de KRW is afgesproken om de kwaliteit van het onttrokken grondwater te toetsen aan de normen uit het Drinkwaterbesluit (2011), juist ook omdat bij natuurlijk grondwater een zogenoemde 'eenvoudige zuivering' (beluchting gevolgd door snelfiltratie) veelal volstaat om er drinkwater van te kunnen produceren. Wanneer er antropogene stoffen in het grondwater aanwezig zijn zal het drinkwaterbedrijf eerst proberen om de waterkwaliteit te verbeteren door onttrekkingsputten met een mindere waterkwaliteit uit te zetten. Wanneer deze mogelijkheid niet (meer) toereikend is, zullen opties als aanvullende zuivering of sluiting en verplaatsing worden onderzocht. De geschiktheid van een locatie als toekomstige winning wordt bepaald door de geohydrologische en geochemische omstandigheden, de kwaliteit van het grondwater, het bestaande ruimtegebruik in het toekomstige intrekgebied en de afstand tot het voorzieningsgebied.

Impact van de activiteit op ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater; positief en negatief

De activiteit 'drinkwater' heeft een negatieve invloed op de volgende vier ecosysteemdiensten:

- Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit (1)
- Bergingscapaciteit (5)
- Voorzien in watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater (8)
- Voeding van grondwaterafhankelijke natuur en aquatische ecosystemen (9)

Ad 1 Door het onttrekken van grondwater verspreiden verontreinigingen in het intrekgebied, zich in de richting van de winning. De drinkwatervoorraad neemt dus af als gevolg van beide. De kwaliteit van het water waarmee aquifers nu worden aangevuld is van beduidend mindere kwaliteit dan in het (lange) verleden, waardoor de voorraad beschikbaar water met hoge kwaliteit netto afneemt. Een ander gevolg van de onttrekking kan het aantrekken van zout water uit diepere watervoerende pakketten (upconing). Verziltzing vormt een belangrijke reden om winningen te verplaatsen of te beëindigen.

Ad 5 In de nabijheid van een grondwateronttrekking kan de opslagcapaciteit van de ondergrond niet zonder meer worden benut, om te voorkomen dat verontreinigingen in het winningspakket de winning kunnen bereiken.

Ad 8 Onttrekking van grondwater leidt tot een vermindering van de afvoer van beken en kan in droge perioden zelfs tot droogval leiden. Door onttrekking van water in diepere watervoerende pakketten kan juist de toestroming naar beken verminderen van dieper grondwater dat nog niet is beïnvloed door menselijk handelen. Dit kan negatieve consequenties hebben voor de waterkwaliteit en aquatische ecosystemen in deze beken.

Ad 9 De onttrekking van grondwater leidt tot verlaging van de grondwaterstand en stijghoogten in de omgeving en beïnvloedt daarmee grondwaterstanden in kwelfluxen naar grondwaterafhankelijke natuur. In de afgelopen decennia zijn winningen verplaatst, verdiept of in capaciteit afgenomen om de effecten op deze ESD te minimaliseren. Verdieping heeft een verschuiving tot gevolg van een directe invloed op de grondwaterstand naar een indirecter effect op de stijghoogte van het diepere grondwater en de kwel in een veel groter gebied dan bij een ondiepere winning. Bij de ontwikkeling of verplaatsing van winningen worden in de bestaande praktijk al afwegingen gemaakt met betrekking tot de effecten op grondwaterafhankelijke natuur. Dat is in de praktijk altijd een lastig proces waar een bestuurlijke afweging meestal noodzakelijk is.

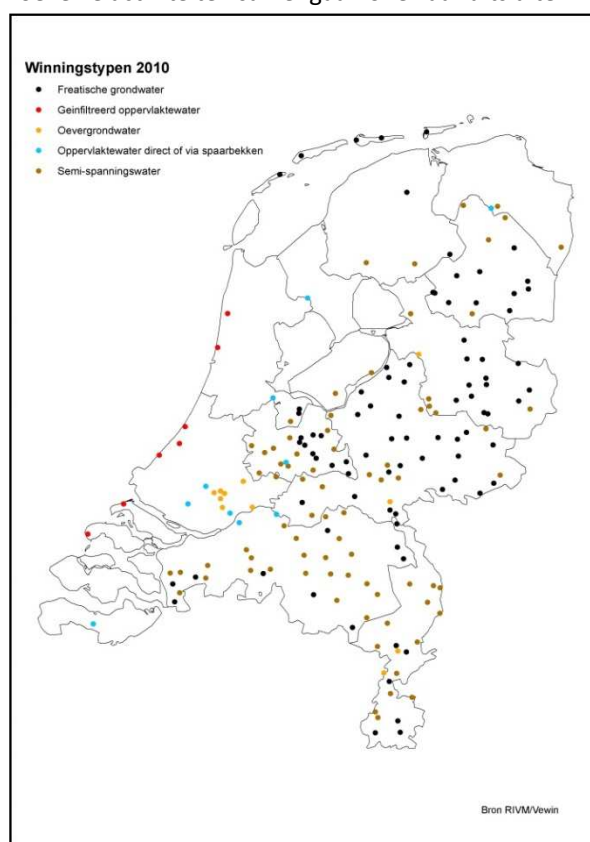
Afwegingen ten opzichte van andere activiteiten die grondwater en de ondergrond benutten

Het is voor een aantal activiteiten bekend dat afwegingen nodig zijn, met name voor activiteiten die de *beschikbaarheid van water van goede kwaliteit* kunnen beïnvloeden, zoals het toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen, het infiltreren van oppervlaktewater, lekkage van rioleringen en industriële activiteiten waarbij stoffen in de ondergrond kunnen infiltreren (diffuse

verontreinigingen). Het beperken van deze emissies rondom een winning wordt gereguleerd middels het grondwaterbeschermingsbeleid, het daaraan gekoppelde ruimtelijk beleid en het toelatingsbeleid van stoffen zoals gewasbeschermingsmiddelen en biociden. Het toelatingsbeleid is van zichzelf generiek van aard. Provincies hebben echter de mogelijkheid om dit in hun provinciale verordening aan te scherpen binnen grondwaterbeschermingsgebieden.

Water dat eenmaal is beïnvloed door menselijk handelen zal aanvullend gezuiverd moeten worden om geschikt te zijn voor consumptie.

Ook ten aanzien van de waterkwantiteit gelden afwegingen ten opzichte van andere functies. Een bekend dilemma is dat het peilbeheer dat gericht is op hoge grondwaterstanden en voldoende kwel voor natuur, wordt beïnvloed door drinkwaterwinning en het peilbeheer dat wenselijk is voor de landbouw. De lokale situatie is daarbij sterk bepalend in hoeverre activiteiten samengaan of elkaar uitsluiten.



Figuur 2 Winningstypen grondwater in Nederland

Afwegingen zijn ook noodzakelijk ten opzichte van het activiteiten die een eventuele beschermende kleilaag kunnen doorboren, zoals bijvoorbeeld bij warmte-koude opslag systemen of schaliegasboringen. De risico's worden in belangrijke mate bepaald door de kwaliteit van deze boringen. Wanneer deze niet goed zijn afgewerkt kunnen kortsluitstromen tussen grondwaterlagen ontstaan en daarmee verontreinigingen in het watervoerend pakket terechtkomen waaruit water wordt onttrokken ten behoeve van menselijke consumptie. Binnen grondwaterbeschermingsgebieden is het uitvoeren van boringen anders dan voor de drinkwatervoorziening vaak verboden. Bij diepe winningen ontbreekt soms het grondwaterbeschermingsgebied omdat het risico van verontreiniging door activiteiten aan maaiveld zeer beperkt is. Voor deze winningen is dan alleen een boringsvrije zone

aangewezen. Hierbinnen mogen geen boringen worden uitgevoerd die de scheidende kleilagen kunnen doorboren.

Toekomstige ontwikkelingen die afwegingen noodzakelijk kunnen maken

- Tijdschaal van processen: onttrekkingen vinden vaak plaats op veel grotere diepte dan andere ecosysteemdiensten. Het effect van maatregelen zal zich daarom pas over (vele) decennia manifesteren. In de afweging zou dit aspect moeten worden meegenomen.
- Het aantal antropogene stoffen dat in grondwater aanwezig is, is veel groter dan blijkt uit reguliere monitoringsprogramma's (Ter Laak et al., 2012). Dit zijn vaak stoffen die afkomstig zijn van industriële activiteiten uit het verleden, oude stortplaatsen, lekkende riolering en infiltrerend oppervlaktewater.
- Droogteperiodes nemen mogelijk toe als gevolg van klimaatverandering.
- Calamiteiten kunnen grondwaterkwaliteit lokaal sterk beïnvloeden.

Regionale verschillen over Nederland

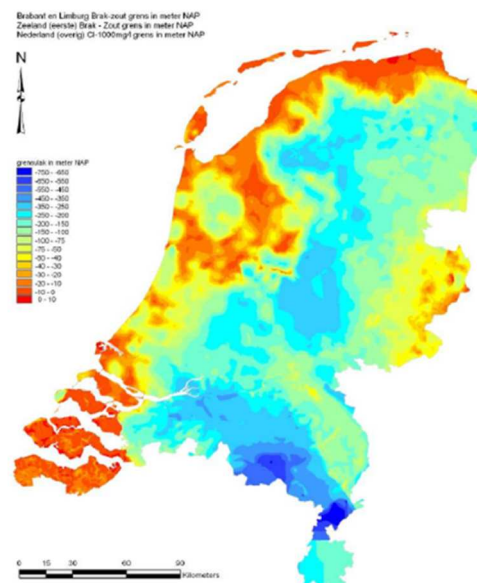
In Figuur 2 zijn de verschillende winningstypen weergegeven die in Nederland worden toegepast. Vooral in midden- en oost-Nederland wordt drinkwater geproduceerd uit grondwater. In west-Nederland is onvoldoende zoet grondwater aanwezig om te kunnen worden ingezet als bron voor drinkwater. Dat vormde destijds de aanleiding om te kiezen voor oppervlaktewater als bron voor drinkwater en heeft geleid tot het systeem van duininfiltratie met aangevoerd rivierwater en tot oevergrondwaterwinningen langs bijvoorbeeld de Oude Rijn en de Lek.

Met name in de Roerdaalslenk wordt op grote diepte grondwater gewonnen (Figuur 3). De winningspakketten zijn daar goed beschermd door dikke kleilagen erboven. In figuur 2 zijn die winningen gekarakteriseerd als semi-spanningswater. In Oost-Nederland ontbreken die dikke zoetwaterpakketten en is vaak sprake van relatief kwetsbare freatische winningen. De winningen in Zuid-Limburg tappen hun water uit de kalksteen- of mergelplateaus. Die winningen zijn relatief kwetsbaar doordat deze aquifers voor bijvoorbeeld nitraat omdat er weinig denitrificerend vermogen aanwezig is in deze gesteenten. Zowel winningen die dieper in de pakketten plaatsvinden, als winningen in west-Nederland en de grote rivierdalen zijn gevoelig voor het optrekken van zout water (Stuyfzand & Stuurman 1996, Stuurman et al. 2006).

Beschikbare gegevens en kennis

Bij de drinkwaterbedrijven en KWR is veel kennis en informatie aanwezig over de geohydrologie en geochemie van de winning en de ontwikkeling van de waterkwaliteit per onttrekkingsput. Daarnaast is informatie aanwezig over bedrijfsmatige aspecten, zoals de ontwikkeling van de vraag en de inzet van winmiddelen. De drinkwaterbedrijven rapporteren jaarlijks via REWAB (REGistratie WATERkwaliteits-gegevens Bedrijven) over hun gemiddeld onttrokken waterkwaliteit. Deze database wordt door het RIVM gevalideerd en beheerd. Op basis van deze database wordt een jaarlijkse rapportage uitgebracht over de drinkwaterkwaliteit in Nederland en de kwaliteit van de bronnen voor drinkwater (Versteegh en Dik, 2012). Per winning wordt daarnaast met alle betrokken partijen een gebiedsdossier opgesteld, waarin informatie over alle aspecten wordt verzameld die van invloed is op de kwaliteit van de bron. Op basis van deze analyse kunnen adequate beschermingsmaatregelen worden getroffen. Het RIVM

heeft recent een evaluatie uitgevoerd van de uitkomsten van deze gebiedsdossiers (Wuijts et al., 2013a).



Figuur 3: Diepte van het zoet-zout grensvlak in de ondergrond. In de Roerdaalslenk in Noord-Brabant, onder de Heuvelrug en de Veluwe en rond het Drents Plateau bevindt zich het dikste pakket zoet water dat wordt benut voor drinkwatervoorziening. In het westen van Nederland is het grondwater overwegend brak tot zout (bron: Stuurman et al. 2006).

Deltares beheert het Nationaal Hydrologisch Instrument (NHI). Dit model biedt de mogelijkheid om grondwaterkwantiteitsprocessen te modelleren en voor een aantal stoffen, waaronder chloride, ook grondwaterkwaliteitsprocessen.

Referenties naar websites, rapporten

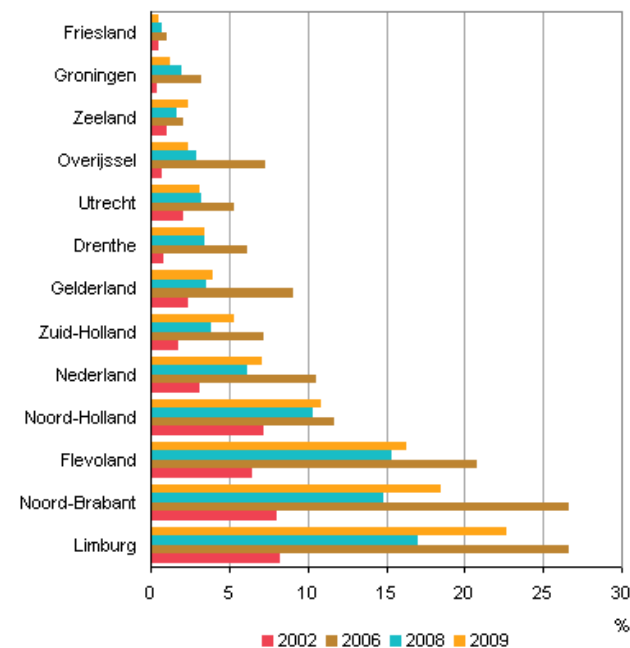
- Brink, C. van den, et al. (2008) Using a groundwater quality negotiation support system to change land-use management near a drinking-water abstraction in the Netherlands. *Journal of Hydrology* 350.3 (2008): 339-356.
- Grift, B. van der & H.P. Broers. (2005) Kwaliteit van de bodem en het grondwater in 8 zeer kwetsbare grondwater-beschermingsgebieden in Noord-Brabant. Rapport Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO.
- Laak, Th.L. ter, L.M. Puijker, J.A. van Leerdam, K.J. Raat, A. Kolkman, P. de Voigt, A.P. van Wezel (2012) Broad target chemical screening approach used as tool for rapid assessment of ground water quality. *Science of the Total Environment*. Volumes 427-428, pages 308-313.
- Stuyfzand P.J. en R.J. Stuurman (1996). Elf verschillende bronnen van verzilting van het grondwater in Nederland, H₂O.
- Stuurman R.J., G. Oude Essink, H.P. Broers, B. van der Grift (2006) Monitoring zoutwaterintrusie naar aanleiding van de Kaderrichtlijn Water "verzilting door zoutwaterintrusie en chloridevervuiling. TNO rapport 2006-U-R0080/A.
- Tiebosch, T., C. van den Brink, S. Wuijts (2011) Verkenning early warning bij grondwaterwinningen voor drinkwater. RIVM, Bilthoven. RIVM rapport 609452001.
- Versteegh, J.F.M., H.H.J. Dik (2012) De kwaliteit van het drinkwater in Nederland in 2011. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 703719090.
- Wuijts, S., E. Buis, W. Verweij, H.H.J. Dik, D.A. Houweling (2013a) Tussenevaluatie gebiedsdossiers drinkwaterwinningen; Aandachtspunten voor het landelijk beleid. RIVM, Bilthoven, RIVM Rapport 609716006.
- Wuijts, S., J.F.M. Versteegh (2013b) Bescherming drinkwaterbronnen in het nationaal beleid. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 609715005.
- Wuijts, S. (2011) Evaluatie en actualisatie protocol gebiedsdossiers. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 609716002/2010.
- Wuijts, S., J.F. Schijven, N.G.F.M. van der Aa, H.H.J. Dik, C.W. Versluis, H.J. van Wijnen (2007) Bouwstenen Leidraad Grondwaterbescherming. RIVM, Bilthoven. RIVM Rapport 734301029.

Omschrijving activiteit

Onttrekking van grondwater ten behoeve van beregening vindt voornamelijk plaats in perioden met een neerslagtekort. Beregening vindt dan plaats om het vochttekort in de wortelzone aan te vullen, ten behoeve van agrarische productie.. In gebieden met fruitteelt wordt soms beregening uit grondwater ook toegepast om vorstschade aan bloesem in het vroege voorjaar te voorkomen.

Boeren investeren steeds meer in het beregenen van landbouwgrond. Het potentieel te beregenen areaal open landbouwgrond (dus zonder glastuinbouw) is de afgelopen jaren gestegen van 18 procent in 2003 naar 26 procent in 2010. Het deel van de landbouwgrond dat daadwerkelijk beregend werd is zelfs harder gestegen. In de periode 2002-2009 is dit areaal verdubbeld (Bron: CBS). Dit is geen vreemde ontwikkeling: wereldwijd wordt het grootste deel van het grondwater niet zozeer onttrokken voor drinkwater, maar voor irrigatie van gewassen.

Percentage daadwerkelijk beregende landbouwgrond



Bron: CBS

Figuur 1: Percentage beregende landbouwgrond per provincie (Bron: CBS)

Beregeningswater wordt zowel onttrokken uit grondwater als uit oppervlaktewater. Het percentage grondwater varieert tussen ca. 65 en 80% voor respectievelijk droge en natte jaren (Hoogeveen e.a., 2003) en is in de meeste gevallen afhankelijk van de hoeveelheid beschikbaar oppervlaktewater. Veel provincies verplichten gebruik van oppervlaktewater. Steeds vaker wordt echter grondwater als alternatief genoemd, zeker in droge perioden.

Voor het onttrekken van grondwater ten behoeve van beregening geldt vaak een meldplicht of een vergunningsplicht, afhankelijk van het pompdebiet en de periode en de hoeveelheid te onttrekken water. Tot voor kort waren provincies verantwoordelijk voor het beregeningsbeleid en de vergunningverlening. Door de provincies werd in het algemeen een restrictief beleid

gevoerd ten aanzien van beregening. In de provincie Noord-Brabant gold sinds zeker 10 jaar een stand-still beleid waarbij geen extra onttrekkingen werden toegestaan. De vergunningverlening voor beregening is met het in werking treden van de Waterwet onlangs overgenomen door de waterschappen, die hiervoor beleid ontwikkeld hebben of nog aan het ontwikkelen zijn. De provincies blijven verantwoordelijk voor het strategische beleid met betrekking tot het beheer van de grondwatervoorraad, maar de regels voor beregening worden vastgesteld in de keur van de waterschappen.

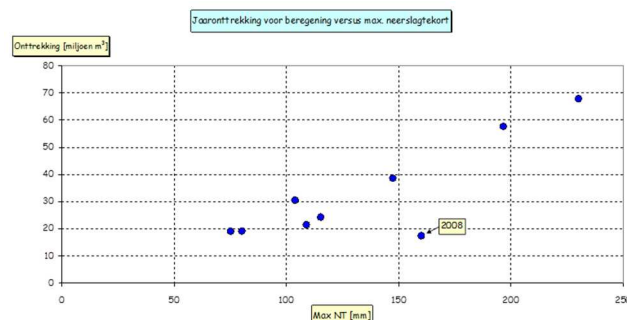
Eigenschappen: ruimtelijke en temporele impact

Het ruimtebeslag van beregening uit grondwater hangt sterk af van het watervoerende pakket waaruit wordt onttrokken. In freatische, dunne aquifers, zoals in Oost-Nederland, is de ruimtelijke impact van de onttrekking beperkt tot enkele tientallen meters rond de onttrekkingsput. Indien echter wordt onttrokken uit een pakket met spanningswater, onder een afsluitende kleilaag (Noord-Brabant), kan de invloed van de onttrekking via de stijghoogte doorwerken tot grote afstanden (figuur 2). De onttrekkingen voor beregening uit grondwater vinden voornamelijk plaats in korte perioden in droge zomers.

Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km ²)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit (dagen)	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel (dagen)	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Aspecten	chemisch		fysisch		biologisch	

Tabel 1 ruimtelijke en temporele impact van de activiteit

De diepte waarop wordt onttrokken verschilt per gebied, afhankelijk van de lokale geohydrologie. In veel gebieden, was het onttrekken van diep grondwater voor beregening verboden, omdat dit gereserveerd was voor drinkwaterwinning. In Noord-Brabant geldt dit bijvoorbeeld voor winningen dieper dan 80 meter –mv, in Overijssel dieper dan 50 meter –mv. Onduidelijk is of deze regelingen blijven bestaan nu het operationele beleid bij de waterschappen is komen te liggen.



Figuur 2: De relatie tussen neerslagtekort en door de agrariërs opgegeven onttrekkingen voor beregening in Noord-Brabant (In 2008 verliep de registratie niet als verwacht)

Hoewel beregening maar in een bepaalde periode van het jaar plaats vindt, kan de onttrekking in een droog jaar op jaarbasis de onttrekking ten behoeve van de drinkwatervoorziening overtreffen. De onttrokken hoeveelheid hangt sterk samen met het neerslagtekort in een bepaald jaar. Figuur 2 illustreert dat aan de hand van de registratie van onttrekkingshoeveelheden die tot 2008 in Noord-Brabant werd uitgevoerd.

Ecosysteemdiensten die gebruikt worden

De activiteit maakt gebruik van twee ecosysteemdiensten van de ondergrond (Tabel 2):

- 1. Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit;
- 3. Reinigend vermogen van de ondergrond.

ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	J	-
2 - Energie	N	o
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	J	-
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	o
5 - Bergingscapaciteit	N	o
6 - Biochemische cycli	N	o
7 - Temperatuursregulatie	N	-
8 - Voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater	N	-
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	N	-
10 - Cultuurhistorische waarden	N	-
11 - Biodiversiteit	N	o

Tabel 2: Relatie tussen de activiteit en de 11 onderscheiden ecosysteemdiensten van de ondergrond. Kolom A: maakt de activiteit gebruik van de ESD; J(a) of N(ee). Beïnvloedt de activiteit de ESD negatief (-), positief of niet wezenlijk (o).

Voor beregening uit grondwater is het van belang dat voldoende grondwater op beperkte diepte aanwezig is. ESD 1 voorziet hierin. In tijden van watertekort en ten tijde van beregeningsverboden door stagnerend oppervlaktewater, wordt steeds vaker grondwater als mogelijk alternatieve bron beschouwd.

Daarnaast is de kwaliteit van het grondwater vaak beter dan die van oppervlaktewater door het reinigend vermogen van de ondergrond (ESD 3). De kwaliteitseisen voor beregening zijn niet zo streng als voor drinkwater. Wel kan bijvoorbeeld het voorkomen van bruinrotbacterie in oppervlaktewater leiden tot meer onttrekking van grondwater.

Eisen van de activiteit aan kwaliteit en kwantiteit van de fysieke omgeving

Beregening uit grondwater stelt voornamelijk eisen aan de kwantiteit van water in de ondergrond. Daarnaast is de kwaliteit belangrijk waar het gaat om lage chloridegehaltes (zoutschade) en ijzergehaltes (putverstoppingen en belemmeringen gewasgroei) en ontbreken van schadelijke bacteriën (zoals bruinrot).

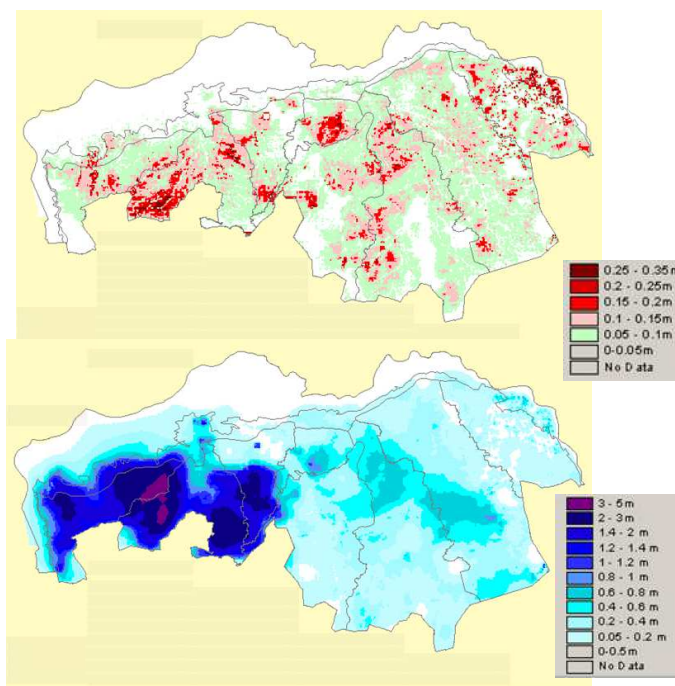
Impact van de activiteit op ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater; positief en negatief

Het onttrekken van grondwater voor beregening heeft een negatieve invloed op de volgende 7 ecosysteemdiensten:

- 1. Beschikbaarheid van voldoende water met een bepaalde kwaliteit
- 3. Reinigend vermogen van de ondergrond
- 7. Temperatuurregulatie
- 8. Voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater
- 9. Voeding van grondwaterafhankelijke natuur
- 10. Cultuurhistorische waarden

De *beschikbaarheid van grondwater* (ESD 1) neemt af voor andere gebruiksfuncties zoals winning voor drinkwater en industrie (ESD 1) en voor andere ecosysteemdiensten zoals

terrestrische natuurgebieden (ESD 9) en *watervoerendheid en waterkwaliteit van beken* (ESD 8), welke afhankelijk zijn van de hoeveelheid grondwater, maar ook van de kwaliteit. De hoeveelheid onttrekking voor beregening vindt weliswaar plaats in een korte periode in het jaar, maar de totaal onttrokken hoeveelheid evenaart of overtreft in deze periode in veel gebieden die van de permanente industriële en drinkwaterwinningen (De Louw, 2008 en Kuijper e.a., 2012). Bij het doorboren van afsluitende lagen kan verontreinigd ondiep grondwater mogelijk in aanraking komen met schoon dieper grondwater. Voor ESD 8 zijn vooral veranderingen in de grondwaterstand van belang, maar ook veranderingen in de regionale stijghoogte, die bepalend is voor de kweldruk in terrestrische ecosystemen (Figuur 3). Voor ESD 9 is van belang of de zomerafvoer of basisafvoer van beken en waterlopen niet zodanig afneemt dat de ecologische milieudoelstellingen van het oppervlaktewater niet worden gehaald.



Figuur 3: Ruimtelijke invloed beregeningsonttrekkingen uit het grondwater in Noord-Brabant aan het eind van de beregeningsperiode; boven: verlaging grondwaterstand, onder: verlaging stijghoogte (Bron: Deltares, 2008).

Uit een recente studie in Nederland blijkt bovendien dat beregening uit grondwater tot waterkwaliteitsveranderingen en het opgebruiken van reactiecapaciteit, en daarmee het *reinigend vermogen van de ondergrond* (ESD 3), leidt. Zo worden veranderingen van de pH en toenames van de concentratie arseen in grondwater gevonden (Morera 2011, Broers & Griffioen 2012). Ook uit internationale studies is bekend dat beregening leidt tot het sneller naar beneden trekken van verontreinigingen en tot kwaliteitsveranderingen (Moran, 2011). Onttrekking van grondwater voor beregening leidt tot verlaging van de grondwaterstand en daarmee vermindering van de *temperatuurregulatie* (ESD7) van de ondiepe ondergrond door het grondwater.

Cultuurhistorische waarden (ESD 10) die voor conservering afhankelijk zijn van zuurstofloze condities (zoals houten palen of archeologische vondsten) kunnen door verlaging van de grondwaterstand schade ondervinden door veranderingen in redoxcondities (zoals paalrot door

schimmels die in zuurstofrijkere omstandigheden goed gedijen).

Afwegingen ten opzichte van andere activiteiten die grondwater en de ondergrond benutten (kruistabel 3)

Afwegingen voor deze activiteit zijn met name nodig voor activiteiten die gebruik maken van de beschikbaarheid van water van goede kwaliteit zoals de publieke *drinkwaterwinning*, het gebruik voor *proceswater* en *koelwater*. Ook kan de onttrekking lokale stromingspatronen veranderen, wat invloed kan hebben op nabij gelegen onttrekkingen t.b.v. *saneringen* of injecties en onttrekkingen voor *warmte-koude opslag* en op *in-situ saneringen*.

Verlaging van de grondwaterstand door beregeningsonttrekkingen sluit de *conservering van archeologische waarden* uit en heeft een negatieve invloed op *ondergrondse infrastructuur*: houten funderingspalen (zie eerder).

Water dat eenmaal is onttrokken voor beregening in niet langer beschikbaar om te reserveren als *strategische grondwatervoorraad*. In die zin sluiten beide activiteiten elkaar uit.

Afwegingen zijn noodzakelijk ten opzichte van *peilbeheer in hoog Nederland* en het daarmee hand in hand gaande *beheer van terrestrische en aquatische ecosystemen*. Afwegingen van de laatste soort vormen de kern van de EU Kaderrichtlijn Water en de "Blueprint on safeguarding Europe's water resources". Hierin wordt het spaarzaam omgaan met schaarse voorraden en maatregelen zoals het beprijzen van water onttrekking als mogelijke maatregelen genoemd. Indirect is dit ook voor de activiteit *Recreatie* van belang, bijvoorbeeld waar het gaat om sportvisserij of waterrecreatie, die gebaat zijn bij schoon water en een goede visstand. In Engeland en Wales wordt de invloed op afvoer van beken meegewogen bij de beoordeling van vergunningen voor beregening, mede vanwege ecologische en recreatiebelangen.

Toekomstige ontwikkelingen die afwegingen noodzakelijk kunnen maken

Wanneer *klimaatverandering* zich voortzet zoals momenteel wordt voorspeld, zal dit leiden tot meer neerslag in de winter en drogere zomers. Dit zal de vraag naar beregening uit grondwater verder doen toenemen.

Indien de aanbevelingen uit de *Europese KRW* en de *Blue print* leiden tot aanscherping van het Nederlandse beleid ten aanzien heffingen op watergebruik, dan zou dit in de toekomst een afname van beregening uit grondwater en oppervlaktewater kunnen leiden. Dit is overigens in overeenstemming met het strategisch beleid van bijvoorbeeld de provincies Drenthe en Noord-Brabant die het beheer en behoud van de zoete grondwatervoorraad centraal stellen en tot voor kort om die reden een restrictief beregeningsbeleid voerden. Of, en in hoeverre, dit beleid ook operationeel gemaakt zal blijven is op dit moment onzeker. In de concept keur van zowel Brabantse als Oost-Nederlandse waterschappen lijkt een verruiming van beregeningsregels te worden geïmplementeerd, zonder dieptebegrenzing en zonder afweging van de effecten op watervoerendheid van beken (ESD 8) en de duurzame beschikbaarheid van zoet grondwater (ESD 1) (zie bijv. Stuurman et al. 2013).

In principe kunnen de maatregelen die worden genomen in het kader van het Nederlandse *Deltaplan Zoetwatervoorziening* en de daaraan verbonden regionale plannen, zoals het Deltaplan hoge zandgronden en Zoetwatervoorziening Oost Nederland, leiden tot meer

lokale initiatieven om water te conserveren. Dit zou kunnen leiden tot een verhoging van grondwaterstanden en – stijghoogten, waardoor de behoefte aan beregening in landbouwgebieden verder zou kunnen afnemen. Maar de nadruk die wordt gelegd op grondwater als alternatieve bron voor beregening kan ook tot het omgekeerde leiden; een forse toename van beregening uit grondwater omdat oppervlaktewater in droge perioden steeds schaarser wordt.

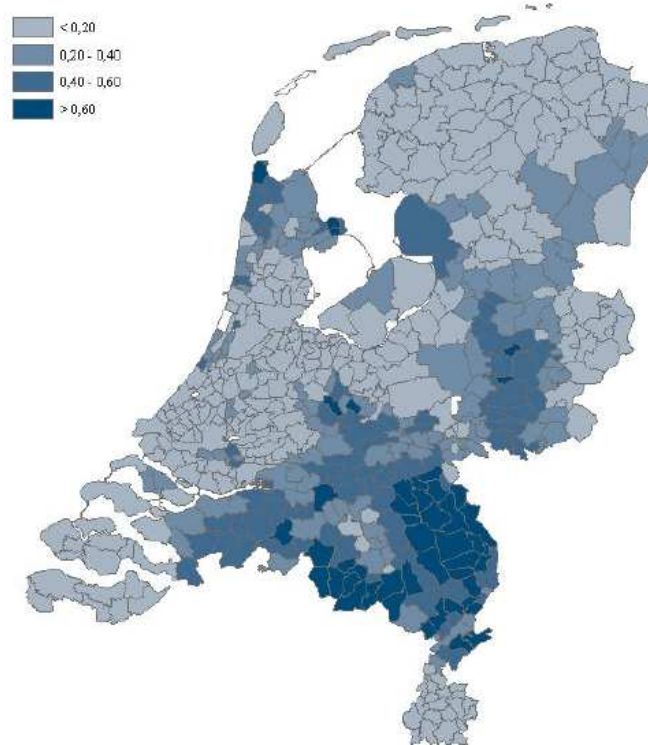
Een toekomstige toename in areaal *intensieve teelten*, zoals volle grond groenteteelt, kan een soortgelijk effect hebben, wat zowel de behoefte aan buisdrainage als beregening zal doen toenemen (Huinink e.a., 1998, en Hoozeveld, e.a., 2003). Daarentegen zou ook juist een verschuiving naar de teelt van meer droogteresistente gewassen kunnen worden ingezet, wat de behoefte aan beregening doet afnemen.

Een reeds ingezette trend is de afname van het aantal bedrijven in de land- en tuinbouw, terwijl de economische omvang per bedrijf juist toeneemt. Uit eerder onderzoek is gebleken dat het percentage bedrijven dat beregening toepast toeneemt met de economische omvang van het bedrijf (Dijk e.a., 1994).

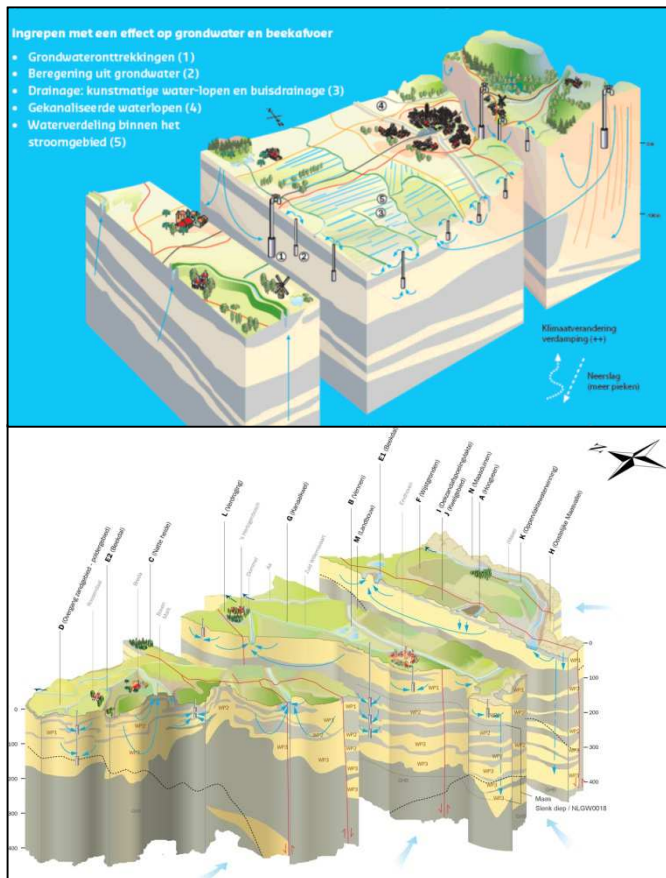
Regionale verschillen over Nederland

In de provincies in laag Nederland (Friesland, Noord-Holland, Zuid-Holland en Zeeland) is het ondiepe grondwater vaak brak tot zout. Onttrekking van grondwater voor beregening is in deze gevallen onaantrekkelijk doordat gewassen zoutschade ondervinden. In deze zelfde gebieden is grondwater echter vaak de enige bron voor beregening, wanneer sprake is van bruinrotbacterie in het oppervlaktewater.

Beregening uit grondwater vindt vaker plaats in de zandgebieden van Noord-Brabant, Limburg en Overijssel (figuur 4) waar oppervlaktewater regelmatig droogvalt bij watertekort in droge zomers. Steeds vaker wordt in deze gebieden daarom grondwater als alternatieve bron beschouwd (figuur 5). Deze bron is echter niet onuitputtelijk (De Louw, 2008, Kuijper e.a., 2012, Stuurman et al. 2013).



Figuur 4: Aandeel van de te beregenen oppervlakte in de totale oppervlakte cultuurgrond naar gemeente (Bron: Hoozeveld, e.a., 2003).



Figuur 5: Conceptuele modellen (blokdigrammen) van het grondwatersysteem in Oost Nederland (boven, Kuijper e.a., 2012) en van grondwaterlichaam Zand-Maas (onder, Deltares en RIVM, 2012), beide kwetsbaar voor verdroging door grondwaterwinningen voor beregening.

Beschikbare gegevens en kennis

Gegevens over beregeningsonttrekkingen en onttrokken hoeveelheden werden tot 2010 beheerd door de provincies. In veel gevallen gold een meldingsplicht in plaats van vergunningverlening. Ook is niet in elk provincie aan een vergunning een vergunde hoeveelheid gekoppeld. De daadwerkelijk onttrokken hoeveelheden hangen af van de weersomstandigheden en kunnen daardoor sterk verschillen van de vergunde hoeveelheden. Van veel beregeningsonttrekkingen zijn daarom geen of beperkt gegevens bekend. De gegevens die in Noord-Brabant zijn verzameld (Figuur 2) zijn daarmee binnen Nederland uniek.

Sinds december 2009 is de verantwoordelijkheid voor de kwantiteit van het ondiepe grondwater en voor onttrekkingen tot 150.000 m³ per jaar overgegaan van provincies naar waterschappen. De waterschappen zijn daarmee ook verantwoordelijk geworden voor de beregeningsonttrekkingen. Het beregeningsbeleid wordt in verschillende waterschappen herzien en is nog in ontwikkeling.

Het LEI onderzoekt de verbreiding, de ontwikkeling en het waterverbruik van beregening in land- en tuinbouw, o.a. gebaseerd op landbouwtellingen (o.a. Hoogveen e.a., 2003). Kennis over de effecten van beregeningsonttrekkingen op landbouw en natuur is gerapporteerd door Deltares (o.a. De Louw, 2008, Hendriks e.a., 2013, Kuijper e.a., 2012, Kuijper e.a., 2013, Worm e.a., 2012). Alterra onderzocht onder andere Nederlandse regelgeving rond waterwinning voor beregening (Stoof en Ritsema, 2006). ZLTO, Boerenbond en de Limburgse Land- en Tuinbouwbond (LLTB) onderzoeken in het Interreg IVA-project 'Interactief Waterbeheer' de

mogelijkheden van preciseren van de benodigde beregening van een areaal, op basis van satellietbeelden (www.interactiefwaterbeheer.eu).

Referenties naar websites, rapporten

Websites

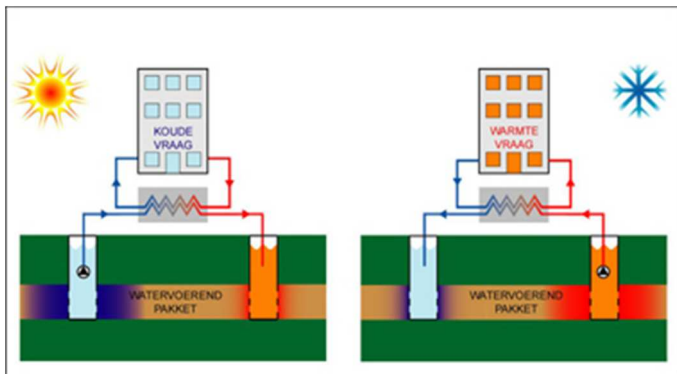
- Deltares en RIVM (2012). Grondwaterlichamen in Nederland - Conceptuele modellen.
<http://publicwiki.deltares.nl/display/GWLNL/Grondwaterlichamen+in+Nederland+-+Conceptuele+modellen>
- Hoogveen, M.W., K.H.M. van Bommel en G. Cotteleer (2003) Beregening in land- en tuinbouw; Rapport voor de Droogtestudie Nederland, LEI, Den Haag, Rapport 3.03.02; ISBN 90-5242-785-2.
http://www.helpdeskwater.nl/publish/pages/15612/05beregening_landbouw.pdf
- Kuijper, M.J.M., D.M.D. Hendriks, R.J.J. van Dongen, S. Hommes, J. Waaijenberg en B. Worm (2012) Sturen op Basisafvoer. Een analyse van zomerafvoeren in het beheergebied van waterschap Regge en Dinkel en hoe daar in de toekomst mee om te gaan. Deltares-rapport 1202530-000-BGS-0012, Utrecht.
- Louw, P.G.B. de (2008) Effecten van grondwateronttrekkingen t.b.v. beregening op beekafvoer, Noord-Brabant. Presentatie tijdens symposium beekafvoer, Utrecht.
<http://publicwiki.deltares.nl/display/KRWGR/Interactie+oppervlaktewater+en+grondwaterkwantiteit>
- ZLTO, Boerenbond en LLTB - Precisie landbouw – High tech beregenen.
<http://www.interactiefwaterbeheer.eu/precisielandbouw-high-tech-beregennen>

Referenties:

- Broers, H.P. en J. Griffioen (2012). Grondwaterstress – Wat nu? En Hoe dan? Bodem (4):14-16
- Dijk, J., C. Ploeger en M.W. Hoogveen (1994) Grondwateronttrekking door de land- en tuinbouw. LEI-DLO Publikatie 3.157, Den Haag.
- Hendriks, D.M.D., M.J.M. Kuijper en R. van Ek (2013) Groundwater impact on environmental flow needs of streams in sandy catchments in The Netherlands. Hydrological Science Journal, under review.
- Huinink, J., F. Verstraten, J. Janssen, M. Mooij, L. Beijer en A. van der Wees (1998) Het economisch belang van water in de landbouw. Rapport Informatie- en KennisCentrum Landbouw, Ede.
- Kuijper, M.J.M., S. Hommes en H.P. Broers (2013) Grondwater als buffer om droogte te voorkomen In: Land+Water nr. 1/2, februari 2013.
- Moran J.E. et al. (2011) Nitrate Fate and Transport in the Salinas Valley. California GAMA Special Study: Final Report for the California State Water Resources Control Board. Task 10.5. Lawrence Livermore National Laboratory, California State University, East Bay.
- Morera A. (2011) Arsenic mobilization in a pyrite-rich sandy aquifer at Oostrum, The Netherlands. MSc thesis Universiteit Utrecht.
- Stoof C.R. en C.J. Ritsema (2006) Waterwinning voor beregening in de landbouw en op sportvelden: een overzicht van de regelgeving in Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1364.
- Stuurman, R., A.A. Freriks and H.P. Broers (2013) Second Opinion rapport Grondwaterberegening en Natura 2000. Deltares rapport 1207553.
- Worm, B., M.J.M. Kuijper, R.J.J. van Dongen en D.M.D. Hendriks (2012) Sturen op basisafvoer: wat te doen aan droogte en lage beekafvoeren? In: H2O nr. 22, 2012.

Omschrijving activiteit

Bij Warmte Koude Opslag (WKO) wordt warmte en koude opgeslagen en onttrokken aan de ondergrond. Open WKO systemen pompen grondwater heen en weer en gesloten systemen wisselen warmte uit met behulp van ondergrondse lussen. Gesloten systemen worden meestal horizontaal in de bodem aangelegd. Door de bodemlussen stroomt dan water of koelvloeistoffen. Zowel bij open als bij gesloten systemen wordt er in de winter warmte onttrokken en in de zomer via de omgekeerde route koude onttrokken aan de ondergrond.

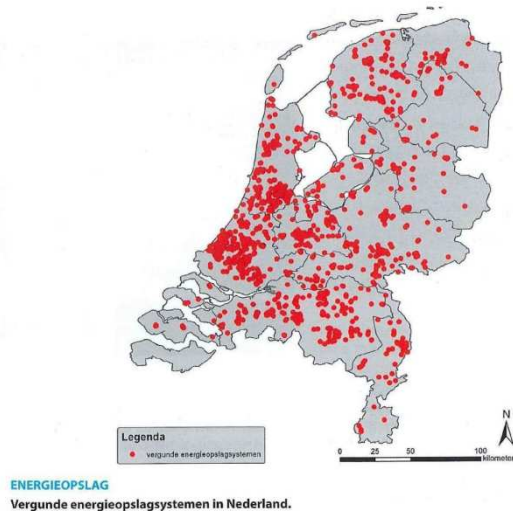


Figuur 1: principe van een WKO systeem

Het aanleggen van WKO systemen kan een flinke energie- en geldbesparing leveren en wordt gestimuleerd door de overheid. Vanuit Europa bestaat de doelstelling (via de Energy Performance of Buildings Directive) in 2020 in nieuwe gebouwen nauwelijks nog energie nodig te hebben. De taskforce Warmte-koude opslag was gericht op het stimuleren van deze systemen, zoals vastgelegd in de rapportage 'groen licht voor bodemenergie'. Er zijn veel vergunde open WKO-systemen in Nederland (zie figuur 2). Het aantal gesloten systemen is nog groter maar nog onbekend omdat er tot voor kort geen meldingsplicht van de bouw van deze systemen was.

De koelvloeistoffen in gesloten systemen bevatten hoofdcomponenten zoals propyleenglycol, ethyleenglycol, betaine, kaliumcarbonaat of andere zouten. Daarnaast zijn er nog toevoegingen zoals corrosieremmers, surfactanten, oplosmiddelen en geur- en kleurstoffen (1, 2). Door het grote aantal gesloten bodemenergiesystemen zal lekkage van koelvloeistoffen met enige regelmaat optreden (3) en daarbij kunnen juist de kleine toevoegingen de grootste risico's geven. Methylbenzotriazool bijvoorbeeld is een kleine toevoeging met een groot potentieel milieueffect doordat het giftig is en persistent (1, 2), 'Meer Met Bodemenergie' is een Nederlands kennisplatform voor onderzoek naar bodemenergie, waarin meerdere partijen samenwerken en ook een onderzoeksprogramma aan gekoppeld was. WKO-systemen hebben over het algemeen slechts een bescheiden invloed op de temperatuur van het grondwater terwijl er wel grote hoeveelheden grondwater heen en weer verplaatst worden. De effecten van het vermengen van het grondwater zijn daarom vaak groter dan de directe temperatuur effecten (4). Met name wanneer er onopgeloste vloeibare verontreinigingen in de ondergrond aanwezig zijn kan een open

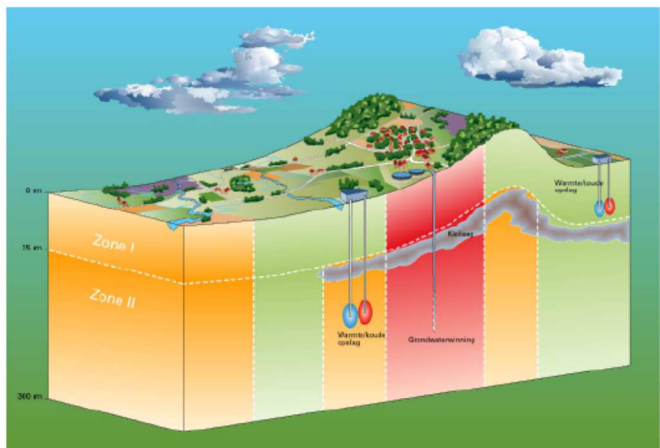
WKO-systeem de verontreiniging verspreiden (5). De TCB heeft in 2009 een duurzaamheidsafweging voor WKO gemaakt, waarin de TCB tot de conclusie komt dat 'koude' een belangrijke waarde van het grondwater is die behouden zou moeten blijven (6). Om die reden werd geadviseerd om adequaat te sturen de temperatuur- en energiebalans van WKO en een maximale temperatuur van het retourwater van 25 °C. De TCB gaf aan ook dat gebruik van de bodem, zoals bij WKO, goed zou moeten renderen en vond de opbrengst van gesloten WKO systemen gering in verhouding tot de kans op lekkages en het doorboren van kleilagen en het onduidelijk herstel naar het uitgebruikname. Mede op basis van deze adviezen is de AMvB Bodemenergie opgesteld (officieel Wijzigingsbesluit bodemenergiesystemen) die 1 juli 2013 in werking is getreden (7). Hoofddoel hiervan is het stimuleren én reguleren van bodemenergie. De AMvB past de regels voor open systemen aan en introduceert regels voor gesloten systemen. Het is de bedoeling dat de temperatuur in de ondergrond daarbij niet hoger wordt dan 25 °C voor open systemen en dat er in de loop der jaren geen warmte-overschot in de ondergrond ontstaat. Voor gesloten systemen mag de temperatuur in de koelvloeistof ten hoogste 30 °C bedragen. Gesloten systemen moeten nu ook gemeld worden en er worden maatregelen voorgeschreven om lekkage te beperken. Na beëindiging van het gebruik worden de ondergrondse buizen ontdaan van eventuele koelvloeistoffen en wordt het systeem opgevuld zodat de werking van de oorspronkelijke water scheiden lagen wordt hersteld.



Figuur 2: Vergunde open WKO systemen in 2010. Bron Land+Water 11, november 2011

Vanuit hun rol als grondwaterbeheerder hebben de provincies de afgelopen 10 jaar beleid gemaakt voor WKO systemen. In de provincie Noord-Brabant is voor een WKO met een onttrekking groter dan 10 m³/uur of een diepte groter dan 30 meter een watervergunning noodzakelijk, en bovendien is WKO niet toegestaan in grondwater-beschermingsgebieden en op een grotere diepte dan 80 meter. Ook in de provincie Drenthe wordt een dieptebegrenzing gehanteerd, voor grotere WKO's op meer

dan 25 meter diepte zijn gebieden aangewezen waar WKO niet is toegestaan (verbodsgebieden), waar het onder voorwaarden is toegestaan met een vergunning en waar WKO vrij kan worden toegepast. De verbodsgebieden komen grotendeels overeen met waterwingebieden en grondwaterbeschermingsgebieden en gebieden waarin geen diepe boringen mogen worden verricht. Bij de begrenzing van deze gebieden is rekening gehouden met andere gebruiksvormen van de ondergrond en het beheer van de voorraad zoet grondwater (zie latere paragrafen). De provincie Drenthe liep met de uitwerking van dergelijk beleid voorop (8). In de uitwerking van de AMvB wordt dit het stoplichtenmodel genoemd, al worden vraagtekens gesteld bij een strikte gebiedsindeling zoals Drenthe die hanteert (7).



Figuur 2: het 3D-zone model van de provincie Drenthe, met onderscheid tussen verbodsgebieden, restrictiegebieden en vrije zones

Eigenschappen: ruimtelijke en temporele impact

Open WKO systemen bevinden zich meestal op enkele tientallen tot honderd meter diepte. Horizontaal gaat het veelal niet verder dan het perceel waarop de installatie staat. Bij grote gebouwencomplexen gaat het dan bijvoorbeeld om maximaal 1 km².

Gesloten WKO systemen kunnen verticaal tot tientallen meters diep gaan of juist ondiep en horizontaal een groot oppervlak beslaan. Het precieze aantal gesloten systemen is onbekend omdat ze tot in werking treden van de AMvB niet meldplichtig waren. In 2007 werd het aantal al op meer dan 20.000 geschat (9).

WKO-systemen worden voor minimaal enkele tientallen jaren aangelegd. Afhankelijk van het formaat en de temperatuur van de grondwaterbel kan het jaren duren alvorens de temperatuur in de ondergrond weer normaal is (10). Herstel van mogelijke chemische en biologische effecten kan veel meer tijd kosten, bijvoorbeeld na lekkage uit een gesloten systeem. De ondergrondse buizen, filters en omstortingen zullen niet worden verwijderd en voor altijd in de ondergrond aanwezig blijven. Omdat gesloten systemen niet vergunningsplichtig waren is vaak onduidelijk waar ze precies in de bodem zijn ingebracht, waardoor de kans op lekkage na bouw- en sloopactiviteiten aanzienlijk is.

Tabel 1 ruimtelijke en temporele impact van de activiteit

Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km ²)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Aspecten	chemisch		fysisch		biologisch	

De open WKO systemen in Nederland zijn vergunningsplichtig en kunnen daarom in kaart gebracht worden. Deze systemen staan met name in stedelijke gebieden overal in Nederland.

Ecosysteemdiensten die gebruikt worden

De open WKO-systemen maken gebruik van drie ecosysteemdiensten van de ondergrond (Tabel 2):

1. Beschikbaarheid water
2. Energie opslag
5. Bergingscapaciteit
7. Temperatuursregulatie

De gesloten WKO-systemen hebben in principe geen grondwater nodig maken slechts gebruik van de ruimte in de ondergrond (EDS 5) en de temperatuurregulatie die optreedt bij stromen door het buissysteem in de ondergrond (ESD 7). Het energierendement ontstaat doordat er minder energie hoeft te worden opgewekt door bijvoorbeeld verbranding van fossiele brandstoffen. Bij een open systeem wordt van de zelfde ESD's gebruik gemaakt, maar is sprake van grondwater dat wordt gecirculeerd.

WKO	gebruik	beïnvloeding
EDS		
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	N	-
2 - Energie	J	+/-
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	N	-
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	o
5 - Bergingscapaciteit	J	-
6 - Biochemische cycli	N	o
7 - Temperatuursregulatie	J	-
8 - Voorzien watervoerendheid en kwaliteit oppervlaktewater	N	o
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	N	o
10 - Cultuurhistorische waarden	N	o
11 - Biodiversiteit	N	o

Tabel 2: Relatie tussen de activiteit en de 11 onderscheiden ecosysteemdiensten van de ondergrond. Kolom A: maakt de activiteit gebruik van de ESD; J(a) of N(ee). Beïnvloedt de activiteit de ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

Eisen van de activiteit aan kwaliteit en kwantiteit van de fysieke omgeving

Open WKO-systeem systemen hebben een grondwaterpakket nodig met voldoende grof zand of grind om een goede doorstroming van het grondwater te garanderen. De kwaliteit van het grondwater is veel minder van belang dan de kwantiteit. Verstopping in het putfilter kan optreden wanneer er bacteriegroei of ijzer neerslag ontstaat door biologische grondwatersanering of door het mengen van water uit verschillende redoxzones in de ondergrond. Onderkennen van eventuele redoxgradiënten van oxisch naar anoxisch zijn dus van belang bij het ontwerp. WKO-systemen functioneren beter wanneer het gebouw en de installatie vanaf het begin op elkaar zijn afgesteld. De systemen hebben over het algemeen niet meer ruimte nodig dan het gebouw waaronder zij geplaatst zijn. De ruimte wordt in de diepte gezocht en niet onder de grond van de naastgelegen panden. Een nabijgelegen drinkwaterwinning of bouwput kan het functioneren van WKO-systemen negatief beïnvloeden omdat dan de opgeslagen warmte of

koude afgevoerd kan worden door grondwaterstroming in de richting van de winning of bouwput. WKO-systemen kunnen elkaar negatief of positief beïnvloeden afhankelijk van de plaatsing en het formaat van de ondergrondse installaties.

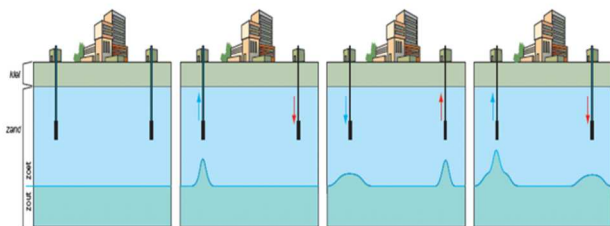
Impact van de activiteit op ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater; positief en negatief

WKO-systemen hebben een negatieve invloed op de volgende ecosysteemdiensten:

1. Beschikbaarheid van voldoende water van goede kwaliteit
2. Energie
3. Reinigend vermogen van de ondergrond
5. Bergingscapaciteit
7. Temperatuurregulatie

Ad 1. WKO installaties kunnen een negatieve invloed hebben op de *beschikbaarheid van water van goede kwaliteit*. Bij open systemen wordt immers water uit het gebouw tijdelijk opgeslagen en later weer onttrokken. Dit leidt tot menging van diverse typen water en een versnelde doorstroming (11). Ook is bekend dat onder de onttrekkingsputten zout water opgetrokken kan worden (upconing) wat netto tot een kwaliteitsverslechtering kan leiden (Figuur 3). Open WKO-installaties kunnen lokale verontreinigingen over een groot gebied verspreiden wanneer de installaties zo dicht bij elkaar staan dat ze de verontreinigingen aan elkaar kunnen doorgeven (5).

Corrosieremmers uit de koelvloeistof van gesloten WKO-installaties kunnen het grondwater voor tientallen jaren verontreinigen en zijn niet noodzakelijk voor het functioneren van een WKO-installatie.



Figuur 3: Mogelijke upconing van brak en zout water onder WKO installaties

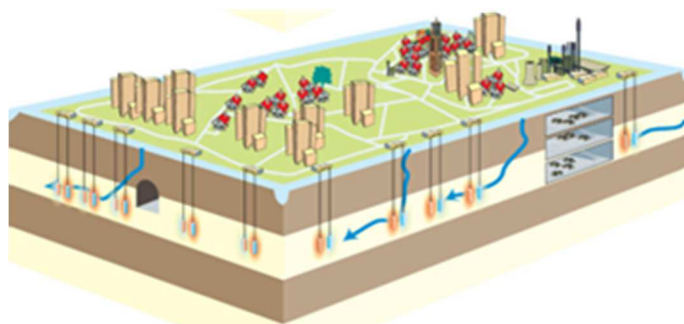
Misschien wel de grootste kans op een negatief effect op de beschikbaarheid van de voorraad grondwater van goede kwaliteit is het doorboren kleilagen. Met name omdat bij de aanleg vaak gebruik wordt gemaakt van goedkope en snelle spoelboringen. The AMvB schrijft voor dat er rekening met het doorboren van afsluitende lagen gehouden moet worden. Meestal wordt er klei aangebracht om de integriteit van de afsluitende laag te herstellen. De vergunningverlener (provincie of gemeente) kan het doorboren van afsluitende lagen in bepaalde situaties verbieden. Het lekken van afsluitende lagen heeft zowel effect op versneld uitspoelen van stedelijke en industriële bronnen naar de diepte als op de werking van afsluitende lagen die effecten van grondwaterstands- en stijghoogteverlagingen bij winningen verminderen.

Ad 2. Energie.

Verschillende WKO-systemen kunnen elkaar hinderen wanneer deze verkeerd geplaatst zijn.

Ad 3. Als er lekkage optreedt bij een gesloten systeem dan kan het reinigend vermogen van ondergrond worden verminderd. Doordat WKO's verontreinigingen verplaatsen, mengen en verdunnen zou de afbraak van verontreinigingen gestimuleerd kunnen worden. Onder gecontroleerde omstandigheden kunnen open WKO-installaties mogelijk een positieve bijdrage leveren aan grondwatersanering.

Ad 5. WKO systemen nemen een deel van de ondergrondse ruimte in beslag die niet door andere vormen van gebruik meer kan worden benut. Op die manier gebruiken ze bergingscapaciteit op. Vooral bij WKO systemen, en vooral bij de grote aantallen gesloten systemen leidt dit tot een afname van de mogelijkheden van andersoortig gebruik en "drukke in de ondergrond" (Figuur 4).



Figuur 4: Drukke in de ondergrond: benutting van de ondergrond in stedelijke gebieden

Ad 7. Tenslotte hebben WKO systemen een nadelig effect op de temperatuurregulerende capaciteit van de ondergrond. De TCB noemde 'Koude' al één van de belangrijkste karakteristieke eigenschappen van de ondergrond. In de AMvB is daarom een grens van 25 graden opgenomen.

Afwegingen ten opzichte van andere activiteiten die grondwater en de ondergrond benutten

Een bekende afweging is die tussen WKO en drinkwatervoorziening. Niet voor niets reguleert de provincie Drenthe WKO in waterwingebieden en grondwaterbeschermingsgebieden via verbodszones (8) en weert de provincie Noord-Brabant WKO systemen in de voor de drinkwaterwinning belangrijke diepe pakketten. Gesloten systemen herbergen het gevaar van lekkages op de pompdiepten van de grondwaterwinningen, en open WKO systemen mengen water op dezelfde diepte als drinkwateronttrekkingen. Het RIVM adviseert een afstand van meer dan 400 m tussen WKO-systemen en een drinkwaterwinning (12). Vooral de grote dichtheid van WKO installaties in stedelijke gebieden maakt dat winning van water en WKO's niet eenvoudig samen gaan als ze op dezelfde diepte actief zijn. Daarnaast is er relatief weinig controle op de wijze waarop boringen voor WKO worden verricht, waardoor het risico op kortsluiting tussen watervoerende pakketten ontstaat. Dergelijke kortsluiting heeft ook effecten op andere functies van grondwater, waardoor de provincie Drenthe ervoor kiest om ook een afweging te maken voor WKO in de omgeving van kwetsbare beeksystemen zoals de Drentse Aa, in intrekgebieden van waterwinningen en in Vogel/Habitatrichtlijn gebieden/ Natuurbeschermingswet gebieden (8).

Het toepassen van WKO, met de risico's bij het doorboren van kleilagen en het mengen van water gaan niet samen met het aanwijzen van gebieden als strategische watervoorraad.

De beperking van WKO tot 80 m diepte zoals de provincie Noord-Brabant die hanteert past bij deze constatering. De grondwatervoorraden benden die diepte hebben tenslotte water dat meer dan 1000 jaar geleden is geïnfiltrerd en dat wordt niet snel aangevuld met gelijke kwaliteit water.

Toepassen van WKO interfereert soms ook met andere opslagsystemen in de ondergrond, zoals de opslag van regenwater, het injecteren van brijn bij het maken van gietwater voor kassen en de infiltratie van water voor drinkwateronttrekking. In gevallen waar beide activiteiten in hetzelfde gebied en dieptetraject worden gepland is een afweging noodzakelijk. Een combinatie met een in-situ sanering kan daarbij onder gecontroleerde omstandigheden soms wel tot positieve gevolgen leiden (5).

Tabel 4 Restrictieclassen voor zone I en II WKO-systemen

Zone I 0-25 meter	Zone II 25-300 meter	Gebied / aanduiding
Verbodsgebied	Verbodsgebied	Waterwingebied
Verbodsgebied	Verbodsgebied	Grondwaterbeschermingsgebied
Restrictiegebied	Verbodsgebied	Grens verbodszone diepe boringen
Vrij gebied	Restrictiegebied	Intrekgebieden waterwinningen
Restrictiegebied	Restrictiegebied	Habitat/vogelrichtlijngebied
Restrictiegebied	Restrictiegebied	Natuurbeschermingswet gebied
Restrictiegebied	Restrictiegebied	Archeologische monumentenkaart
Vrij gebied	Vrij gebied	Alle overige gebieden

Figuur 5: Restrictieclassen zoals door de provincie Drenthe gehanteerd in de Structuurvisie Ondergrond v2.0.

Toekomstige ontwikkelingen die afwegingen noodzakelijk kunnen maken

Doordat WKO-systemen bij de huidige energie prijzen financieel aantrekkelijk zijn en door de overheid worden gestimuleerd is verdere groei te verwachten. Op dit moment is er sprake van enige vertraging vanwege de crisis in de bouw en de kantorenmarkt. The AMvB geeft de provincies en gemeenten de mogelijkheid om de groei van WKO-systemen te reguleren zodat er een groter totaal rendement gehaald kan worden.

Regionale verschillen over Nederland

Nederland is over het algemeen erg geschikt voor open WKO-systemen doordat er veel pakketten met grof zand of grind aanwezig zijn. Gesloten WKO-systemen kunnen eigenlijk in iedere bodem geplaatst worden. Beperkingen zijn er vooral waar het gaat om ESD 1: de mogelijke invloed van WKO op beschikbaarheid van voldoende water van goede kwaliteit. Provincies die veel belang hechten aan het beheer van de zoete grondwatervoorraad en ook een grote voorraad te beheren hebben (Gelderland, Noord-Brabant en Drenthe bijvoorbeeld) met behulp van de AMvB voorwaarden kunnen blijven stellen aan diepte en hoeveelheid WKO systemen. De bodemenergiesystemen kunnen zowel in zoet als zout grondwater geplaatst worden. Over het algemeen worden open WKO-systemen in zuurstofloos grondwater geïnstalleerd maar dat is geen noodzaak. Bij lekkage van koelvloeistoffen in veengebieden moet rekening worden gehouden met de geringe afbraakcapaciteit van zuur en zuurstofloos grondwater (1)

Beschikbare gegevens en kennis

Voor het op de juiste manier aanleggen en in bedrijf houden van WKO-systemen is specialistische kennis noodzakelijk die onder andere geleverd kan worden door de bedrijven betrokken bij het kennisplatform "Meer met Bodemenergie". If Technology heeft bij de introductie van WKO in Nederland een belangrijke rol gespeeld. Wat betreft

de chemische veranderingen, het temperatuurregime en de onderlinge beïnvloeding van waterwinning en WKO is er er kennis ontwikkeld en beschikbaar bij KWR, Deltares, Alterra en het RIVM.

Referenties naar rapporten en websites

Websites

AMvB Bodemenergie

<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stb-2013-112.pdf>

Meer met Bodemenergie.

www.meermetbodemenergie.nl

www.wko-tool.nl

www.bodemenergienl.nl/

Rijkswaterstaat

www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bodemenergie/

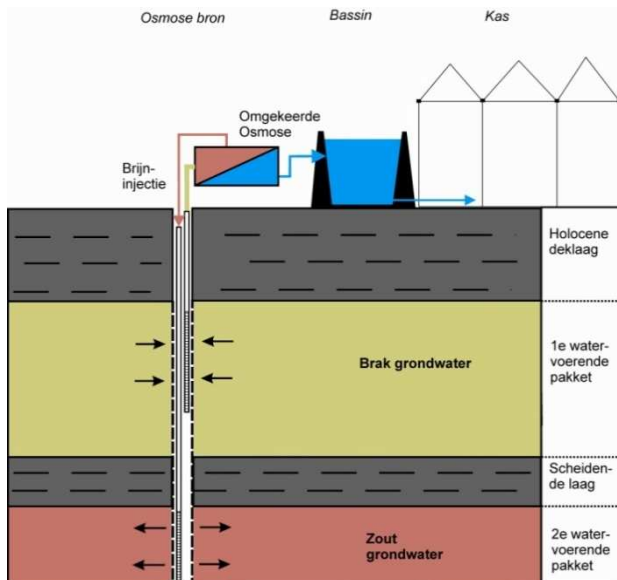
Referenties

1. Van Beelen P. A method to rank the relative environmental hazard of coolants leaking directly into groundwater [Een methode om het milieurisico van koelvloeistoffen voor grondwater te rangschikken]. RIVM report 607050014. [Onderzoeksrapport]. 2013:17.
2. Ilieva D, Morasch B, Haderlein S. Risikominimierung beim Einsatz von Wärmeträgerflüssigkeiten: Einfluss von Additiven auf Umweltverhalten und Abbaubarkeit im Untergrund 2012.
3. GroenHolland, KWR, IF-technology. Technisch onderzoek gesloten systemen 2013.
4. Hartog N, Drijver B, Dinkla I, Bonte M. Field assessment of the impacts of Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) systems on chemical and microbial groundwater composition European Geothermal Conference 2013 2013.
5. Zuurbier KG, Hartog N, Valstar J, Post VEA, Van Breukelen BM. The impact of low-temperature seasonal aquifer thermal energy storage (SATES) systems on chlorinated solvent contaminated groundwater: Modeling of spreading and degradation. J Contam Hydrol. 2013;147:1-13.
6. TCB. Advies duurzaam gebruik van de bodem voor WKO: Technische commissie bodem 2009. Report No.: TCB S045.
7. Besluit van 25 maart 2013 tot wijziging van een aantal algemene maatregelen van bestuur in verband met regels inzake bodemenergiesystemen en enkele technische verbeteringen, 112 (2013).
8. Provincie Drenthe. Structuurvisie ondergrond 2.0 2013.
9. CBS. Duurzame energie in Nederland 2008. Den Haag/Heerlen: Centraal Bureau voor de Statistiek 2009.
10. Stuurman R, Van Oostrom N, Van Schrojenstein Lantman R, Goorden N, Bakr M, Doornbal P. Effecten van WKO op de grondwaterkwantiteit: Deltares 2011. Report No.: 092.81170.
11. Bonte M, Stuyfzand PJ, Hulsmann A, van Beelen P. Underground thermal energy storage: Environmental risks and policy developments in the Netherlands and European Union. Ecology and Society. 2011;16(1).
12. Van Beelen P, Schijven J, de Roda Husman AM, van der Aa M, Otte P. Een literatuurstudie naar de mogelijke risico's van warmte- en koudeopslag voor de grondwaterkwaliteit [The continuous growth of Thermal Energy Storage (TES) might be limited by the possible risk for the drinking water supply.]. RIVM rapport 607050009. 2011.

Omschrijving activiteit

In glastuinbouwgebieden is veel gietwater nodig voor de beregening van gewassen. Hiervoor wordt overwegend regenwater gebruikt, dat wordt opgeslagen in bovengrondse bassins. Als er tijdens droge perioden onvoldoende regenwater aanwezig is op het bedrijf kan gebruik worden gemaakt van grondwater als aanvullende gietwaterbron. Dit water wordt onttrokken uit een watervoerend pakket in de ondergrond, gescheiden van het maaiveld door de deklaag of een scheidende laag (zie figuur 1). In delen van Nederland (zie figuur 3) is dit water van nature brak tot zout. Met hulp van omgekeerde osmose membranen (reverse osmosis, RO), die wel water maar geen zouten doorlaten, wordt uit dit brakke water zoet permeaat gewonnen, dat na toevoeging van mineralen en voedingsstoffen als gietwater gebruikt wordt. Zouten en andere stoffen blijven achter in het oorspronkelijke brakke water, dat sterk geconcentreerd wordt. Dit water, dat "brijn" genoemd wordt, is een restproduct van ontzilting en moet worden afgevoerd. Dit gebeurt door het te injecteren in een dieper watervoerend pakket dan waaruit het grondwater onttrokken is. Ook dit pakket bestaat van nature uit brak tot zout grondwater. De meeste omgekeerde osmose-installaties zijn ingesteld op een rendement van 50%, wat betekent dat er uit elke opgepompte liter grondwater een halve liter gietwater en een halve liter brijn wordt geproduceerd. Ten opzichte van het opgepompte brakke grondwater zijn in dit brijn de concentraties van alle stoffen die in het onttrokken grondwater zaten ongeveer verdubbeld.

Brijninjectie wordt in Nederland het meest toegepast in glastuinbouwgebied het Westland. In een gemiddeld jaar wordt er ca. 1,3 miljoen m³ grondwater onttrokken en 0,65 miljoen m³ brijn geïnjecteerd. In een droog jaar is loopt dit op tot ca. 3,6 miljoen m³ waarvan weer ca. 1,8 miljoen m³



wordt geïnjecteerd.

Figuur 1: Schematische weergave onttrekking grondwater en brijninjectie t.b.v. de glastuinbouw (Faneca Sanchez et al., 2012).

Beleid en vergunningverlening zijn in principe terughoudend ten aanzien van de acceptatie van brijninjecties in het grondwater. Er is zowel een vergunning voor het onttrekken van grondwater nodig als een ontheffing voor het lozen van

brijn. Voor het onttrekken van grondwater moet, op basis van de Waterwet, een vergunning worden aangevraagd bij het waterschap. Voor het lozen van brijn is een ontheffen nodig. Vanaf 1 januari 2013 valt het lozen van brijn onder het Activiteitenbesluit (zie wetten.overheid.nl of www.infomil.nl) en is de gemeente het bevoegd gezag. Door het rijk is in samenwerking met andere overheden en de sector een 'beleidskader goed gietwater' opgesteld wat door de gemeenten als handvat kan dienen bij het beoordelen van aanvragen voor een ontheffing van een brijnlozing (Provincie Zuid-Holland, 2010). Uitgangspunt hierbij is dat brijnlozingen zoveel mogelijk voorkomen moeten worden door eerst te kijken naar mogelijke alternatieven. Deze benadering wordt ook uitgedragen door de Technische Commissie Bodem (TCB, 2010; TCB, 2012a; TCB, 2012b).

Op Europees niveau zijn de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn (GWR) van belang. Brijninjectie in de ondergrond is strijdig met de uitgangspunten van het Prevent and Limit principe uit de GWR vanwege de toename van de concentratie van verontreinigende stoffen. De Grondwaterrichtlijn biedt lidstaten het recht om uitzonderingen toe te staan op maatregelen ter voorkoming of beperking van de inbreng van verontreinigende stoffen in het grondwater.

De wijze van toetsing is een beleidskeuze die valt binnen belangenafwegingen van het bevoegd gezag.

In de huidige situatie speelt het onttrekken van grondwater en het lozen van brijn alleen bij glastuinbouwgebieden. Er zijn momenteel wel ontwikkelingen om dit proces ook toe te gaan passen bij drinkwaterbedrijven die brak grondwater als bron voor drinkwater willen gaan gebruiken. Inmiddels zijn er twee pilotprojecten, inclusief brijninjectie, uitgevoerd en is er één in voorbereiding (Raat & Kooiman, 2012).

Eigenschappen: ruimtelijke en temporele impact

Het onttrekken van grondwater in combinatie met het lozen van brijn speelt in Nederland met name in gebieden met een hoge dichtheid aan glastuinbouw. In deze gebieden is er onvoldoende ruimte voor de opslag van regenwater in bovengrondse opvangbassins en moet er gebruik worden gemaakt van aanvullende bronnen van gietwater. Daarnaast speelt deze activiteit alleen in gebieden waarbij de ondergrond brak is, aangezien bij zoet water geen omgekeerde osmose plaats hoeft te vinden en dus ook geen brijn geloosd hoeft te worden.

Brijnlozingen spelen dus in specifieke delen van Nederland. Glastuinbouwgebied het Westland is in Nederland het gebied waar de meeste brijnlozingen plaatsvinden.

Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km ²)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit (jaren)	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel (jaren)	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Aspecten	chemisch		fysisch		Biologisch	

Tabel 1: Ruimtelijke en temporele impact van de activiteit (voor toelichting zie tekst).

Deze activiteit betreft dus zowel het onttrekken van grondwater als het lozen van opgewerkt grondwater. De onttrekking vindt altijd ondieper plaats dan de lozing. Beide activiteiten zijn in het algemeen en bij voorkeur van elkaar gescheiden door een scheidende laag in de ondergrond. In Zuid-Holland, waar de meeste brijnlozingen plaats vinden, vindt de onttrekking op een diepte van ongeveer 30 - 40 m - NAP (eerste watervoerend pakket) plaats. De brijnlozing vindt plaats op een diepte van ongeveer 60 tot 100 m -NAP (tweede watervoerend pakket). Bij de uitgevoerde pilots voor de drinkwaterwinning vonden zowel de onttrekking als lozing op grotere diepte plaats (winning tussen de 67 en 255 m-mv en lozing tussen 170 en 190 m-mv).

Het ruimtegebruik per locatie zal kleiner dan 1 km² zijn, maar in een concentratiegebied, zoals het Westland, zal dat oplopen tot 5-10 km². Bij een glastuinbouwbedrijf met een hoog watergebruik wordt er in een gemiddeld jaar 600 m³/ha/jr geloosd en in een droog jaar 1625 m³/ha/jr.

De hersteltijd van de grondwaterstand en stijghoogte na beëindiging van de onttrekking wordt ingeschat op 0 – 5 jaar. De onttrekking en lozing blijven in het Westland een verwaarloosbaar effect te hebben op de freatische grondwaterstand (in de deklaag) en de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket (indicatieve berekening Klein et al. (2011), uitgaande van 4,6 miljoen m³ onttrokken grondwater en 2,3 miljoen m³ geïnjecteerd brijn). Dit lijkt te impliceren dat het natuurlijke grondwaterstromingspatroon maar weinig beïnvloed wordt door brijninjecties.

De hersteltijd van de brijnlozing zal echter > 150 jaar bedragen aangezien brijninjectie nadelige gevolgen kan hebben op de waterkwaliteit van de ontvangende aquifer. In de provincie Zuid-Holland zijn de geïnjecteerde concentraties van een aantal stoffen hoger dan die in de ontvangende aquifer (zoals bijvoorbeeld cadmium, lood, arseen, antimoon en chloride; Klein & Passier, 2010). Dit zal langdurig nadelige effecten hebben op de grondwaterkwaliteit van de ontvangende aquifer.

Ecosysteemdiensten die gebruikt worden

De activiteit maakt gebruik van twee ecosysteemdiensten van de ondergrond (tabel 2):

- 1. Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit
- 5. Bergingscapaciteit

ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	J	-
2 - Energie	N	o
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	N	-
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	o
5 - Bergingscapaciteit	J	-
6 - Biochemische cycli	N	o
7 - Temperatuursregulatie	N	o
8 - Voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater	N	o
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur en aq. Ecosystemen	N	o
10 - Cultuurhistorische waarden	N	o
11 - Biodiversiteit	N	o

Tabel 2: Relatie tussen de activiteit en de 11 onderscheiden ecosysteemdiensten van de ondergrond. Gebruik: maakt de activiteit gebruik van de ESD; J(a) of N(ee). Beïnvloeding: beïnvloedt de activiteit de ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

Bij het onttrekken van grondwater voor de gietwaterproductie (of drinkwaterproductie) wordt gebruik gemaakt van het brakke aanwezige grondwater (ESD1). Dit water wordt onttrokken uit een watervoerend pakket in de ondergrond, gescheiden van het maaiveld door de deklaag of een scheidende laag (zie figuur 1). In delen van Nederland (zie figuur 3) is dit water van nature brak tot zout.

Bij het lozen van brijn wordt gebruik gemaakt van de bergingscapaciteit van de ondergrond (ESD5). De brijn wordt geïnjecteerd in een dieper watervoerend pakket dan waaruit het grondwater onttrokken is. Ook dit pakket bestaat van nature uit brak tot zout grondwater en is zouter dan het pakket waaruit het grondwater onttrokken is (met de diepte neemt het zoutgehalte van de ondergrond toe). Deze bergingsruimte wordt tot op heden niet gebruikt voor andere functies.

Eisen van de activiteit aan kwaliteit en kwantiteit van de fysieke omgeving

Aan gietwater worden voor allerlei stoffen eisen gesteld. Zo mag de chlorideconcentratie maximaal 18 mg/l zijn en de natriumconcentratie 12 mg/l. Het onttrokken grondwater voldoet niet aan deze eisen. Door het uitvoeren van omgekeerde osmose wordt uit het grondwater gietwater gemaakt dat wel aan de kwaliteitseisen voldoet.

Daarnaast stelt brijnlozing eisen aan de opbouw van de ondergrond. Tussen de onttrekking en het maaiveld moet een deklaag of scheidende laag aanwezig zijn om effecten op de freatische grondwaterstand te voorkomen. Daarnaast moet er een scheidende laag zitten tussen de aquifer waaruit het grondwater wordt onttrokken en de aquifer waarin de brijn wordt geloosd. Enerzijds om te voorkomen dat de stijghoogte in deze aquifer verandert, anderzijds om te voorkomen dat het geïnjecteerde brijn alsnog terug kan stromen naar de aquifer waaruit onttrokken wordt en er een cirkel ontstaat.

Impact van de activiteit op ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater; positief en negatief

Het onttrekken van grondwater en lozen van brijn heeft een negatieve invloed op de volgende drie ecosysteemdiensten:

- 1. Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit
- 3. Reinigend vermogen van de ondergrond
- 5. Bergingscapaciteit

Door het onttrekken van grondwater uit de ondergrond t.b.v. de gietwatervoorziening neemt de *beschikbaarheid van water* voor andere activiteiten die van deze dienst gebruik maken af. Daarnaast zal door het lozen van brijn in de desbetreffende aquifer de hoeveelheid water juist toenemen, maar zal de kwaliteit van dit water wel negatief beïnvloed worden. Bij een afweging speelt wel de vraag of je dat brakke water, met het oog op toekomstige gebruiksfuncties, evengoed zou moeten beschermen (Prevent and Limit principe GWR) als zoet water dat geschikt is voor drinkwater.

Brijnlozing beïnvloedt de ecosysteemdienst *reinigend vermogen* van de ondergrond negatief, in de zin dat er geochemische reacties in de bodem plaats vinden. Zo kan er neerslag van calciëet en sideriet plaats vinden, kunnen mineralen rijk aan magnesium en strontium in oplossing gaan en kan er sorptie van fosfaat, silica, arseen en nikkel, afkomstig uit de brijnlozing, optreden (Raaijmakers et al., 2011). Zo wordt een deel van de reactiecapaciteit verbruikt. In het algemeen is de reactiecapaciteit van de Nederlandse ondergrond groot door het overvloedig voorkomen van organische stof en (ijzer)sulfiden. Uitputting van die reactiecapaciteit gaat langzaam, maar is in principe niet duurzaam.

Door het injecteren van brijn in een aquifer wordt de *bergingscapaciteit* van de ondergrond benut. Dit zal ook inhouden dat er voor de berging van andere activiteiten, zoals hemelwateropslag, minder ruimte over zal blijven.

Om te voorkomen dat het geïnjecteerde brijn terug kan stromen van de aquifer waarin het geïnjecteerd is naar de aquifer waaruit het oorspronkelijk onttrokken was, moet er een scheidende laag aanwezig zijn tussen beide aquifers. Tevens dient de aquifer waaruit onttrokken wordt met een voldoende dikke scheidende laag van het maaiveld te zijn afgesloten. Indien deze scheidende lagen niet aanwezig zijn, kan onttrekking van grondwater i.c.m. brijnlozing door upconing van zouter water een negatief effect hebben op ESD 1: “beschikbaarheid van voldoende water met een bepaalde kwaliteit”.

Afwegingen ten opzichte van andere activiteiten die grondwater en de ondergrond benutten

De activiteit ‘onttrekken van grondwater en lozen van brijn’ maakt gebruik van brak grondwater. Voor andere activiteiten is de kwaliteit van dit water niet voldoende en wordt dan tot op heden ook niet gebruikt. Daarnaast speelt de kwaliteit van het onttrokken grondwater voor gietwater toch niet zo’n belangrijke rol omdat de kwaliteit met behulp van omgekeerde osmose wordt aangepast.

Aangezien de onttrekking en lozing op grotere diepte plaats vinden, bleek deze activiteit in het Westland geen invloed op activiteiten aan maaiveld te hebben, zoals terrestrische en aquatische ecosystemen en recreatie (Faneca Sanchez et al., 2012). Als grondwateronttrekking i.c.m. brijnlozingen in gebieden zonder deklaag of voldoende scheidende lagen plaats vindt, kan deze activiteit wel invloed op de functies aan maaiveld hebben door bijvoorbeeld upconing van zout water.

Een activiteit die mogelijk negatief beïnvloed kan worden door het onttrekken van grondwater en lozen van brijn is de reservering van strategische grondwatervoorraden. Op dit moment wordt brak water (nog) niet als bron voor drinkwater gebruikt. Mogelijk zal dit in de toekomst wel het geval zijn (inmiddels zijn er drie pilotprojecten uitgevoerd/in uitvoering). Op dat moment zullen beide activiteiten elkaar uitsluiten.

De mogelijkheid bestaat dat grondwateronttrekkingen en brijnlozingen de activiteit ‘warmte koude opslag (WKO)’ negatief beïnvloeden. De efficiency van een WKO-systeem wordt mede bepaald door de aanwezigheid van grondwaterstroming. Als brijnlozingen in de directe nabijheid van een WKO-systeem plaatsvinden, kan de warm-/koudwaterbel worden beïnvloed en kan deze van invloed zijn op de efficiency van het WKO-systeem (Faneca Sanchez et al., 2012).

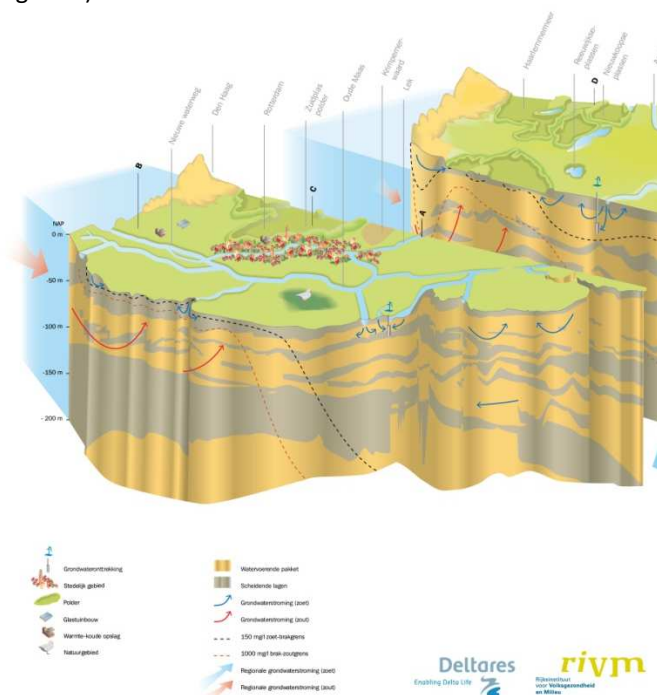
Een andere activiteit, ondergrondse gietwaterberging in brak tot zoute ondergrond, bevindt zich op dit moment nog in de onderzoeksfase (Zuurbier et al. 2013). Mogelijk zal het in de toekomst een rol gaan spelen in de gietwatervoorziening. Door de invloed van onttrekking en injectie op de grondwaterstroming, zou de gietwaterbel negatief beïnvloed kunnen worden. Wel is er minder grondwater nodig (en dus minder brijnlozing) op het moment dat ondergrondse gietwaterberging ook een rol gaat spelen in de gietwatervoorraad.

Toekomstige ontwikkelingen die in afwegingen noodzakelijk kunnen maken

Winning van brak grondwater kan, na zuivering, voor de drinkwatersector een alternatief zijn voor de huidige bronnen van drinkwater. Vitens en Brabant Water hebben reeds proefprojecten uitgevoerd met de onttrekking van brak grondwater, gevolgd door omgekeerde osmose en lozing van het brijn (Raaijmakers et al., 2011; zie figuur 3). Oasen gaat een proef uitvoeren met winning van brak grondwater voor de productie van drinkwater ter plaatse van de winlocatie Ridderkerk, waarbij ook brijn geloosd wordt.

Regionale verschillen over Nederland

De onttrekking van grondwater in combinatie met het lozen van brijn vindt in de brakke gebieden van Nederland plaats. Voor de glastuinbouw vinden de meeste onttrekkingen van grondwater i.c.m. brijnlozingen in de provincie Zuid-Holland plaats. Dit is met name in grondwaterlichaam Rijn-West-zout (figuur 2).

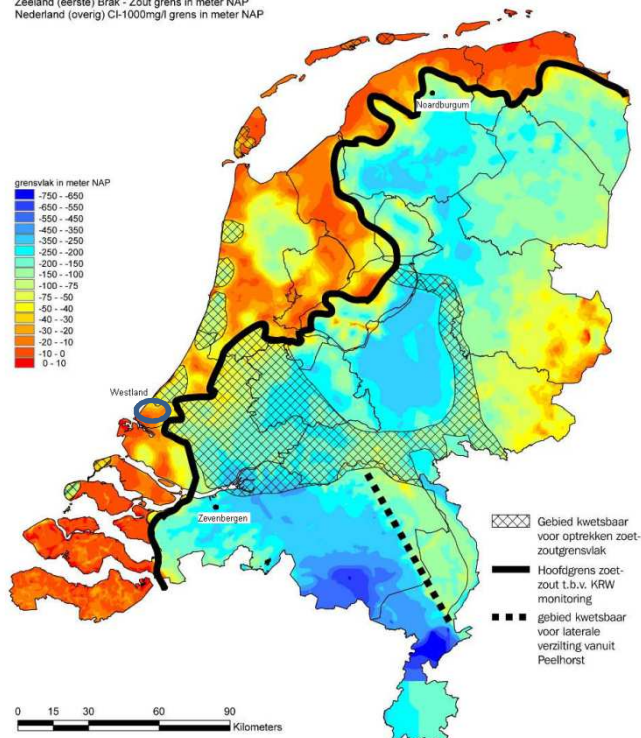


Figuur 2: 3D-doorsnede van grondwaterlichaam Rijn-West zout (Deltares en RIVM, 2013).

In de andere provincies zijn er nauwelijks brijnlozingen t.b.v. de glastuinbouw. Zeeland heeft veel ruimte voor bassins en er is zoetwateraanvoer uit Brabant. In Noord-Holland en Gelderland zijn zover bekend geen brijnlozingen. In Flevoland zijn er bedrijven die het onttrekken van grondwater i.c.m. brijnlozingen willen gaan toepassen, maar het bevoegd gezag heeft hier voorsnog geen toestemming voor gegeven.

In figuur 3 is de diepteligging van het brak-zout grensvlak met de grens tussen het ‘zoete’ en brakzoute gebied weergegeven. Op deze kaart is ook de ligging van glastuinbouwgebied het Westland en de pilotgebieden voor drinkwaterwinning Noordburgum en Zevenbergen weergegeven.

Brabant en Limburg Brak-zout grens in meter NAP
Zeeland (eerste) Brak - Zout grens in meter NAP
Nederland (overig) Cl-1000mg/l grens in meter NAP



Figuur 3: Diepteligging brak-zout grensvlak met de grens tussen het 'zoete' en brakzoute gebied. De ligging van glastuinbouwgebied het Westland en pilotgebieden Noardburgum en Zevenbergen zijn op de kaart weergegeven (Stuurman et al., 2006).

Beschikbaarheid gegevens en kennis

Om een goed inzicht te hebben in het effect van de onttrekking van grondwater i.c.m. de brijnlozingen is inzicht nodig in de grondwaterkwaliteit van zowel de aquifer waaruit onttrokken wordt als de aquifer waarin geïnjecteerd wordt. Daarnaast is kennis nodig van de geologische opbouw van de ondergrond: is er een scheidende laag aanwezig tussen onttrekkings-aquifer en maaiveld en tussen de onttrekking-aquifer en injectie-aquifer? En is deze scheidende laag van voldoende dikte en werkt hij goed scheidend? Informatie over natuurlijke achtergrondconcentraties in gebieden met brak grondwater is echter schaars. In de provincie Zuid-Holland is specifiek voor de afweging over brijnlozingen een aantal diepere putten bemonsterd. De dataset is echter nog steeds te klein om voor alle subgebieden met brijnlozingen een voldoende nauwkeurig beeld te krijgen van concentraties van hoofd- en sporenelementen. Wel komt steeds meer gedetailleerde informatie over de eerste 50 meter van ondergrond beschikbaar vanuit de GEOTOP kartering (TNO, dinoloket) die bruikbaar is voor de afweging over het al dan niet terugstromen van water tussen het onttrekkings- en injectiepakket.

Door Deltares is in verschillende studies gekeken naar de gevolgen van brijnsystemen op de grondwaterkwaliteit en naar de mogelijkheid van het terugstromen van brijn van het tweede naar het eerste watervoerend pakket (Klein & Passier, 2009; Klein & Passier, 2010; Klein et al., 2011). In het meest recente onderzoek (Faneca Sanchez et al, 2012) hebben Deltares en KWR de effecten van de brijnsystemen ten behoeve van de glastuinbouw op de grondwaterkwaliteit en gebruiksfuncties van het grondwatersysteem in het Westland in kaart gebracht door middel van een numerieke analyse.

De provincie Zuid-Holland heeft op zijn website een overzicht staan van alle uitgevoerde onderzoeken die te

maken hebben met brijnlozingen in glastuinbouwgebieden (beleid, alternatieven, watervraag, effecten, systeemkennis). KWR heeft de proefprojecten voor de drinkwaterwinningen met de onttrekking van brak grondwater, gevolgd door omgekeerde osmose en lozing van het brijn gerapporteerd (Raaijmakers et al., 2011; Raaijmakers & Kooiman, 2012).

Referenties naar websites, rapporten

Activiteitenbesluit:

<http://www.infomil.nl/onderwerpen/integrale/activiteitenbesluit/officiële/officiële-0/> of http://wetten.overheid.nl/BWBR0022762/geldigheidsdatum_25-06-2013

Deltares en RIVM (2013). Grondwaterlichamen in Nederland - Conceptuele modellen.

<http://publicwiki.deltares.nl/display/GWLNL/Grondwaterlichamen+in+Nederland++Conceptuele+modellen>.

Faneca Sánchez, M., Klein, J., Raaijmakers, K.J., Paalman, M., Oude Essink, G. (2012). Effecten van brijninjectie op de grondwaterkwaliteit en functies in het Westland. Deltares rapport 1205897-000-BGS-0007, KWR rapport 2012.096.

Klein, J. & Passier, H.F. (2009). Ondergrond en grondwaterkwaliteit in relatie tot brijnlozingen in de provincie Zuid-Holland. Deltares-rapport 0912-0124.

Klein, J. & Passier, H.F. (2010). Aanvullende beoordeling milieueigen stoffen brijn en grondwaterkwaliteit Provincie Zuid-Holland. Deltares-rapport 1202192-000-BGS-0004.

Klein, J., Faneca Sánchez, M., Van Baaren, E. (2011). Systeemkennis ondergrond Westland ten behoeve van gietwatervoorziening glastuinbouw. Deltares-rapport 1205189-000-BGS-0005.

Provincie Zuid-Holland (2010). Beleid voor brijnlozingen in de bodem in de glastuinbouw- en boomteeltsector.

Raaijmakers, K.J., Stuyfzand, P.J., Boukes, H., Oosterhof, A.T., 2011. Water quality changes following deep well injection of BWRO concentrate. Results from the BWRO pilots Noardburgum and Zevenbergen. KWR-rapport BTO 2011.105(s).

Raaijmakers, K.J., Kooiman, J.W., 2012. Brak grondwater: niet mijden, maar gebruiken! Eindrapport BTO onderzoek pilots Noardburgum (Vitens) en Zevenbergen (Brabant Water). KWR rapport BTO 2011.048.

Stuurman, R., Oude Essink, G., Broers, H.P., Van der Grift, B., 2006. Monitoring zoutwaterintrusie naar aanleiding van de Kaderrichtlijn Water "verzilting door zoutwaterintrusie en chloridevervuiling". TNO-rapport 2006-U-R0080/A.

TCB, 2010. Lozingen van membraanconcentraat bij agrarische activiteiten. Technische commissie bodem.

TCB, 2012a. Advies grondwater. Technische commissie bodem

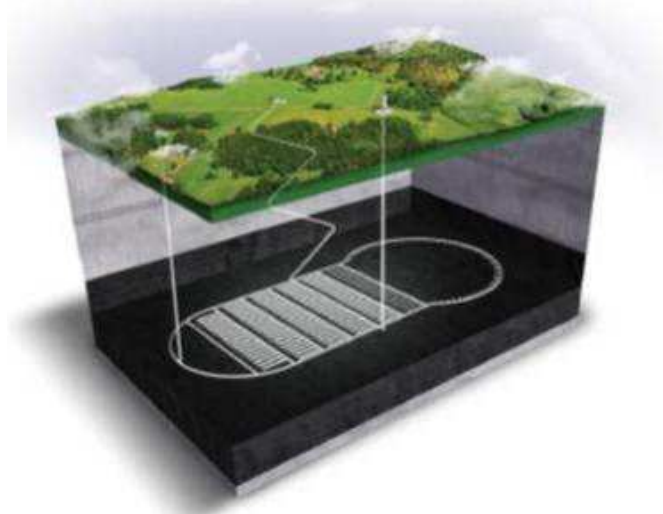
TCB, 2012b. Duurzaam gebruik van de ondergrond. Gereedschap voor structuur en visie. Technische commissie bodem

Website Provincie Zuid-Holland: <http://www.zuid-holland.nl/gietwater>

Zuurbier, K.G., M. Bakker, J.W. Zaadnoordijk and P.J. Stuyfzand (2013). Identification of potential sites for aquifer storage and recovery (ASR) in coastal areas using ASR performance estimation methods. Hydrogeology Journal 21:1373-1383

Omschrijving activiteit

Radioactieve stoffen worden gebruikt en opgewekt ten dienste van electriciteitsvoorziening, onderzoek, medicijnen, landbouw en industrie. Een deel van dit materiaal is langlevend, dat wil zeggen dat de keten van verval van de radioactieve elementen vele tienduizenden jaren beslaat, en een deel van het materiaal is hoog radioactief. Het langlevende en hoog radioactieve afval dient op uiterst zorgvuldige wijze opgeslagen te worden om verontreiniging van onze leefomgeving te voorkomen. Elke lidstaat van de Europese Unie waar radioactief materiaal geproduceerd wordt, is verantwoordelijk voor het beheer en de berging van het radioactief afval binnen zijn eigen territorium (EU, 2011). In Nederland is de organisatie COVRA exclusief verantwoordelijk voor deze taak. Het Nederlandse beleid gaat uit van bovengrondse opslag in Borssele tot ten minste 2100 en vanaf 2100 zal de eindberging gerealiseerd gaan worden. De uitgangspunten van het beleid zijn in principe isoleren, beheersen en controleren (IBC-concept). In Nederland, staan twee opties open voor de eindberging: in een kleilaag (m.n. de Tertiaire Rupelklei, beter bekend als de Boomse Klei) of in een zoutkoepel. De Nederlandse regering heeft in 1993 besloten dat het afval in de eindberging terughaalbaar moet zijn (*“requirement of retrievability”*; Kamerstukken, 1993). De Europese richtlijn voor berging van radioactief materiaal (EU, 2011) stelt dat elk land uiterlijk 23 augustus 2015 de Europese Commissie moeten informeren over hun nationale programma voor het beheer van radioactief afval (incl. de berging).



Figuur 1. Impressie van een eindberging van radioactief in een diepe kleilaag (COVRA, 2011a)

Radioactieve elementen

Het is de algemene verwachting dat bij berging van radioactief afval in klei, de bekende radioactieve actiniden plutonium, neptunium, americium en uranium niet meer dan enkele meters kunnen migreren voordat ze vervallen zijn (Altmann, 2008; Grambow, 2008). Dit komt door hun slechte oplosbaarheid bij anaerobe condities (zoals die in diepgelegene kleilagen heersen) en sterke sorptieaffiniteit. De relevante stoffen met betrekking tot mobiliteit en verspreiding zijn de radioactieve elementen die voorkomen als ongeladen element of als anion en een lange

halfwaardetijd hebben. Het gaat hierbij veelal om dochterproducten. De aandacht gaat daarom uit naar jodium-129 (halfwaardetijd van $1,7 \times 10^7$ j), chloride-36 ($3,01 \times 10^6$ j), seleen-79 ($6,5 \times 10^5$ j), koolstof-14 ($5,73 \times 10^3$ j) en technetium-99 ($2,12 \times 10^5$ j).

Eigenschappen: ruimtelijke en temporele impact

Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km ²)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Aspecten	chemisch		fysisch		biologisch	

Tabel 1 ruimtelijke en temporele impact van de activiteit

Het horizontale ruimtebeslag van de eindberging wordt ingeschat op 1-2 km². De dikte van schachten en holtes die opgevuld worden met het radioactief materiaal en bijbehorend isolatiemateriaal zal enkele meters bedragen. Het uitgangspunt is dat er in Nederland één ondergrondse eindberging zal zijn. Voorlopige uitgangspunten voor de Nederlandse bergingslocatie in de Rupelklei zijn dat de diepte van de top van de kleilaag tenminste 400 m-mv zal bedragen en de kleilaag tenminste 100 m dik is. Deze situatie doet zich niet in heel Nederland voor (verg. De Mulder et al., 2003). Deze cijfers zijn niet formeel vastgesteld als selectiecriteria en ook niet nader onderbouwd met technisch-natuurwetenschappelijke argumenten.

De tijdsduur voor het inbrengen van het radioactief afval zal tot enkele tientallen jaren bedragen. De eindberging van wordt ontworpen voor de lange-termijn isolatie en insluiting van radioactieve materialen. Men hanteert in het algemeen een tijdshorizon van een miljoen jaar om de milieueffecten van een eindberging te verkennen. Er is hierbij sprake van een eerste fase van ca. 10.000 jaar met relatief hoge ioniserende straling en warmteproductie door verval van de actiniden uit met name de *spent fuel* van de onderzoeksreactoren, en een vervolgfase met doorlopend verval van moeder- en dochterproducten. Bij een eventuele calamiteit zou de hersteltijd erg lang kunnen zijn vanwege de lange halfwaardetijd van de relevante radioactieve isotopen.

Eindberging van radioactief materiaal		
ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	N	-
2 - Energie	N	o
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	J	o
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	o
5 - Bergingscapaciteit	J	o
6 - Biochemische cycli	N	o
7 - Temperatuursregulatie	N	o
8 - Voorzien watervoerendheid en kwaliteit oppervlaktewater	N	-
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	N	o
10 - Cultuurhistorische waarden	N	o
11 - Biodiversiteit	N	-

Tabel 2: Relatie tussen de activiteit en de 11 onderscheiden ecosysteemdiensten van de ondergrond. Kolom A: maakt de activiteit gebruik van de ESD; J(a) of N(ee). Beïnvloedt de activiteit de ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

Ecosysteemdiensten die gebruikt worden

De activiteit maakt gebruik van twee ecosysteemdiensten van de ondergrond (Tabel 2):

- 3. Reinigend vermogen
- 5. Bergingscapaciteit

Ad 3. Reinigend vermogen. Het reinigend vermogen speelt een belangrijke rol in het algemene bergingsconcept. Dit gaat uit van 1. een fysieke isolatie van het afval in containers, 2. sterke retardatie in het gastgesteente (zout of klei) door lage doorlatendheid en, in geval van klei, gunstige geochemische reacties ten aanzien van immobilisatie en sorptie van de radionucliden en 3. verdunning en dispersie in de watervoerende pakketten tussen de bergingslocatie en het aardoppervlak (COVRA, 2011a; Altmann, 2008).

Het is de verwachting dat de eerste barrière tot 10.000 jaar een rol speelt en dat de twee andere barrières gedurende meer dan 100.000 jaar een rol zullen spelen. Het reinigend vermogen van de ondergrond speelt dus een conceptuele rol voor zowel het gastgesteente als het pakket aan geologische afzettingen boven dit gesteente. Hierbij worden dispersie en verdunning ook onder het reinigend vermogen van de ondergrond geschaard.

Ad 5. De berging neemt fysiek ruimte in beslag in een domein van de ondergrond waarin in geval van een diepe kleilaag geen andere antropogene activiteiten plaats vinden. In geval van een zoutkoepel zouden wel potentiële antropogene activiteiten kunnen plaats vinden waaronder winning van het zout of berging van andere producten in zoutcavernes.

Eisen van de activiteit aan kwaliteit en kwantiteit van de fysieke omgeving

De eisen die deze activiteit stelt aan de ondergrond richten zich met name op de bergingscapaciteit in combinatie met de isolatie- en insluitingsfunctie. Een essentiële randvoorwaarde is dat het gastgesteente slecht doorlatend is op de geologische tijdschaal en ook bij andere geologische gesteldheid (zoals een ijstijd) zijn isolerende en insluitende eigenschappen behoudt. Aanvullende eisen spelen met betrekking tot de operationele fase van de berging, waarbij het radioactief afval veilig ingebracht moet kunnen worden en de werkomstandigheden voor de mens ook goed zijn. Dit leidt met name tot eisen met betrekking tot de geomechanische stabiliteit van de locatie in kwestie.

Impact van de activiteit op ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater; positief en negatief

De ondergrondse berging van radioactief materiaal vindt plaats volgens het concept van de *safety case*. Een *safety case* is (COVRA, 2011b): 'a collection of arguments in support

of the long-term safety of a repository. It comprises the findings of a safety assessment and a statement of confidence in these findings.' Deze benadering is in essentie een combinatie van een risicogerichte benadering (kans maal effect) en een conditionele benadering (what if) van beheer van radioactief afval. De activiteit heeft diensgevolge potentieel negatief effect op de volgende ecosysteemdiensten:

- 1. Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit
- 8. Transport en oppervlaktewatervoeding
- 11. Biodiversiteit

De eindberging van radioactief zal in alle redelijkheid op de lange termijn (> 1000 j) leiden tot verontreiniging van het poriewater met radioactieve stoffen in de onmiddellijke omgeving van de berging (meter-schaal), omdat de isolerende werking van het containermateriaal het begeeft. Als zich geen calamiteiten voordoen tijdens de operationele fase, kan grondwaterverontreiniging verder weg van de berging potentieel alleen optreden op de lange tijdschaal (> 1000-10.000 jaar) als gevolg van de retarderende werking van het gastgesteente. Als de mobiele radionucliden de rand van het gastgesteente zouden bereiken, is er kans dat de radionucliden zich verder verspreiden richting watervoerende pakketten, afhankelijk van de specifieke geohydrologische opbouw van de locatie in kwestie. De aanwezigheid van goed en slecht doorlatende lagen boven maar ook onder het gastgesteente bepaalt het transport van de radionucliden door advectieve grondwaterstroming, diffusie en dispersie buiten het gastgesteente. Tijdens een ijstijd zou bijvoorbeeld erosie van het landschap door een gletsjer met vorming van diepe glaciale geulen een mechanisme kunnen zijn in Nederland waardoor de afstand tussen de eindberging en de biosfeer kleiner wordt. Het is in potentie ook mogelijk dat grondwater dat onderdeel uitmaakt van de hydrologische kringloop verontreinigd raakt met radionucliden als de radionucliden buiten het gastgesteente komen. Op die manier zou de beschikbaarheid van voldoende water met een bepaalde kwaliteit verminderd kunnen worden. Dit zal ruimtelijk altijd lokaal beperkt zijn omdat sprake is van één bergingslocatie in Nederland. In de meest uiteenlopende situatie bereikt het verontreinigde grondwater het oppervlaktewatersysteem op de zeer lange termijn (> 10.000 j).

Op zeer lokale schaal zouden grondwaterecosystemen radioactief besmet kunnen raken. Dit geldt eerder voor de onmiddellijke nabijheid van de eindberging dan de verdere omgeving, omdat de radioactiviteit daarvoor lager is ten gevolge van verdunning. Het zal echter geen aanleiding geven tot verlies aan biodiversiteit op grotere schaal gelet op het feit dat sprake is van één bergingslocatie in Nederland.

Afwegingen ten opzichte van andere activiteiten die grondwater en de ondergrond benutten

Een eindberging voor radioactief afval neemt ruimte in beslag op enkele honderden meters diep. De eindberging berust op het IBC-concept en als de ontwikkelingen normaal verlopen is er geen interferentie met andere activiteiten op de korte en lange termijn. In geval van berging in klei, vinden er (momenteel) ook geen andere antropogene activiteiten plaats. Er is dus ook geen directe interferentie tussen de onderhavige activiteit en andere activiteiten. In de afweging over een bergingslocatie zal aandacht besteed worden aan potentieel bedreigde objecten als drinkwaterwinningen.

In geval van berging in een zoutkoepel, geldt dat het zout ook als delfstof aangemerkt zou kunnen worden. Verder zijn er ideeën om zoutcavernes te gebruiken voor opslag van materialen zoals olie of waterstof. Het is in principe mogelijk dat berging in één zoutkoepel of kleilaag meerdere doelen dient (bijv. nucleair en chemisch afval), mits de risico's elkaar niet onacceptabel negatief beïnvloeden. Voor opslag in zoutkoepels kan dus wel sprake zijn van interferentie en dient een afweging gemaakt te worden in de lokale, antropogene functie die voor de zeer lange termijn vast staat.

Het is een open vraag of sprake is van directe of indirecte interferentie tussen de onderhavige activiteit en andere antropogene activiteiten die op grotere diepte kunnen plaatsvinden (zoals winning van delfstoffen, CO₂-opslag of geothermie). Het lijkt in eerste instantie maatschappelijk ongewenst om beide activiteiten op één locatie te combineren.

De fysieke afstand tussen een eindberging en de ondiepe ondergrond bedraagt meerdere honderden meters en het hydrologisch contact is onder stabiele condities voor de eerste duizenden jaren afwezig. Er is dus onder normale omstandigheden geen directe interferentie tussen een eindberging en activiteiten aan maaiveld of in de ondiepe ondergrond, anders dan de toegang vanaf het oppervlak naar de diepgelegen berging. Veiligheidsmaatregelen zullen gelden voor de directe omgeving van zo'n toegang.

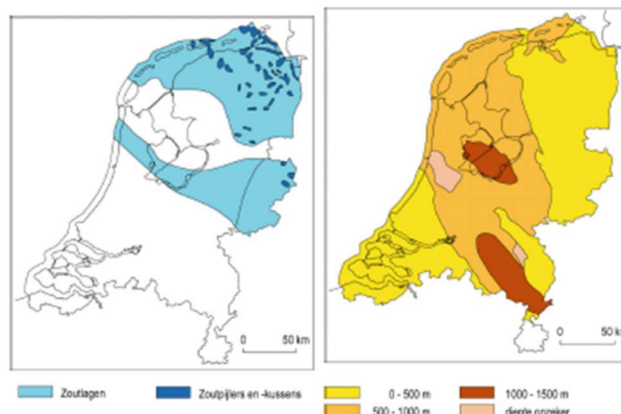
Toekomstige ontwikkelingen die afwegingen noodzakelijk kunnen maken

Een lange-termijn planning geldt met betrekking tot de locatiekeuze en installatie van een eindberging want het huidige voornemen is om in Nederland de eindberging pas vanaf 2100 te gaan realiseren. Het is voorzien dat er in de komende jaren geen locatiekeuze wordt gemaakt noch een keuze voor opslag in klei of in zout. Gelet op het feit dat niet heel Nederland geschikt lijkt voor een lokale eindberging, zou enige vorm van ruimtereservering wenselijk kunnen zijn. Gelet op het potentiële optreden van competitie omtrent opslag en berging in zoutkoepels, geldt dit wat meer voor opslag in zoutkoepels dan in de Tertiaire Rupel kleilaag.

Regionale verschillen over Nederland

De diepteligging van de Rupelklei varieert in Nederland sterk (Fig. 2; De Mulder et al., 2003). De kleilaag ligt nergens aan maaiveld in Nederland en de ondiepste ligging is in Zeeland en langs delen van de Nederland/Duitse grens. De kleilaag ligt rondom 1500 m in de Roerdalslenk in Noord-Brabant en iets minder diep bij de Flevopolders en Markermeer. Tussensliggende dieptes spelen voor de rest van Nederland.

De zoutlaag komt in de noordelijke helft van Nederland voor en de zoutkoepels of –diapieren komen in de provincie Groningen en directe omgeving voor. Winning van het zout heeft op meerdere plaatsen in Nederland plaats gevonden en enkele concessies lopen nog (Geluk et al., 2007; NL Olie- en gasportaal, 2013))



Figuur 2. Ligging van de potentiële gastgesteenten voor eindberging van radioactief afval in Nederland: verbreiding van steenzout (links) en diepteligging van de top van de Rupelklei (rechts; COVRA, 2011c).

Beschikbare gegevens en kennis

Het 5-jarige Nederlandse onderzoeksprogramma OPERA is sinds 2011 in uitvoering, waarin onderzoek wordt gedaan naar de geologische opslag van radioactief afval. Het programma wordt gecoördineerd door COVRA. Er wordt meer naar opslag in klei gekeken dan naar opslag in zout omdat eerdere programma's meer aandacht aan het laatste hebben besteed. Het programma ontwikkelt en actualiseert kennis rondom opslag van radioactief afval in de context van de Nederlandse geologie en geografische situering. De ontwikkelde kennis moet bijdragen aan het opstellen van een generieke safety case.

Het is momenteel niet bekend of en hoe het OPERA-programma een vervolg krijgt. Het is de algemene verwachting dat Europese en nationale onderzoeksprojecten in landen als België, Frankrijk en Zwitserland door zullen lopen, gelet op het algemeen grote belang van onderzoek naar geologische eindberging en het grote aandeel van nucleair opgewekte elektriciteit in meerdere Europese landen (ongeveer een derde van de totale elektriciteitsproductie in de Europese Unie; Europe, 2013).

Referenties naar websites, rapporten

- Altmann, S. (2008). 'Geo'chemical research: a key building block for nuclear waste disposal safety cases. J. Cont. Hydrol. (102), 174-179.
- COVRA (2011a). Outline of a disposal concept in clay. COVRA, OPERA-PG-COV008, 17 pp.
- COVRA (2011b). Research plan. COVRA, OPERA-PG-COV004, 24 pp.
- COVRA (2011c). Meerjarenplan. COVRA, OPERA-PG-COV002, 22 pp.
- De Mulder, E.F.J., Geluk, M.C., Ritsema, I., Westerhoff, W.E., & Wong, T.E. (2003). De ondergrond van Nederland. TNO Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen /Wolters Noordhoff, 379 pp.
- EU (2011). Council directive 2011/70/EURATOM of 19 July 2011 establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste. Official J. of the Eur. Union, L 199/48
- Europe (2013). http://europa.eu/legislation_summaries/energy/nuclear_energy/
- Geluk, M.C., Paar, W.A. & Fokker, P.A. (2007). Salt. In "Geology of the Netherlands", ed. Th.E. Wong, D.A.J. Batjes & J. de Jager. Royal Neth. Acad. Arts & Sci., Amsterdam, the Netherlands, p. 283-294
- Grambow, B. (2008). Mobile fission and activation products in nuclear waste disposal. J. Cont. Hydrol. (102), 180-186.
- Kamerstukken (1993). Opbergen van afval in de diepe ondergrond. Kamerstukken II 1992-1993, 23 163, nr. 1
- NL Olie- en gasportaal (2013). <http://www.nlog.nl/nl/salt/salt.html>

Omschrijving activiteit

Het gebruik van meststoffen en bestrijdingsmiddelen in de landbouw is één van de bovengrondse activiteiten met de grootste impact op de ondergrond en het grondwater. Dit werd al in de jaren 80 van de vorige eeuw erkend en sinds 1985 zijn richtlijnen opgesteld om de emissies van de landbouw naar de ondergrond te beperken. In Nederland werd in 1985 de Mestwet van kracht en bestaat toelatingsbeleid voor bestrijdingsmiddelen zoals vastgelegd in de Bestrijdingsmiddelenwet uit 1962. In EU verband wordt het gebruik van meststoffen gereguleerd via de EU Nitraatrichtlijn (EU 2000) die in Nederland via nitraat-actieprogramma's wordt geïmplementeerd. Voor bestrijdingsmiddelen is het toelatingsbeleid geregeld via 2 Directives (EU91/414/EEC¹ en EU98/8/EC). Sinds 2000 en 2006 zijn ook de EU Kaderrichtlijn Water en Grondwaterrichtlijn wettelijke kaders voor de monitoring en aanpak van de uitspoeling van landbouwstoffen naar grond- en oppervlaktewater. De KRW dochterrichtlijn Prioritaire Stoffen reguleert het gebruik van een groot aantal bestrijdingsmiddelen en is gericht op uitbanning van gevaarlijke stoffen en reductie van de overige prioritaire stoffen.

Nutriënten

Toepassen van meststoffen en uitspoeling van ongebruikte nutriënten beïnvloeden niet alleen de grondwaterkwaliteit door toename van de concentraties van nutriënten N, P en K, maar ook doordat de totale concentraties opgeloste stof toenemen, waaronder kationen als Ca en Mg. Daarnaast treden er bij het verplaatsen van dit bemeste water nevenreacties op met mineralen en organische stof in de ondergrond. Dat leidt in bepaalde gebieden tot verhoogde concentraties metalen, arseen en sulfaat en tot een grotere hardheid. Netto resultaat is dat de grondwaterkwaliteit in bemeste gebieden wezenlijk is veranderd ten opzichte van een 'natuurlijke' kwaliteit en wezenlijk verschilt van grondwaterkwaliteit in bos- en natuurgebieden. Sinds 1985 is een aanzienlijke reductie van meststoffen bereikt in zowel grond- als oppervlaktewater (ref Evaluatie meststoffenwet Willems et al. 2012) maar wordt in grondwater nog niet voldaan aan de normen van de nitraatrichtlijn (Baumann et al. 2012).

Bestrijdingsmiddelen en diergeneesmiddelen

De toepassing van bestrijdingsmiddelen beïnvloedt niet zozeer de macrochemie van het grondwater. Afhankelijk van de stoffeigenschappen wordt de mobiliteit van een middel bepaald door sorptie aan organische stof en door afbraak in een oxiderend of juist reducerend milieu. Van de EU lijst met prioritaire stoffen is in Nederland alleen isoproturon nog toegelaten en is de toelating van de andere middelen beëindigd. In deze factsheet worden bestrijdingsmiddelen beschreven voor zover gebruikt in de landbouwpraktijk. Ook op andere manier kunnen bestrijdingsmiddelen in het grondwater komen, bijvoorbeeld door gebruik in stedelijke omgeving en door infiltratie van oppervlaktewater. Deze aspecten worden in aparte factsheets beschreven.

Eigenschappen: ruimtelijke en temporele impact

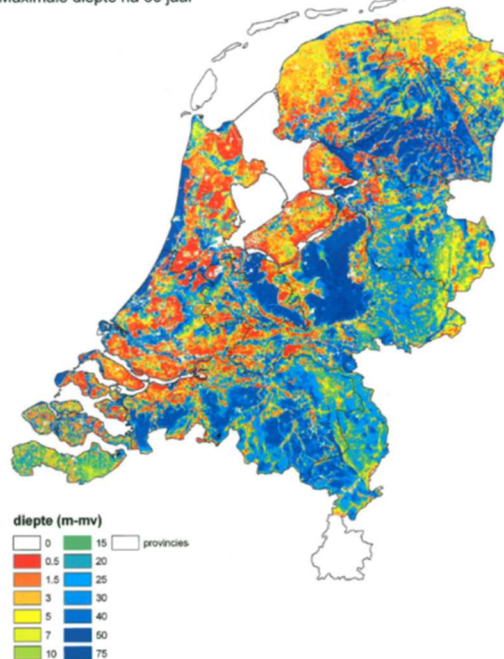
Uitspoeling van meststoffen en bestrijdingsmiddelen heeft een grote impact door het grote ruimtebeslag van landbouwgrond in Nederland, maar ook door de lange periode waarin de intensieve landbouw een groot nutriëntenoverschot had (periode 1960-heden).

Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km ²)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Aspecten	chemisch		fysisch		biologisch	

Tabel 1 ruimtelijke en temporele impact van de activiteit

De ruimtelijke beïnvloeding van het grondwater op regionale schaal is sterk afhankelijk van de geohydrologische situatie. De diepte tot waarop het in de afgelopen 60 jaar geïnfilterde water in de Nederlandse ondergrond is doorgedrongen is weergegeven in Figuur 1. Met name in infiltratiegebieden op de hoge zandgronden kan de ondergrond tot 50 meter diepte zijn beïnvloed door meststoffen.

Tracer grondwateraanvulling:
Maximale diepte na 60 jaar



Figuur 1: potentiële doordringingsdiepte van diffuse verontreinigingen uit de laatste 60 jaar op basis van NHI (vd Grift 2013). Voor Zuid-Limburg zijn geen NHI berekeningen beschikbaar.

Vermindering van de uitspoeling van meststoffen heeft inmiddels geleid tot een verbetering van de kwaliteit van het infiltrerende grondwater en een zogenaamde trend reversal in het kader van de Grondwaterrichtlijn is inmiddels aangetoond (Visser et al. 2007, Baumann et al. 2012). Het verontreinigingsfront zakt nog wel steeds dieper weg en er zijn waterwinningen waar de concentraties van stoffen

¹ Vervangen door Regulation 1107

dientengevolge nog stijgen (zie bijv. Broers et al. 2012, Baumann et al. 2012). Ook neemt de voorraad onbeïnvloed grondwater nog altijd af, doordat er nog steeds uitspoeling plaatsvindt, zij het in mindere mate dan in het verleden. De oppervlaktewaterkwaliteit van beken en riviertjes ondervindt ook de nadelen van de uitspoeling van met name ondiep grondwater. De snelheid waarmee het ontvangende oppervlaktewater herstelt is afhankelijk van de snelheid van reductie van uitspoeling, van de reistijdverdeling van het water en van de reactiecapaciteit van de ondergrond. Doordat veel Nederlandse oppervlaktewater voor een groot deel wordt gevoed door heel jong grondwater via drainagebuizen en korte stroombanen is toch al snel sprake van herstel van de kwaliteit van ontvangend oppervlaktewater (Klein et al. 2012, Bolt et al. 2012).

ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	N	-
2 - Energie	N	o
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	J	-
4 - Draagvermogen van de ondergrond	J	o
5 - Bergingscapaciteit	N	o
6 - Biochemische cycli	J	-
7 - Temperatuursregulatie	N	o
8 - Voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater	N	-
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	N	-
10 - Cultuurhistorische waarden	N	o
11 - Biodiversiteit	N	-

Tabel 2: Relatie tussen de activiteit en de 11 onderscheiden ecosysteemdiensten van de ondergrond. Kolom A: maakt de activiteit gebruik van de ESD; J(a) of N(ee). Beïnvloedt de activiteit de ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

Ecosysteemdiensten die gebruikt worden

De activiteit toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen maakt gebruik van drie ecosysteemdiensten van de ondergrond (Tabel 2):

- 3. Reinigend vermogen van de ondergrond
- 4. Draagvermogen van de ondergrond
- 6. Biogeochemische cycli

Ad 3. De impact van meststoffen en bestrijdingsmiddelen op grondwater en oppervlaktewater wordt gedeeltelijk beperkt door reacties in de ondergrond, die hier worden samengevat als reinigend vermogen van de ondergrond. Al in de onverzadigde zone wordt bijvoorbeeld veel nitraat omgezet naar stikstofgas door denitrificatie met in de bodem beschikbaar organisch materiaal. Ook dieper in het grondwater vinden dit soort processen plaats; omzetting van nitraat bij aanwezigheid van pyriet en organische stof naar stikstofgas (Broers et al. 2009, Zhang et al. 2009,2012), omzetting van sulfaat naar sulfide bij sulfaatreductie, vastleggen van fosfaat aan ijzeroxiden, kationuitwisseling van kalium etc. Ten gevolge hiervan is dieper grondwater in Nederland vaak nitraatvrij, terwijl nitraat in andere gebieden met minder reactiecapaciteit nauwelijks wordt afgebroken en ongestoord verder reist. Voorbeelden daarvan zijn te vinden in de Zuid-Limburgse mergelplateaus (Hendrix & Meinardi 2004) en in de belangrijkste aquifers in de VS (Tesoriero et al. 2011). Hoewel nitraatvrij is landbouw-beïnvloed water meestal nog wel herkenbaar door een grotere concentratie opgeloste stof, waaronder hardheid.

Het reinigend vermogen van de ondergrond kan overigens ook tot ongewenste nevenreacties leiden; omzetting van nitraat met pyriet leidt bijvoorbeeld tot toename van sulfaat, vaak tot een verdere toename van hardheid en ook vaak tot toename van metalen en arseen die uit pyriet worden vrijgemaakt (Zhang, 2009). Dit leidde bij waterwinningen tot zuiveringsproblemen en de sluiting van winningen (Mendizabal 2011).

Voor bestrijdingsmiddelen geldt dat adsorptie en afbraak in de ondergrond de concentraties verminderen. Of en in welke mate dat gebeurt, is sterk stofafhankelijk. Van stoffen als bentazon, atrazin, MCPA en bijv. ook ETU is bekend dat ze in grondwater mobiel kunnen blijven en via de grondwaterroute in oppervlaktewater en in winningen terecht kunnen komen en ook daadwerkelijk komen (Wuijts et al., 2013).

Ad 4. De activiteit maakt indirect ook gebruik van ESD 4 (draagvermogen van de ondergrond) bij het uitrijden van mest en het sproeien van gewasbeschermingsmiddelen. Hier is een relatie met de activiteit 'Peilbeheer'.

Ad 6. Op grotere schaal levert de ondergrond via redoxprocessen, adsorptie en neerslagreacties een regulerende functie bij het transport van stoffen richting rivieren, estuaria en zee (ESD 6). Juist in een intensief gedraineerd land als Nederland, met relatief korte transportroutes, wordt relatief weinig gebruik gemaakt van deze ecosysteemdienst.

Eisen van de activiteit aan kwaliteit en kwantiteit van de fysieke omgeving

Deze bovengrondse activiteit stelt niet zozeer eisen aan de kwaliteit en kwantiteit van de ondergrond, behalve waar het gaat om de condities die mest uitrijden mogelijk maken, nl. voldoende draagkracht, ook onder natte condities. Verkrijgen van voldoende draagkracht op het wettelijk eerst toegestane moment van mest uitrijden (maand februari) maakt drainage in veel gebieden noodzakelijk (relatie met peilbeheer).

Impact van de activiteit op ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater; positief en negatief

Het toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen heeft een negatieve invloed op de volgende 6 ecosysteemdiensten:

- 1. Beschikbaarheid van voldoende water met een bepaalde kwaliteit
- 3. Reinigend vermogen van de ondergrond
- 6 Biogeochemische cycli
- 8 Voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater
- 9. Voeding van grondwaterafhankelijke natuur
- 11. Biodiversiteit

Ad 1. De veranderingen in grondwaterkwaliteit die samenhangen met toepassen van meststoffen en bestrijdingsmiddelen verminderen de *beschikbaarheid van water met een bepaalde kwaliteit* voor activiteiten die van deze dienst gebruik maken, waaronder met name de productie van water voor de drinkwatervoorziening en voor proceswater, maar soms ook voor bijvoorbeeld irrigatie met grondwater. Eén van de gevolgen hiervan is dat veel ondiepe winputten en zelfs hele winvelden zijn en worden gesloten (Mendizabal 2011) en dat drinkwaterwinningen naar diepere pakketten worden verplaatst, buiten de huidige omvang van het beïnvloede water (zoals weergegeven in Figuur 1). Sluiting van winputten is overigens meestal het indirecte gevolg van mestgebruik (nitraat, hardheid, metalen en arseen) en niet zozeer van bestrijdingsmiddelengebruik.

Ad 3. Ook beïnvloedt de activiteit het *reinigend vermogen* van de ondergrond negatief, in de zin dat ze reactiecapaciteit op gebruikt. In het algemeen is de reactiecapaciteit van de Nederlandse ondergrond groot, door het overvloedig voorkomen van organische stof en (ijzer)sulfiden. Uitputting van die reactiecapaciteit gaat

langzaam, maar is in principe niet duurzaam (Aa et al. 2003). Voor meststoffen is deze negatieve impact veel groter dan voor bestrijdingsmiddelen, vanwege de veel lagere stof concentraties.

Ad 6. Toepassen van meststoffen beïnvloedt ook de *biogeochemische cycli*. Via de grondwaterroute op de heel lange termijn, maar via afstroming naar het oppervlaktewater op de kortere termijn. Ook processen in de onverzadigde zone, zoals denitrificatie van de grote N giften dragen bij aan het vrijkomen van broeikasgassen zoals lachgas.

Ad 8 en 9. De ondergrondse afstroming van meststoffen en bestrijdingsmiddelen naar *grondwaterafhankelijke natuurgebieden* en naar beken en rivieren heeft een negatieve invloed op deze *terrestrische en aquatische ecosystemen* en leidt daar tot verruiging en vermindering van biodiversiteit. In Nederland is vooral de ondiepe afstroming via drainagebuizen en het dichte slotenstelsel daarbij een belangrijke transportroute (Rozemeijer et al. 2007, 2010).

Ad 11. Tenslotte hebben de grootschalige ruimtelijke effecten op de grondwaterkwaliteit naar verwachting negatieve effecten op de ecologie in het grondwatersysteem zelf, hier benoemd als de ESD *biodiversiteit*.

Afwegingen ten opzichte van andere activiteiten die grondwater en de ondergrond benutten

Afwegingen voor deze activiteit zijn met name nodig voor activiteiten die gebruik maken van de *beschikbaarheid van water van goede kwaliteit*, en dan met name activiteiten die hoge eisen stellen aan die kwaliteit zoals de publieke drinkwaterwinning, het gebruik voor proceswater en de onttrekking voor irrigatie van gewassen of gebruik in kassen. Die afweging is in het verleden ook gemaakt en heeft geleid tot landelijke en EU regelgeving en actieprogramma's om de uitspoeling van stoffen uit de landbouw te reduceren.

Water dat eenmaal is beïnvloed door meststoffen en bestrijdingsmiddelen is niet meer geschikt om te reserveren als Strategische Grondwatervoorraad. In die zin sluiten die activiteiten elkaar uit; een dergelijke reservering is vooral relevant voor water met een grote ouderdom en hoge betrouwbaarheid. Figuur 1, die water van 60 jaar en jonger toont, geeft dus feitelijk aan waar die strategische grondwatervoorraden niet kunnen liggen (zie factsheet Strategische Grondwatervoorraden in prep.) Opgemerkt moet worden dat bij ongewijzigde uitspoeling ten opzichte van de huidige situatie de dikte van de laag met beïnvloed water gestaag groter zal worden omdat er netto nog steeds meer aanvoer is van stoffen dan afvoer via onttrekking en afwatering (Broers & Griffioen 2012).

Afwegingen zijn ook noodzakelijk ten opzichte van het *'bewaren van de biodiversiteit/habitat van de ondergrond'*, en het *'beheer van terrestrische en aquatische ecosystemen'*. Afwegingen van de laatste soort vormen de kern van de EU Kaderrichtlijn Water en Grondwaterrichtlijn en de Richtlijn Prioritaire Stoffen. Ook de activiteit *'Recreatie'* is daarbij van belang, bijvoorbeeld waar het gaat om sportvisserij of waterrecreatie die gebaat zijn bij schoon water en een goede visstand.

Toekomstige ontwikkelingen die nieuwe afwegingen noodzakelijk kunnen maken

Het terugdringen van de effecten van overmatig gebruik van nutriënten en bestrijdingsmiddelen maakt inmiddels deel uit van landelijk beleid. Eén van de neveneffecten van dat beleid is dat meststoffen via mestafvoercontracten verspreid

worden over delen van het land waar de productie niet plaats vindt. Er zijn zowel uit oppervlaktewaterstudies (Leenders 2012) als grondwaterstudies (Broers et al. 2012) aanwijzingen dat dit tot stijgende concentraties leidt in delen van het watersysteem. Overigens worden die aanwijzingen niet bevestigd door metingen in het bovenste grondwater in het LMM (Boumans pers.med.).

Een ander aspect dat nieuwe afwegingen mogelijk noodzakelijk maakt is het veelvuldig gebruik van diergeneesmiddelen, dat weliswaar via convenanten wordt ingeperkt, maar door de grote veedichtheid nog steeds erg hoog is in vergelijking met andere EU lidstaten. Naar ons weten wordt grondwater nog niet systematisch onderzocht op het voorkomen van dergelijke stoffen, hoewel uit buitenlands onderzoek blijkt dat deze stoffen via uitspoeling wel degelijk grondwater kunnen bereiken (Watanabe 2010).

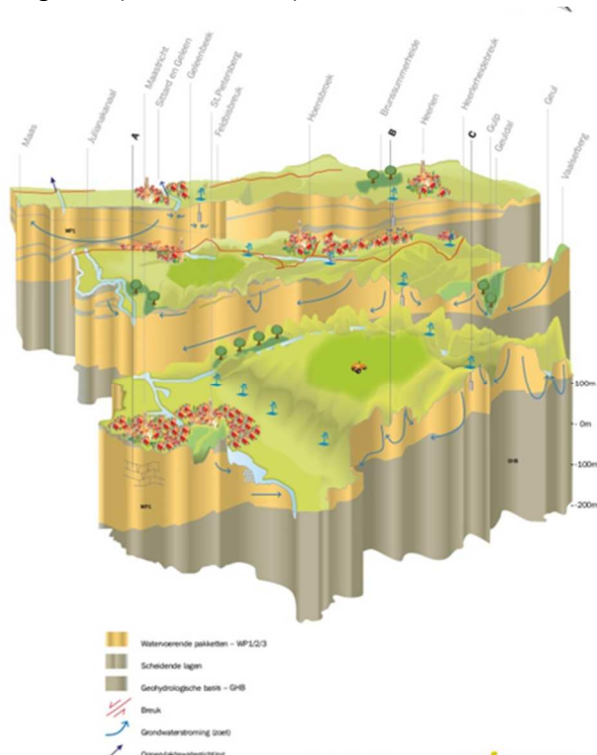
Regionale verschillen over Nederland (

In de uitspoeling van meststoffen naar de ondergrond zijn over Nederland grote verschillen aanwezig, die voor een groot deel zijn terug te voeren op transportroutes en voor een ander deel aan de natuurlijke reactiecapaciteit van de ondergrond.

Uit Figuur 1 blijkt dat de gevoeligheid voor uitspoeling in grootste deel van het klei-veengebied in het westen van Nederland kleiner is dan op de hoge zandgronden en dat de mogelijke invloed beperkt blijft tot de bovenste 10 meter van het grondwater (de Goffau 2013). In die klei- en veengebieden is wel degelijk via ondiepe afstroming sprake van hoge N en P concentraties (Klein et al. 2012) maar die bereiken het diepere grondwater niet als gevolg van de hydrologische en geochemische situatie. (Van Vliet et al. 2010) Voor stikstof geldt daarnaast dat er in die gebieden en grondwaterlichamen een grote denitrificatiecapaciteit aanwezig is, door het voorkomen van veenlagen en vers organische stof. In die gebieden zijn wel hoge fosfaat- en ammonium concentraties in het diepere grondwater aanwezig, die naar alle waarschijnlijk zijn terug te voeren op natuurlijke processen. Ook de uitspoeling van andere stoffen uit de landbouw, zoals bestrijdingsmiddelen, blijft in westelijk Nederland beperkt, al zijn in de bovenste 10 meter zeker in de zuidelijke bollenstreek hoge concentraties ETU gemeten die tot een gebruiksverbod van bis-dithiocarbamaten in dat gebied heeft geleid.

In het grootste deel van de hogere zandgronden (en dus in alle grondwaterlichamen in het zandgebied) is wel sprake van uitspoeling van nitraat en reactieproducten (De Goffau, et al. 2013). In infiltratiegebieden zonder drainage of dicht slotenstelsel gaat die uitspoeling het diepst. Natuurlijk organisch materiaal en ijzersulfiden beperken daarbij de diepte van nitraatuitspoeling, maar nevenproducten van de denitrificatiereactie en de hoge opgeloste stofconcentraties leiden in die gebieden wel tot kwaliteitsverslechtering van het grondwater. Bij veel waterwinningen is inmiddels sprake van kwaliteitsverbetering doordat het mestbeleid tot reductie van nitraatuitspoeling heeft geleid (Broers et al. 2012) maar er zijn winningen in het oosten van het land waar de nitraatconcentraties nog altijd stijgen. In ruw water van drinkwaterpompstations zijn enkele gewasbeschermingsmiddelen aangetroffen, maar het aantal met concentratie boven de drinkwaternorm is beperkt. Een aantal van die stoffen is inmiddels niet meer op de markt. De belangrijkste stoffen nu zijn bentazon, MCPA en mecoprop. (Boesten et al., 2012). Nog vrij onbekend is de situatie voor metabolieten.

In het grondwaterlichaam Krijt-Maas, dat overeenkomt met de mergelplateaus in Zuid-Limburg spoelt nitraat tot grote diepte uit omdat de denitrificatiecapaciteit daar heel beperkt is (Figuur 3). Door de relatief diepe grondwaterspiegels en dikke onverzadigde zone is hier sprake van een iets vertraagde reactie in waterwinputten en natuurlijke bronnen, maar zowel de waterwinning als de bronnen hebben last van hoge nitraatconcentraties, die nog nauwelijks dalen (Hendrix & Meinardi 2004, Broers et al. 2009). Uit metingen blijkt dat het grondwaterlichaam Krijt-Maas minder kwetsbaar is voor de uitspoeling van bestrijdingsmiddelen dan het noordelijker gelegen zandgebied (Vink et al. 2012)



Figuur 2: Conceptueel blokdiagram van het Grondwaterlichaam Krijt-Maas, dat het meest kwetsbaar is voor de uitspoeling van nitraat naar waterwinningen, natuurlijke bronnen en grondwaterafhankelijke natuur.

Beschikbare gegevens en kennis

Gegevens over de uitspoeling van meststoffen en bestrijdingsmiddelen zijn in Nederland op grote schaal beschikbaar via landelijke meetnetten, waaronder vooral het Landelijk Meetnet Effecten Mestbeleid (LMM;RIVM) en het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG;RIVM). De provinciale meetnetten grondwaterkwaliteit (PMG) en bodemkwaliteit (PMB) vormen daarop een goede aanvulling. Daarnaast behoren de waterleidingbedrijven een waarnemingsnet van peilbuizen die regelmatig worden bemonsterd en bemonsteren zijn op systematische wijze het opgepompte ruwwater. Veel van de landelijk en provinciaal verzamelde gegevens zijn beschikbaar via DINO, de database over de Nederlandse ondergrond. Met name de waterleidingmaatschappijen monitoren ook op nieuwe stoffen, zoals diergeneesmiddelen, waar de landelijke en provinciale meetnetten zich vooral richten op macrochemie, nutriënten en een pakket aan bestrijdingsmiddelen (REWAB database)..

Kennisontwikkeling op het gebied van de ondiepe waterkwaliteit onder agrarische bedrijven is vooral beschikbaar bij het RIVM en Alterra. Kennis over het transport van meststoffen naar de diepere ondergrond,

waterwinningen en het oppervlaktewater is vooral beschikbaar bij Deltares, KWR en Alterra.

Referenties naar websites, rapporten

- Aa M. van der et al. H.P. Broers & J. Griffioen & K. Verloop (2003). Omzetting van nitraat in de ondergrond: kunnen we daar op verrouwen. Marke rapport 42 (WUR/CLM)
- Baumann et al., 2012 RIVM-rapport 680716007
- Bolt, F.J.E. van der et al. (2012). Ontwikkeling van de bodem- en waterkwaliteit. Evaluatie Meststoffenwet 2012: eindrapport ex post. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2318
- Boesten J.T.I., Van der Linden AMA, Beltman WHJ, Pol J.W. 2012. Leaching of plant protection products and their transformation products. Proposals for improving the assessment of leaching to groundwater in the Netherlands. Alterra report 2264. ISSN 1566-7196.
- Broers, H.P. & J.Griffioen (2004) Naar een andere toetsdiepte voor nitraat in grondwater? Achtergronddocument voor de Evaluatie Meststoffenwet 2004. TNO rapport NITG 04-166-A
- Broers, H.P., Visser, A., Klein, J., Verheul, M. (2009) Vaststellen van trends en trendomkering van grondwater ten behoeve van de KRW. Resultaten van de datering van het grondwater onder landbouwgebieden op droge zandgrond in het grondwaterlichaam Zand-Maas. Deltares rapport 2009-U-R81132.
- Broers, H.P. and J. Griffioen (2012). Grondwaterstress – Wat nu? En Hoe dan? Bodem (4):14-16
- Broers H.P., R. Heerdink, A. Visser and A. Marsman (2012). Aquatempo: grondwaterdatering voor waterwinningen. TNO rapport 2012-R10374
- De Goffau et al., 2013 RIVM rapport 680717030
- Klein J., J. Rozemeijer, H.P. Broers en M. Mul (2012) Toestand en trends nutriënten landbouw specifiek oppervlaktewater. H2O (14/15):51-53
- Hendrix, W.A.P.M. en C.R. Meinardi (2004). Bronnen en bronbeken van Zuid Limburg. RIVM rapport 500003003. RIVM, Bilthoven.
- Klein, J., J.C. Rozemeijer, H.P. Broers en B. van der Grift (2012). Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater. Deelrapport B: Toestand en trends. Bijdrage aan de Evaluatie Meststoffenwet 2012. Utrecht, Deltares, rapport 1202337-000-BGS-0008.
- Tol-Leenders, T.P. van et al. (2011) Monitoring van nutriënten in het oppervlaktewater van stroomgebieden : analyse van metingen in de gebieden Drentse Aa, Schuitensbeek, Krimpenerwaard en Quarles van Ufford. Alterra rapport ISSN 1566-7197 ; 2222
- Mendizabal, I., P. J. Stuyfzand (2011) Quantifying the vulnerability of well fields towards anthropogenic pollution: The Netherlands as an example, Journal of Hydrology 398
- Rozemeijer J.C., Y. van der Velde, F.C. van Geer, M.F.P. Bierkens and H.P. Broers (2010). Direct measurements of the tile drain and groundwater flow route contributions to surface water contamination. Environmental Pollution 158:3571-3579.
- Rozemeijer, J. and H.P. Broers (2007) The groundwater contribution to surface water contamination in a Dutch province with intensive agricultural land use. Environmental Pollution 148(3): 695-706
- Tesoriero, A.J. & L.J. Puckett (2011) O2 reduction and denitrification rates in shallow aquifers. Water resources Research 47, W12522
- Vink et al. 2010. Bestrijdingsmiddelen in 14 kwetsbare grondwater-beschermingsgebieden in Limburg. H2O 12: 8-10.
- Visser, A., H.P. Broers, & M.F.P. Bierkens (2007) Demonstrating trend reversal in groundwater quality in relation to time of recharge determined by 3H/3He dating. Environmental Pollution 148(3): 797-807
- Visser A., H.P. Broers, A. Vonk en B. Veldstra (2009). Verbetering grondwaterkwaliteit aangetoond door leeftijdsbepalingen. H2O 23: 29-32
- Van Vliet et al., 2010 De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland in 2008. RIVM rapport 680721005
- Willems et al., 2012 EMW 2012, PBL-rapport 50025001
- Wuijts, S.; Buis, E.; Verweij, W.; Dik, H.H.J.; Houweling, D.A. (2013). Tussenevaluatie gebiedsdossiers drinkwaterwinningen Aandachtspunten voor het landelijk beleid. RIVM rapport 609716006.
- Zhang Y.C et al. (2012). Isotopic and microbiological signatures of pyrite-driven denitrification in a sandy aquifer. Chemical Geology 300-301:123-130
- Zhang Y.C., C.P. Slomp, H.P. Broers, H.F. Passier and Ph. Van Cappellen (2009) Denitrification coupled to pyrite oxidation and changes in groundwater quality in a shallow sandy aquifer. Geochemica et Cosmochimica Acta 73:6716-6726.

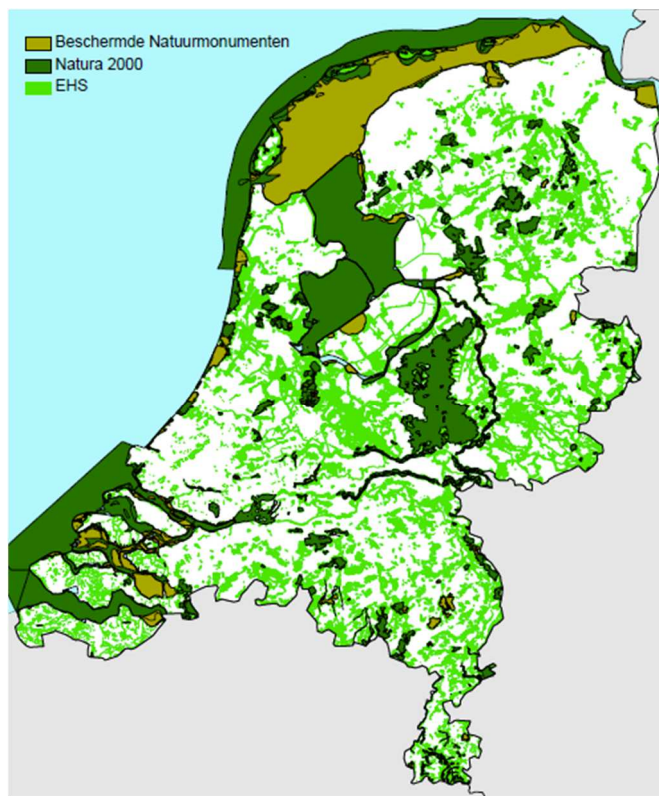
Omschrijving activiteit

In Nederland zijn grofweg vijf categorieën natuur te onderscheiden:

1. Hoge zandgronden met bossen en droge heide
2. Natte natuur met hoge waterpeilen zoals het IJsselmeer, de weerribben en oppervlaktewatergevoede veenplassen.
3. Kwelafhankelijke natuur die veelal in beekdalen te vinden is.
4. Overstromende natuur, zoals de uiterwaarden in het rivierengebied.
5. Duinen en stranden

Met name de kwelafhankelijke natuur, is gebonden aan hoge grondwaterstanden en grondwater met een specifieke chemische samenstelling. Ook in de duingebieden is de natuur vaak afhankelijk van specifieke beïnvloeding door grondwater. In veel kwelafhankelijke natuur is sprake van verdroging en verzuring door te lage grondwaterstanden in omliggend gebied of door grondwateronttrekkingen (Aggenbach, 2005, Witte et al. 2007).

Ook in aquatische ecosystemen kan sprake zijn van verdroging als te veel water wegzijgt, naar omringend gebied met lagere waterpeilen. Om dit te compenseren wordt gebiedsvreemd water ingelaten, dat vaak niet de gewenste kwaliteit heeft. Zowel in aquatische als terrestrische ecosystemen is vaak sprake van vermessing door te voedselrijk grondwater of oppervlaktewater. Al deze knelpunten leiden tot afname van de biodiversiteit (Aggenbach, 2005, Witte et al. 2007).



Figuur 1: Natura-2000 gebieden, Beschermde Natuurmonumenten en EHS

Om deze knelpunten op te lossen zijn voor de natuurgebieden beheerplannen opgesteld, waarin de natuurdoeltypen benoemd zijn en maatregelen om deze natuurdoeltypen te behalen. Maatregelen kunnen getroffen worden in de natuurgebieden, bv door het vasthouden van grondwater door peilbeheer, of aanpassing met minder verdampende vegetatie. Maar ook kunnen maatregelen betrekking hebben op het aangrenzende gebied, bv door afspraken met de agrarische omgeving over een duurzamer peilbeheer dat tot minder verdroging moet leiden.

Afhankelijk van het natuurgebied zijn of de provincies of het rijk (EZ) verantwoordelijk voor deze beheerplannen. Het beheer wordt vervolgens uitgevoerd door de natuur beherende organisaties zoals Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten of andere terreinbeheerders.

Vanuit Europa is de bescherming van natuurgebieden en soorten geregeld in de Europese Habitatrichtlijn en Vogelrichtlijn. In Nederland is de natuurwetgeving nu nog verankerd in de Natuurbeschermingswet 1998 en de Flora- en faunawet. De natuurbeschermingswet betreft de Natura-2000 gebieden, Beschermde natuurmonumenten en wetlands. Daarnaast kent Nederland ook de Ecologische Hoofdstructuur, die beschermd wordt vanuit de Wet op de Ruimtelijke Ordening. Op provinciaal niveau kunnen ook natuurgebieden aangewezen worden, zoals de verdroogde (sub) TOP-gebieden en zogenoemde Natte Natuurparels.

Op dit moment (2013) wordt de natuurwetgeving herzien, met als doel de natuurbescherming (verder) te decentraliseren.

Ook de Kaderrichtlijn Water heeft als algemene doelstelling dat (grond)waterafhankelijke terrestrische en aquatische ecosystemen geen significante schade mogen ondervinden van het (grond)watersysteem.

Eigenschappen: ruimtelijke en temporele impact

Nederland heeft ruim 160 Natura-2000 gebieden aangewezen. De Natura-2000 gebieden beslaan ongeveer 1 miljoen ha (waarvan 2/3 oppervlaktewater inclusief kustwateren).

De aanwijzing van natuurgebieden is in wezen permanent naar menselijke maat, tenzij de invulling van het beleid wijzigt. In die zin is er dus geen temporele begrenzing aan de beheeractiviteiten. Natuurbeheer zelf brengt nauwelijks negatieve effecten op andere ecosystemendiensten te weeg, dus er is geen sprake van een herstelperiode. Bij de keuze voor een ander bodemgebruik kan bijvoorbeeld de grondwaterstand snel aangepast worden. Wel is het zo dat andere activiteiten zoals peilbeheer en grondwaterwinning negatieve effecten hebben op ecosystemendiensten waar de natuur gebruik van maakt. Anti-verdrogingsmaatregelen in de beheerplannen kunnen dan ook consequenties hebben voor die activiteiten.

Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km ²)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit (jr)	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel (jr)	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Aspecten	chemisch		Fysisch		biologisch	

Tabel 1 ruimtelijke en temporele impact van de activiteit

Ecosysteemdiensten die gebruikt worden

Beheer terrestrische en aquatische ecosystemen		
ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	N	+
2 - Energie	N	o
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	J	o
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	o
5 - Bergingscapaciteit	J	o
6 - Biochemische cycli	J	+
7 - Temperatuurregulatie	J	+
8 - Voorzien watervoerendheid en kwaliteit oppervlaktewater	J	+
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	J	+
10 - Cultuurhistorische waarden	N	o
11 - Biodiversiteit	J	+

Tabel 2: Relatie tussen de activiteit en de 11 onderscheiden ecosysteemdiensten van de ondergrond. Kolom A: maakt de activiteit gebruik van de ESD; J(a) of N(ee). Beïnvloedt de activiteit de ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

Met name de kwelafhankelijke natuurgebieden (categorie 3) maken gebruik van zeven ecosysteemdiensten van de ondergrond (Tabel 2):

- 3 Reinigend vermogen van de ondergrond
- 5 Bergingscapaciteit
- 6 Biochemische cycli
- 7 Temperatuurregulatie
- 8 Watervoerendheid en kwaliteit oppervlaktewater
- 9 Voeding van grondwaterafhankelijke natuur
- 11 Biodiversiteit

Ad3 en 6 Het reinigend vermogen van de ondergrond en de biochemische cycli zijn bepalend voor het leveren van grondwater van specifieke chemische samenstelling voor grondwaterafhankelijke natuur. Ook spelen ze een cruciale rol in de beperking van nutriëntenvracht vanuit agrarische gebieden. Helaas is die vracht echter zo groot dat het reinigend vermogen niet altijd toereikend is voor de natuurgebieden, waardoor eutroof grondwater de kwelafhankelijke natuur kan bereiken.

Ad 5. Als de gewenste hoge grondwaterstanden gerealiseerd kunnen worden, wordt de bergingscapaciteit in de ondergrond van de natuur volledig benut.

Ad 7. De kwelstromen met constante lage temperatuur dragen bij aan de temperatuurregulatie (7) die voor de ecosystemen belangrijk is.

Ad. 8 Met name natte natuurgebieden in beekdalen zijn afhankelijk van de watervoerendheid van beken die door grondwaterkwel in stand wordt gehouden, en van de kwaliteit van het aangevoerde water, vooral bij inundatie, maar in drogere omstandigheden als grondwater de belangrijkste voeding geeft aan beeksystemen.

Ad 9. Het bestaan van grondwaterafhankelijke natuur is afhankelijk van de voeding vanuit het grondwater, soms met name van dieper grondwater met constante en gebufferde kwaliteit, maar ook van de hogere grondwaterstanden die

bij die kwelsituaties horen. Bij voldoende kweldruk en hoge grondwaterstanden ontwikkelen zich in mindere mate regenwaterlenzen die vaak tot verzuuring of ecologische veranderingen leiden.

Ad 11. De biodiversiteit van het grondwaterecosysteem vervult een belangrijke rol in het reinigende vermogen van de ondergrond en de biochemische cycli die nodig zijn voor de natuurgebieden.

Eisen van de activiteit aan kwaliteit en kwantiteit van de fysieke omgeving

Goed functionerende kwelafhankelijke natuur, stelt specifieke eisen aan het grondwatersysteem zoals voldoende hoge grondwaterstanden met specifieke dynamiek, voldoende kweldruk van basenrijk grondwater dat niet verontreinigd is. Dit betekent ook dat infiltratiegebieden, waar aanvulling van grondwater plaatsvindt niet verstoord mogen worden, (areaal en waterkwaliteit) schoon en in tact moeten zijn (Runhaar et al.2009). Idealiter is de volledige gradiënt van infiltratiegebied naar kwelgebied aaneengesloten natuurgebied, zonder verontreinigde en ontwaterde gebieden ertussen. Die situatie komt in Nederland echter niet veel meer voor, al wordt daar met de EHS wel naar gestreefd.

Impact van de activiteit op ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater; positief en negatief

De aanwezigheid van natuurgebieden heeft een positieve invloed op het instandhouden van de volgende 6 ecosysteemdiensten:

- 1 Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit
- 3 Reinigend vermogen van de ondergrond
- 6 Biochemische cycli
- 7 Temperatuurregulatie
- 8 Watervoerendheid en kwaliteit oppervlaktewater
- 9 Voeding van grondwaterafhankelijke natuur
- 11 Biodiversiteit

Ad. 1. De uitgestrekte bos- en heidegebieden op de hogere zandgronden (categorie 1) zonder slotenstelsel en drainage zijn nog de enige plekken in Nederland waar het volledige neerslagoverschot naar het grondwater kan infiltreren, en daarmee zijn het de belangrijkste aanvullingsgebieden voor het diepere grondwater. Ook vanuit natte natuur (categorie 2) en overstromende natuur (categorie 4) vindt inzijning plaats van oppervlaktewater.

Ad. 3 en 6 Goed functionerende terrestrische natuurgebieden zoals categorie 1 en 3 hebben over het algemeen een hoge (bacteriële) biodiversiteit aan bacteriën en schimmels. Deze variatie in bodemleven is in sterke mate bepalend voor het optimaal functioneren van de biochemische cycli in de bodem en het reinigend vermogen (o.a. Rutgers et al. 2007).

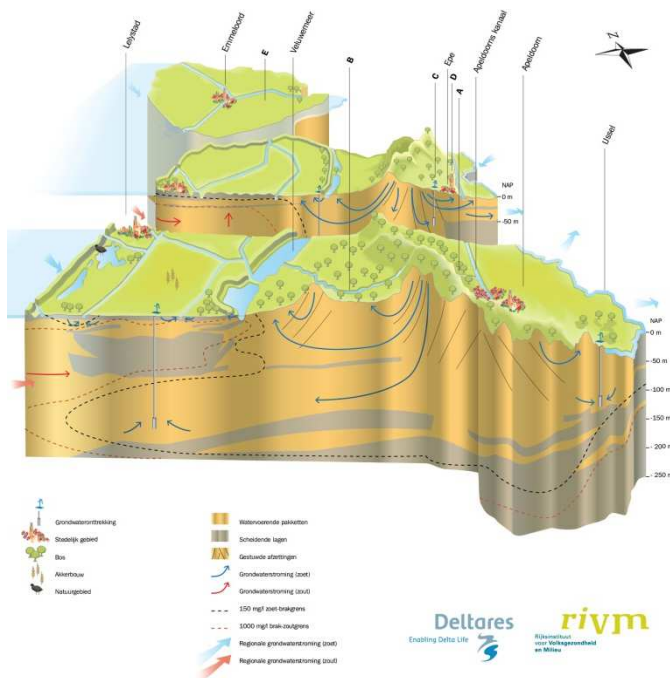
Ad 7. Bossen op de hogere zandgronden (categorie 1) dragen door hun verdamping bij aan een goede temperatuurregulatie.

Ad 8. Niet ontwaterde natuurgebieden op de hogere zandgronden (categorie 1) vormen belangrijke aanvullingsgebieden voor het diepere grondwater (categorie

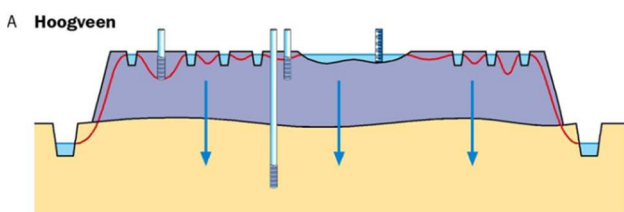
Nadelige effecten voor natuur kunnen in sommige gebieden mogelijk worden ondervangen door een andere inrichting van het watersysteem en meer lokaal water vasthouden, maar in veel gebieden ontbreekt de mogelijkheid van wateraanvoer (Kuijper et al. 2013a, 2013b).

Regionale verschillen over Nederland

De kwelafhankelijke natuurgebieden zijn voornamelijk te vinden in beekdalen (figuur 2). Maar ook in andere gebieden waar sprake is van een kwelsituatie, zoals bijvoorbeeld langs de Hondsrug, de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe (Figuur 3) wordt de natuur beïnvloed door het grondwater. Andere systemen die sterk afhankelijk zijn van de grondwatersituatie zijn hoogvenen en vennen (Figuur 4). Figuur 5 geeft een overzicht van de Natura2000 gebieden die als grondwaterafhankelijk zijn geklassificeerd.



Figuur 3: Afstroming van de Veluwe naar omliggende kwelgebieden



Figuur 4: Effect van drainage in omliggende landbouwgebieden op de grondwatersituatie in een hoogveengebied

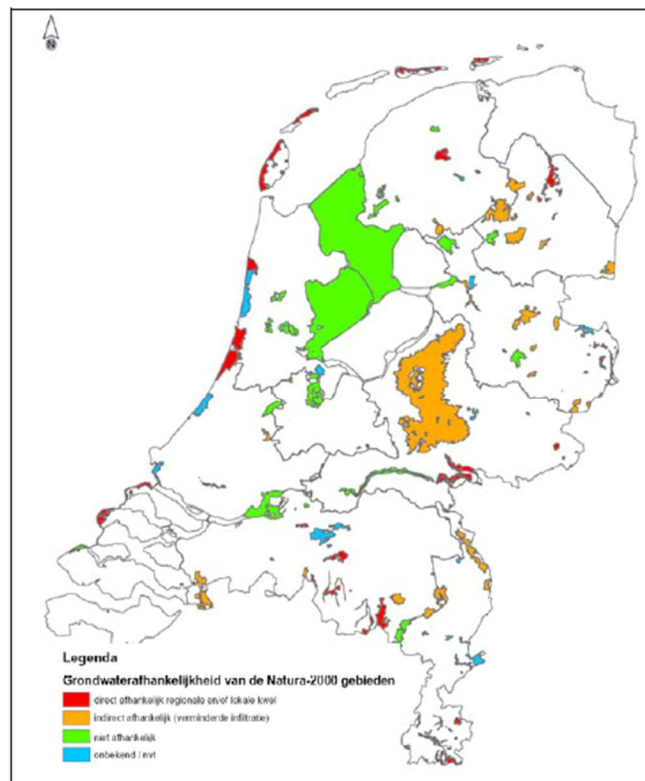
Beschikbare gegevens en kennis

Voor de verschillende categorieën natuur, met hun habitattypen zijn de optimale standplaatsfactoren beschreven. Deze abiotische randvoorwaarden zijn te vinden in de Natura-2000 gebiedendatabase:

<http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000>

Voor de KRW zijn verschillende studies uitgevoerd naar de grondwaterafhankelijkheid van terrestrische en aquatische ecosystemen waaronder:

Runhaar, J., N. Straathof & R. van Ek, 2005. Grondwaterafhankelijkheid Habitatrichtlijngebieden. Interne notitie Alterra, Wageningen.



Figuur 5: Grondwaterafhankelijke Natura2000 gebieden zoals geklassificeerd voor de KRW

Floris Verhagen, Cors van den Brink, Marja Segers, Remco van Ek, Jacco Hoogewoud, Bas van der Grift, 2010, Interactie grond en oppervlaktewater, Royal Haskoning en Deltares

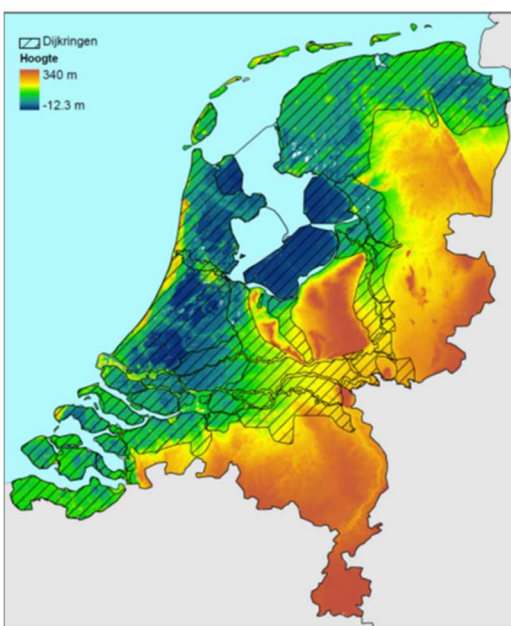
Voor de interactie tussen grond en oppervlaktewater is in 2011 een modelberekening uitgevoerd met het NHI. Meer informatie hierover is te vinden op het www.dinoloket.nl

Referenties naar websites, rapporten

- Aggenbach C.J.S. (red.), 2005. Knelpunten en kansanalyse Natura 2000 gebieden. Kiwa/EGG-consult, Nieuwegein.
- Hendriks, D., H.P. Broers, R. van Ek and J. Hoogewoud (2012) Dynamiek van uitwisseling grond- en oppervlaktewater in Nederland. H2O (10):27-30
- Kuijper M., S. Hommes and H.P. Broers (2013a) Grondwater als buffer om droogte te voorkomen. Land+Water 1:26-27.
- Kuijper, M., H.P. Broers en J.C. Rozemeijer (2013b). Effecten van peilgestuurde drainage op Natuur. Deltares rapport 1206925.
- Runhaar, J., Jalink, M.H., H. Hunneman en J.P.M. Witte, Hennekens, S.M., 2009: Ecologische Vereisten Habitattypen. Rapport KWR 09.018
- Rutgers M, Mulder C, Schouten AJ, Bloem J, Bogte JJ, Breure AM, Brussaard L, de Goede RGM, Faber JH, Jagers op Akkerhuis GAJM, Keidel H, Korthals GW, Smeding FW, ten Berg C, van Eekeren N 2007 Typeringen van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit
- Stuurman, R., A.A. Freriks and H.P. Broers (2013) Second Opinion rapport Grondwaterberekening en Natura 2000. Deltares rapport 1207553.
- Witte, J.P.M., C.J.S. Aggenbach & J. Runhaar, 2007. Grondwater voor Natuur. In: R. Lieste, J.P.M. Witte, A.C.M. de Nijs, C.J.S. Aggenbach, B.J. Pieters, J. Runhaar & W. Verweij, Beoordeling van de grondwatertoestand op basis van de Kaderrichtlijn Water, p. 43-102. RIVM, Bilthoven.

Omschrijving activiteit

Laag Nederland wordt beschermd tegen overstromingen door dijken (Figuur 1). De inrichting van Laag Nederland wordt gekenmerkt door polders en droogmakerijen (diepe kleipolders), die lager liggen dan het omringende water. De (grond)waterstanden in de polders worden kunstmatig beheerd door het afvoeren (bemalen) en aanvoeren (inlaten) van oppervlaktewater via het hoger gelegen boezemwatersysteem of de rivieren. Binnen polders kunnen door middel van stuwen en kleinschalige bemaling ook verschillende waterpeilen worden gehanteerd. Het kunstmatig beheren van waterpeilen heet peilbeheer.



Figuur 1: hoogteligging Nederland

Uitgangspunten voor peilbeheer worden door Provincies vastgesteld in provinciale waterplannen. Waterschappen geven hier nadere invulling aan. Peilbeheer wordt afgestemd op de functies in een gebied. Waterschappen stellen waterpeilen voor zowel landelijk als stedelijk gebied vast in peilbesluiten en voeren het peilbeheer uit. (Art. 5.2 Waterwet)

In stedelijke gebieden worden over het algemeen vaste waterpeilen gehanteerd, enerzijds om wateroverlast (natte kelders) te voorkomen en anderzijds om rotting van houten funderingen tegen te gaan. Paalrot treedt vooral op bij sterk fluctuerende grondwaterstanden.

De agrarische functie verlangt lage waterpeilen in het winterseizoen, zodat hevige pieken in regenval tijdelijk geborgen en snel afgevoerd kunnen worden. In de zomer worden hogere waterpeilen gehanteerd, door het inlaten van water, zodat voldoende water voor gewassen beschikbaar is. Vooral voor gevoelige gewassen zoals bloembollen is een strikt peilbeheer noodzakelijk om schade te voorkomen.

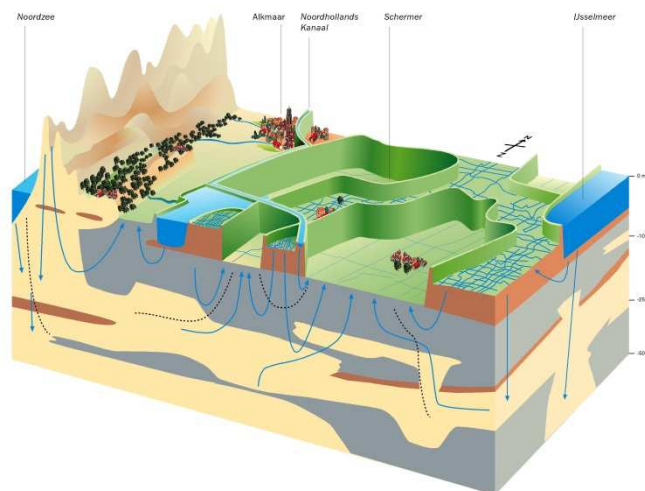
De natuurfunctie in laag Nederland (natte natuur) vraagt juist om hoge waterpeilen gedurende het hele jaar. Dit heeft

tot gevolg dat natuurgebieden vaak een ander peil hebben dan de omringende landbouwgebieden.

Eigenschappen: ruimtelijke en temporele impact

Peilbeheer heeft op verschillende manieren invloed op de ondergrond en het grondwater.

Door het verschil in waterpeilen, zoals tussen hoger gelegen veenpolders en diepe droogmakerijen treedt infiltratie (inzinging) op vanuit de gebieden met een hoger peil naar gebieden met een lager peil (Figuur 2). Bovendien staan diepe polders ook onder invloed van kwel uit dieper grondwater. Als daar geen water meer zou worden afgevoerd, zouden de diepe polders vollopen. Met het reguleren van waterpeilen kan de mate van inzinging en kwel beïnvloed worden. Zo heeft peilbeheer tot op grote diepte effect, soms wel tot 100 m of dieper. Omdat peilbeheer overal uitgevoerd wordt is de ruimtelijke impact horizontaal wijdverbreid. (Tabel 1)



Figuur 2: Overzicht van de effecten van peilbeheer op grondwaterstroming in Laag Nederland. Vanuit hogere polders en boezemwater infiltreert water en in de droogmakerijen en diepe polders kwelt water op, zoet water aan de randen en zout water in het midden van de polders. (Deltares wiki)

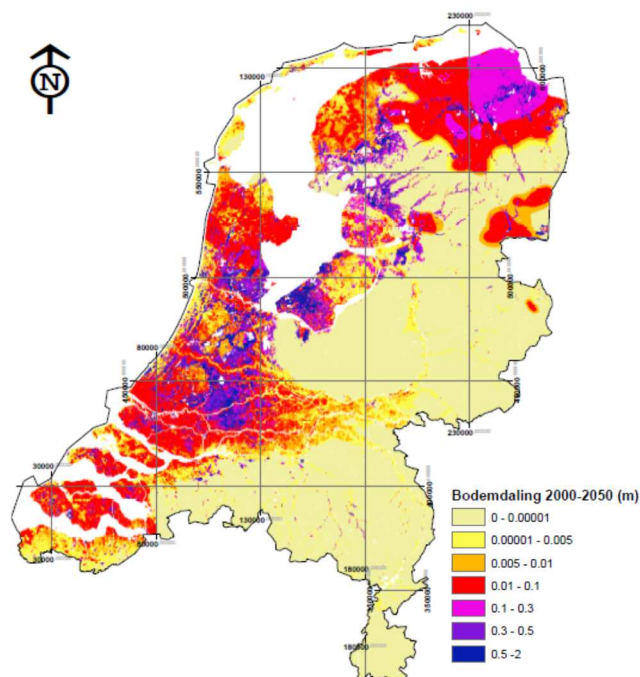
Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km ²)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit (jaren)	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel (jaren)	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Aspecten	chemisch		fysisch		biologisch	

Tabel 1 ruimtelijke en temporele impact van de activiteit

Het water dat infiltreert vanuit agrarisch gebied en vanuit oppervlaktewater is veelal verontreinigd met nutriënten en bestrijdingsmiddelen, waardoor verontreiniging van het grondwater kan optreden. Dit gebeurt met name onder hogere polders en boezemwateren waar water diep kan

infiltreren (zie ook Fig.1 in factsheet Toepassing Meststoffen). De bodem in west Nederland bevat hoge concentraties organische stof en is relatief reactief. Of nutriënten en bestrijdingsmiddelen het diepe grondwater ook bereiken is eigenlijk niet goed bekend, behalve op plaatsen waar oevergrondwaterwinning plaatsvindt.

Als gevolg van ontwatering door lage waterpeilen treedt bodemdaling op door inklinking van kleigronden en oxidatie van veengrond. Inklinking van kleigronden blijft beperkt (minder dan 4 mm/jaar). In de veengebieden is bodemdaling is echter sterk toegenomen met de intensieve landbouw en wordt geschat op 4 mm/jr (roze in Figuur 3) tot lokaal meer dan 10 mm/jaar (Bodemvisie Zuid Holland deel 4, 2010, Hopman et al. 2013).



Figuur 3 Prognose van de bodemdaling in Nederland voor de periode 2000-2050, in meters. Blauw komt overeen met meer dan 10 mm/jr. Bron: Hopman et al. 2013

Peilbeheer speelt ook een rol in de verziltingsproblematiek. Verzilting door opwellend zout grondwater is het gevolg van bodemdaling, zeespiegelstijging en lage polderpeilen. In de diepe polders is verzilting al zo sterk, dat oppervlaktewater ingelaten moet worden om die polders door te spoelen, waarmee schade aan gewassen voorkomen wordt.

De hersteltijd van effecten van peilbeheer is verschillend. Bodemdaling is irreversibel en dus definitief. Andere effecten zijn, snel tot enkele jaren, te herstellen als een ander peilregiem gehanteerd wordt. Peilbesluiten hebben een geldigheid van 10-15 jaar, maar in verband met de functies die het peilbeheer dient (landbouw, stedelijk gebied) zal de tijdsduur van het huidige peilbeheer naar verwachting veel langer zijn.

Ecosysteemdiensten die gebruikt worden

De activiteit maakt gebruik van twee ecosysteemdiensten van de ondergrond (Tabel 2):

- 5 Bergingscapaciteit
- 8 Voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater

Door stroming van grondwater en oppervlaktewater via kwel en infiltratie (8) is het mogelijk om met peilbeheer van

het oppervlaktewater de grondwaterstand te beïnvloeden. Met het hanteren van verschillende waterpeilen kan de bergingscapaciteit (5) van de ondergrond voor water vergroot of benut worden.

Peilbeheer Laag Nederland		
ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	N	+/-
2 - Energie	N	o
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	N	o
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	+/-
5 - Bergingscapaciteit	J	+/-
6 - Biochemische cycli	N	+/-
7 - Temperatuurregulatie	N	+/-
8 - Voorzien watervoerendheid en kwaliteit oppervlaktewater	J	o
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	N	+/-
10 - Cultuurhistorische waarden	N	+/-
11 - Biodiversiteit	N	o

Tabel 2: Relatie tussen de activiteit en de 11 onderscheiden ecosysteemdiensten van de ondergrond. Kolom A: maakt de activiteit gebruik van de ESD; J(a) of N(ee). Beïnvloedt de activiteit de ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

Eisen van de activiteit aan kwaliteit en kwantiteit van de fysieke omgeving

Deze activiteit stelt niet zozeer eisen aan de kwaliteit en kwantiteit van de ondergrond. Wel is het zo dat de invloed van peilbeheer op de grondwaterstand afhankelijk is van de grondsoort en de mogelijkheden van wateraanvoer. In Nederland is zeker in wintersituaties voldoende aanvoer van water door Rijn en Maas. In droge zomers is die aanvoer onvoldoende en worden andere inlaatregimes ingesteld. .

Impact van de activiteit op ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater; positief en negatief

Omdat met peilbeheer zowel hoge als lage waterpeilen gerealiseerd kunnen worden kan peilbeheer zowel positieve als negatieve effecten hebben op de volgende ecosysteemdiensten (Tabel 2):

- 1 Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit
- 4 Draagvermogen van de ondergrond
- 5 Bergingscapaciteit
- 6 Biochemische cycli
- 7 Temperatuurregulatie
- 8 Voorzien watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater
- 9 Voeding grondwater afhankelijke natuur
- 10 Cultuurhistorische waarden

Ad.1 Bij de ontwatering van (diepere) polders wordt overtollig regen- en kwelwater afgevoerd naar rivieren en het boezemsysteem. Door o.a. uitspoeling van meststoffen (en bestrijdingsmiddelen) vanuit de landbouw en afstroming uit bovenstroomse gebieden is dit water rijk aan nutriënten. Met dit oppervlaktewater worden hoger gelegen gebieden, zoals niet ontveende polders en de gebieden aan de rand van de duinen voorzien van water. Zowel vanuit de rivieren en boezemwateren als vanuit de hoger gelegen polders infiltreert dit oppervlaktewater weer naar het grondwater. Langs rivieren zoals de Lek kan dit water gewonnen worden als drinkwater (oever-grondwaterwinningen). Zo voorziet het watersysteem, waarin verschillende waterpeilen gehanteerd worden in benodigde *aanvulling* van grondwater. Door de uit- en afspoeling van meststoffen en bestrijdingsmiddelen vanuit de landbouw kan dit geïnfilterde water echter ook verontreinigd zijn.

Ad.4 De drainerende werking van lage peilen bevordert het *draagvermogen* van klei en slappe veengronden voor bijvoorbeeld landbouwvoertuigen. In veengrond resulteert

die ontwatering echter in sterke bodemdaling, waardoor de draagkracht juist weer afneemt, wat weer aanleiding is om meer te ontwateren. Bij ongewijzigd peilbeheer gaat dit proces door tot al het veen is geoxideerd.

Voor houten fundering van bebouwing is het van belang om de grondwaterstand op een constant en voldoende hoog peil te houden om paalrot tegen te gaan. In veengebieden zijn door de tegengestelde ontwateringseisen voor bebouwing en agrarisch gebruik, lokaal extreme verschillen in maaiveldhoogte ontstaan, waardoor lokale wegen het risico lopen te verzakken.

Ad.5 Door de drainerende werking van lage waterpeilen wordt de *bergingscapaciteit* van de bodem vergroot. Vanuit agrarisch oogpunt is het van belang dat het land niet onderloopt, bij hevige regenval wordt de bergingscapaciteit tijdelijk benut, totdat het grondwater weggezakt is en afgevoerd via de sloten. Omdat in het vroege voorjaar mest uitgereden moet worden, moet het land dan weer droog zijn voor voldoende draagkracht. Bij agrarisch peilbeheer wordt de bergingscapaciteit dus niet benut om in het voorjaar een watervoorraad te hebben.

Bij hoge waterpeilen in natte natuurgebieden wordt de bergingscapaciteit van de bodem wel optimaal benut

In veengrond beperkt bodemdaling de bergingscapaciteit voor kabels en leidingen in de ondergrond. Als gevolg van extreme verschillen in maaiveldhoogte, door verschillende ontwateringseisen voor bebouwing en agrarisch gebruik, lopen kabels en leidingen het risico te verzakken.

Ad.6 In het veenweidegebied beïnvloedt peilbeheer de uitstoot van broeikasgassen. Verbranding (oxidatie) van veen door lage grondwaterstanden leidt tot uitstoot van koolstofdioxide (CO₂). Lachgas (N₂O) komt vrij bij de omzettingprocessen van ammonium en nitraat. Veenafbraak bij hoge grondwaterstanden leidt tot uitstoot van methaan (CH₄). Lage grondwaterstanden resulteren netto in meer uitstoot van broeikasgassen dan hoge grondwaterstanden (www.waarheen met het veen.nl).

Bij de oxidatie van veen, kan ook pyriet oxideren, waarbij sulfaat vrijkomt. Op het moment dat dit sulfaat weer wordt omgezet ontstaan omstandigheden waarbij fosfaat wordt gemobiliseerd. Fosfaatconcentraties in de landbouwvelden in het veengebied zijn in de zomerperiode daarom hoog in deze gebieden (Van Gerven et al. 2011, Klein et al. 2012). Het vrijkomen van reeds aanwezige nutriënten in het bodem-water systeem door biochemische processen noemt men 'interne' eutrofiering. Lage grondwaterstanden voor agrarische peilen leiden tot extra 'interne' eutrofiering (waarheen met het veen.nl, Gerven et al. 2011).

Ad.7 De ondiepe grondwaterstand speelt een rol in de temperatuurregulatie van het aardoppervlak. Extra verdamping in geval van een ondiepe grondwaterspiegel kan bijvoorbeeld tot temperatuurdaling van het aardoppervlak leiden. Dat kan vervolgens via terugkoppelingsmechanismen tot regulatie van het lokale en mondiale klimaat leiden door lokaal vocht op te nemen en af te geven. Omdat de ondiepe grondwaterstand met peilbeheer sterk te beïnvloeden is, kan peilbeheer een belangrijke sturende factor zijn in de temperatuurregulatie.

Ad. 8 Omdat peilbeheer voor de agrarische functie zo grootschalig plaats vindt is het sterk bepalend voor de

grondwaterstroming over grote gebieden. Het peilbeheer houdt kwelsituaties in stand waar het watersysteem dus voorziet in *watervoerendheid* van het sloten en kanalenstelsel. In west Nederland worden daarmee ook nutriënten (met name fosfaat en ammonium) aangevoerd naar het oppervlaktewater, omdat in de ondergrond van west Nederland hoge concentraties voorkomen, die waarschijnlijk niet zozeer aan meststoffen maar aan de natuurlijke gesteldheid van de ondergrond kunnen worden toegeschreven. De nutriëntenlast uit kwel maakt het samen met de chloridebelasting nodig om verschillende beheerstrategieën te onderzoeken (Delsman 2013, De Louw 2010).

Ad 9. Natuurgebieden gelegen in agrarisch gebied kunnen last hebben van de extra wegzijging (verdroging) als gevolg van de ontwatering in het agrarisch gebied. Om voldoende natte omstandigheden te handhaven in de natuurgebieden wordt in droge periode gebiedsvreemd oppervlaktewater ingelaten, bijvoorbeeld in gebieden als de Nieuwkoopse Plassen en de Weerribben. Dat is rijker aan nutriënten en kan leiden tot 'externe' eutrofiering van het water in natuurgebieden.

Ad.10 De cultuurhistorische waarden van ondergrond zoals houten resten van bebouwing blijven gewaarborgd door de zuurstofarme omstandigheden van het grondwater. Verlaging van de grondwaterstand kan deze cultuurhistorische waarden aantasten. Bij hogere peilen blijven deze behouden.

Afwegingen ten opzichte van andere activiteiten die grondwater en de ondergrond benutten

Ontwatering voor Agrarisch gebruik vs Natuurgebieden

De lage waterpeilen voor de ontwatering van de landbouw leiden vaak tot verdroging van nabijgelegen natte natuurgebieden. Aanvoer van nutriëntenrijk boezem- of rivierwater is nodig om de wegzijging naar omringend agrarisch gebied te compenseren. Natte natuurgebieden hebben ook te kampen met problemen van vermessing (eutrofiëring). Dit kan deels samenhangen met de aanvoer van gebiedsvreemd nutriëntenrijk water, maar ook door af- en uitspoeling van meststoffen uit naastgelegen agrarisch gebied. Met hogere waterpeilen in het agrarisch gebied kan wegzijging vanuit de natuurgebieden beperkt worden, maar hogere waterpeilen zijn niet optimaal voor de agrarische functie. Uit experimenten met flexibel peilbeheer, waarbij waterpeilen natuurlijker mogen fluctueren door neerslag en verdamping tussen een boven- en benedengrens, blijkt dat water beter wordt vastgehouden en minder aanvoer van water nodig is. De landbouw kan echter hinder ondervinden van flexibel peilbeheer omdat het natte land na de winter weinig draagkracht heeft. Effecten van flexibele peilen op de kwaliteit van het oppervlaktewater zijn niet eenduidig, dit hangt sterk af van het niveau van de peilgrenzen en de lokale situatie. (STOWA, 2012-41). Deze problematiek vraagt om een duidelijke afweging tussen landbouw en natte natuur, die verder strekt dan het natuurgebied alleen.

In laag Nederland wordt drinkwater gewonnen uit oevergrondwaterwinningen langs rivieren. Dit oevergrondwater is geïnfilterd rivierwater dat door het peilbeheer deels afkomstig is uit landbouwpolders. Daarnaast infiltreert ook water uit hoger gelegen landbouwgebieden, zoals uit de bollenstreek aan de voet van de duinen. Door uitspoeling en afspoeling van meststoffen en bestrijdingsmiddelen uit deze gebieden kan de kwaliteit van het diepere grondwater, dat gebruikt wordt voor oevergrondwaterwinningen, verslechteren.

Toekomstige ontwikkelingen die afwegingen noodzakelijk kunnen maken

Bodemdaling

Door de grote verschillen in maaiveldhoogte tussen lintbebouwing in het veenweidegebied en het agrarische land, zijn zeer kostbare maatregelen nodig zoals het aanleggen van hoogwater-voorzieningen of het opnieuw onderheien van bebouwing, om problemen met verzakking van bebouwing en infrastructuur tegen te gaan.

Een nieuwe ontwikkeling om bodemdaling te beperken is de toepassing van onderwaterdrainage. Door drainbuizen aan te brengen onder slootwaterpeil is het mogelijk om 's zomers slootwater in het perceel te infiltreren, om zo uitdroging (oxidatie) van het veen te beperken. Momenteel (2013) wordt in Zuid-Holland een uitgebreide proef voorbereid. Onderwaterdrainage heeft echter wel aanvoer van extra oppervlaktewater van buiten het gebied nodig in de zomer, wanneer als gevolg van droogte water schaars kan zijn. Vanuit de problematiek van voldoende water is dit geen duurzame oplossing.

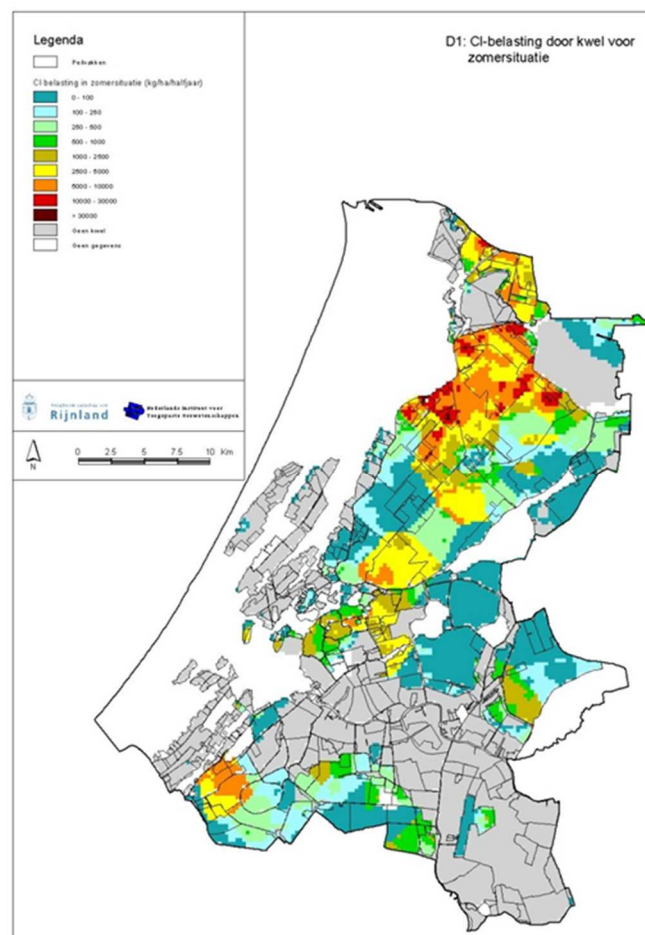
Verzilting van de ondergrond en oppervlaktewater

Als gevolg van de zeespiegelstijging en versterkte bodemdaling zal de opwaartse druk van het zoute grondwater toenemen. Met gericht peilbeheer met behulp van drainbuizen, is het mogelijk om diepere zoute kwel af te voeren (diepe drains) of infiltrerend regenwater zoveel mogelijk vast te houden (peilgestuurde drainage). Daarmee kunnen de regenwaterlenzen in de percelen geoptimaliseerd worden en effecten van verzilting beperkt.

In sommige diepe polders wordt extra oppervlaktewater aangevoerd om effecten van verzilting in de landbouw tegen te gaan. Dit 'doorspoelen' leidt tot een zeer grote zoetwatervraag. Momenteel (2013) wordt in de Haarlemmermeer en de Schermer onderzoek gedaan naar de omvang en effecten van dit doorspoelen in de haarvaten van de polder (promotie Joost Delsman, Deltares, VU).

Eutrofiëring van oppervlaktewater

Uitspoeling van meststoffen uit de landbouw leidt tot eutrofiëring van oppervlaktewater. In veengebieden wordt deze eutrofiëring van het oppervlaktewater nog versterkt door interne eutrofiëring door ontwatering van het veen. In het kader van Monitoring stroomgebieden is een studie uitgevoerd in de Krimpenerwaard. Uit modelberekeningen bleek dat ca. 50% van de stikstofbelasting (N) en 40% van de fosforbelasting (P) in het oppervlaktewater afkomstig was van afbraak en mineralisatie van het veen (Van Gerven et al. 2011).

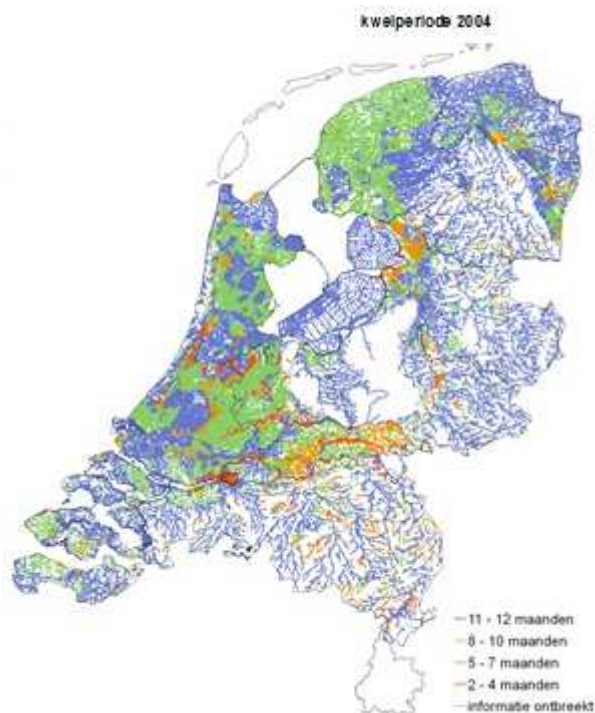


Figuur 4: Verzilting van het oppervlaktewater door zoute kwel in het beheergebied van Rijnland.

Regionale verschillen over Nederland

In laag Nederland vindt peilbeheer overal plaats. Knelpunten van veenoxidatie en ernstig bodemdaling vindt met name plaats in het Westelijk veenweidegebied (Noord-Holland, Zuid-Holland en Utrecht) en veengebieden in Friesland (Figuur 3).

Het optreden van kwel en infiltratie is afhankelijk van de hoogteligging en waterpeilen, maar kan ook sterk verschillen per seizoen of per jaar. In Figuur 5 is het aantal maanden weergegeven waarin sprake is van afstroming uit een gebied door kwel en/of recent gevallen neerslag. In blauwe gebieden treedt vrijwel het hele jaar kwel op of afvoer van water. In West-Nederland speelt dit met name in de droogmakerijen. In groene gebieden is 2 tot 4 maanden wateraanvoer om peilen te handhaven, in oranje en rode gebieden meer dan 5 maanden in een normaal weerjaar. In een droog jaar is het aantal maanden met wateraanvoer nog veel groter. In de groene en oranje gebieden is ook sprake van voeding van het grondwater. Voorbeelden waar grondwatervoeding optreedt zijn het Oude Rijngebied, de bollenstreek en de Weerribben en Wieden. In de bollenstreek leidt dit tot verontreiniging van het grondwater met bestrijdingsmiddelen en -residuen.



Figuur 5: Aantal maanden dat er afstroming is uit een gebied in een normaal weerjaar. Blauw: vrijwel hele jaar afstroming uit kwel en/of recent gevallen neerslag, groen: 2-4 maanden waarin peilen zakken tenzij er wateraanvoer is, oranje en rood: meer dan 5 maanden wateraanvoer om peilen te handhaven. Op dinoloket is een dergelijke kaart ook te vinden voor een droog en een nat jaar en voor alle maanden afzonderlijk.

http://www2.dinoloket.nl/nl/about/modellen/grond_oppervlaktewater.html

Ernstige verziltingsproblematiek speelt in diepe droogmakerijen zoals de Haarlemmermeer (Figuur 4), Mijdrecht, de Beemster, de Schermer, Flevoland en de Wieringermeerpolder. Maar ook in andere (permanente) kwelgebieden is steeds meer sprake van verzilting.

Beschikbare gegevens en kennis

Kennis en informatie over peilbesluiten, de uitvoering van peilbeheer en over bodemdaling is aanwezig bij de Waterschappen en Provincies.

Waterschappen publiceren hun kennis en te nemen maatregelen in hun waterbeheerplannen. Informatie over gebiedsgerichte knelpunten en inspanningen is te vinden in Watergebiedsplannen, waterplannen en peilbesluiten.

Provincies maken speciale waterplannen waarin regionale problematiek, zoals verzilting en bodemdaling en hun oplossingen worden geschetst.

Landelijke informatie over infiltratie en kwel is centraal beschikbaar bij het Dinoloket.

Referenties naar websites, rapporten

Rapporten en publicaties

Delsman, J. R., Oude Essink, G. H., Beven, K. J., & Stuyfzand, P. J. (2013).

Uncertainty estimation of end - member mixing using generalized likelihood uncertainty estimation (GLUE), applied in a lowland catchment. Water Resources Research

A. T. M. (2010). Upward groundwater flow in boils as the dominant mechanism of salinization in deep polders, The Netherlands. Journal of Hydrology, 394(3), 494-506.

Hopman, V., G. de Lange, . Vonhogen, P. Kruiver, F. van Leijen, R. Lanoshi (2013) Report on pilot service Rhine-Meuse Delta. Subcoast Deliverable D3.2.3.

Klein, J., J.C. Rozemeijer, H.P. Broers en B. van der Grift (2012). Meetnet Nutriënten Landbouw Specifiek Oppervlaktewater. Deelrapport B: Toestand en trends. Bijdrage aan de Evaluatie Meststoffenwet 2012. Utrecht, Deltares, Deltares-rapport 1202337-000-BGS-0008.

Rienks, W en A Gerritse, Veenweide 25 X, Alterra 2005

Flexibel Peil, van denken naar doen, STOWA 2012-41

Leven met zoute kwel, STOWA 2009-45

www.zoetzout.deltares.nl

L.P.A. van Gerven, B. van der Grift, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder en T.P. van Tol-Leenders (2011). Nutriënten- huishouding in de bodem en het oppervlaktewater van de Krimpenerwaard, Alterra-rapport 2220

websites

dinoloket:

http://www2.dinoloket.nl/nl/about/modellen/grond_oppervlaktewater.html

www.waarheenmethetveen.nl

Deltares wiki:

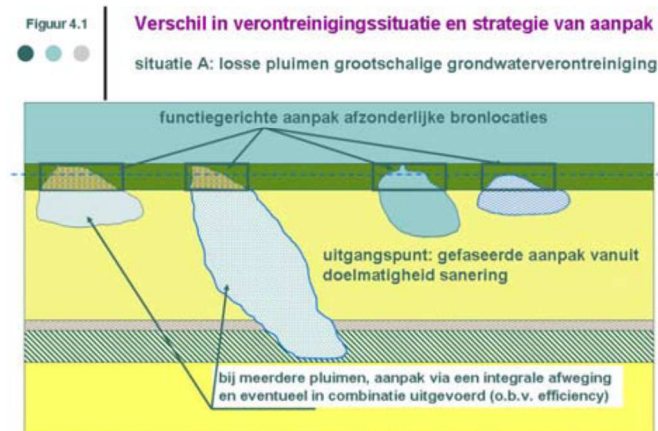
<http://publicwiki.deltares.nl/display/GWLNL/Grondwaterlichamen+in+Nederland+-+Conceptuele+modellen>

Omschrijving activiteit

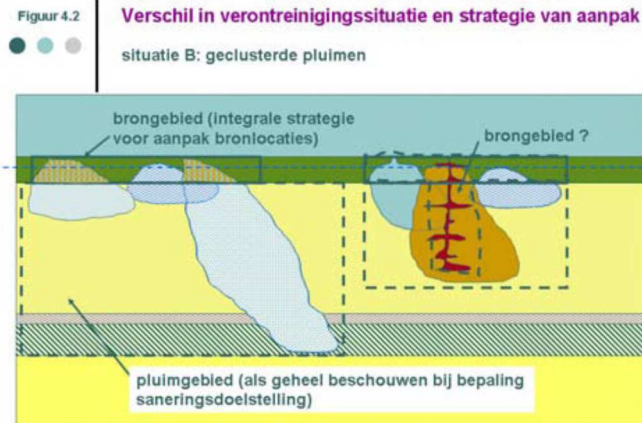
Nederland kent een groot aantal locaties met historische bodem- en grondwaterverontreiniging. Deze locaties bevinden zich meestal in stedelijke gebieden, bij militaire terreinen en in industriegebieden. De technische aanpak van een grondwaterverontreiniging kan op verschillende manieren plaatsvinden:

- 'Pump en treat': Het oppompen en behandelen van verontreinigd grondwater. Het behandelde water wordt veelal op het riool of op het oppervlaktewater geloosd.
- In-situ sanering: Het verwijderen van de verontreiniging in de bodem ter plaatse. Door het injecteren van voedingsstoffen kan de natuurlijke afbraak worden gestimuleerd. Door het injecteren van bepaalde chemicaliën kan de verontreiniging worden afgebroken door oxidatie of reductie.
- Isoleren behouden en controleren (IBC): Het toepassen van een combinatie van maatregelen die ervoor zorgt dat er een veilige situatie is.
- Monitoren: Het volgen van de verontreiniging en de voortgang van de sanering. Het monitoringsplan is vaak onderdeel van een sanering.

De mogelijkheden voor aanpak van een grondwaterverontreiniging zijn vastgelegd in de wet Bodembescherming (WBb). Deze wet is sinds 1987 van kracht. Verontreinigingen ontstaan voor 1987, historische verontreinigingen, kunnen op dit moment op twee niveaus worden aangepakt. Enerzijds is dit op individueel niveau (Figuur 1), uitgaande van een geval van ernstige verontreiniging, en anderzijds op clusterniveau waarbij meerdere gevallen van ernstige verontreiniging gelijktijdig worden gesaneerd (Figuur 2). Op korte termijn zal aan de WBb de gebiedsgerichte aanpak worden toegevoegd. Bij de gebiedsgerichte aanpak van verontreinigd grondwater (Figuur 4) zijn de individuele gevallen van verontreiniging niet meer het vertrekpunt maar het grondwater in het betreffende gebied. Er ontstaat een doelmatige aanpak als gevolg waarvan ruimtelijke ontwikkeling met gebruik van de ondergrond wordt gefaciliteerd (website Infomil).



Figuur 1: Verontreinigingssituatie waarop een gevalsanpak van toepassing is (van der Gun, 2010).



Figuur 2: Verontreinigingssituatie waarop een clusteraanpak van toepassing is (van der Gun, 2010).

In de Circulaire Bodemsanering (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012) staat de uitwerking van het saneringscriterium centraal. Het saneringscriterium dient er toe om vast te stellen of de sanering van een geval van ernstige verontreiniging met spoed moet worden aangepakt. Wanneer sprake is van spoed, is het nemen van maatregelen verplicht. Wanneer sanering niet met spoed hoeft plaats te vinden kan voor de aanpak van de verontreiniging worden aangesloten bij maatschappelijk gewenste ontwikkelingen (website rwsleefomgevinga).

In 2009 is het convenant bodemontwikkelingsbeleid en aanpak spoedlocaties getekend (website rwsleefomgevingb). In dit convenant is specifieke aandacht voor de versnelde aanpak van spoedlocaties, regulingskader ondergrond en gebiedsgerichte aanpak van grootschalige grondwaterverontreiniging. Een belangrijke afspraak uit dit convenant is dat spoedlocaties met humane risico's in 2015 moeten zijn gesaneerd of de risico's beheerst.

Vanaf 2000 is ook de Kaderrichtlijn Water (KRW) van kracht. Een van de doelstellingen hiervan is het beperken of voorkomen van de inbreng van verontreinigende stoffen in het grondwater. De Grondwaterrichtlijn (GWR), die van kracht is geworden in 2006, bevat een verdere uitwerking van de grondwaterdoelen van de KRW. Om te voorkomen dat iedere grondwaterverontreiniging gesaneerd moet worden kan onder specifieke voorwaarden een beroep worden gedaan op de uitzonderingsbepalingen uit de GWR.

Eigenschappen: ruimtelijke en temporele impact

De omvang van een grondwaterverontreiniging kan in grote mate variëren (Tabel 1). Als de omvang van een grondwaterverontreiniging groter is dan 100 m³ grondwater is sprake van een ernstige verontreiniging. In het geval dat de grondwaterverontreiniging groter is dan 6000 m³ of de verspreiding groter is dan 1000 m³ per jaar, dan is er sprake van een spoedlocatie. In het stedelijk gebied is vaak geen onderscheid meer te maken tussen individuele verontreinigingspluimen en is sprake van een verontreinigd gebied van meerdere vierkante kilometers.

De verticale verspreiding van een grondwaterverontreiniging is afhankelijk van de geohydrologische eigenschappen van een gebied en van de vorm waarin de verontreiniging is ontstaan. Met name als sprake is van een lekkage van zogenaamde puur product van een stof met een dichtheid groter dan water (DNAPL's genoemd) kan een verontreiniging een grote diepte bereiken in de vorm van zaklagen en residuele verontreiniging. Vanuit de bronzone van zo'n verontreiniging kan dan door oplossing een diepe pluim van opgeloste stof ontstaan. Bronzones kunnen zowel ondiep zijn met een pluim die steeds dieper wegzakt, of diep met een pluim op minimaal dezelfde diepte.

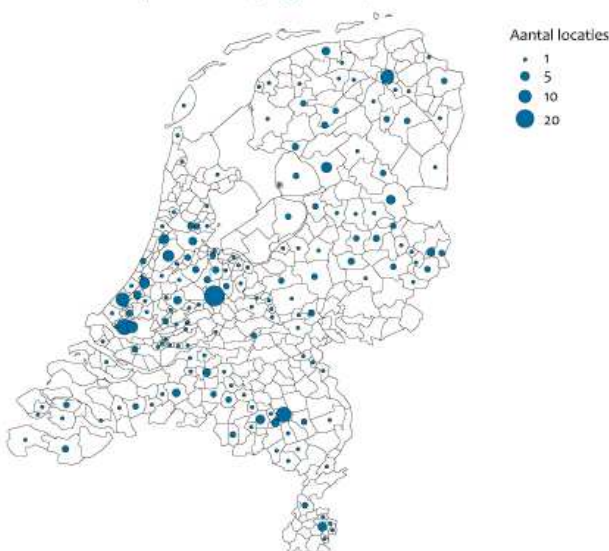
De duur van een sanering kan ook variëren. In het geval van een in-situ sanering of pump en treat zal de duur van een sanering in de meeste gevallen variëren van enkele jaren tot niet langer dan 50 jaar. IBC sanering kan echter vele malen langer duren, tot 1500 jaar. De hersteltijd varieert daarmee ook van minder dan een jaar tot oneindig, afhankelijk van de gekozen aanpak.

Tabel 1 ruimtelijke en temporele impact van de activiteit

Ruimtegebruik verticaal (m)	0-5 m	5-20	20-50	50-100	100-250	>250
Ruimtegebruik horizontaal (km ²)	<1	1-5	5-50	50-500	500-1000	>10.000
Tijdsduur activiteit	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Tijdsduur herstel	0-5	5-15	15-50	50-150	150-1500	>1500
Aspecten	chemisch		fysisch		biologisch	

In figuur 2 zijn de spoedlocaties weergegeven met betrekking tot grondwater.

Aantal humane spoedlocaties per gemeente, 2012



Bron: RIVM.

www.compensatievooroor

Figuur 3: Ligging spoedlocaties grondwater:

Ecosysteemdiensten die gebruikt worden

De activiteit aanpak grondwaterverontreiniging maakt gebruik van 3 ecosysteemdiensten van de ondergrond (Tabel 2):

- 3 Reinigend vermogen van de ondergrond
- 6 Biochemische cycli
- 8 Voorzien in watervoerendheid en waterkwaliteit oppervlaktewater

Aanpak grondwaterverontreiniging		
ESD	gebruik	beïnvloeding
1 - Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit	N	+/-
2 - Energie	N	o
3 - Reinigend vermogen van de ondergrond	J	-
4 - Draagvermogen van de ondergrond	N	o
5 - Bergingscapaciteit	N	-
6 - Biochemische cycli	J	o
7 - Temperatuursregulatie	N	o
8 - Voorzien watervoerendheid en kwaliteit oppervlaktewater	J	o
9 - Voeding van grondwaterafhankelijke natuur	N	+/-
10 - Cultuurhistorische waarden	N	o
11 - Biodiversiteit	N	o

Tabel 2: Relatie tussen de activiteit en de 11 onderscheiden ecosysteemdiensten van de ondergrond. Kolom A: maakt de activiteit gebruik van de ESD; J(a) of N(ee). Beïnvloedt de activiteit de ESD negatief (-), positief (+) of niet wezenlijk (o).

Ad. 3 Reinigend vermogen van de ondergrond: Bij in-situ saneringen wordt gebruik gemaakt van de reactiecapaciteit van de ondergrond. De reactiecapaciteit van de ondergrond wordt onder andere bepaald door de aanwezigheid van organisch stof. Door de ondergrond te beluchten of bepaalde voedingsstoffen te injecteren worden de biologische en chemische processen gestimuleerd die de verontreiniging deels of volledig kunnen afbreken.

Ad 6. Biochemische cycli: Bij in-situ saneringen wordt gebruik gemaakt van de biogeochemische processen van de ondergrond. De afbraak van verontreinigende stoffen vindt vaak plaats onder bepaalde omstandigheden, zoals oxidisch (aromaten) of juist anoxisch (gechloreerde koolwaterstoffen). De biogeochemische cycli van de ondergrond bepalen de redoxtoestand en zuurgraad van het grondwater op een bepaalde diepte, en daarmee ook de afbraakmogelijkheden voor specifieke stoffen.

Ad 8. Voorzien watervoerendheid en kwaliteit oppervlaktewater: Grondwateronttrekking ten behoeve van verwijdering van een verontreiniging resulteert in een grondwaterstandsaling, waardoor toestroming van grondwater vanuit de omgeving tot stand wordt gebracht. Nadat het grondwater is onttrokken, vindt gewoonlijk lozing plaats. In een aantal gevallen schrijven de omstandigheden voor dat onttrokken water na zuivering dient te worden geherinfiltrerd.

Eisen van de activiteit aan kwaliteit en kwantiteit van de fysieke omgeving

In het geval van in-situ saneringen moeten de biogeochemische omstandigheden van de ondergrond geschikt zijn voor de gebruikte techniek. Afbraak van aromaten kan bijvoorbeeld plaatsvinden onder oxidische omstandigheden. Afbraak van gechloreerde koolwaterstoffen vindt daarentegen juist plaats onder anoxische omstandigheden. De aanwezigheid van de juiste bacteriën en een koolstofbron is ook een voorwaarde voor afbraak.

Bij stimulering van biologische of chemische processen in de ondergrond worden vaak stoffen in de ondergrond geïnjecteerd. Hiervoor is het van belang dat de ondergrond goed doorlatend is. Een slecht doorlatende ondergrond werkt vaak belemmerend bij de sanering.

Impact van de activiteit op ecosysteemdiensten van ondergrond en grondwater; positief en negatief

De activiteit aanpak grondwaterverontreiniging heeft een positieve invloed op de volgende 2 ecosysteemdiensten:

- 1 Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit
- 9 Voeding van grondwaterafhankelijke natuur en aquatische ecosystemen

en een negatieve invloed op de volgende 4 ecosysteemdiensten:

- 1 Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit
- 3 Reinigend vermogen van de ondergrond
- 5 Bergingscapaciteit
- 9 Voeding van grondwaterafhankelijke natuur en aquatische ecosystemen

Ad 1. Beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit: Door een grondwaterverontreiniging te saneren wordt de beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit groter. Afhankelijk van het niveau tot waar is teruggesaneerd, kan worden bepaald voor welke functie het grondwater na sanering geschikt is. Als een sanering bestaat uit uitsluitend beheren of monitoren van een verontreinigd gebied wordt de beschikbaarheid van voldoende water met bepaalde kwaliteit niet verbeterd. Het verontreinigde grondwater blijft dan ongeschikt voor veel functies. Ook indien netto meer wordt onttrokken dan geïnfiltreerd wordt de beschikbaarheid van water verminderd.

Ad 9. Voeding van grondwaterafhankelijke natuur: Door een grondwaterverontreiniging te saneren worden grondwaterafhankelijke natuur en aquatische ecosystemen minder belast met verontreinigende stoffen. Voor de implementatie van de KRW wordt op dit moment in beeld gebracht welke kwetsbare objecten, waaronder natuurgebieden, beïnvloed worden door grondwaterverontreiniging (3B Bureau Bodem en Milieubeleid, 2013). Als een sanering bestaat uit uitsluitend beheren van een gebied dan worden grondwaterafhankelijke natuur en aquatische ecosystemen nog steeds belast met verontreinigende stoffen.

Ad 3. Reinigend vermogen van de ondergrond: Door de aanwezigheid van een grondwaterverontreiniging wordt ook het reinigend vermogen van de ondergrond negatief beïnvloed. Bij de afbraak van bijvoorbeeld gechloreerde koolwaterstoffen onder reducerende omstandigheden wordt het organische stof dat van nature aanwezig is opgebruikt. Hierdoor wordt de reactiecapaciteit van de ondergrond uitgeput. Dat geldt ook bijvoorbeeld bij saneringen die gebruik maken van technieken zoals chemische oxidatie en/of persluchtinjectie.

Ad 5. Bergingscapaciteit: De aanwezigheid van een grondwaterverontreiniging belemmert de bergingscapaciteit van de ondergrond. In het verontreinigde gebied kunnen immers geen andere stoffen geborgen worden.

Afwegingen ten opzichte van andere activiteiten die grondwater en de ondergrond benutten

Afwegingen voor deze activiteit zijn met name nodig voor:

Onttrekkingen ten behoeve van drinkwater en irrigatie en reservering voor strategische grondwatervoorraden: Grondwater dat is verontreinigd kan in principe niet meer zonder zuivering worden gebruikt voor onttrekkingen tbv bijvoorbeeld drinkwater en irrigatie. Het beheren van een

verontreiniging leidt ertoe dat de verontreiniging zich ten minste niet verspreid naar een grondwaterbeschermingsgebied. Door een sanering kunnen echter de concentraties van verontreinigende stoffen zodanig worden verlaagd dat het grondwater wel weer geschikt is voor bovengenoemde functies. Er zijn diverse gevallen bekend waar drinkwaterwingebieden zijn beschermd met speciale interceptieputten die de verontreiniging afvangen en behandelen om de overige winputten te beschermen (zie bijv. Broers & van Duffelen

Opslag van regenwater en kunstmatige infiltratie van oppervlaktewater voor de drinkwatervoorziening verhouden zich ook niet met de aanpak van saneringslocaties, bijvoorbeeld omdat ze de efficiëntie van een sanering negatief beïnvloeden en voor verdere verspreiding van de pluim kunnen zorgen.

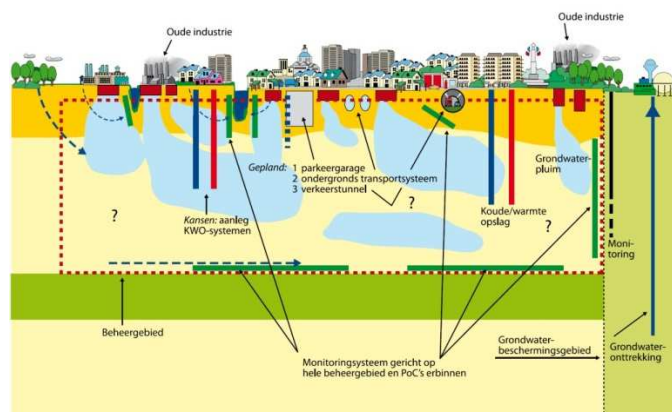
WKO: De belangen van een grondwatersanering kunnen conflicteren met de belangen van een WKO. Saneringsmaatregelen zijn gericht op het kosteneffectief verwijderen van verontreinigende stoffen. Bij de aanleg van een WKO gaat het om de levering van voldoende en betaalbare warme en koude. Een combinatie van beide technieken is echter vaak ook mogelijk. Zo kan onder de juiste geohydrologisch condities een grondwaterverontreiniging worden beheerd door onttrekking van grondwater tbv een WKO. Bovendien kan het water dat wordt opgepompt voor de WKO bovengronds worden gezuiverd en opnieuw worden geïnfiltreerd. In het algemeen zorgen WKO installaties voor een grotere dynamiek (menging van de verontreiniging) in het gebied waardoor de omstandigheden voor natuurlijke afbraak gunstiger worden. Deze menging kan echter ook leiden tot verontreiniging van schone grond wat in principe in Nederland niet is toegestaan. Bij de herontwikkeling van het stationsgebied in Utrecht wordt gebruik gemaakt van de zogenoemde biowasmachine. WKO wordt in dit gebied geëxperimenteerd met sanering van het verontreinigde grondwater (website Gemeente Utrecht).

Ondergrondse infrastructuur: Voor in-situ saneringen, onttrekkingen en monitoring moeten er buizen in de ondergrond geplaatst worden. Dit is alleen mogelijk als dit niet in conflict is met de bestaande ondergrondse infrastructuur.

Peilbeheer: Het onttrekken van grondwater tbv saneren kan leiden tot een grondwaterstands daling. Dit is alleen mogelijk als het niet in conflict is met het gewenste peilbeheer ter plaatse.

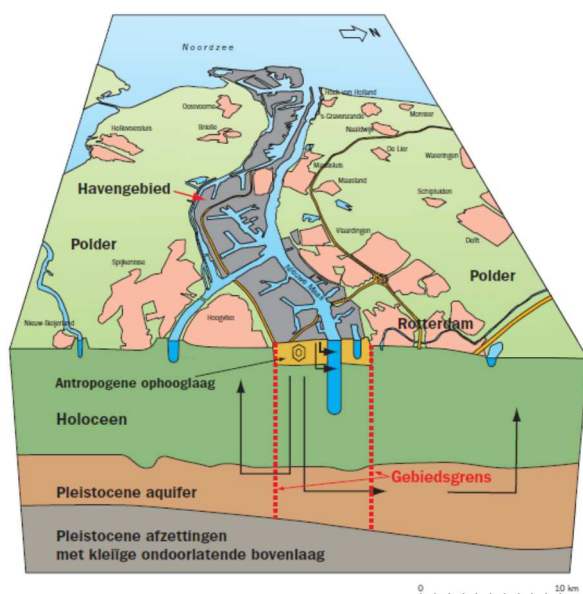
Toekomstige ontwikkelingen die afwegingen noodzakelijk kunnen maken

In het stedelijk gebied is vaak geen onderscheid meer te maken tussen individuele verontreinigingspluimen en is sprake van een verontreinigd gebied (Figuur 3). Voor deze situaties wordt op korte termijn de gebiedsgerichte aanpak aan de WBB toegevoegd. Bij dit zogenaamde gebiedsgericht beheer wordt niet naar individuele gevallen gekeken, maar ligt de nadruk op het voorkomen van verspreiding naar kwetsbare objecten, zoals waterwinningen aan de grenzen van het gebied. Binnen het afgebakende gebied wordt menging en verspreiding van de verontreiniging toegestaan. Hierdoor ontstaan er ook meer mogelijkheden om grondwatersanering en WKO te combineren.



Figuur 4: Conceptueel model voor de gebiedsgerichte aanpak van verontreinigd grondwater (SKB cahier Verontreinigd grondwater, 2008)

Een voorbeeld van gebiedsgericht beheer vormt het Rotterdamse havengebied, waar de bodem en het grondwater door langdurige en grootschalige industriële activiteiten verontreinigd zijn geraakt. De verontreinigingssituatie is omvangrijk, complex en vormt meestal een locatie overschrijdend probleem. Met behulp van een model is voor het havengebied een risicoanalyse uitgevoerd om inzicht te krijgen in mogelijke toekomstige verspreiding buiten het havengebied, waarbij begrenzingslijnen zijn opgesteld waarbinnen de verontreiniging dient te blijven. Door het monitoringsnetwerk te richten op deze begrenzingslijnen en de maatregelen op die gebiedsgrenzen in te richten, wordt er veel geld bespaard (Figuur 5).



Figuur 5: Conceptueel model van de aanpak in het Rotterdamse havengebied. Gebiedsgrenzen en specifieke monitoringslocaties aangegeven in rood. Afstroming naar de Maas wordt specifiek gemonitord (bron: Deltares)

Regionale verschillen over Nederland

De historische pluimen zijn veelal veroorzaakt door voormalige industrie, zoals metaalverwerkingsbedrijven, gasfabrieken en chemische waterwerken. Deze bedrijven waren gelegen in de oude binnensteden. De historische pluimen zijn dan ook in de meeste gevallen gelegen in het stedelijk gebied.

Voor in het westen van Nederland komen minder goed doorlatende lagen voor, waardoor verontreinigingen niet weg kunnen zakken tot grote diepte. In het oosten en zuiden van Nederland bestaat de ondergrond daarentegen uit zandige pakketten. In deze goed doorlatende pakketten kunnen verontreinigingen tot grote diepte verspreiden. Met name DNAPL verontreinigingen van trichlooretheen, perchlooretheen en creosoot zijn in de zandgebieden tot grote diepte weggezakt en leveren problemen voor bijvoorbeeld de drinkwatervoorziening.

Beschikbare gegevens en kennis

Op de website van Compendium voor de Leefomgeving (website Compendium voor de leefomgeving) is informatie te vinden over de voortgang van de bodemsaneringsoperatie in Nederland.

De Richtlijn herstel en beheer (water)bodemkwaliteit (website Bodemrichtlijn) ontsluit relevante informatie op het gebied van bodem- en waterbodembeheer. Bij bodem- en waterbodembeheer gaat het om maatregelen en voorzieningen gericht op het herstellen, behouden en versterken van de functionele (water)bodemkwaliteit.

De handleiding Boeg Bodemenergie en grondwaterverontreiniging (website AgentschapNL) geeft informatie over het combineren van grondwatersanering en WKO. De handreiking gebiedsgericht grondwaterbeheer (van der Gun, 2010) gaat in op de gebiedsgerichte aanpak van grondwaterverontreiniging.

Referenties naar websites, rapporten

- Broers, H.P. & van Duffelen, E.A. (1998) .De Tri verontreiniging bij Hilversum: een kwestie van DNAPL's. Stromingen (4), nr. 2, p.41-54.
- Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2012) Circulaire Bodemsanering 2009, Staatscourant 2012, nr. 6563
- SKB cahier Verontreinigd grondwater (2008)
- Van der Gun, J (2010) Handreiking gebiedsgericht grondwaterbeheer
- J. Valstar, E. van Nieuwkerk, A. Marsman & W. van Hattem, Gebiedsgericht grondwaterbeheer voor de haven van Rotterdam, H2O, 42(2009)6, 30-32.

Websites:

- Infomil: <http://www.infomil.nl/onderwerpen/klimaat-lucht/handboek-water/wetgeving/wet-bodembescherming>
- Rwsleefomgevinga: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bodemsanering/wet-regelgeving/wet-bodembescherming/circulaire/>
- Rwsleefomgevingb: <http://www.rwsleefomgeving.nl/onderwerpen/bodem-ondergrond/bodemconvenant/>
- Gemeente Utrecht: <http://www.utrecht.nl/smartsite.dws?id=236064>
- Compendium voor de leefomgeving: <http://www.compendiumvoordeleefomgeving.nl/indicatoren/nl0258-Inventarisatie-van-aantal-locaties-met-bodemverontreiniging.html?i=3-13>
- Bodemrichtlijn: www.bodemrichtlijn.nl
- AgentschapNL: http://www.agentschapnl.nl/sites/default/files/sn_bijlagen/handleiding_boeg-24-333638.pdf