

# **De redeneerlijn voor de ondergrond**

**18 februari 2009**



---

## **De redeneerlijn voor de ondergrond**



## Verantwoording

<b>Titel</b>	De redeneerlijn voor de ondergrond
<b>Opdrachtgever</b>	Ministerie van Volkshuisvesting Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM)
<b>Projectleider</b>	Mark in 't Veld
<b>Auteur(s)</b>	Pascal Zoetbrood
<b>Projectnummer</b>	4596006
<b>Aantal pagina's</b>	34 (exclusief bijlagen)
<b>Datum</b>	18 februari 2009
<b>Handtekening</b>	

## Colofon

Tauw bv  
afdeling Bodem & Milieu  
Handelskade 11  
Postbus 133  
7400 AC Deventer  
Telefoon (0570) 69 99 11  
Fax (0570) 69 96 66

Dit document is eigendom van de opdrachtgever en mag door hem worden gebruikt voor het doel waarvoor het is vervaardigd met inachtneming van de rechten die voortvloeien uit de wetgeving op het gebied van het intellectuele eigendom. De auteursrechten van dit document blijven berusten bij Tauw. Kwaliteit en verbetering van product en proces hebben bij Tauw hoge prioriteit. Tauw hanteert daartoe een managementsysteem dat is gecertificeerd dan wel geaccrediteerd volgens:

- NEN-EN-ISO 9001.



## Inhoud

<b>Verantwoording en colofon .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Inleiding.....</b>	<b>9</b>
1.1 Leeswijzer .....	10
<b>2 Context en kaders redeneerlijn.....</b>	<b>11</b>
2.1 De redeneerlijn als hulpmiddel .....	11
2.1.1 De status van de redeneerlijn.....	12
2.1.2 Twee aanliegroutes van de redeneerlijn.....	13
2.2 Afbakening van de redeneerlijn.....	13
<b>3 Kennisontsluiting redeneerlijn.....</b>	<b>15</b>
3.1 De effectketen .....	15
3.2 Vertaling van de effectketen naar de tabellen .....	16
3.2.1 Activiteiten in de ondergrond vertaald naar ingrepen .....	16
3.2.2 De effecten van ondergrondse ingrepen op de bodem .....	16
3.2.3 De consequenties van effecten voor bodemfuncties.....	19
3.3 Gebruik van de tabellen .....	20
3.3.1 Een concrete activiteit .....	20
3.3.2 Vaststellen van bodemambities.....	21
<b>4 Effecten en consequenties samengevat .....</b>	<b>23</b>
4.1 De effecten van ondergrondse activiteiten .....	23
4.1.1 Bodemenergie .....	23
4.1.2 Ondergrondse infrastructuur .....	25
4.1.3 Ondergronds bouwen.....	25
4.1.4 Winning oppervlaktedelfstoffen (ondiepe ondergrond).....	26
4.1.5 Winning delfstoffen (diepe ondergrond) .....	26
4.1.6 Opslag in de bodem (diepe ondergrond).....	26
4.1.7 Drinkwaterwinning (grondwaterlaag).....	27
4.2 Bodemfuncties.....	27
4.2.1 Voedselproductie.....	27
4.2.2 Nutriëntenvoorziening .....	28
4.2.3 Basis voor biodiversiteit.....	29
4.2.4 Fysische omgeving.....	29
4.2.5 Bron van grondstoffen .....	30

4.2.6	Reactie voor koolstof .....	30
4.2.7	Museum.....	30
4.3	Conclusie.....	31
4.3.1	Kennisleemten.....	31
<b>5</b>	<b>Geraadpleegde bronnen .....</b>	<b>33</b>

**Bijlage(n)**

1. Tabellen redeneerlijn



## 1 Inleiding

**Voor u ligt de redeneerlijn van de ondergrond. Deze redeneerlijn is een antwoord op de groeiende behoefte bij overheden om meer grip te krijgen op de toenemende activiteiten in de ondergrond. Een breed gedeelde wens daarbij is de ontwikkeling van concrete handvatten voor de afweging van deze activiteiten. De eerste contouren hiervoor zijn door VROM beschreven in het Programma Ondergrond (mei, 2008). Hoewel het bij deze contouren gaat om vijf stappen die leiden tot een afwegingskader, staat de huidige redeneerlijn niet gelijk aan een afwegingskader.**

Het doel van de redeneerlijn, beschreven in dit rapport, is namelijk het ontsluiten van kennis over de consequenties van ondergrondse activiteiten voor de functies van de bodem. Hiermee is de redeneerlijn dus een hulpmiddel bij afwegingen over het gebruik van de ondergrond.

Ook is de redeneerlijn een eerste stap in het bewustwordingsproces ten aanzien van een duurzaam gebruik van de ondergrond. De vraag welke effecten heeft mijn handelen op de kwaliteit van de bodem staat daarbij centraal. Een subdoel van deze redeneerlijn is daarmee ook het kweken van bewustwording over het gebruik van de ondergrond bij professionals die zich bezighouden met de ondergrond. In het kader hiervan zijn in het najaar van 2008 vijf regiobijeenkomsten georganiseerd om de redeneerlijn te toetsen. Sloot de redeneerlijn aan bij de dagelijkse praktijk van provincies en gemeenten en konden zij er mee uit de voeten?

De deelnemers onderstreepte het nut en de meerwaarde van de redeneerlijn, maar de bijeenkomsten maakte ook duidelijk dat we er nog lang niet zijn. De redeneerlijn is daardoor ook nog niet af. Het opstellen ervan is namelijk een dynamisch proces. Kennis over bepaalde effecten van ondergrondse activiteiten op de bodem ontbreekt nog en overheden hebben nog onvoldoende ervaring met de afweging van ondergrondse activiteiten.

Het onderhavige rapport is daarmee ook een momentopname van de huidige kennis en inzichten over de ondergrond. Het rapport biedt wel op basis van de gepresenteerde methode en de ontsloten kennis handvatten voor overheden om activiteiten in de ondergrond te beoordelen op hun effecten op de bodem. Een logische vervolgstap is daarom ook dat de redeneerlijn in de komende jaren nog aangescherpt moet worden op basis van ervaringen en nieuwe inzichten en kennis. Bodem+ zal daarbij een sleutelrol gaan vervullen.

## **1.1 Leeswijzer**

Dit rapport bestaat uit drie delen.

Het eerste deel betreft de hoofdstukken 2 en 3. Deze hoofdstukken gaan respectievelijk in op de kaders en context van de redeneerlijn en de methode van kennisontsluiting van de redeneerlijn.

In het tweede deel, bestaande uit hoofdstuk 4, presenteren wij de belangrijkste kennis over de effecten en consequenties van ondergrondse activiteiten op de bodem en haar functies. Op basis van deze globale kennis kan een overheid een eerste inschatting maken over de effecten van ondergrondse activiteiten.

Het derde deel bestaat uit de tabellen die als bijlage bij dit rapport zijn opgenomen. In deze tabellen is stap voor stap de kennis ontsloten over de consequenties van ondergrondse activiteiten op de bodemfuncties.

## 2 Context en kaders redeneerlijn

**In het vorige hoofdstuk is naar voren gekomen dat het doel van de redeneerlijn is om de kennis over de consequenties van ondergrondse activiteiten op de bodemfuncties te ontsluiten. Het subdoel is het creëren van bewustwording ten aanzien van een duurzaam gebruik van de ondergrond. In dit hoofdstuk willen wij meer handen en voeten geven aan deze doelstellingen.**

Paragraaf 2.1 gaat daarom dieper in op de redeneerlijn als hulpmiddel in de afweging rond ondergrondse activiteiten. Paragraaf 2.2 gaat daaropvolgend in op de afbakening van de redeneerlijn. Wat verstaan wij onder ondergrondse activiteiten en welke bodemfuncties onderscheiden wij?

### 2.1 De redeneerlijn als hulpmiddel

De redeneerlijn is, zoals al eerder aangegeven, bedoeld als een hulpmiddel bij afwegingen over het gebruik van de ondergrond. Overheden hebben behoefte aan dergelijk hulpmiddel om grip te krijgen op de toenemende drukte in de ondergrond. Hoewel het gebruik van de ondergrond kansen voor de maatschappij biedt, heeft het ook een keerzijde.

#### Kansen van ondergrond

De ondergrond komt steeds meer in beeld om maatschappelijke problemen, zoals klimaatverandering en het bovengrondse ruimtegebrek, op te lossen. De activiteiten in de ondergrond zijn grofweg het resultaat van vier maatschappelijke drijfveren, namelijk het streven naar een goede (bovengrondse) ruimtelijke kwaliteit, de economie, veiligheid en klimaatverandering.

De afweging om infrastructuur ondergronds aan te leggen is veelal ingegeven door het streven naar een goede ruimtelijke kwaliteit. Verstoring van het landschap is hierbij een vaak gehoord argument. De economische drijfveer is de belangrijkste reden voor de winning van delfstoffen zoals zout en aardgas. Klimaatverandering leidt er toe dat wij de ondergrond in Nederland steeds meer gaan gebruiken voor energiewinning, zoals koude en warmte opslag en geothermie. Ook het opslaan van CO<sub>2</sub> in de ondergrond is het resultaat van het toenemende belang om de uitstoot van CO<sub>2</sub> te reduceren. Uit veiligheidsoverwegingen worden kabels en leidingen vaak ondergronds aangelegd. Ook het opslaan van afval is ingegeven vanuit veiligheidsmotieven.

### De keerzijde van het gebruik van de ondergrond

Activiteiten in de ondergrond hebben ook een keerzijde: de ondergrond is een schaarse voorraadgrootheid. Benutting is vaak éénmalig, kan onomkeerbaar zijn en is doorgaans duurder dan bovengrondse handelingen. Schaarste ontstaat enerzijds doordat meerdere ingrepen in hetzelfde ruimtelijk vlak zijn voorzien. Anderzijds ontstaat de schaarste doordat de kwaliteit van de ondergrond het niet altijd toelaat om bepaalde ingrepen uit te voeren. Daarnaast kan benutting van de ondergrond de kwaliteit daarvan (positief of negatief) beïnvloeden.

### Het belang van stroomlijning

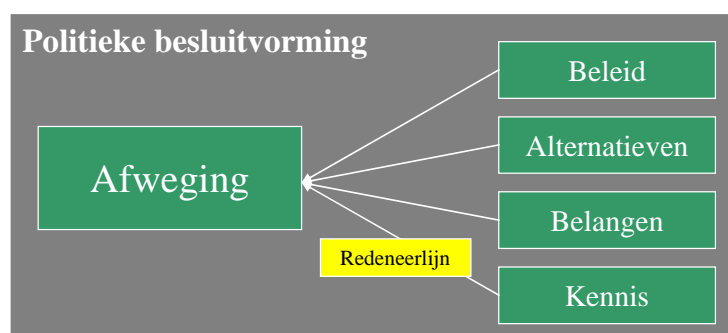
Het wordt dus druk in de ondergrond. De redeneerlijn is ontstaan vanuit het idee om als overheid grip te krijgen op deze drukte. Centraal hierbij staat de stroomlijning van kansen van en bedreigingen voor de ondergrond. De eerste stap hierbij is zicht te krijgen op de effecten van de activiteiten in de ondergrond. Dit geeft namelijk een beeld van wat je wel en wat niet wilt toelaten in de ondergrond.

#### 2.1.1 De status van de redeneerlijn

De redeneerlijn is geen (politiek) afwegingskader, maar is een hulpmiddel voor deze afweging. Hierbij gelden twee uitgangspunten:

- De redeneerlijn is geen verplichting
- De redeneerlijn is een generiek hulpmiddel. De concrete afweging kan per locatie verschillen

In figuur 2.1 hebben wij de status van de redeneerlijn schematisch weergegeven.



---

**Figuur 2.1 De redeneerlijn in haar context**

---

De redeneerlijn heeft in deze context van politieke besluitvorming het doel om kennis over de consequenties van ondergrondse activiteiten op de bodemfuncties te ontsluiten. Deze kennis kan een overheid gebruiken in haar afweging. Naast de kennis over de ondergrond kan een overheid ook nog het vigerende beleid (bijvoorbeeld het energiebeleid of het bodembeleid), de voorhanden zijnde alternatieven (bijvoorbeeld bovengrondse of andere ondergrondse alternatieven) en de verschillende belangen (onder andere klimaatbelangen en economische belangen) in haar afweging betrekken.

### **2.1.2 Twee aanvliegroutes van de redeneerlijn**

Wij onderscheiden bij afweging van activiteiten de ondergrond twee relevante situaties, namelijk:

- Een concrete activiteit in de ondergrond waar een overheid een uitspraak over moet doen (bijvoorbeeld een vergunningaanvraag)
- Vaststellen van ambities voor de bodem in het kader van bijvoorbeeld een bodemvisie

Deze situaties betekenen voor de redeneerlijn twee aanvliegroutes, gebaseerd op gelijkwaardige kennis, maar waarvoor verschillende stappen in de redeneerlijn doorlopen moeten worden. Een vergunningaanvraag voor bijvoorbeeld ondergronds bouwen of warmte- en koudeopslag volgt de redeneerlijn dat een overheid haar besluit moet baseren op de beschikbare kennis ten aanzien van de effecten van de activiteit op de bodem en haar functioneren. Een bodemvisie vraagt om de omgekeerde aanpak. Welke functies wil je waar beschermen en welke activiteiten wil je op basis hiervan dus niet toelaten in bepaalde gebieden.

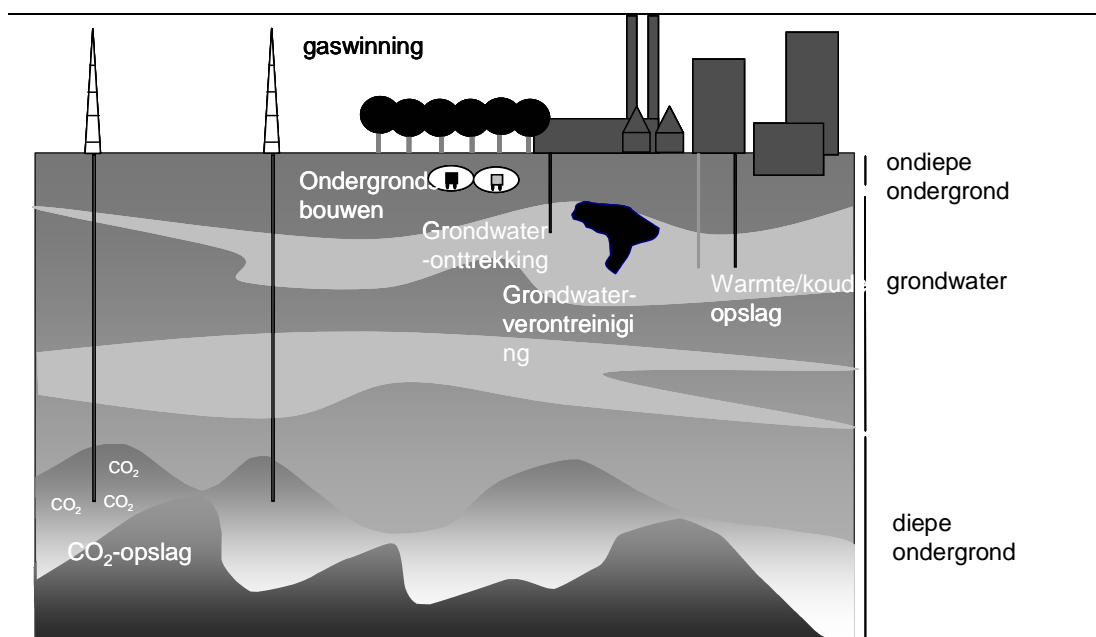
Wat wel gelijk blijft, is de plaats van de redeneerlijn in het totale plaatje van de politieke besluitvorming. De kennis uit de redeneerlijn vormt één van de factoren waarop een overheid haar besluit baseert. Naast de kennis over de consequenties van ondergrondse activiteiten op de bodemfuncties, neemt een overheid normaliter ook het vigerende beleid (bijvoorbeeld de Wro of het convenant), de verschillende belangen, zoals het streven naar ruimtelijke kwaliteit of economische belangen en de verschillende alternatieven in overweging.

Samengevat is de redeneerlijn dus een hulpmiddel om de kwaliteit van een besluit te vergroten door een goede ontsluiting van kennis en inzichten over de effecten van ondergrondse activiteiten op bodemfuncties.

## **2.2 Afbakening van de redeneerlijn**

In de redeneerlijn voor de ondergrond hebben wij op basis van het programma ondergrond van VROM (mei 2008) de ondergrondse activiteiten gegroepeerd in zes categorieën, namelijk bodemenergie, ondergronds bouwen, ondergrondse infrastructuur, winning delfstoffen, opslag in de ondergrond, en winning van grondwater. Het betreft een eerste selectie van ondergrondse activiteiten die in later stadium kan worden uitgebreid. Zo is bijvoorbeeld ondergrondse waterberging vooralsnog niet opgenomen in de redeneerlijn.

Hierbij maken wij ook een onderscheid tussen activiteiten in de ondiepe ondergrond, de grondwaterlaag en de diepe ondergrond (zie figuur 2.2).



**Figuur 2.2** Indeling ondergrond (bron: beleidsverkenning ondergrond; VROM, 2007)

De ondiepe ondergrond heeft betrekking op de ondergrond tot het eerste watervoerende pakket. Dit watervoerende pakket beschouwen wij als de grondwaterlaag. Het deel onder de grondwaterlaag noemen wij de diepe ondergrond.

Voor de categorisering van de bodemfuncties hebben wij gekozen voor de indeling van de EU Bodemstrategie. Wij gaan hierbij uit van de functiebeschrijvingen uit het programma ondergrond van VROM (mei, 2008). Het gaat hierbij om zes functiegroepen:

1. Voedselproductie (producent van biomassa, met name in de landbouw en de bosbouw)
2. Nutriëntenvoorziening (medium voor de opslag, filtering en omzetting van voedingsstoffen, chemische stoffen en water)
3. Basis voor biodiversiteit (reservoir van biodiversiteit, voornamelijk van habitats, soorten en genen)
4. Fysische omgeving (fysiek en cultureel milieu voor de mens en voor menselijke activiteiten)
5. Bron voor grondstoffen (delfstoffen, grondwater, et cetera)
6. Reactievat voor koolstof (opslagplaats voor koolstof)
7. Museum (archief van het geologische en archeologische erfgoed)

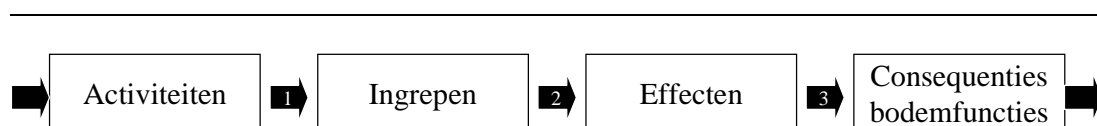
### 3 Kennisontsluiting redeneerlijn

De redeneerlijn van VROM hebben wij vertaald naar een methode die gebaseerd is op de milieuprobleemeffect keten (Bouwer en Leroy, 1995). Deze keten is een analysemodel dat inzicht geeft in de fysieke processen en mechanismen achter een milieuprobleem, maar ook in de achterliggende maatschappelijke context. Dit laatste is voor de ondergrond belangrijk omdat de consequenties van de activiteiten op de bodemfuncties in de maatschappelijke context gezien moeten worden. Niet elke consequentie op een bodemfunctie hoeft namelijk problematisch te zijn of prioriteit te hebben. Ook hoeft een effect niet altijd leiden tot een bedreiging, maar kan ook kansen bieden. Om die reden besteden wij in de milieuprobleemeffect keten ook aandacht aan kansen.

In paragraaf 3.1 hebben wij deze milieuprobleemeffect keten toegepast op ondergrondse activiteiten. Paragraaf 3.2 gaat vervolgens in op de vertaling van deze effectketen naar kennistabellen.

#### 3.1 De effectketen

In figuur 3.1 staat de effectketen voor ondergrondse activiteiten weergegeven. Wij maken hierbij een onderscheid tussen vier schakels en vier regulatoren.



**Figuur 3.1 De effectketen voor ondergrondse activiteiten**

De blokjes in figuur 3.1 vormen de schakels van de effectketen voor ondergrondse activiteiten. Zo leidt een (ondergrondse) activiteit, zoals de bouw van een tunnel tot de ingreep: ontgraving. Deze ingreep leidt daaropvolgend tot een effect in de ondergrond, bijvoorbeeld een hydrologische toestandsverandering. Dit effect kan tot slot consequenties hebben voor de bodemfuncties. Een hydrologische toestandsverandering kan bijvoorbeeld nadelige gevolgen hebben voor de voedselproductie in een gebied.

De pijltjes staan voor de regulatoren die het type en de mate van de relatie tussen de verschillende schakels bepalen. Hoe leidt bijvoorbeeld een ingreep tot een effect en hoe kun je daarop sturen? Dit hangt bijvoorbeeld af van de toegepaste techniek of van de natuurlijke processen in de ondergrond.

De effectketen start normaliter bij de maatschappelijke ontwikkelingen en processen die leiden tot ondergrondse activiteiten. Door de verschillende stappen van de effectketen te doorlopen krijg je uiteindelijk inzicht in de consequenties van een ondergrondse activiteit op de bodemfuncties. De twee aanvliegroutes betekenen echter dat de effectketen in twee verschillende richtingen wordt doorlopen. Het startpunt kan daarom ook de bodemfuncties zijn die een overheid wil beschermen.

### **3.2 Vertaling van de effectketen naar de tabellen**

De effectketen voor de ondergrondse activiteiten heeft primair het doel om bestaande kennis over de effecten van ondergrondse activiteiten op bodemfuncties te ontsluiten. Deze kennis presenteren wij in een aantal tabellen, dat in dit rapport is bijgevoegd.

De effectketen hebben wij vertaald naar drie typen tabellen, namelijk:

- Activiteiten in de ondergrond vertaald naar ingrepen
- De effecten van ingrepen in de bodem
- Consequenties van effecten voor bodemfuncties

#### **3.2.1 Activiteiten in de ondergrond vertaald naar ingrepen**

Tabel 1 in de bijlage geeft een overzicht van de ondergrondse activiteiten in relatie tot ingrepen. Activiteiten in de ondergrond hebben betrekking op menselijke werkzaamheden en bedrijvigheden in de ondergrond. Wanneer wij over de ondergrond spreken gaat het om dat deel van de aarde vanaf circa 1,5 m onder maaiveld (daarboven is sprake van de bovengrond) tot circa 10 km diepte. In de tabel is de stap van activiteiten naar ingrepen uitgewerkt voor de selectie van ondergrondse activiteiten genoemd in paragraaf 2.2.

#### **3.2.2 De effecten van ondergrondse ingrepen op de bodem**

In tabel 2 in de bijlage presenteren wij van de vertaling van de verschillende ingrepen naar de effecten op de bodem. Tabel 2 bestaat uit drie afzonderlijke onderdelen waarbij de vertaling naar effecten is gemaakt voor respectievelijk de ondiepe ondergrond, de grondwaterlaag en de diepe ondergrond. Naast een generieke beschrijving van de effecten gaan wij daar waar mogelijk ook in op de lokale verbijzondering. Dit omdat de effecten per gebied kunnen verschillen, afhankelijk van de lokale bodemkarakteristieken. Deze lokale verbijzondering is echter nog zeer globaal en nog niet uitputtend en verdient bij de beoordeling van feitelijke ingrepen in de bodem de nodige aandacht.



In de redeneerlijn definiëren wij een effect als een toestandsverandering in de bodem als gevolg van een (menselijke) ingreep. Wij maken hierbij een onderscheid tussen onderstaande typen effecten:

- Hydrologische toestandsverandering (verandering van grondwaterstroming, grondwaterstand of menging van verschillende typen grondwater)
- Biotische toestandsverandering (verandering leefomgeving bodemleven)
- Chemische toestandsverandering (verandering chemische kwaliteit van de bodem en grondwater door verontreiniging)
- Fysische toestandsverandering (verandering van de fysische toestand van de bodem door temperatuurverandering of door trilling)
- Verstoring van de bodem (Vergraving in de ondiepe ondergrond of het doorboren van bodemlagen en/of scheidende lagen)
- De verandering van de hoeveelheid beschikbare ondergrondse ruimte

De mate van effect van een ingreep bepalen wij op basis van twee indicatoren, namelijk het *schaalniveau van de toestandsverandering* en het *regeneratievermogen van de toestand van de bodem*.

Het schaalniveau van de toestandsverandering hangt af van zowel het volume van de ingreep als van het aantal ingrepen in de ondergrond. Neem je de activiteit WKO als voorbeeld dan komt dit neer op: het volume van de grondwateronttrekking bij een individueel WKO-systeem en het aantal WKO-systemen in een gebied. Een individueel WKO-systeem met een grote grondwateronttrekking betekent namelijk een toestandsverandering op grote schaal, maar dat geldt ook voor meerdere WKO-systemen in een gebied met ieder een kleinere onttrekking.

Bij de indicator schaalniveau maken wij een onderscheid tussen:

- Een toestandsverandering ter plaatse van de ingreep. Hierbij is geen sprake van een uitstraling. De toestandsverandering kun je grofweg uitdrukken in m<sup>2</sup>. In ruimtelijke termen spreek je dan over het schaalniveau van bijvoorbeeld een huis
- Een toestandsverandering met een lokale uitstraling. De toestandsverandering kun je grofweg uitdrukken in hectares. In ruimtelijke termen spreek je dan over het schaalniveau van bijvoorbeeld een bedrijventerrein of een wijk
- Een toestandsverandering met een regionale uitstraling. De toestandsverandering kun je grofweg uitdrukken in km<sup>2</sup>. In ruimtelijke termen spreek je dan over een stedelijk gebied

Onder het begrip regeneratievermogen verstaan wij het vermogen van de bodem om te herstellen na een menselijke ingreep in de bodem. Hierbij maken wij een onderscheid tussen:

- De toestand van de bodem herstelt van nature in korte tijd (groot regeneratievermogen)
- De toestand van de bodem herstelt van nature pas na een lange tijd. Dit kan wel versneld worden door actief menselijk ingrijpen, bijvoorbeeld door sanering (van nature klein regeneratievermogen, maar groot bij actief ingrijpen)
- De toestand van de bodem herstelt niet meer van nature en is ook niet meer te herstellen door menselijk ingrijpen (irreversibel)

In onderstaande tabel hebben wij deze indicatoren tegen elkaar afgezet. Op deze wijze ontstaat een goed beeld van de mate van effect van een ingreep. De mate van effect is namelijk het resultaat van het schaalniveau van de toestandsverandering in combinatie met het regeneratievermogen van deze toestand (kan de toestand van de bodem zich op korte termijn weer herstellen?). De mate van effect drukken wij uit in:

- Verwaarloosbaar effect (0).
- Beperkt effect (+)
- Matig effect (++)
- Groot effect (+++)
- Zeer groot effect (++++)

Schaalniveau toestands- verandering	Regeneratievermogen		
	Groot	Klein of groot bij actief ingrijpen	Irreversibel
Ter plaatse van de ingreep	0	+	++
Lokale uitstraling	+	++	+++
Regionale uitstraling	++	+++	++++

**Figuur 3.2 Effectentabel**

### 3.2.3 De consequenties van effecten voor bodemfuncties

Tabel 3 in de bijlage presenteert de consequenties van de effecten van ondergrondse activiteiten op de bodemfuncties. Tabel 3 is opgesplitst in een deel waarin bij de uitwerking is gefocust op het stedelijk gebied (tabel 3a) en een deel met de focus op het landelijk gebied (tabel 3b). Wij hanteren bij de uitwerking de zes bodemfuncties genoemd in paragraaf 2.2.

Wij spreken van een ‘consequentie’ wanneer een effect van een ondergrondse activiteit of een combinatie van activiteiten negatieve gevolgen dan wel positieve gevolgen heeft voor het functioneren van een bodemfunctie.

Of een effect van een ondergrondse activiteit consequenties heeft voor de bodemfuncties hangt met name af van de randvoorwaarden die een bodemfunctie stelt aan de toestand van de bodem (bijvoorbeeld bepaalde grondwaterstand of een bepaalde chemische kwaliteit). Ook binnen een bepaalde functie kunnen deze randvoorwaarden verschillen. Bijvoorbeeld binnen de functie ‘voedselproductie’ heb je verschillende soorten landbouw met verschillende typen gewassen. Niet elke gewas stelt daarbij dezelfde eisen aan de bodem. Het ene gewas kan bijvoorbeeld beter tegen een verandering van de grondwaterstand dan de andere.

Deze consequenties geven wij aan door middel van vier typeringen die zijn aangegeven in tabel 3.1. Bij de toekenning van deze typeringen in tabel 3 is uitgegaan van een worst- dan wel bestcase scenario.

**Tabel 3.1 Typering van de consequenties voor de bodemfuncties**

<b>Gevoeligheid</b>	<b>Beschrijving</b>	<b>Kleuren</b>
Versterkend effect	Bodemfunctie is niet gevoelig. Het effect werkt juist versterkend	Blauw
Neutraal	Het effect op zich heeft geen gevolgen voor de bodemfunctie (er is geen relatie tussen effect en bodemfunctie)	Wit
Robuust	Bodemfunctie is bestendig voor die mate van effect (heeft voldoende weerstand en veerkracht)	Geel
Kwetsbaar	Bodemfunctie is zeer gevoelig van die mate van effect (onvoldoende weerstand en veerkracht)	Oranje

### **3.3 Gebruik van de tabellen**

In hoofdstuk 2 hebben wij aangegeven dat overheden de redeneerlijn kunnen gebruiken voor twee relevante situaties. Dit heeft consequenties voor de wijze waarop de tabellen van de redeneerlijn toegepast kunnen worden. In deze paragraaf gaan wij kort in de twee vormen waarop overheden deze tabellen kunnen gebruiken.

#### **3.3.1 Een concrete activiteit**

De eerste situatie is een concrete activiteit in de ondergrond waar een overheid een uitspraak over moeten doen. Veelal gaat het hierbij om de aanvraag voor een vergunning. Veelvoorkomende gevallen zijn de aanvraag van een vergunning bij een provincie voor de aanleg van een warmte en koudeopslagsysteem en de aanvraag van een bouwvergunning. Bij deze aanvlegroute kan een overheid stap voor de stap de effectketen doorlopen. Welke ingrepen zijn voor een activiteit nodig? Wat zijn de effecten van deze ingrepen op de bodem en wat zijn de consequenties van deze effecten op de bodemfuncties?

#### **Toepassing redeneerlijn**

Wanneer een overheid een uitspraak moet doen over een concrete activiteit in de ondergrond en de kennis hierover wilt ontsluiten kan de effectketen stap voor stap doorlopen worden. Welke ingrepen zijn voor een activiteit nodig. Wat zijn de effecten van deze ingrepen op de bodem en wat zijn de consequenties van deze effecten op de bodemfuncties?

#### **Voorbeeld**

Wanneer een overheid bijvoorbeeld een vergunning voor een WKO-systeem (opslag) moet beoordelen, dan is het startpunt tabel 1 van de redeneerlijn. Deze tabel presenteert de ingrepen die bij een activiteit WKO horen. Dit zijn bijvoorbeeld het boren van een bron en het oppompen en infiltreren van water. Elk van de ingrepen zijn gecodeerd op basis van de laag in de ondergrond waar de ingreep plaatsvindt en met een volgnummer. In tabel 2 kan aan de hand van de codering worden nagegaan van welke effecten sprake is. Zo laat tabel 2 in het voorbeeld vervolgens zien wat de effecten zijn van het boren van een bron op de bodem. Het betreft hier onder andere een verandering van de hydrologische toestand. Wanneer je hierbij de tabel van links naar rechts lees, dan kom je bij deze hydrologische toestandsverandering uit bij een verwaarloosbaar effect bij zorgvuldig boren en een beperkt effect bij onzorgvuldig boren. Op basis van deze effecten kunnen de consequenties op de bodemfuncties bepaald worden. Tabel 3 (3a voor een ingreep in het stedelijke gebied en 3b voor een ingreep in het landelijk gebied) laat zien dat de verwaarloosbare effecten geen consequenties hebben voor de bodemfuncties. Dat geldt wel voor de beperkte effecten op de hydrologie. In de worst case situatie zijn sommige bodemfuncties kwetsbaar en andere robuust voor deze mate van effect. Dit is in de tabel zichtbaar door de oranje respectievelijk de gele kleur. Ook liggen er in een bestcase situatie kansen voor versterking van bodemfuncties (blauwe kleur in de tabel).

De mate waarin deze bedreigingen en kansen zich in werkelijkheid voordoen, zal op basis van lokale informatie moeten worden aangescherpt.

### **3.3.2 Vaststellen van bodemambities**

De tweede situatie waarvoor overheden de redeneerlijn kunnen gebruiken, betreft het vaststellen van bodemambities, bijvoorbeeld in een bodemvisie. In het kader van een dergelijke visie kan een overheid een aantal missies en concrete doelen voor het gebruiken en beheren van het bodemsysteem (bodem en grondwater) formuleren.

#### **Toepassing redeneerlijn**

Het startpunt bij deze situatie zijn de bodemfuncties die een overheid wil beschermen. Hiervoor is inzicht in de consequenties van ondergrondse activiteiten op de bodemfuncties noodzakelijk. Als je bepaalde bodemfuncties wilt beschermen is de volgende vraag relevant: welke activiteiten zijn op basis van de te beschermen bodemfuncties in een bepaald gebied niet gewenst.

Dit betekent dat ten eerste bepaald moet worden welke activiteiten leiden tot consequenties voor bodemfuncties. Op basis van deze informatie kan vervolgens de effectketen wederom stap voor stap doorlopen worden.

#### **Voorbeeld**

Wanneer een overheid bijvoorbeeld een strategische drinkvoorraad wil beschermen (functie: bron voor grondstoffen) wilt beschermen, dan is de eerste stap het bepalen van de ondergrondse activiteiten die consequenties heeft voor deze bodemfunctie. Dit kan door vanaf tabel 3 terug te werken naar ingrepen en activiteiten. Het is echter gemakkelijker om aan hand van de tabellen in hoofdstuk 4 eerst te bepalen welke effecten maatgevend zijn en welke activiteiten daar in hoofdzaak aan bijdragen. Paragraaf 4.2.5 laat bijvoorbeeld zien dat de activiteit WKO, via een hydrologische toestandsverandering, consequenties heeft voor de prestatie van de drinkwaterwinning. Met deze informatie kunnen de tabellen van de redeneerlijn, beginnend bij tabel 1, stap voor stap gedetailleerde kennis leveren over de consequenties op de strategische drinkvoorraad.



## 4 Effecten en consequenties samengevat

In het vorige hoofdstuk kwam naar voren dat de redeneerlijn voor twee relevante situaties gebruikt kan worden, namelijk:

- Een concrete activiteit in de ondergrond waar een overheid een uitspraak over moet doen (bijvoorbeeld een vergunningaanvraag)
- Vaststellen van ambities voor de bodem in het kader van bijvoorbeeld een bodemvisie

Zoals aangegeven in dit hoofdstuk betekenen deze situaties twee aanvierroutes voor de redeneerlijn, gebaseerd op gelijkwaardige kennis, maar waarvoor verschillende stappen in de redeneerlijn doorlopen moeten worden.

In dit hoofdstuk presenteren wij de belangrijkste kennis voor deze twee aanvierroutes. Het betreft een globaal overzicht. Voor een gedetailleerd overzicht verwijzen wij naar hoofdstuk 3 waar wij de kennis stap voor stap ontsluiten.

### 4.1 De effecten van ondergrondse activiteiten

In deze paragraaf beschrijven wij per ondergrondse activiteit de mogelijke effecten op de bodem die kunnen optreden. Ook geven wij daarbij de belangrijkste kansen (baten voor de samenleving) en risico's (ongewenste gebeurtenissen) aan.

#### 4.1.1 Bodemenergie

Bij bodemenergie maken wij een onderscheid tussen systemen die gebruik maken van de grondwaterlaag en systemen die gebruik maken van watervoerende pakketten in de diepe ondergrond

### Bodemenergie grondwaterlaag

Bodemenergie (open en gesloten systemen)	Kans	Mogelijke effecten	Risico's
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bijdrage aan reductie broeikasgassen</li> <li>Leveren energie (warmte en koude)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Matige verstoring bodemopbouw</b>(kans op maaiveldstijging, -daling door bevrozing bij gesloten systemen, doorboren scheidende lagen)</li> <li><b>Matig effect op chemische kwaliteit</b> (kans op verspreiding verontreiniging)</li> <li><b>Matig effect op hydrologie bij open systemen</b> ( verandering grondwaterstand, -richting en – snelheid)</li> <li><b>Beperkt tot matig effect op biotische kwaliteit</b> (aantasting bodemleven)</li> <li><b>Beperkt tot matig effect op fysische kwaliteit</b> (opwarmen bodem)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lekkage (bij gesloten systemen)</li> <li>Kortsluitstroming (doorboren scheidende lagen bij onzorgvuldig boren)</li> <li>Interferenties bodemenergiesystemen, waardoor mate van effect toeneemt.</li> </ul>

### Geothermie

Geothermie	Kansen	Mogelijke effecten	Risico's
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bijdrage aan reductie broeikasgassen</li> <li>Leveren energie (warmte)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Matig effect op hydrologie</b> (kans op menging)</li> <li><b>Matig effect op bodemopbouw</b> (doorboren scheidende lagen)</li> <li><b>Beperkt tot matig effect op chemische kwaliteit</b> (verspreiding van eventueel aanwezige verontreiniging)</li> <li><b>Beperkt effect op fysische kwaliteit</b> (drukdalingen, temperatuurverandering watervoerend pakket diepe ondergrond)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kans op verontreiniging door boorvloeistoffen</li> <li>Kortsluitstroming (doorboren scheidende lagen bij onzorgvuldig boren)</li> </ul>



#### 4.1.2 Ondergrondse infrastructuur

Ondergrondse infrastructuur	Kansen	Mogelijke effecten	Risico's
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bovengronds ruimtegebrek en / of vergroten ruimtelijke kwaliteit bovengrond</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Matig effect op de hydrologie</b> (verandering grondwaterstand, -richting en –snelheid door bemaling)</li> <li><b>Matige verstoring bodemopbouw</b> (vergraven bovengrond)</li> <li><b>Matig effect op beschikbare hoeveelheid ondergrondse ruimte</b> (bij meervoudig ruimtegebruik)</li> <li><b>Beperkt tot matig effect op chemische kwaliteit</b> (kans verspreiding door bemaling)</li> <li><b>Beperkt effect op biotische kwaliteit</b> (aantasting bodemleven)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lekkage damwanden met als gevolg verzakkingen</li> <li>Conflicten ondergronds ruimtegebruik</li> </ul>

#### 4.1.3 Ondergronds bouwen

Ondergronds bouwen	Kansen	Mogelijke effecten	Risico's
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bovengronds ruimtegebrek en / of vergroten ruimtelijke kwaliteit bovengrond</li> <li>Aanpakken eventueel aanwezige verontreiniging door vrachtverwijdering</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Matig effect op de hydrologie</b> (verandering grondwaterstand, -richting en –snelheid door bemaling)</li> <li><b>Matige verstoring bodemopbouw</b> (vergraven bovengrond)</li> <li><b>Matig effect op beschikbare hoeveelheid ondergrondse ruimte</b> (bij meervoudig ruimtegebruik)</li> <li><b>Beperkt tot matig effect op chemische kwaliteit</b> (kans verspreiding door bemaling)</li> <li><b>Beperkt effect op biotische kwaliteit</b> (aantasting bodemleven)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lekkage damwanden met als gevolg verzakkingen</li> <li>Conflicten ondergronds ruimtegebruik</li> </ul>

## 4.1.4 Winning oppervlakedelfstoffen (ondiepe ondergrond)

Winning oppervlakedelfstoffen	Kansen	Mogelijke effecten	Risico's
	Grondstoffen voor de maatschappij (economische kansen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Matige tot grote verstoring bodemopbouw</b> (verwijderen top laag en vergraven bodem)</li> <li>• <b>Beperkt effect op hydrologie</b> (grondwaterstand, -richting en – snelheid door bemaling)</li> <li>• <b>Beperkt effect op biotische kwaliteit</b> (aantasting bodemleven)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uitputting</li> <li>• Onherstelbare schade landschap</li> </ul>

## 4.1.5 Winning delfstoffen (diepe ondergrond)

Winning delfstoffen	Kansen	Mogelijke effecten	Risico's
	Grondstoffen voor de maatschappij (economische kansen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Grote verstoring bodemopbouw</b> (bij gas- en zoutwinning kans op bodemdaling)</li> <li>• <b>Matig tot groot effect op hydrologie als indirect effect bij zoutwinning</b> (kans op toename zoute kwel)</li> <li>• <b>Beperkt tot matig effect op chemische kwaliteit</b> (Kans op verontreiniging boorvloei stoffen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uitputting</li> <li>• Verzilting</li> <li>• Verrommeling boven maaiveld</li> </ul>

## 4.1.6 Opslag in de bodem (diepe ondergrond)

Opslag in de bodem (afval en CO <sub>2</sub> )	Kansen	Mogelijke effecten	Risico's
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>-opslag als mitigerende maatregel</li> <li>• Veiligheid (opslag afval)</li> <li>• Voorkomen verontreiniging milieu (opslag afval)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Beperkt tot groot effect op chemische kwaliteit</b> (Mogelijk chemische reacties CO<sub>2</sub> met aanwezige, oorspronkelijke gas in het reservoir / lekkage uit opslag.)</li> <li>• <b>Matig effect op bodemopbouw</b> (mogelijk opheffing bodem door CO<sub>2</sub>-injectie)</li> <li>• <b>Beperkt tot matig effect op hydrologie door CO<sub>2</sub>-injectie</b></li> <li>• <b>Beperkt effect op fysische kwaliteit</b> (mogelijk aardbevingen door CO<sub>2</sub> injectie)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lekkage CO<sub>2</sub></li> <li>• Lekkage afvalstoffen uit opslag</li> <li>• Verrommeling boven maaiveld</li> <li>• Maatschappelijk ke perceptie</li> </ul>

#### 4.1.7 Drinkwaterwinning (grondwaterlaag)

Drinkwaterwinning	Kansen	Mogelijke effecten	Risico's
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Drinkwatervoorziening</li> <li>• Strategische drinkvoorraad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Groot effect op de hydrologie</b> (verandering grondwaterstand, -richting en –snelheid door onttrekking)</li> <li>• <b>Groot effect op de chemische kwaliteit</b> (door beïnvloeding van aanwezige grondwaterverontreinigingen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verdroging</li> </ul>

## 4.2 Bodemfuncties

Deze paragraaf geeft een overzicht van de belangrijkste effecten van ondergrondse activiteiten per bodemfunctie. Hierbij gaan wij naast een korte effectbeschrijving ook in op de activiteiten die op basis van deze effecten in relatie tot te beschermen bodemfunctie(s) aandacht verdienen en geven daarbij de belangrijkste risico's (ongewenste gebeurtenissen) en kansen.

Wij gaan hierbij uit van de worstcase. Dit betekent dat lokaal de consequenties en effecten kunnen verschillen. Lokaal onderzoek is daarom van belang.

Niet alle bodemfuncties zijn daarbij relevant voor de lokale situatie. Zo zijn in stedelijke gebieden de functies 'voedselproductie' en nutriëntenvoorziening' minder van belang.

### 4.2.1 Voedselproductie

De functie voedselproductie is afhankelijk van bodemprocessen en de hydrologische toestand in de bovengrond. Om die reden hebben alleen die ondergrondse activiteiten, die effect hebben op de bovengrond, consequenties voor deze bodemfunctie.

Voedsel- productie	Risico's /kansen	Maatgevende effecten	Activiteiten
	<p><i>Risico's:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schade landbouwtype dat gevoelig is voor verdroging</li> <li>• Vermindering bodemvruchtbaarheid, natuurlijke plaagregulatie en zelfreinigend vermogen</li> <li>• Verontreiniging kan mogelijk leiden tot vermindering kwaliteit landbouwproducten</li> <li>• Verandering draagkracht en daarmee inzet machines</li> <li>• Verdroging en vernatting</li> </ul> <p><i>Kans</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimalisatie peilbeheer en de kwaliteit voor water landbouwproductie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; matig effect op hydrologie (grondwaterstand)</li> <li>• &gt; matig effect op biotische kwaliteit</li> <li>• &gt; matig effect op chemische kwaliteit</li> <li>• &gt; matig effect op fysische kwaliteit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodemenergie (grondwatersystemen boven eventuele scheidende laag)</li> <li>• Ondergrondse infrastructuur</li> <li>• Winning oppervlakedelfstoffen</li> <li>• Drinkwaterwinning in eerste in het watervoerende pakket</li> <li>• Ondergronds bouwen</li> </ul>

#### 4.2.2 Nutriëntenvoorziening

Ook de functie nutriëntenvoorziening is afhankelijk van bodemprocessen en de hydrologische toestand in de bovengrond. Om die reden hebben alleen die ondergrondse activiteiten, die effect hebben op de bovengrond, consequenties voor deze bodemfunctie.

Nutriënten- voorziening	Risico's / kansen	Maatgevende effecten	Activiteiten
	<p><i>Risico's</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eutrofiering door mineralisatie van organisch stof /veen</li> <li>• Mogelijk verstoring op kringlopen nutriënten</li> <li>• Verontreiniging kan leiden tot vastleggen zware metalen aan organisch stof</li> </ul> <p><i>Kansen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Versterken van relatief schone kwelstromen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; matig effect op hydrologie (grondwaterstand)</li> <li>• &gt; matig effect op biotische kwaliteit (functie is robuust)</li> <li>• &gt; matig effect op chemische kwaliteit (functie is robuust)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodemenergie (grondwatersystemen)</li> <li>• Ondergrondse infrastructuur</li> <li>• Winning oppervlakedelfstoffen</li> <li>• Drinkwaterwinning</li> <li>• Ondergronds bouwen</li> </ul>

#### 4.2.3 Basis voor biodiversiteit

De functie basis voor biodiversiteit net als voorgaande functies afhankelijk van bodemprocessen en de hydrologische toestand in de bovengrond. Om die reden hebben alleen die ondergrondse activiteiten, die effect hebben op de bovengrond, consequenties voor deze bodemfunctie.

Basis voor biodiversiteit	Risico's / kansen	Maatgevende effecten	Activiteiten
	<i>Risico's</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vermindering biodiversiteit grondwaterafhankelijke ecosystemen</li> <li>Vermindering biodiversiteit door afname chemische en biotische kwaliteit bodem</li> </ul> <i>Kansen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Versterken van relatief schone kwelstromen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; matig effect op hydrologie</li> <li>&gt; matig effect op biotische kwaliteit</li> <li>&gt; matig effect op chemische kwaliteit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bodemenergie (grondwatersystemen)</li> <li>Ondergrondse infrastructuur</li> <li>Winning oppervlaktedelfstoffen</li> <li>Drinkwaterwinning</li> </ul>

#### 4.2.4 Fysische omgeving

Fysische omgeving	Risico's /kansen	Maatgevende effecten	Activiteiten
	<i>Risico's</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Voorkomen zettingen, verandering draagkracht in veen- en kleigebieden</li> <li>Conflicten ondergronds ruimtegebruik</li> <li>Aardschokken en trillingen</li> </ul> <i>Kansen</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lokale besparing bovengrondse ruimte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; matig effect op hydrologie</li> <li>&gt; matig effect op fysische kwaliteit</li> <li>&gt; matige verstorend bodemopbouw</li> <li>&gt; matig effect op beschikbare hoeveelheid ondergrondse ruimte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bodemenergie (grondwatersystemen)</li> <li>Ondergrondse infrastructuur</li> <li>Winning oppervlaktedelfstoffen</li> <li>Winning delfstoffen</li> <li>Opslag in bodem</li> <li>Drinkwaterwinning</li> </ul>

#### 4.2.5 Bron van grondstoffen

Bron van grondstoffen	Risico's	Maatgevende effecten	Activiteiten
	<p><i>Risico's</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vermindering energiepotentie (grondwaterlaag en diepe ondergrond)</li> <li>• Vermindering prestatie drinkwaterwinning</li> </ul> <p><i>Kansen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Winning grondstoffen met ruimtelijke projecten en ondergronds ruimtegebruik</li> <li>• Synergie met aanpak en /of beheersing grondwaterverontreiniging (Bijv KWO)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; matig effect op hydrologie</li> <li>• &gt; matig effect op chemische kwaliteit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interferenties grondwatersystemen (bodemenergie)</li> <li>• Geothermie</li> <li>• Ondergrondse infrastructuur</li> <li>• Winning delfstoffen</li> <li>• Opslag in bodem</li> <li>• Interferentie drinkwaterwinningssystemen</li> <li>• Ondergronds bouwen</li> </ul>

#### 4.2.6 Reactie voor koolstof

De functie 'reactie voor koolstof' is afhankelijk van bodemprocessen en de hydrologische toestand in de bovengrond. Om die reden hebben alleen die ondergrondse activiteiten die effect hebben op de bovengrond consequenties voor deze bodemfunctie.

Reactie voor koolstof	Risico's / kansen	Maatgevende effecten	Activiteiten
	<p><i>Risico's</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vrijkomen CO<sub>2</sub> door oxidatie organisch stof.</li> </ul> <p>Kans</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• CO<sub>2</sub>-vastlegging in de bodem stimuleren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &gt; matig effect op hydrologie met betrekking tot grondwaterstandsverlaging in gebieden met veen of moerige gronden</li> <li>• &gt; matig effect op biotische kwaliteit</li> <li>• &gt; matig effect op chemische kwaliteit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bodemenergie (grondwatersystemen)</li> <li>• Ondergrondse infrastructuur</li> <li>• Winning oppervlakedelfstoffen</li> <li>• Drinkwaterwinning</li> </ul>

#### 4.2.7 Museum

De functie museum in de vorm van archeologische, aardkundige, geomorfologische waarden en geologische waarden, bevindt zich voornamelijk in de bovengrond. Om die reden hebben alleen die ondergrondse activiteiten die effect hebben op de bovengrond consequenties voor deze bodemfunctie.

Museum	Risico's	Maatgevende effecten	activiteiten
	<p><i>Risico's</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schade aan archeologische, aardkundige en geologische waarden</li> </ul> <p><i>Kansen</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mogelijke synergie tussen ondergronds bouwen en archeologische waarden</li> <li>Betrekken aardkundige waarden bij ondergronds ontwerp</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; matig effect op hydrologische kwaliteit</li> <li>&gt; matig effect op bodemopbouw</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bodemenergie (grondwatersystemen)</li> <li>Ondergrondse infrastructuur</li> <li>Ondergronds bouwen</li> <li>Winning oppervlaktedelfstoffen</li> <li>Drinkwaterwinning</li> </ul>

### 4.3 Conclusie

In dit hoofdstuk zijn de belangrijkste effecten van ondergrondse activiteiten op een rij gezet. Ook is aandacht besteed aan de belangrijkste effecten van ondergrondse activiteiten per bodemfunctie.

Deze twee verschillende invalshoeken komen overeen met de twee situaties waarvoor de redeneerlijn gebruikt kan worden, namelijk een concrete activiteit in de ondergrond en het vaststellen van bodemambities.

Naast het ontsluiten van de bestaande kennis ten aanzien van de consequenties van ondergrondse activiteiten op bodemfuncties is een tweede doel van de redeneerlijn het benoemen van de kennisleemten. In de komende paragraaf gaan wij in op de belangrijkste kennisleemten

#### 4.3.1 Kennisleemten

Wij zien met name kennisleemten op vier punten:

- Kennis ten aanzien van de diepe ondergrond. Momenteel is er voornamelijk algemene kennis over de diepe ondergrond
- Kennis over het schaalniveau waarop de interferentie van (bodemenergie) systemen en de accumulatie van effecten in de ondergrond optreedt
- Kennis over biotische toestandsverandering in de bodem en de gevolgen voor bodemfuncties aan maaiveld
- Doorvertaling naar lokale situaties op basis van locatiespecifieke bodemeigenschappen





## 5 Geraadpleegde bronnen

- Bouwer, K. en Leroy, P. (1995), Milieu en ruimte; analyse en beleid, Amsterdam
- Gemeente Amsterdam (2008), De ondergrond van Amsterdam (concept), Amsterdam
- IF Technology (2004), Temperatureffecten op grondwaterkwaliteit; samenvatting bestaande kennis, Arnhem
- Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (2008), Programma ondergrond (concept), Den Haag
- Nederlandse Aardolie Maatschappij (2007), Startnotitie MER Ondergrondse opslag van CO<sub>2</sub> in Barendrecht, Assen
- Nederlandse Aardolie Maatschappij (2006), Aardgaswinning Waddenzeegebied vanaf locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen, Assen
- Rapporten project 'Bodem als Energiebron en Buffer' (BEB)
  - Eindrapport van het project BEB - Definitiestudie Milieueffecten en -afweging energieopslag en warmtepompsystemen
  - Milieu-effecten en -afweging, fase 1, tekst, bepaling van de milieueffecten van grondwatersystemen en bodemwarmtewisselaars
  - Milieu-effecten en -afweging, fase 1, bijlagen, bepaling van de milieueffecten van grondwatersystemen en bodemwarmtewisselaars
  - Milieu-effecten en -afweging, fase 2, tekst, bepaling van preventieve maatregelen voor de milieueffecten als gevolg van de toepassing van grondwatersystemen en bodemwarmtewisselaars
  - Milieu-effecten en -afweging, fase 2, bijlagen, bepaling van preventieve maatregelen voor de milieueffecten als gevolg van de toepassing van grondwatersystemen en bodemwarmtewisselaars
  - Milieu-effecten en -afweging, fase 3, afweging van preventieve maatregelen voor de milieueffecten als gevolg van de toepassing van grondwatersystemen en bodemwarmtewisselaars
  - Juridisch Kader Bodemenergiebeleid (JuKa), deelproject van het project Bodem als energiebron en Buffer (BEB)
  - Economische aspecten en afweging van de toepassing van grondwatersystemen en bodemwarmtewisselaars.
- Royal Haskoning (2007), Algemene Milieu Effectenstudie CO<sub>2</sub>-opslag, Groningen
- Royal Haskoning (2008), studie gebruik ondergrond (concept), 's Hertogenbosch
- Stuyt, L.C.P.M, J. van den Akker, D.W. Bruil & P.J.T. van Bakel (2006), Transparantie effecten Zoutwinning Fryslân, Alterra, Wageningen
- Tauw (2008), MER Koude-Warmte Opslag Stationsgebied Utrecht (concept), Tauw Utrecht

- Technische commissie bodembescherming (2008), Preadvies Duurzaam gebruik van de ondergrond, Den Haag
- Tijdschrift bodem (jaargang 18, nummer 4, augustus 2008; themanummer bodem en bodembiodiversiteit)

# Bijlage

## 1

Tabellen redeneerlijn



Activiteiten	Ingrepen	
	Realisatie	Exploitatie (incl. onderhoud)
<b>1. Bodemenergie</b>		
WKO (opslag) grondwaterlaag	Een (monobron) of meer bronnen boren tot in de grondwaterlaag (meest gebruikte boormethode: zuigboren). <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 1</i>	Oppompen en infiltreren koud water (zomer) / Oppompen en infiltreren warm water (winter) inclusief onderhoud <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 3</i>
	Inbrengen van vaste stoffen: PVC (verticale stijgbuis), PE (horizontale leidingen), aanvulklei, -grind en filtergrind. <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 2</i>	
WKO (recirculatie) grondwaterlaag	Een (monobron) of meer bronnen boren tot in de grondwaterlaag (zuigboren) <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 1</i>	Recirculeren grondwater (in een stromingsrichting van onttrekkingsbron naar infiltratiebron) inclusief onderhoud <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 3</i>
	Inbrengen van vaste stoffen: PVC (verticale stijgbuis), PE (horizontale leidingen), aanvulklei, -grind en filtergrind <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 2</i>	
Bodemwarmte-wisselaars grondwaterlaag	Boren in ondiepe ondergrond (meest gebruikte boormethode: zuigboren) <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 1</i>	Circuleren water (incl. antivriesmiddel) in gesloten systeem <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 4</i>
	Inbrengen van vaste stoffen: PE (verticale lussen en horizontale leidingen) <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 2</i>	
Geothermie (diepe ondergrond)	Boren in diepe ondergrond door middel van spuitboren <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 1</i>	Oppompen warm water en herinfiltreren grondwater <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 4</i>
	Aanbrengen leidingen <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 2</i>	
<b>2. Ondergrondse infrastructuur (ondiepe ondergrond)</b>		
Tunnels (autotunnels, treintunnels, metro, etc.)	Tunnelboren inclusief toevoegen bouw materiaal in de ondiepe ondergrond (damwanden, beton, etc.) <i>Tabel 2 ondiepe ondergrond ingreep 2</i>	
	Graven sleuf (open bouwputtunnel) inclusief toevoegen bouw materiaal in de ondiepe ondergrond (damwanden, beton, etc.) <i>Tabel 2 ondiepe ondergrond ingreep 4</i>	
	Bemaling ondiepe ondergrond (tijdelijk) <i>Tabel 2 ondiepe ondergrond ingreep 3</i>	
Kabels en leidingen	Sleuflozen boortechniek inclusief aanbrengen kabels en leidingen -Horizontaal gestuurd boren -Luchtdruk techniek -Open fronttechniek <i>Tabel 2 ondiepe ondergrond ingreep 1</i>	
<b>3. Ondergronds bouwen (ondiepe ondergrond)</b>		
Wonen (kelders, etc.), werken (kantoren, winkels) en parkeergarages	Graven (bouwput) inclusief toevoegen bouw materiaal in de ondiepe ondergrond (damwanden, beton, etc.) <i>Tabel 2 ondiepe ondergrond ingreep 4</i>	
	Bemaling ondiepe ondergrond (tijdelijk) <i>Tabel 2 ondiepe ondergrond ingreep 3</i>	
	Heien (in drassige gebieden) <i>Tabel 2 ondiepe ondergrond ingreep 5</i>	
<b>4. Winning oppervlaktedelfstoffen (ondiepe ondergrond)</b>		
Zand, klei, grind (open mijnbouw)	Verwijderen toplaag <i>Tabel 2 ondiepe ondergrond ingreep 6</i>	Verwijderen zand, klei en grind <i>Tabel 2 ondiepe ondergrond ingreep 7</i>
		Bemaling ondiepe ondergrond <i>Tabel 2 ondiepe ondergrond ingreep 3</i>

Activiteiten	Ingrepen	
	Realisatie	Exploitatie (incl. onderhoud)
<b>4. Winning delfstoffen (diepe ondergrond)</b>		
Aardgas	Boren in diepe ondergrond door middel van spuitboren <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 1</i>	Onttrekken aardgas <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 5</i>
	Aanbrengen put / buis <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 2</i>	
Zout	bodemlagen ondiepe ondergrond en grondwaterlaag (spuitboren) <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 1</i>	
		Water toevoegen en pekkel oppompen <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 8</i>
<b>5. Opslag in de bodem (diepe ondergrond)</b>		
CO2-opslag		CO2-injectie <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 6</i>
	Gebruik maken van permanent verlaten putten (putreparatie / workover) <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 3</i>	Brine (zout water) in de put pompen om voldoende aardgasreservoir te zetten, put afsluiten en daaropvolgend brine eruit pompen (schoonproduceren) <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 8</i>
Afval	Gebruik maken van permanent verlaten putten (putreparatie / workover) <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 3</i>	Injectie vloeibaar afval <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 7</i>
<b>6. Winning van grondwater (grondwaterlaag)</b>		
Winning van grondwater (drinkwater, landbouw en industrie)	Boren put in diepe ondergrond (meest gebruikte boortechniek: spuitboren) <i>Tabel 2 diepe ondergrond ingreep 2</i>	Grondwaterwinning <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 5</i>
	Aanbrengen put / buis <i>Tabel 2 grondwaterlaag ingreep 2</i>	

Tabel 2: Ondiepe ondergrond

Ingerepen		Effecten			
Realisatie	Exploitatie (incl. onderhoud)	Type effect	Schaal (schaalniveau + volume ingreep)	Regeneratie en aanpassingsvermogen bodem	Mate van effect
<b>Ondiepe ondergrond</b>					
<b>Ingreep 1</b> Sleufloze boortechniek - horizontale gestuurd boren (aardgasleidingen, waterleidingen, telecommunicatiekabels, etc.) - luchtdruk techniek (kleine leidingen en kabels) - open front techniek (boven grondwaterlaag) + Aanbrengen kleine infrastructuur (kabels en leidingen)		<b>Hydrologische toestandsverandering</b> Verandering grondwaterstroming - de sleufloze boortechniek heeft zeer beperkte effecten op de grondwaterstroming. voor horizontaal gestuurd boren vindt de beïnvloeding over langere afstanden plaats maar blijft beperkt - Klein volume ingreep t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem (het gaat om een boring van een diameter tussen 50 en 150mm)	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - de sleufloze boortechniek heeft zeer beperkte effecten op de grondwaterstroming. voor horizontaal gestuurd boren vindt de beïnvloeding over langere afstanden plaats maar blijft beperkt - Klein volume ingreep t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem (het gaat om een boring van een diameter tussen 50 en 150mm)	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (bij verwijdering van de infrastructuur herstelt het systeem zich. En het betreft een kleine ingreep waaraan het grondwatersysteem zich makkelijk aanpast.)	<b>Verwaarloosbaar effect</b> (Het betreft namelijk een kleine ingreep (kleine diameter boring) en het hydrologische systeem heeft een hoog regeneratie en aanpassingsvermogen.)
		Verandering grondwaterstand - lokale effecten op grondwaterstand - Klein volume ingreep t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - lokale effecten op grondwaterstand - Klein volume ingreep t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b>	
		<b>Verandering beschikbare hoeveelheid ondergrondse ruimte</b> Afname beschikbare hoeveelheid ruimte	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - lokale effecten op de ondergrondse ruimte - Matig volume ingreep t.o.v. omringend bodemvolume	<b>Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen</b> (het bouwwerk blijft in meeste gevallen permanent in de bodem. En de ondergrondse ruimte kan maar een keer gebruikt worden)	<b>Beperkt effect</b> (met name als gevolg van het lage regeneratie- en aanpassingsvermogen)
		<b>Biotische toestandsverandering</b> Aantasting leefomgeving bodemleven	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - lokale effecten op grondwaterstand - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (bodemleven kan zich herstellen en aanpassen)	<b>Verwaarloosbaar effect</b> (Het betreft namelijk een lokale en /of kleine ingreep (kleine diameter boring). Bovendien wordt bij deze techniek maar een klein deel vergraven)
		<b>Verstoring bodemopbouw</b> Vergraven bovengrond	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - lokale effecten op bodemopbouw bovengrond - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Irreversibel</b> (verstoring bodemopbouw is te herstellen)	<b>Matig effect</b> (Het betreft namelijk een lokale en /of kleine ingreep maar met een irreversibele toestandsverandering)
<b>Ingreep 2</b> Tunnelboren + Aanbrengen grote infrastructuur (tunnels, etc.)		<b>Hydrologische toestandsverandering</b> Verandering grondwaterstroming en grondwaterstand door plaatsing bouwwerk in hydrologisch systeem	<b>Ter plaatse van ingreep (in slecht doorlatend pakket)</b> in slecht doorlatende pakketten blijft de uitstraling eer beperkt <b>Lokale uitstraling (in goed doorlatend pakket)</b> - tunnelboren heeft afhankelijk van de lengte van een tunnel lokale tot bovenlokale effecten op de grondwaterstroming en -stand - Matig volume ingreep t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem	<b>Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen</b> (de infrastructuur blijft in meeste gevallen permanent in de bodem. Het aanpassingsvermogen hangt af van de grootte van het bouwwerk.)	<b>Beperkt effect</b> in slecht doorlatende pakketten <b>Matig effect</b> (Matige schaal in combinatie met een hoog regeneratievermogen en een matig aanpassingsvermogen)
		<b>Verandering beschikbare hoeveelheid ondergrondse ruimte</b> Afname beschikbare hoeveelheid ruimte	<b>Ter plaatse van ingreep</b> bij enkelvoudig ondergronds ruimtegebruik <b>Lokale uitstraling:</b> bij meervoudig ondergronds ruimtegebruik	<b>Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen</b> (het bouwwerk blijft in meeste gevallen permanent in de bodem. En de ondergrondse ruimte kan maar op een manier gebruikt worden)	<b>Beperkt effect</b> (bij enkelvoudig ondergronds ruimtegebruik) <b>Matig effect</b> (bij meervoudig ondergronds ruimtegebruik)
		<b>Biotische toestandsverandering</b> Aantasting leefomgeving bodemleven	<b>Lokale uitstraling</b> - tunnelboren heeft afhankelijk van de lengte van een tunnel lokale tot bovenlokale effecten het bodemleven - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (de infrastructuur blijft in meeste gevallen permanent in de bodem, het systeem zal zich echter op korte termijn aanpassen en bij verwijdering van het bouwwerk volledig herstellen.)	<b>Beperkt effect</b> (lokale schaal en een hoog regeneratie- en aanpassingsvermogen)
		<b>Verstoring bodemopbouw</b> Vergraven bovengrond	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - lokale effecten op bodemopbouw bovengrond (ter plaatse van de ingreep) - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Irreversibel</b> (verstoring bodemopbouw is te herstellen)	<b>Matig effect</b> (met name als gevolg van het lage regeneratie- en aanpassingsvermogen)

Tabel 2: Ondiepe ondergrond

<i>Ingrep 3</i> Bemaling	<i>Ingrep 3</i> Bemaling
<i>Ingrep 4</i> Sleuf graven (open bouwput / open bouwput) + Aanbrengen infrastructuur	
<i>Ingrep 5</i> Heien	
<i>Ingrep 6</i> Verwijderen toplaag	
	<i>Ingrep 7</i> Verwijderen zand, klei en grind

<i>Hydrologische toestandsverandering</i>	Verandering freatische grondwaterstroming en grondwaterstand	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - bij kleine onttrekkingen en slecht doorlatendheid <b>Lokale uitstraling</b> - bij grote onttrekkingen of bij accumulatie van veranderingen als gevolg van meerdere individuele kleinere onttrekkingen	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (Hydrologie herstelt zich snel na beëindiging bemaling.)	<b>Verwaarloosbaar:</b> bij kleine onttrekkingen en slechte doorlatendheid <b>Beperkt:</b> bij grotere onttrekkingen of bij accumulatie
<i>Chemische toestandsverandering</i>	Indien grondwaterverontreinigingen aanwezig zijn, kan bemaling leiden tot verspreiding van deze verontreinigingen	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - bij kleine onttrekkingen en slechte doorlatendheid <b>Lokale uitstraling</b> - bij grote onttrekkingen of bij accumulatie van veranderingen als gevolg van meerdere individuele kleinere onttrekkingen	<b>Herstel op langer termijn of door actief ingrijpen</b>	<b>Indien grondwaterverontreiniging aanwezig:</b> <b>Beperkt:</b> bij kleine onttrekkingen <b>Matig:</b> bij grotere onttrekkingen of bij accumulatie
<i>Hydrologische toestandsverandering</i>	Verandering grondwaterstroming en grondwaterstand door plaatsing bouwwerk in hydrologisch systeem	<b>Lokale uitstraling</b> -sleuf graven heeft afhankelijk van de oppervlakte van de open bouwput lokale tot bovenlokale effecten op de grondwaterstroming en -stand - Matig volume ingreep t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem	<b>Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen</b> (de infrastructuur blijft in meeste gevallen permanent in de bodem. Het aanpassingsvermogen hangt af van de grootte van het bouwwerk.)	<b>Matig effect</b> (Matige schaal in combinatie met een laag regeneratievermogen en een matig aanpassingsvermogen)
<i>Biotische toestandsverandering</i>	Aantasting leefomgeving bodemleven	<b>Lokale schaal</b> sleuf graven heeft afhankelijk van de oppervlakte van de open bouwput lokale tot bovenlokale effecten het bodemleven - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (de infrastructuur blijft in meeste gevallen permanent in de bodem, het systeem zal zich echter op korte termijn aanpast en bij verwijdering van het bouwwerk volledig herstellen.)	<b>Beperkt effect</b> (lokale schaal en een hoog regeneratie- en aanpassingsvermogen)
<i>Verandering beschikbare hoeveelheid ondergrondse ruimte</i>	Afname beschikbare hoeveelheid ruimte	<b>Ter plaatse van ingreep</b> -lokale effecten op de ondergrondse ruimte -Matig volume ingreep t.o.v. omringend bodemvolume	<b>Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen</b> (het bouwwerk blijft in meeste gevallen permanent in de bodem. En de ondergrondse ruimte kan maar een keer gebruikt worden)	<b>Beperkt effect</b> (met name als gevolg van het lage regeneratie- en aanpassingsvermogen)
<i>Verstoring bodemopbouw</i>	Vergraven bovengrond	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - lokale effecten op bodemopbouw bovengrond - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume (alleen bovengrond)	<b>Irreversibel</b> (verstoring bodemopbouw is niet te herstellen)	<b>Matig effect</b> (met name als gevolg van het lage regeneratie- en aanpassingsvermogen)
<i>Fysische toestandsverandering</i>	Trillingen	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - trillingen lokaal ter plaatse van heien (kan effect hebben op bouwwerken in omgeving - klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn (en tijdelijk)</b>	<b>Verwaarloosbaar effect</b>
<i>Verstoring bodemopbouw</i>	Verwijderen van de bodem in de bovengrond	<b>Ter plaatse van de ingreep.</b> Hoewel het een grote ingreep (horizontaal) betreft, wordt er alleen maar de toplaag verwijderd (niet diep).	<b>Irreversibel</b> (verstoring bodemopbouw is niet te herstellen)	<b>Matig effect</b> (ter plaatse van ingreep + irreversibel)
<i>Verstoring bodemopbouw</i>	Vergraven van de bovengrond	<b>Lokale uitstraling</b> Hoewel het de effecten ter plaatse van de ingreep zijn, betreft het een grote ingreep (zowel verticaal als horizontaal) waardoor er sprake is van lokale uitstraling.	<b>Irreversibel</b> (verstoring bodemopbouw is niet te herstellen)	<b>Groot effect</b> (lokale uitstraling in combinatie met irreversibel effect)
<i>Biotische toestandsverandering</i>	Aantasting leefomgeving bodemleven	<b>Lokale uitstraling</b> Hoewel het de effecten ter plaatse van de ingreep zijn, betreft het een grote ingreep (zowel verticaal als horizontaal) waardoor er sprake is van lokale uitstraling.	<b>Hoog aanpassingsvermogen.</b> Ter plaatse van de ingreep is het bodemleven irreversibel verdwenen. Biotische toestand in de omgeving heeft daarentegen een hoog aanpassingsvermogen.	<b>Beperkt effect</b> (lokale uitstraling + hoog aanpassingsvermogen)

# Tabel 2: Grondwaterlaag

Ingrepen		Effecten				
Realisatie	Exploitatie (incl. onderhoud)	Type effect	Schaal (schaalniveau + volume ingreep)	Regeneratie en aanpassingsvermogen bodem	Mate van effect	
<b>Grondwaterlaag</b>						
<b>Ingreep 1</b> Een (monobron) of meer bronnen boren tot in de grondwaterlaag (meest gebruikte boormethode: zuigboren)		<i>Hydrologische toestandsverandering</i>	Kans op menging verschillende typen grondwater (gaten in scheidende lagen waardoor bij onzorgvuldig boren en/of geen herstel scheidende lagen kans op kortsluitstroming tussen watervoerende pakketten)	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - Lokaal ter hoogte van de doorboring van de scheidende laag - Klein volume ingreep t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem	<b>Natuurlijk herstel</b> (Indien wordt gewerkt volgens SIKB-protocollen diepe boringen) <b>Irreversibel</b> (indien onzorgvuldig wordt gewerkt)	<b>Verwaarloosbaar effect</b> (bij zorgvuldige boring); <b>Matig effect</b> (bij onzorgvuldig werken en ontstaan kortsluitstroming)
		<i>Chemische toestandsverandering</i>	Kans op verontreiniging door boorvloeistoffen en beïnvloeding eventueel aanwezige (grondwater) verontreiniging, zowel verticaal als horizontaal als gevolg van eventuele kortsluitstroming	<b>Ter plaatse van ingreep</b> (indien geen sprake is van kortsluitstroming) <b>Lokale uitstraling</b> (indien sprake van kortsluitstroming bij aanwezige grondwaterverontreiniging)	<b>Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen</b> (chemische verontreinigingen breken slecht af)	<b>Beperkt effect</b> (bij zorgvuldige boring en bij afwezigheid grondwaterverontreiniging); <b>Matig effect</b> (bij kortsluitstroming en aanwezigheid grondwaterverontreiniging)
		<i>Biotische toestandsverandering</i>	Verstoring van de bodem bij boren van bronnen heeft tijdelijk een sterk stimulerende werking op groei organismen door een toename van het voedselaanbod	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - Lokaal ter hoogte van de boring - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (bodemleven kan herstellen en past zich aan)	<b>Verwaarloosbaar effect</b> (lokaal en tijdelijk)
		<i>Verstoring bodemopbouw</i>	Doorboren scheidende bodemlagen	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - lokale effecten op bodemopbouw - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Irreversibel</b> (verstoring bodemopbouw is niet te herstellen)	<b>Matig effect</b> (het betreft een lokale ingreep)
<b>Ingreep 2</b> Inbrengen van vaste stoffen: PVC (verticale stijgbuis), PE (horizontale leidingen), aanvulklei, -grind en filtergrind		<i>Hydrologische toestandsverandering</i>	Verandering grondwaterstroming	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - Lokaal ter hoogte van de doorboring van de scheidende laag - Klein volume ingreep t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (de infrastructuur blijft in meeste gevallen permanent in de bodem, het systeem zal zich echter op korte termijn aanpassen en bij verwijdering van het bouwwerk volledig herstellen.)	<b>Verwaarloosbaar</b> (het betreft een lokale ingreep en het volume van de ingebrachte vaste stoffen is in vergelijking met het omringende bodemvolume klein)
		<i>Biotische toestandsverandering</i>	Aantasting leefomgeving bodemleven	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - Lokaal ter hoogte van de boring - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (bodemleven kan herstellen en past zich aan)	<b>Verwaarloosbaar</b> (het betreft een lokale ingreep en het volume van de ingebrachte vaste stoffen is in vergelijking met het omringende bodemvolume klein. Bovendien pas het bodemleven zich aan)
<b>Ingreep 3</b> Oppompen en infiltreren koud water (zomer) / Oppompen en infiltreren warm water (winter)		<i>Hydrologische toestandsverandering</i>	Verandering grondwaterstroming door infiltratie grondwater. Bovendien kans op menging verschillende typen grondwater - Verandering grondwaterstand. Hierdoor indirect veranderingen van kwel en wegzijging.	<b>Lokale uitstraling</b> -Lokaal bij een of 2 bronnen. bij individuele systemen is er sprake van een klein volume t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem <b>Regionale uitstraling</b> - Bij meerdere bronnen en/of meerdere systemen dicht bij elkaar grotere kans op een bovenlokaal effect op de grondwaterstroming	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (effect blijft gedurende werking van het wko-systeem)	<b>Beperkt effect:</b> indien een of twee bronnen. <b>Matig effect:</b> is matig wanneer er meerdere systemen dicht bij elkaar staan en er daardoor een bovenlokaal effect optreedt
		<i>Chemische toestandsverandering</i>	Kans op verspreiding van eventueel aanwezige verontreinigingen door hydrologische toestandsveranderingen / kans op het terugduwen van de verontreiniging door het wko-systeem terug naar de bron, waardoor een eventuele bodemsanering wordt versneld. Kans op verontreiniging grondwater bij onderhoud/spuien met chemische middelen	<b>Lokale uitstraling</b> Veelal lokaal en afhankelijk van aanwezigheid grondwaterverontreiniging. Echter het schaalniveau hangt ook af van de de onvang van de installatie en veentueel effect van accumulatie van individuele systemen. Ook de snelheid van de grondwaterstroming is van belang. Hoe sneller hoe groter het effect.	<b>Herstel lange termijn of door actief ingrijpen</b> (Verontreiniging blijft, indien er niet gesaneerd wordt lange tijd in de bodem. Verontreiniging zal zich wel over een groter gebied verspreiden en de concentratie zal daardoor afnemen.)	<b>Matig effect</b> (verspreiding blijft beperkt echter langzame regeneratie of actief ingrijpen gewenst)



Tabel 2: Grondwaterlaag

	<i>Ingrep 4</i> Circuleren water (incl. antivriesmiddel)
	<i>Ingrep 5</i> Waterwinning

<i>Fysische toestandsverandering</i>	opwarmen bodem. Indirecte effecten zijn: - verandering van bodemflora en fauna (snelheid groei micro-organismen kan toenemen, verschuiving in samenstelling) - Chemische processen kunnen sneller verlopen (eventueel effect op aanwezige verontreinigingen) Effecten van emissie van koude is bij grondwatersystemen verwaarloosbaar klein indien temperatuur retourwater beperkt verhoogd is. (Zie BEB studie)	<b>Lokale uitstraling</b> - lokale effecten - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (indien de retourtemperatuur van het water niet hoger ligt dan 25 graden, effect blijft gedurende werking van het wko-systeem) <b>Herstel lange termijn of door actief ingrijpen</b> (indien temperatuur retourwater hoger ligt)	<b>Beperkt effect</b> (indien temperatuur retourwater beperkt) <b>Matig effect</b> (indien temperatuur van retourwater hoog is)
<i>Bodemopbouw</i>	Wanneer temperatuurverschil groter dan 15 graden of er bevrozing optreedt dan kunnen maaiveldstijgingen of -dalingen optreden ten gevolge van zettingen of inkrimping.	<b>Lokale uitstraling</b> - lokale effecten - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (effect blijft gedurende werking van het wko-systeem)	<b>Verwaarloosbaar effect</b> (indien temperatuurverschillen lager dan 15 graden en geen bevrozing) <b>Beperkt effect</b> (volgens BEB studie komt dit slechts zelden voor). Indien temperatuurverschillen hoger zijn dan 15 graden.
<i>Biotische toestandsverandering</i>	Verandering van bodemflora en fauna (snelheid groei micro-organismen kan toenemen, verschuiving in samenstelling) ten gevolge van temperatuurverandering (zie ook fysische toestandsverandering).	<b>Lokale uitstraling</b> - lokale effecten - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (indien de retourtemperatuur van het water niet hoger ligt dan 25 graden, effect blijft gedurende werking van het wko-systeem) <b>Herstel lange termijn of door actief ingrijpen</b> (indien temperatuur retourwater hoger ligt)	<b>Beperkt effect</b> (indien temperatuur retourwater beperkt) <b>Matig effect</b> (indien temperatuur van retourwater hoog is)
<i>Chemische toestandsverandering</i>	Kans op lekkage en daardoor kans op bodemverontreiniging.	<b>Ter plaatse van ingreep</b> (bij lage stromingssnelheid grondwater en/of slechte doorlatendheid bodem) <b>Lokale uitstraling</b> (bij hoge stromingssnelheden en goede doorlatendheid)	<b>Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen</b> (Verontreiniging blijft, indien er niet gesaneerd wordt lange tijd in de bodem. Verontreiniging zal zich wel over een groter gebied verspreiden en de concentratie zal daardoor afnemen).	<b>Beperkt effect</b> (bij lage stromingssnelheid grondwater, evt. in combinatie met sanering) <b>Matig effect</b> (bij grote stromingssnelheid grondwater en/of grote doorlatendheid bodem)
<i>Biotische toestandsverandering</i>	Verandering leefomgeving bodemleven door temperatuurverandering.	<b>Lokale uitstraling</b> - lokale effecten - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (effect blijft gedurende werking van het wko-systeem)	<b>Beperkt effect</b> (lokaal effect)
<i>Fysische toestandsverandering</i>	Kans op bevrozing van bodem en vervolgens ontdooiing. Hoe dieper de wisselaars zitten, hoe groter de kans (kans dus groter bij verticale lussen). Deze temperatuurverandering kunnen zettingen tot gevolg hebben.	<b>Lokale uitstraling</b> - lokale effecten - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (effect blijft gedurende werking van het wko-systeem)	<b>Beperkt effect</b> (lokaal effect)
<i>Hydrologische toestandsverandering</i>	Verandering grondwaterstroming en grondwaterstand	<b>Regionale uitstraling</b> - bij grote onttrekkingen of bij accumulatie van onttrekkingen	<b>Herstel op langer termijn of door actief ingrijpen</b> Winningen zijn meestal voor langere tijd gepland en kunnen niet zomaar worden beëindigd	<b>Groot effect:</b> Regionale beïnvloeding van het grondwatersysteem
<i>Chemische toestandsverandering</i>	Indien grondwaterverontreinigingen aanwezig zijn, kan waterwinning leiden tot verspreiding van deze verontreinigingen	<b>Regionale uitstraling</b> - bij grote onttrekkingen of bij accumulatie van onttrekkingen	<b>Herstel op langer termijn of door actief ingrijpen</b>	<b>Groot effect:</b> Regionale beïnvloeding van aanwezige grondwaterverontreiniging

Tabel 2: diepe ondergrond

Ingrepen		Effecten			
		Type effect	Schaal (schaalniveau + volume ingreep)	Regeneratie en aanpassingsvermogen bodem	Mate van effect
<b>Diepe ondergrond</b>					
<b>Ingreep 1</b> Boren in diepe ondergrond door middel van spuitboren		<i>Hydrologische toestandsverandering</i> Kans op menging verschillende typen grondwater (gaten in scheidende lagen waardoor bij onzorgvuldig boren en/of geen herstel scheidende lagen kans op kortsluitstroming tussen watervoerende pakketten)	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - Lokaal ter hoogte van de doorboring van de scheidende laag - Klein volume ingreep t.o.v. schaalniveau grondwatersysteem	<b>Natuurlijk herstel</b> (Indien wordt gewerkt volgens SIKB-protocollen diepe boringen) <b>Irreversibel</b> (indien onzorgvuldig wordt gewerkt)	<b>Verwaarloosbaar effect</b> (bij zorgvuldige boring); <b>Matig effect</b> (bij onzorgvuldig werken en ontstaan kortsluitstroming)
		<i>Chemische toestandsverandering</i> Kans op verontreiniging door boorvloeistoffen en beïnvloeding eventueel aanwezige (grondwater) verontreiniging, zowel verticaal als horizontaal als gevolg van eventuele kortsluitstroming	<b>Ter plaatse van ingreep</b> (indien geen sprake is van kortsluitstroming) <b>Lokale uitstraling</b> (indien sprake van kortsluitstroming bij aanwezige grondwaterverontreiniging)	<b>Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen</b> (chemische verontreinigingen breken slecht af)	<b>Beperkt effect</b> (bij zorgvuldige boring en bij afwezigheid grondwaterverontreiniging); <b>Matig effect</b> (bij kortsluitstroming en aanwezigheid grondwaterverontreiniging)
		<i>Biotische toestandsverandering</i> Verstoring van de bodem bij boren van bronnen heeft tijdelijk een sterk stimulerende werking op groei organismen door een toename van het voedselaanbod	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - Lokaal ter hoogte van de boring - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (bodemleven kan herstellen en past zich aan)	<b>Verwaarloosbaar effect</b> (lokaal en tijdelijk)
		<i>Bodemopbouw</i> Doorboren scheidende bodemlagen	<b>Ter plaatse van ingreep</b> - lokale effecten op bodemopbouw - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Irreversibel</b> (verstoring bodemopbouw is niet te herstellen)	<b>Matig effect</b> (het betreft een lokale ingreep)
<b>Ingreep 2</b> Aanbrengen put / buis / transportkabels		<i>Hydrologische toestandsverandering</i> Voor de aanleg van de transportleidingen (aanleg in den droge) zal de grondwaterstand tijdelijk worden verlaagd.	<b>Lokale uitstraling</b>	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn</b> (Hydrologie herstelt zich snel na beëindiging bemaling.)	<b>Beperkt effect</b> (lokale uitstraling en hydrologie herstelt zich na beëindiging bemaling)
		<i>Verstoring bodemopbouw</i> Door graafwerkzaamheden wordt de bodemopbouw verstoord	<b>Ter plaatse van de ingreep</b> - lokale effecten op bodemopbouw - Klein volume ingreep t.o.v. bodemvolume	<b>Irreversibel</b> (verstoring bodemopbouw is niet te herstellen)	<b>Matig effect</b> (het betreft een lokale ingreep)
		<i>Fysische toestandsverandering</i> Het aanleggen van de leidingen gaat gepaard met trillingen.	<b>Ter plaatse van de ingreep</b>	<b>Natuurlijk herstel op korte termijn (en tijdelijk)</b>	<b>Verwaarloosbaar effect</b>
	<b>Ingreep 3</b> Gebruik maken van permanent verlaten putten (putreparatie / workover)	<i>Chemische toestandsverandering</i> Een zekere mate van bodem- of watervervuiling kan plaatsvinden tijdens de aanlegfase (door de putreparatie ('workover') of misschien de compressor).	<b>Lokaaleffect</b> Wanneer vervuiling grondwater optreedt kan dit een lokaal effect hebben, afhankelijk van de stromingssnelheid	<b>Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen</b> (chemische verontreinigingen breken slecht af)	<b>Matig effect</b> (bij optreden vervuiling: lokaal effect in combinatie met herstel op lange termijn)
<b>Ingreep 4</b> Oppompen warm water en herinfiltreren afgekoeld water		<i>Hydrologische toestandsverandering</i> Effecten van geothermie treden op in de diepe ondergrond (winning- en injectiediepte). Kans op menging verschillende kwaliteiten grondwater	<b>Lokaal effect</b>	<b>Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen</b>	<b>Matig effect</b>
		<i>Fysische toestandsverandering</i> Temperatuurverandering in het watervoerende pakket op winning- en injectiediepte (diepe ondergrond). -Het onttrekken en injecteren van water gaat gepaard met drukdalingen van tien tot twintig procent (de druk op twee kilometer diepte bedraagt tweehonderd bar). (bron: website senter novem)	<b>Lokaal effect</b>	<b>Hoog aanpassingsvermogen</b>	<b>Beperkt effect</b>
		<i>Biotische toestandsverandering</i> kennis over bodemleven in diepe ondergrond ontbreekt. Hierdoor zijn de effecten van oppompen en injecteren water in diepe ondergrond op het bodemleven onbekend	<b>Onbekend</b>	<b>Onbekend</b>	<b>Onbekend</b>

Tabel 2: diepe ondergrond

	Ingreep 5 Gaswinning	Verstoring bodemopbouw	Bodemdaling	Regionaal	Afhankelijk van de mate van bodemdaling. Bij grote bodemdaling zijn effecten irreversibel	Groot effect bij grote bodemdaling (vraag hoeveel is grote bodemdaling??)
	Ingreep 6 CO2-injectie	Hydrologische toestandsverandering	Hoewel het CO2 zal worden geïnjecteerd in een (zo goed als) leeg reservoir, kan de opbouw van druk in het reservoir misschien toch beweging in een eronder gelegen waterreservoir veroorzaken.	Mogelijk lokaal tot regionaal	Hoog aanpassingsvermogen (Wanneer druk wegvalt herstelt de hydrologische situatie zich weer)	Beperkt tot matig effect
		Verstoring bodemopbouw	Tijdens de CO2-injectiefase kan opheffing van de bodem plaatsvinden veroorzaakt door vormverandering van het reservoir.	Mogelijk lokaal tot regionaal	Afhankelijk van de mate van bodemopheffing Bij grote opheffing zijn effecten irreversibel.	Matig tot mogelijk zeer groot effect
		Fysische toestandsverandering	Lichte aardshokken zouden misschien kunnen plaatsvinden als gevolg van een veranderd spanningsveld tijdens de injectiefase.	Lokaal tot regionaal	Hoog aanpassingsvermogen. Aardshokken zijn tijdelijk van aard.	Beperkt effect
		Chemische toestandsverandering	Mogelijk chemische reacties CO2 met aanwezige, oorspronkelijke gas in het reservoir. Er is slechts beperkte kennis beschikbaar over mogelijke reacties van CO2 (inclusief de mogelijke aanwezige verontreinigingen) met het omringende reservoirgesteente en mogelijk nog aanwezige andere gassen. Tot nu toe zijn er geen aanwijzingen dat er grootschalige chemische reacties zullen optreden die een significante invloed op het reservoir hebben. -Tijdens de CO2- injectiefase (vooral tijdens onderhoudswerkzaamheden) en bij het permanent afsluiten van de injectieput mogelijke bodem- en watervervuiling.	Lokaal	??	Beperkt effect (kans op voorkomen is klein)
		Chemische toestandsverandering	Mogelijke lekkage van stoffen uit de opslag	ter plaatse tot regionaal afhankelijk van getroffen voorzieningen en de verspreidingsmogelijkheden in de laag	Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen	Beperkt tot groot effect afhankelijk van getroffen voorzieningen en verspreidingsmogelijkheden
	Ingreep 7 Injectie vloeibaar afval	Onbekend				
	Ingreep 8 Water toevoegen en pekel oppompen (zoutwinning)	Hydrologische toestandsverandering	Indirect effect. Bij optreden bodemdaling kunnen peilen aangepast worden. Hierdoor mogelijke toename zoute kwel (verzilting).	Lokaal tot regionaal (afhankelijk van de grote van de peilvakken die verlaagd worden)	Herstel op lange termijn of door actief ingrijpen (bijvoorbeeld doorspoelen met zoet water)	Matig tot groot effect
		Verstoring bodemopbouw	Door de onttrekking van zout ontstaat een met pekkel gevulde holte (caverne) in de diepe ondergrond. Onder druk van het gesteentepakket, dat daarop ligt, en in combinatie met hoge temperaturen in de diepe ondergrond vloeit het omringende zout toe naar de holte en wordt deze deels dicht gedrukt. Dit leidt tot een bodemdalingschotel in de oppervlakte	Lokaal tot regionaal	Irreversibel	Groot effect

Tabel 3a Stedelijk gebied

Effect
Meer dan verwaarloosbaar effect op de hydrologische toestand
Bedreiging
Kansen
Meer dan verwaarloosbaar effect op de biologische toestand
Bedreiging
kansen
Meer dan verwaarloosbaar effect op de chemische toestand
bedreigingen
Kansen
Meer dan verwaarloosbaar effect op de fysische kwaliteit
Beperkingen
Kansen

Consequenties bodemfuncties						
Voedsel-productie	Nutriëntenvoor-ziening	Basis voor biodiversiteit	Fysische omgeving	Bron van grondstoffen	Reactievat voor koolstof	Museum
		effecten op stedelijk groen	De verandering van de grondwaterstand kan leiden tot zettingen, veranderingen van draagkracht e.d. in veen- en kleigebieden	verandering grondwaterstroming in de nabijheid van een (drink)water-onttrekkingen of een WKO systeem		De verandering van de grondwaterstand
		kan bij verlaging van de grondwaterstand leiden tot aantasting vitaliteit stedelijk groen	kan leiden tot verzakking van wegen en gebouwen	kan een negatief effect hebben op de prestaties van naburige installaties		De veranderingen in hydrologie kunnen in gebieden met hoge grondwaterstanden leiden tot aantasting van archeologische waarden
			verbetering van draagkracht kan leiden tot inzet van zwaardere machines e.d.	door combinatie en optimalisatie van naburige systemen kan effect worden beperkt		
		bij verandering die doorwerken in de bovengrond				
		kan leiden tot aantasting vitaliteit stedelijk groen				
				indien de kwaliteitsverandering in de grondwaterlaag aanwezig is		indien de kwaliteitsverandering in de ondiepe ondergrond aanwezig is
				Kan indien aanwezig in de nabijheid van een onttrekking (grondwater-beschermingsgebied) leiden tot extra zuivering bij de drinkwaterbereiding		kan aanleiding geven tot aantasting archeologische waarden
				winning van grondstoffen (bijv WKO) kan gericht worden ingezet om te helpen een verontreiniging te saneren of te beheersen		
			bij verandering die doorwerken in de bovengrond			
			kan leiden tot zettingen (verzakking), veranderingen van draagkracht en hinder door trillingen			

<b>Meer dan verwaarloosbaar effect op verstoring van de bodemopbouw</b>
<b>Bedreiging</b>
<b>Kansen</b>
<b>Meer dan verwaarloosbaar effect op de hoeveelheid ondergrondse ruimte</b>
<b>bedreiging</b>
<b>Kansen</b>

			Bij het doorboren van bodemlagen in de grondwaterlaag en diepe ondergrond			Bi het optreden van effecten in de bovengrond en ondiepe ondergrond
			verstoring van de fysische bodemgesteldheid . Kans op hydrologische toestandsveranderingen			schade aan archeologische, aardkundige en geologische waarden
			kans op conflicten bij bestemming ondergrondse ruimte			schade aan archeologische, aardkundige en geologische waarden
			besparing op bovengrondse ruimte door stapeling van functies	Winning grondstoffen combineren met ruimtelijke projecten en ondergronds ruimtegebruik		Zichtbaar maken van archeologische, aardkundige en geologische waarden

Tabel 3b Landelijk gebied

Effect	Consequenties bodemfuncties						
	Voedsel-productie	Nutriëntenvoorziening	Basis voor biodiversiteit	Fysische omgeving	Bron van grondstoffen	Reactievat voor koolstof	Museum
<b>Meer dan verwaarloosbaar effect op de hydrologische toestand</b>	De verandering van de grondwaterstand	De verandering van de grondwaterstand en -stroming	De verandering van de grondwaterstand	De verandering van de grondwaterstand kan leiden tot zettingen, veranderingen van draagkracht e.d. in veen- en kleigebieden	verandering grondwaterstroming in de nabijheid van een (drink)wateronttrekkingen of een WKO systeem	De verandering van de grondwaterstand	De verandering van de grondwaterstand
<b>Bedreiging</b>	kan tot schade leiden indien het effect optreedt bij een landbouwtipe dat gevoelig is voor grondwaterstandverlaging of -verhoging	kan bij verlaging van de grondwaterstand leiden tot eutrofiering door mineralisatie van organisch stof/veen	kan bij verlaging van de grondwaterstand in grondwaterafhankelijke ecosystemen leiden tot vermindering van biodiversiteit	kan leiden tot verzakking van wegen en gebouwen en tot verminderde draagkracht voor machines	kan een negatief effect hebben op de prestaties van naburige installaties	In gebieden met veen of moerige gronden kan bij grondwater-standsverlaging CO2 vrijkomen door oxidatie organisch stof.	De veranderingen in hydrologie kunnen in gebieden met hoge grondwaterstanden leiden tot aantasting van archeologische waarden
<b>Kansen</b>	verbeteren landbouwproductie door optimalisatie van het peilbeheer	verbeteren oligotrofe gebieden door versterken van relatief schone kwelstromen	versterken biodiversiteit door versterken van relatief schone kwelstromen	verbetering van draagkracht kan leiden tot inzet van zwaardere machines e.d.	door combinatie en optimalisatie van naburige systemen kan effect worden beperkt	stimulering/ kansen voor vastlegging CO2 in de bodem (bijv. veenvorming)	
<b>Meer dan verwaarloosbaar effect op de biologische toestand</b>	bij verandering die doorwerken in de bovengrond	bij verandering die doorwerken in de bovengrond	bij verandering die doorwerken in de bovengrond			bij verandering die doorwerken in de bovengrond	
<b>Bedreiging</b>	Kan negatieve effecten hebben op de bodemvruchtbaarheid, natuurlijke plaagregulatie, zelfreinigend vermogen en levering voedingstoffen.	Negatief effect op afbraak organisch stof / negatief effect op kringloop nutriënten (stikstof, zwavel, fosfaat, etc.)	Kan leiden tot negatieve effecten op biodiversiteit			Negatief effect op afbraak organisch stof / negatief effect op CO2-kringloop	
<b>kansen</b>						kansen voor vastlegging CO2 in de bodem (bijv. veenvorming)	
<b>Meer dan verwaarloosbaar effect op de chemische toestand</b>	indien de kwaliteitsverandering in de ondiepe ondergrond aanwezig is	indien de kwaliteitsverandering in de ondiepe ondergrond aanwezig is	indien de kwaliteitsverandering in de ondiepe ondergrond aanwezig is		indien de kwaliteitsverandering in de grondwaterlaag aanwezig is	indien de kwaliteitsverandering in de ondiepe ondergrond aanwezig is	indien de kwaliteitsverandering in de ondiepe ondergrond aanwezig is
<b>bedreigingen</b>	kan leiden tot schade aan gewassen of tot een verminderde kwaliteit van landbouwproducten	Negatief effect op afbraak organisch stof / negatief effect op kringloop nutriënten (stikstof, zwavel, fosfaat, etc.)	Kan leiden tot negatieve effecten op biodiversiteit		Kan indien aanwezig in de nabijheid van een onttrekking (grondwater-beschermingsgebied) leiden tot extra zuivering bij de drinkwaterbereiding	Negatief effect op afbraak organisch stof / negatief effect op CO2-kringloop	kan aanleiding geven tot aantasting archeologische waarden
<b>Kansen</b>			verbetering chemische toestand door zelfreinigend vermogen van de bodem		winning van grondstoffen (bijv WKO) kan gericht worden ingezet om te helpen een verontreiniging te saneren of te beheersen		

<b>Meer dan verwaarloosbaar effect op de fysische kwaliteit</b>	bij verandering die doorwerken in de bovengrond			kan bij verandering die doorwerken in de bovengrond leiden tot zettingen, veranderingen van draagkracht			
<b>Beperkingen</b>	kan leiden tot veranderingen van draagkracht en daarmee tot beperkt inzet machines			kan leiden tot verzakking van wegen en gebouwen en tot verminderde draagkracht voor machines			
<b>Kansen</b>							
<b>Meer dan verwaarloosbaar effect op verstoring van de bodemopbouw</b>				Bij het doorboren van bodemlagen in de grondwaterlaag en diepe ondergrond			Bi het optreden van effecten in de bovengrond en ondiepe ondergrond
<b>Bedreiging</b>				verstoring van de fysische bodemgesteldheid . Kans op hydrologische toestandsveranderingen			schade aan archeologische, aardkundige en geologische waarden
<b>Kansen</b>							
<b>Meer dan verwaarloosbaar effect op de hoeveelheid ondergrondse ruimte</b>							
<b>bedreiging</b>							schade aan archeologische, aardkundige en geologische waarden
<b>Kansen</b>					Winning grondstoffen combineren met ruimtelijke projecten en ondergronds ruimtegebruik		Zichtbaar maken van archeologische, aardkundige en geologische waarden

