

Aan
De Minister van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
Postbus 30945
2500 GX Den Haag

TCB A047(2009)

Den Haag, 20 april 2009

Betreft: advies Diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater

Mevrouw de Minister,

Op 3 november 2008 ontvingen wij uw adviesaanvraag over diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater (zie bijlage 1). Hierin vraagt u de TCB te adviseren over de milieuhygiënische aspecten van diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater dat door gemeenten in het kader van de zorgplicht is ingezameld. Daarbij gaat het om hemelwater afkomstig van de openbare ruimte, maar ook om hemelwater van daken en verhardingen van particuliere percelen die op het gemeentelijke rioolstelsel zijn aangesloten.

De aanvraag behelst zes vragen over de milieuhygiënische beoordeling van diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater. De eerste twee vragen hebben betrekking op de randvoorwaarden voor duurzaam bodemgebruik en de milieuhygiënische aspecten die een rol spelen bij diepinfiltratie. De overige vragen hebben specifiek betrekking op de inbreng van verontreinigingen.

Het advies bestaat uit een aantal algemene hoofdstukken gevolgd door een hoofdstuk waarin de adviesvragen worden behandeld en een algemene conclusie wordt getrokken. De algemene hoofdstukken betreffen achtereenvolgens de aanleiding voor de adviesaanvraag, een algemene overweging, het gebruik van diepinfiltratie en de milieuhygiënische aspecten die een rol spelen bij diepinfiltratie.

AANLEIDING

In verband met de voorbereiding van het *Besluit algemene regels lozingen buiten inrichtingen* wil het Ministerie van VROM invulling geven aan criteria voor de beoordeling van diepinfiltratie. Hierbij gaat het toekomstig wettelijk kader uit van een individuele beoordeling, waarbij toestemming pas mogelijk is indien 'het belang van bescherming van het milieu zich gelet op de samenstelling, hoeveelheid en eigenschappen van de lozing niet tegen het lozen verzet'. Deze invulling vloeit voort uit een strikte eis in de Europese Grondwaterrichtlijn, dat alleen toestemming voor directe

lozing in het grondwater mag worden verleend, indien de inbreng van verontreinigende stoffen 'wordt beschouwd als voorkomend in een hoeveelheid of concentratie dat enig onmiddellijk of toekomstig gevaar van achteruitgang van de kwaliteit van het ontvangende grondwater uitgesloten moet zijn'.

ALGEMENE OVERWEGING

In de Beleidsbrief regenwater en riolering¹ worden voor het huidige regenwaterbeleid vier pijlers genoemd:

1. Aanpak bij de bron: het voorkómen van verontreiniging van regenwater.
2. Regenwater vasthouden en bergen.
3. Regenwater gescheiden van afvalwater afvoeren.
4. Integrale afweging op lokaal niveau.

In de beleidsbrief wordt aangegeven dat de eerste drie pijlers een voorkeursvolgorde aangeven voor het omgaan met regenwater. De TCB is van mening dat met name ten aanzien van de aanpak bij de bron en het vasthouden en bergen van regenwater nog veel te winnen valt. De aard van materialen van verharde oppervlakken en daken is van duidelijke invloed op de aanwezigheid van verontreinigingen in afstromend hemelwater^{2 3}. Ook kan het vergroten van het watervasthoudend vermogen van deze oppervlakken de intensiteit van de afstroming verminderen en zo de noodzaak voor kunstmatige afvoer bij stevige regenbuien verkleinen. In de beleidsbrief wordt aangegeven dat degenen die oppervlakken verharden of overkappen, een goede verhouding in acht moeten nemen tussen het areaal verhard oppervlak en de opnamecapaciteit van zowel de bodem als het oppervlaktewater dat het afstromend regenwater kan ontvangen. De TCB onderstreept het belang hiervan. Infiltratie van regenwater in de bodem is immers een natuurlijk proces en kunstmatige infiltratie komt pas in beeld bij afdekking van de bodem. De TCB zal hierop nader ingaan in haar advies over het afdekken van de bodem dat zij later dit jaar uitbrengt.

DIEPINFILTRATIE

Beschrijving van de techniek

Diepinfiltratie is volgens de omschrijving in de adviesaanvraag een techniek waarbij afvloeiend hemelwater door middel van een geperforeerde buis rechtstreeks geïnfilteerd wordt in dieper gelegen watervoerende bodemlagen⁴. Diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater wordt op dit moment op enkele plaatsen toegepast en wordt in verschillende projecten als optie overwogen. In de bestaande systemen worden ondiepe infiltratie en diepinfiltratie gecombineerd. Het eerste

¹ Ministerie van VROM, 2003, kenmerk BWL/2004052003.

² Boogaard F.C. en G.B. Lemmen, 2007. De feiten over de kwaliteit van afstromend regenwater. Rapportnummer 2007-21, STOWA, Utrecht.

³ Verschoor A.J. en E. Brand, 2008. Afspoeling van bouwmetalen. Risicobeoordeling van emissies van koper, lood en zink. Rapportnummer 711701078/2008, RIVM, Bilthoven.

⁴ Adviesaanvraag: zie bijlage 1.

afvloeiende hemelwater wordt ondiep geïnfiltreerd. Diepinfiltratie vindt plaats wanneer bij hevige regenval overstort plaatsvindt uit de voorziening voor ondiepe infiltratie.

Diepinfiltratie kan plaatsvinden in zowel zoete als zoute watervoerende lagen. Een voorbeeld van praktijktoepassing is gegeven in kader 1. Bij de bestaande toepassingen is het belangrijkste doel van de diepinfiltratie het voorkomen van wateroverlast in de bebouwde omgeving. De toepassing van diepinfiltratie vindt plaats op locaties waar alternatieven voor berging of afvoer van hemelwater moeilijk te realiseren zijn.

Door de combinatie met ondiepe infiltratie zal, voordat het afstromend hemelwater de diepinfiltratievoorziening bereikt, een deel van de bij afstroming meegenomen verontreinigingen door bezinking reeds uit het water zijn verwijderd. Het water dat naar de diepinfiltratievoorziening wordt geleid, kan nog extra worden gezuiverd alvorens het wordt geïnfiltreerd. Elders in dit advies (kader 3) worden enkele systemen voor voorzuivering van afstromend hemelwater genoemd.

Kader 1. Voorbeeld van diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater

Gemeente Rheden, De Steeg (in gebruik genomen in 2007).

Het hemelwater afkomstig van het afgekoppelde, hellende gebied van 3,4 ha (daken en wegverhardingen) wordt in een hemelwaterriool verzameld en afgevoerd naar een infiltratieriool. Dit riool heeft een lengte van 180 meter en ligt in een laaggelegen straat. Daarin kunnen de eerste 4 mm van iedere regenbui worden geborgen. Dit hemelwater, de zogenaamde 'first-flush', infiltreert via het infiltratieriool in de bodem. Het infiltratieriool is verbonden met drie verzamelputten. In iedere verzamelput bevindt zich een overstortmuur. Bij een bui van meer dan 4 mm zal het regenwater over deze overstortmuur stromen in de diepinfiltratieputten die tot ongeveer 100 meter diep de grond in gaan. Dit water heet de 'second-flush' en is schoner dan water uit de 'first flush'. Het totale piekdebiet dat door de drie diepinfiltratieputten moet worden kunnen verwerkt bedraagt 1800 m³/u. Dit komt neer op een piekdebiet van 600 m³ per uur per infiltratieput. Dit piekdebiet zal statistisch gezien 1 keer in de 5 jaar voorkomen⁵.

Diep versus ondiep infiltreren

Diepinfiltratie onderscheidt zich van ondiepe infiltratie doordat het water rechtstreeks in een watervoerende laag wordt geïnfiltreerd. De diepte van een diepinfiltratieput is ordegrrootte tussen de 20 en 100 meter. Voor de aanleg van infiltratieputten dieper dan 100 meter zijn aparte vergunningen noodzakelijk in het kader van de Mijnbouwwet. Bij ondiepe infiltratie is sprake van bodempassage door de onverzadigde zone, waardoor enige fysieke en biologische zuivering kan plaatsvinden voordat het grondwater wordt bereikt. Ondiep infiltreren van afvloeiend hemelwater

⁵ Meijer H., 2006. Rheden krijgt drie infiltratieputten voor berging hemelwater. Riolering, jaargang 13, nr. 12, december 2006 p. 43-45.

is een geaccepteerde werkwijze, passend in het beleid om regenwater zo veel mogelijk af te koppelen van het riool en zoveel mogelijk op de locatie of in het gebied te houden. Bij ondiep infiltreren stroomt het afvloeiende regenwater (al dan niet voorgezuiverd) naar een waterbuffer. Deze buffer bergt het water, waarna het in de ondergrond infiltreert. Voorbeelden van waterbuffers zijn infiltratieriolen (van beton of kunststof), infiltratieunits (zoals kratten, krukjes en bollen) en infiltratieputten of -koffers.

Andere toepassingen van diepinfiltratie

Naast diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater zijn er ook andere vormen van diepinfiltratie van water. Voorbeelden zijn diepinfiltratie van voorgezuiverd oppervlaktewater ten behoeve van de drinkwatervoorziening, diepinfiltratie van hemelwater in de tuinbouw ten behoeve van gietwateropslag en infiltratie van grondwater voor warmte-koude opslag. Deze toepassingen verschillen in de aard van het geïnfiltreerde water. De schaal waarop de verschillende toepassingen plaatsvinden verschilt sterk. Bij de meeste vormen van diepinfiltratie wordt het geïnfiltreerde water weer zoveel mogelijk teruggewonnen voor een nuttige toepassing (drinkwater, gietwater, koude- of warmteafgifte). Hierin verschillen deze toepassingen van het lozen van hemelwater. De terugwinning voor de verschillende nuttige toepassingen kent echter ook verliezen omdat een deel van het geïnfiltreerde water in het grondwater achterblijft. Om een indruk te geven van de orde grootte van de schaal van toepassing van verschillende vormen van diepinfiltratie, worden in tabel 1 een aantal indicatieve kentallen gegeven. De systemen zijn verder toegelicht in bijlage 2.

De totale hoeveelheid afvloeiend hemelwater die jaarlijks wordt geïnfiltreerd is nog klein vergeleken bij de hoeveelheid van andere toepassingen van diepinfiltratie (totale hoeveelheid = de hoeveelheid per systeem maal het aantal systemen in tabel 1). Wanneer echter het aantal operationele systemen toeneemt, neemt ook de kwantitatieve betekenis van diepinfiltratie van afstromend hemelwater toe.

Omvang en schaal van beïnvloeding

Het totale volume water dat jaarlijks wordt geïnfiltreerd in een diepinfiltratiesysteem voor de lozing van afvloeiend hemelwater is afhankelijk van factoren als het afstromend oppervlak en eventueel andere ingezette infiltratievoorzieningen (bijvoorbeeld voorschakeling van ondiepe infiltratie). Indicatief is de hoeveelheid in dit advies geschat op 0,01 - 0,05 miljoen m³ per jaar, op basis van gegevens over de jaarlijkse regenval en een aantal aannamen over het ontwerp en het afstromend oppervlak. Deze aannamen zijn toegelicht in bijlage 2.

Tabel 1. Verschillende toepassingen van diepinfiltratie van water met indicaties voor de huidige schaal van toepassing. Schattingen op basis van literatuurgegevens, toegelicht in bijlage 2.

Toepassing	Aard van het water	Hoeveelheid infiltratie per systeem * (Mm ³ /jaar) ***	Huidig aantal systemen *	% lozing of verlies**
Lozen hemelwater (publiek)	Hemelwater	0,01 – 0,05	5	100%
Drinkwaterwinning	Oppervlakte-water	5	4	?
Gietwateropslag tuinbouw	Hemelwater	0,06	15 – 30 in Zuid-Holland	25 – 50%
Warmte-koude opslag (open systemen)	Grondwater	1	1000	?

* de term systeem heeft hier betrekking op een lokale voorziening en kan dus bestaan uit meerdere infiltratieputten

** met verlies wordt hier bedoeld: het percentage van het geïnfiltreerde water dat niet meer in het kader van de toepassing wordt onttrokken

*** Mm³: miljoen kubieke meter

Kader 2. Debieten en volumina. Een rekenvoorbeeld.

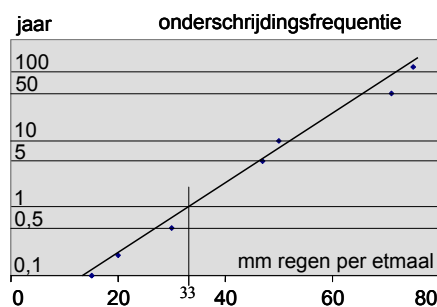
Rekenvoorbeeld infiltratiedebiet en -hoeveelheid gebaseerd op gegevens van project Rheden.

Bij een intensieve regenbui valt in een etmaal 30 mm⁶. Hiervan wordt 4 mm ondiep geïnfiltreerd. De resterende 26 mm wordt via drie diepe infiltratieputten geïnfiltreerd. Het betreffende regenoppervlak bedraagt 3,4 hectare. Dat betekent dat $34000 \times 0,026 = 884 \text{ m}^3$ in een etmaal wordt geïnfiltreerd. Dat is per put 294 m^3 per etmaal ofwel 12 m^3 gemiddeld per uur.

Bij een bodemporositeit van 40% correspondeert het volume van 884 m^3 afvloeiend hemelwater met een verzadigd bodemvolume van 2210 m^3 . Bij een effectieve dikte van het watervoerend pakket van 20 m^7 betekent dat een zone van 110 m^2 rond de infiltratieputten.

6

Uit de statistieken van het KNMI (www.knmi.nl) blijkt dat een willekeurige plek in ons land een intensieve regenbui kan krijgen die kan worden weergegeven met een onderschrijdingsfrequentiecurve, zoals aangegeven. Zo krijgt een willekeurige plaats 1 keer per jaar binnen een etmaal minstens een hoeveelheid regen van 33 mm.



⁷ Aangenomen dikte ten behoeve van dit rekenvoorbeeld, niet gebaseerd op de lokale condities.

Om een indruk te krijgen van de beïnvloeding van infiltratiesystemen op lokale schaal is een voorbeeld gegeven in kader 2. Het rekenvoorbeeld voor een project in Rheden geeft een indruk van de hoeveelheid afvloeiend regenwater die bij een stevige regenbui wordt geïnfiltreerd en de horizontale invloedszone van de infiltratiebel die het aanwezige grondwater verdringt. De zone van beïnvloeding hangt samen met de natuurlijke grondwaterstroming en de onderlinge ligging van de putten. De veroorzaakte waterdrukverandering kan afhankelijk van het persdebiet en de bergingscapaciteit van de ondergrond, tot enkele honderden meters van het infiltratiepunt reiken.

MILIEUHYGIËNISCHE ASPECTEN

Om uitspraken te kunnen doen over welke kwaliteit het te infiltreren water zou moeten hebben, wordt eerst nagegaan wat de samenstelling is van het ontvangende grondwater in de aquifer en hoe het bodem-grondwatersysteem reageert op het geïnfiltreerde water.

Grondwatersamenstelling en grondwaterkwaliteit

Een aquifer bevat vooral grondwater dat langs natuurlijke weg geïnfiltreerd is. Natuurlijk grondwater in Nederland kan van oorsprong hemelwater, zeewater of water van de grote rivieren zijn. Grondwater dat van oorsprong hemelwater of rivierwater is, is zoet. Hemelwater is licht zuur van oorsprong en oppervlaktewater licht basisch.

Hemelwater dat op natuurlijke wijze infiltreert in de bodem wordt, naarmate het water dieper is geïnfiltreerd, anaërober en meer alkalisch. Tijdens de bodempassage neemt het zuurstofgehalte af door redoxreacties met bijvoorbeeld organische stof en ijzersulfides. De stijging van de pH wordt met name veroorzaakt door het oplossen van carbonaten uit de bodemdeeltjes, verweringsreacties en zuur-bufferingsreacties van de bodem. Welke reacties zich voordoen en in welke mate hangt af van de bodemsamenstelling.

De grondwatersamenstelling is dus in sterke mate afhankelijk van de oorsprong van het water en de bodem waar het doorheen is gesijpeld. Belangrijkste toestandsvariabelen van grondwater zijn het zoutgehalte, de redoxtoestand en de pH. Deze toestandsvariabelen worden bepaald door de macrosamenstelling van de volgende stoffen: pH, Na, K, Ca, Mg, Cl, alkaliniteit (HCO_3), SO_4 , NO_3 , Al, Fe, Mn en NH_4 ⁸.

Milieuhygiënische verandering van het bodem-grondwatersysteem

Uit onderzoek⁹ naar de kwaliteitsverandering van grondwater, na een introductie van voorbehandeld oxidisch oppervlaktewater of drinkwater, is gebleken dat er een kwaliteitsverandering optreedt die te onderscheiden is in verschillende fasen: verdringing van het oorspronkelijke grondwater, kation-uitwisseling en sorptie, maximale redoxreacties, reageren van ijzersulfiden (pyriet) en calcië indien aanwezig, doorbraak van nitraat en doorbraak van zuurstof.

⁸ Griffioen J. *et al.*, 2003. *Systeemgericht grondwaterbeheer*. Wolters-Noordhoff, Groningen.

⁹ Stuyfzand, P.J., 1998. *Quality changes upon injection into anoxic aquifer in the Netherlands: evaluation of 11 experiments*. Bijdrage in Peters *et al.* *Artificial recharge of groundwater*, Rotterdam.

De genoemde redoxreacties leiden in het algemeen tot het neerslaan van metalen als ijzer, mangaan en arseen. Van dit proces wordt gebruik gemaakt in de drinkwaterproductie. Een relatief beperkt volume zuurstofrijk water wordt daartoe in het watervoerend pakket gebracht, waarna een groter volume water dat minder ijzer, mangaan en arseen bevat, kan worden onttrokken. Dit wordt aangeduid als ondergronds ontijzeren of ondergronds beluchten. De processen zijn deels microbiologisch en deels fysisch-chemisch en onder andere afhankelijk van de pH. Als de inbreng van zuurstofrijk water wordt gestaakt, keert de zuurstofloosheid weer snel terug. De gevormde neerslagen kunnen dan weer in oplossing gaan¹⁰. In onderzoek van Stuyfzand *et al.*¹¹ bleek dat na het stoppen van de infiltratie, ijzer, mangaan en ammonium weer tot oplossing kwamen in de aquifer. Het is echter ook gebleken dat na beëindiging van het infiltreren van zuurstofrijk water ten behoeve van ondergronds ontijzeren, gedurende lange tijd geen hogere concentraties in het opgepompte water worden gemeten dan voordat met de beluchting werd begonnen.

Een grondwatersysteem heeft tot op zekere hoogte het vermogen om invloeden van buitenaf, zoals de inbreng van licht zuur en zuurstofrijk hemelwater, op te vangen zonder dat de belangrijkste karakteristieken van het grondwatersysteem zelf veranderen. Dit bufferende vermogen is het grootste in meer reactieve grondwatersystemen met voldoende beschikbaar organisch stof, minerale delen als ijzersulfiden en kalkhoudende bestanddelen. In weinig reactieve, arme aquifers is dit bufferend vermogen gering en kunnen door bijvoorbeeld oxidatie van het beschikbare organische stof en/of pyriet de condities in het systeem lokaal blijvend wijzigen. Hierdoor kan bijvoorbeeld het vermogen van de bodem voor vastlegging van metalen als zink, lood en koper afnemen.

Vanuit milieuhygiënisch oogpunt verdient diepinfiltratie van hemelwater in meer reactieve aquifers de voorkeur boven infiltratie in de armere weinig reactieve aquifers. De huidige diepinfiltratieprojecten vinden echter vooral plaats in de weinig reactieve grofzandige watervoerende lagen, omdat de doorlatendheid van deze pakketten groot is waardoor de infiltratie gemakkelijk plaatsvindt.

Verontreiniging van afstromend hemelwater

Verontreinigingen in afstromend hemelwater kunnen afkomstig zijn van luchtverontreiniging die het regenwater heeft verontreinigd of van de oppervlakken waarover het hemelwater afstroomt. Gegevens over de kwaliteit van afstromend hemelwater zijn verzameld in een database van de STOWA¹². Uit deze gegevens blijkt dat afstromend hemelwater vaak verontreinigd is, met onder andere de metalen koper, lood, zink en polycyclische aromatische koolwaterstoffen (PAK). Een aantal resultaten is weergegeven in tabel 2. Het betreft hier gemiddelde concentraties. De concentraties kunnen sterk variëren¹³.

¹⁰ TCB, 1997. Advies ondergronds beluchten. TCB A24(1997).

¹¹ Stuyfzand, P.J. *et al.*, 2002. *Hydrogeochemistry of prolonged deep well injection and subsequent aquifer storage in pyritiferous sands; DIZON pilot, Netherlands*. In: *Management of aquifer recharge for sustainability*. Dillon (ed) Zwets en Zeitlinger, Lisse.

¹² Database regenwater versie 2.6, 17 oktober 2007. Deze database bevat hemelwaterkwaliteitsgegevens verzameld bij 600 metingen op ruim dertig locaties.

¹³ Voorbeeld: de concentratie zink in afstromend hemelwater van daken en wegen in woongebied varieert voor 169 waarnemingen van 1 tot 2000 µg/l; het gemiddelde bedraagt 194 µg/l; de 10-percentielwaarde 17 µg/l; de 90-percentielwaarde 434 µg/l (Boogaard en Lemmen, 2007: zie voetnoot 2).

Tabel 3. Gemiddelde concentraties (in µg/l) van metalen en PAK in hemelwater, in afstromend hemelwater van daken en wegen in woonwijken² en in grondwater op 25 meter diepte in zandgebieden (geschatte natuurlijke achtergrondconcentraties). De meetwaarden van afstromend hemelwater zijn vanuit totaalconcentraties omgerekend naar opgeloste concentraties.

	Cd	Cr	Cu	Pb	Ni	Zn	PAK 10
Hemelwater (totaal)	0,11	1,6	5	11	5,0	28	0,1
Afstromend hemelwater (totaal)	0,26	6,0	25,7	33	5,4	194	0,82
Afstromend hemelwater (opgelost)	0,09	2,3	8,7	3	2,4	81	0,02
Grondwater achtergrond ¹⁴ (opgelost)	0,05	0,85	< 0,63	< 0,02	< 0,59	< 6,5	-

Uit de tabel blijkt dat de (berekende) opgeloste concentraties van metalen twee tot ruim honderd keer liggen boven geschatte natuurlijke achtergrondwaarden in grondwater¹⁴. De gerapporteerde stoffen hebben in het algemeen betrekking op een standaard meetpakket van metalen, PAK en minerale olie en geven daarom een beperkt beeld van de mogelijke verontreinigingen in afvloeiend hemelwater. Voorbeelden van stoffen die weinig worden gemeten zijn bestrijdingsmiddelen en componenten uit schoonmaakmiddelen.

Microbiële aspecten

Het biologisch systeem in de anaërobe aquifer kan door het inbrengen van zuurstofrijk water worden beïnvloed. Bij langdurig zuurstofrijke condities ontwikkelt zich een zuurstofminnende bacteriële leefgemeenschap rondom een infiltratieput. De ordegrrootte van de omvang van een dergelijke zone is enkele meters rondom de put. In de praktijk kan dit leiden tot verstopping. Bij diepinfiltratie van hemelwater is naar verwachting in de meeste gevallen sprake van wisselende zuurstofconcentraties omdat de piekafvoer van hemelwater periodiek plaatsvindt. In de tussenliggende perioden kan weer sprake zijn van een periode van zuurstofloosheid. Een belangrijk deel van de zuurstofminnende micro-organismen zal dan niet kunnen overleven en afsterven. Deze fluctuatie en de vaak geringe beschikbaarheid van organische materiaal en voedingsstoffen maakt dat een significante wijziging in het biologisch systeem als gevolg van incidentele diepinfiltratie van hemelwater niet erg aannemelijk is.

Een ander aspect is dat afvloeiend hemelwater pathogene micro-organismen kan bevatten, die na infiltratie via het diepe grondwater kunnen worden verspreid. In onderzoek van Medema en Stuyfzand¹⁵ waarbij micro-organismen aan het infiltratiewater waren toegevoegd bleek dat bij diepinfiltratie in zandige bodems (en vervolgens onttrekking op circa 38 - 77 meter afstand) een

¹⁴ Schatting voor natuurlijke achtergrondwaarden voor grondwater op 25 meter diepte. Uit: Fraters *et al*, 2001. Achtergrondconcentraties van 17 sporenmatalen in het grondwater van Nederland. RIVM rapport 711701017.

¹⁵ Medema G.J. en P.J. Stuyfzand, 2002. *Removal of micro-organisms upon basin recharge, deep well injection and river bank filtration in the Netherlands*. In: *Management of aquifer recharge for sustainability*. Dillon (ed) Zwets en Zeitlinger, Lisse.

belangrijk deel van de micro-organismen in de eerste 8-14 meter vanaf het infiltratiepunt was afgevangen. De sorptie van de micro-organismen aan ijzerhydroxides vormde hierbij een verklaring. Het risico van verspreiding via het grondwater van pathogene micro-organismen bij diepinfiltratie lijkt daarom gering.

Persistentie van verontreinigingen in grondwater

Organische verontreinigingen zijn in het zuurstofarme of zuurstofloze milieu van het diepe grondwater vaak persistenter dan in bijvoorbeeld de zuurstofrijkere onverzadigde bodem. Dat betekent dat diepinfiltratie ertoe leidt dat verontreinigingen langer in het milieu aanwezig blijven.

Zoet/zout

Zoet water heeft een lagere dichtheid/soortelijk gewicht dan zoutwater. Zoet water drijft daardoor op zout water. In gebieden waar het grondwater zout is, zal het geïnfiltreerde hemelwater tegen de bovenkant van de aquifer opdrijven. Er ontstaat een zoetwaterbel. In de zoute kwelgebieden van Zuid-Holland wordt zo op beperkte schaal ondergrondse berging van zoet hemelwater toegepast om voldoende gietwater beschikbaar te hebben in droge perioden. Vijftien van de ruim vierduizend glastuinbouwbedrijven hebben hiertoe een vergunning. Bij deze systemen wordt uitgegaan van een theoretisch verlies van 25 – 50 procent¹⁶.

BEANTWOORDING VAN DE VRAGEN

Vraag 1. *Past diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater van openbare ruimten naar oordeel van de commissie binnen de randvoorwaarden van duurzaam bodemgebruik?*

In het preadvies Duurzaam gebruik van de ondergrond¹⁷ worden afwegingen genoemd die het belang van duurzaam gebruik van de ondergrond behartigen. De afwegingen zijn ingegeven vanuit vier invalshoeken:

1. Afwegen of ondergronds gebruik van zichzelf duurzaam is voor de bodem;
2. Ondergronds gebruik afwegen tegen bovengronds gebruik;
3. Ondergronds gebruik afwegen tegen ander (mogelijk) ondergronds gebruik;
4. Ondergronds gebruik afwegen tegen onbekend toekomstig gebruik en tegen alternatieven.

Wanneer diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater op deze wijze wordt afgewogen, is de TCB van mening dat deze vorm van bodemgebruik slecht past binnen de randvoorwaarde van duurzaam bodemgebruik. Diepinfiltratie leidt (in meer of mindere mate) tot verontreiniging van het diepe grondwater en kan de buffercapaciteit van de bodem lokaal aantasten (afweging 1). Het leidt tot de aanleg van mogelijk veel relatief kleine lokale systemen. De TCB is van mening dat vanuit milieuhygiënisch oogpunt een groot systeem in het algemeen de voorkeur heeft boven veel kleine systemen (met in totaal een vergelijkbare capaciteit), met name omdat een groot systeem beter te beheren en controleren is. In deze zin zijn diepinfiltratiesystemen voor afvloeiend hemelwater

¹⁶ Informatie afdeling vergunningen bureau Bodem en Grondwater Provincie Zuid-Holland, per e-mail 18 februari 2009.

¹⁷ Preadvies Duurzaam gebruik van de ondergrond. TCB A043(2008).

gevoeliger voor ongecontroleerde bijeffecten dan bijvoorbeeld de (grotere) diepinfiltratiesystemen voor drinkwatervoorziening (afweging 1). De effecten zijn deels niet omkeerbaar (afweging 4). De TCB is van mening dat bij de aanleg van systemen in de diepe ondergrond grote zorgvuldigheid betracht moet worden, om de kans op aantasting van het grondwatersysteem te minimaliseren. Wanneer vanuit milieuhygiënisch perspectief betere alternatieven voorhanden zijn, verdienen deze de voorkeur (afweging 4). Diepinfiltratie van hemelwater is in die zin een uiterste middel, wanneer alternatieven als ondiep infiltreren echt ontoereikend zijn en de belasting van het grondwatersysteem door diepinfiltratie zoveel mogelijk beperkt kan blijven. Andere maatregelen, zoals aandacht voor de verhouding verhard en niet-verhard oppervlak bij stedelijke inrichting, ondiepe infiltratie bij afkoppeling en waar mogelijk het creëren van ruimten voor tijdelijke berging ziet de TCB als duurzamere oplossingen voor het probleem van periodieke regenwateroverlast dan diepinfiltratie.

Vraag 2. Welke milieuhygiënische aspecten spelen een rol bij diepinfiltratie, en zouden aldus bij de beoordeling van de aanvaardbaarheid daarvan moeten worden meegenomen? Zijn hierbij verschillen voor brak/zout en zoet grondwater?

De volgende aspecten spelen bij de beoordeling van de milieuhygiënische aanvaardbaarheid een rol.

1. Positieve milieubijdragen

Wanneer de lozing van afstromend hemelwater via diepinfiltratie in een gebied aantoonbaar positieve milieubijdragen levert zoals het tegengaan van verzilting of verdroging, of wanneer na tijdelijke berging nuttig gebruik kan worden gemaakt van het geïnfiltreerde hemelwater, dan is dit een aspect om mee te wegen bij de aanvaardbaarheid van de diepinfiltratie. Kritische aspecten hierbij zijn de hoeveelheid en kwaliteit van het geïnfiltreerde water en de diepte waarop infiltratie plaatsvindt. Voor het tegengaan van verdroging en verzilting zijn in het algemeen grotere hoeveelheden water nodig dan via diepinfiltratiesystemen voor afvloeiende hemelwater worden geïnfiltreerd.

2. De achtergrondgehalten van stoffen in de ontvangende aquifer

Met het uitgangspunt dat de concentraties van stoffen in de ontvangende aquifer niet significant beïnvloed mogen worden, is inzicht in de regionale achtergrondconcentraties van deze stoffen van belang.

3. De kwaliteit van het afstromend hemelwater en voorzuivering

De kwaliteit van het afstromend hemelwater is vanzelfsprekend één van de aspecten die een rol speelt bij de afweging van de aanvaardbaarheid van diepinfiltratie. De verontreinigingsgraad van afstromend hemelwater kan sterk verschillen¹⁸.

Door ondiepe infiltratie van het eerste afstromende water kan al een deel van de verontreinigingen zijn verwijderd. Het is echter niet te verwachten dat het water dan al voldoet aan de kwaliteitseisen voor het diep te infiltreren water, waarop bij de beantwoording van vraag 4 en 5 elders in dit advies nader wordt ingegaan. De TCB beveelt daarom aan om voorafgaand aan diepinfiltratie het afvloeiend hemelwater altijd voor te zuiveren.

De eisen die aan de voorzuivering gesteld moeten worden zijn afhankelijk van de te verwerken hoeveelheden hemelwater, met name bij zware regenbuien, en de verontreinigingsgraad van het te infiltreren water. Er zijn verschillende systemen voor voorzuivering (zie kader 3).

Kader 3. Enkele voorbeelden van systemen voor voorzuivering van afstromend hemelwater

Voorbeeld systeem 1.

Verontreinigingen worden verwijderd door een combinatie van sedimentatie, filtratie, ion-uitwisseling en chemische neerslagreacties. In een testopstelling van een dergelijk systeem bleken de concentraties in vervuild afstromend wegwater aanzienlijk gereduceerd: lood met 82%, zink met 86% en minerale olie achtige bestanddelen met 90%. Het systeem kreeg op jaarbasis 2240 m³ regenwater run-off te verwerken afkomstig van 2300 m² wegdek. Van de run-off kon 2% niet door het systeem worden verwerkt ten gevolge van te grote input (zware regenval)¹⁹.

Voorbeeld systeem 2.

Verontreinigingen gebonden aan zwevend stof worden verwijderd met een vortex, die werkt als een soort centrifuge²⁰.

Voorbeeld systeem 3.

Verontreinigingen worden verwijderd door een filter van grind en zuiveringsgranulaat. Voor verwijdering van metalen en organische verbindingen²¹.

Meetgegevens van de zuiveringseffectiviteit van deze systemen in praktijksituaties van extreme regenval zijn nauwelijks beschikbaar. De TCB vindt het van belang dat vóór toepassing de effectiviteit van dergelijke systemen op praktijkschaal is getest en dat de systemen aantoonbaar in staat zijn om in het geval van hevige regenval hun zuiverende werking voldoende te behouden. Hiervoor is voorafgaand inzicht nodig in de lokale chemische kwaliteit van het afstromend

¹⁸ Zie paragraaf Verontreinigingen in afstromend hemelwater.

¹⁹ Dierkes *et al.*, 2008. *Performance of an innovative treatment device for runoff from roads with high traffic densities*. 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK.

²⁰ Bos *et al.*, 2007. Inzicht in milieurisico's van diepinfiltratie van afgekoppeld regenwater. Tijdschrift H₂O, jrg. 40 nr. 13.

²¹ Productinformatie en bijbehorend KOMO keur.

hemelwater, op basis van een meetpakket van chemische analyses dat niet alleen is toegespitst op standaardparameters maar ook alle voor die locatie relevante verontreinigingen in beeld brengt.

4. De infiltratiehoeveelheden

De jaarlijks te verwachten hoeveelheid te infiltreren hemelwater bepaalt mede de mate van beïnvloeding van het diepe grondwater. De hoeveelheid water die door een systeem wordt geïnfiltreerd is, naast de lokale neerslaghoeveelheden, onder andere afhankelijk van het afwaterende oppervlak en de inzet van andere voorzieningen zoals de combinatie met ondiepe infiltratie.

5. De geohydrologische situatie en gevoeligheid van de ontvangende aquifer

Het type geohydrologisch systeem bepaalt mede de ruimtelijke schaal van mogelijke beïnvloeding. In de grotere geohydrologische systemen op de hoger gelegen zandgronden van oostelijk en zuidelijk Nederland zal de verspreiding van verontreinigingen verder en ongecontroleerder kunnen plaatsvinden dan in de kleinere systemen in de kwelgebieden in westelijk Nederland.

In zijn algemeenheid kan verder worden gesteld dat een infiltratiesituatie in een goed doorstromend watervoerend pakket gunstig is voor het lozen van significante hoeveelheden hemelwater. Dit betreft echter vaak vanuit geochemisch oogpunt de meer kwetsbare, weinig reactieve aquifers. Infiltratie in meer reactieve aquifers met een hoger organische stofgehalte, een hoger gehalte aan mineralen en een geringere doorlatendheid leidt tot een geringere verspreiding en minder aantasting van de buffercapaciteit. Het is daarom van belang om bij de keuze van de aquifer waarin diepinfiltratie plaats zal vinden, rekening te houden met de geochemie van het sediment in het watervoerend pakket.

6. De mate en schaal van de kwaliteitsinvloed op het grondwater

Aantasting of verontreiniging van het grondwater is deels onomkeerbaar. Daarom is de TCB van mening dat de kwalitatieve beïnvloeding in ruimte en tijd zoveel mogelijk beperkt dient te zijn.

Van enige lokale nadelige beïnvloeding van het grondwatersysteem zal altijd sprake zijn bij diepinfiltratie. De zone van kwalitatieve beïnvloeding zal in eerste instantie beperkter zijn dan de kwantitatieve. In kwantitatieve termen moet, afhankelijk van de bergingscapaciteit van de ondergrond, rekening gehouden worden met een verdringingszone met een straal van enkele tot enkele tientallen meters en een waterdrukverandering die enkele honderden meters kan bedragen. De kwalitatieve beïnvloeding zal zich in eerste instantie beperken tot de verdringingszone en de mengzone van het geïnfiltreerde en het oorspronkelijke grondwater. De verontreinigingen in het geïnfiltreerde water zullen deels worden vastgelegd en deels via de waterfase worden verspreid. De snelheid van verspreiding is voor stoffen die niet geadsorbeerd worden, gelijk aan de grondwaterverplaatsingssnelheid. Voor de meeste stoffen is de snelheid geringer, door binding aan sedimentdeeltjes in de aquifer.

De lokale informatie over de kwaliteit en hoeveelheid van het te infiltreren water en van de geohydrologische en geochemische eigenschappen van de ontvangende aquifer (de genoemde aspecten 2 tot en met 5) is dus belangrijk voor een inschatting van de mate en schaal van de

kwaliteitsinvloed. De TCB vindt het van belang dat deze inschatting wordt gedaan voorafgaand aan het in gebruik nemen van de diepinfiltratie.

7. Mogelijke nadelige invloed op de gebruiksfuncties van het grondwater

Bij de beoordeling van de aanvaardbaarheid van diepinfiltratie is het van belang om te bepalen of sprake is van aantasting van de kwaliteit van het grondwater en of gebruiksfuncties van het grondwater nu of in de toekomst worden bedreigd. Deze afweging is gelijk voor zoet en voor brak/zout grondwater. De uitkomst van de afweging kan wel verschillend zijn, bijvoorbeeld als gevolg van verschillen in de gebruiksfuncties of de lokale hydrologische situatie.

8. Risico's bij de aanleg van het systeem

Aanleg van diepinfiltratiesystemen in de ondergrond brengt risico's op verstoring of verontreiniging met zich mee, bijvoorbeeld ten gevolge van fouten die worden gemaakt bij het doorboren van scheidende lagen of ontwerpfouten waardoor een afsluitende laag van een aquifer kan barsten als gevolg van de waterdruk bij infiltratie. Ook moet uitgesloten worden dat bestaande verontreinigingen in het grondwater door diepinfiltratie worden verplaatst. Deze risico's spelen bij alle toepassingen van diepinfiltratie. Een kwalitatief goed ontwerp en mogelijkheden voor ingrijpen of bijsturen tijdens de aanleg gebaseerd op nauwkeurige monitoring zijn daarom belangrijk. Ontwerp en aanleg dienen plaats te vinden door gespecialiseerde en erkende bedrijven.

9. De mogelijkheid van monitoring op het juiste moment

De lozing van hemelwater via diepinfiltratie is geen continue stroom, maar periodiek en gekoppeld aan vaak korte perioden van intense regenval. Om te garanderen dat de kwaliteit van het te infiltreren water voldoet aan de gestelde eisen is het van belang dat de monitoring aansluit op de perioden waar daadwerkelijk diepinfiltratie plaatsvindt. Op basis van de analyseresultaten kan eventueel besloten worden tot aanpassing van het systeem, wanneer blijkt dat water wordt geïnfiltrerd van onvoldoende kwaliteit.

10. Mogelijkheid tot ingrijpen bij calamiteiten

Het systeem dient zo te zijn ingericht dat bij eventuele calamiteiten of afwijkende omstandigheden (denk aan een grote zoutvracht bij pekelen of ongelukken met lekkage van stoffen) tijdige afsluiting van instroom van water naar de put mogelijk is.

Naast de genoemde, vooral technische, aspecten en voorzieningen is het van belang dat heldere afspraken worden gemaakt over de verantwoordelijkheden ten aanzien van het beheer, de monitoring en het onderhoud van het systeem, het eventueel aanpassen van het systeem en het ingrijpen bij calamiteiten.

Aanvulling op de beantwoording van vraag 2:

De TCB heeft geconstateerd dat het onderscheid tussen ondiep infiltreren en diep infiltreren niet altijd scherp is. Zij is van mening dat wanneer infiltratie van afstromend hemelwater plaatsvindt tot net boven de grondwaterspiegel (tot enkele decimeters hierboven), de situatie vergelijkbaar is

met rechtstreekse infiltratie in de watervoerende laag. De bovenstaande aspecten voor de milieuhygiënische beoordeling acht zij daarom ook voor deze situaties van toepassing.

Vraag 3. *Bij sommige initiatieven wordt diepinfiltratie van hemelwater afgewisseld met onttrekking van grondwater. Men spreekt dan van ondergrondse waterberging. Daarbij kan het gaan om zowel piekberging (waarbij onttrekking direct op infiltratie volgt) of seizoensberging (waarbij geïnfilterd water in droge perioden wordt onttrokken). Moet een eventuele onttrekking naar oordeel van de commissie bij de beoordeling van aanvaardbaarheid van infiltratie tot een wezenlijk andere wijze van toetsen leiden?*

Het bergen van afvloeiend hemelwater om het later weer te onttrekken, kan leiden tot een geringe verontreinigingslast die achterblijft in het grondwater, omdat de meeste verontreinigingen adsorberen aan de sedimentmatrix. De 'terugwinning' van verontreinigingen is naar verwachting maar beperkt mogelijk. Zo blijkt bijvoorbeeld bij de uitvoering van grondwatersaneringen dat het oppompen van verontreinigingen vaak niet succesvol is.

De beoordeling van diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater in combinatie met tijdelijke berging leidt naar het oordeel van de TCB niet tot een wezenlijk andere wijze van toetsing omdat de milieuhygiënische risico's grotendeels vergelijkbaar zijn. Wanneer de tijdelijke berging in dienst staat van een nuttige toepassing, dan is dit wel een aspect om in de beoordeling van de aanvaardbaarheid mee te wegen (zie ook aspect 1 bij vraag 2).

Vraag 4. *Eén van de milieuhygiënische aspecten bij diepinfiltratie is de inbreng van verontreinigende stoffen in het grondwater. Hieraan wordt expliciet aandacht besteed in de Grondwaterrichtlijn. Artikel 6, derde lid bepaalt dat toestemming voor directe lozing in het grondwater mag worden verleend, indien de inbreng van verontreinigende stoffen "wordt beschouwd als voorkomend in een hoeveelheid of concentratie dat enig onmiddellijk of toekomstig gevaar van achteruitgang van de kwaliteit van het ontvangende grondwater uitgesloten moet zijn". Specifiek met betrekking tot de inbreng van verontreinigende stoffen heb ik de volgende vragen aan de commissie: Ik ben in algemene zin van oordeel dat indien de gehalten aan verontreinigende stoffen in het te lozen water niet hoger zijn dan de streefwaarden grondwater, voor die stoffen aan voornoemde voorwaarde wordt voldaan. Deelt uw commissie dit oordeel?*

Vanuit de optiek van de EU grondwaterrichtlijn zou idealiter getoetst moeten worden aan de lokale of regionale achtergrondconcentraties in het diepe grondwater. Achteruitgang van de kwaliteit van het grondwater in de zin van toename van het aantal verontreinigende stoffen wordt dan immers afgemeten aan de situatie vóór de beïnvloeding. Dit zou naar de mening van de TCB ook het meest passend zijn. Deze optie wordt overigens ook reeds geboden in de Circulaire streef- en interventiewaarden, waarin is aangegeven dat de gehanteerde achtergrondconcentraties bij het vaststellen van de streefwaarden als indicatief opgevat moeten worden en vervangen kunnen worden door lokale of regionale achtergrondconcentraties.

De TCB kan zich voorstellen dat vanuit beleidsmatig en handhavend oogpunt gekozen wordt voor de streefwaarde. De streefwaarden voor diep grondwater geven immers het beleidsmatig vastgestelde lange termijn kwaliteitsdoel voor diep grondwater weer. De TCB wil hierbij echter wel enkele kanttekeningen plaatsen.

Een eerste kanttekening is dat het hanteren van de streefwaarde niet garandeert dat er geen sprake is van verslechtering van de grondwaterkwaliteit in de zin van toegenomen concentraties verontreinigingen. Voor metalen zijn de streefwaarden voor diep grondwater (indicatie: dieper dan 10 meter) gebaseerd op een achtergrondconcentratie plus de zogenaamde Verwaarloosbare Toevoeging (VT). De VT correspondeert met een concentratie van verwaarloosbaar risico in ecotoxiciteitstesten. Omdat de VT zeer gering is in vergelijking met de achtergrondconcentratie, zijn de streefwaarden in de praktijk gelijk aan de achtergrondconcentraties zoals deze in de Circulaire bodemsanering²² zijn opgenomen. Deze achtergrondconcentraties zijn afgeleid van 90-percentiel waarden van niet overmatig belaste gebieden in Nederland en houden dus rekening met een zekere antropogene beïnvloeding. Ze zijn niet gelijk aan natuurlijke achtergrondconcentraties. Door het RIVM²³ zijn natuurlijke achtergrondconcentraties voor metalen in grondwater gepresenteerd die in veel gevallen beduidend lager zijn dan de streefwaarden.

Voor organische verbindingen wordt geen onderscheid gemaakt in streefwaarden voor ondiep of diep grondwater; de streefwaarden hebben betrekking op alle grondwater en zijn gebaseerd op het zogenaamde Verwaarloosbaar Risiconiveau, afgeleid van ecotoxiciteitsgegevens. Organische microverontreinigingen in het grondwater zijn nagenoeg altijd het gevolg van antropogene invloed.

De TCB vraagt zich af of met het hanteren van de streefwaarde voldoende invulling wordt gegeven aan de eisen van de Grondwaterrichtlijn. Met andere woorden: zou deze keuze een Europese juridische toets kunnen doorstaan? Het hanteren van de streefwaarde laat immers enige verontreiniging van het grondwater toe. De TCB kan deze vraag zelf niet beantwoorden maar acht het van belang om dit nader te onderzoeken.

Een tweede kanttekening is dat niet voor alle stoffen streefwaarden zijn vastgesteld. Voor deze stoffen zal naar alle waarschijnlijkheid dus ook geen monitoring worden gedaan. Hierdoor bestaat de kans dat er achteruitgang van de kwaliteit van het ontvangende water zal zijn zonder dat dit door monitoring wordt vastgesteld. Een goede voorzuivering kan het risico van verontreiniging van het grondwater met deze eventuele onbekende stoffen deels ondervangen.

Als laatste wil de TCB over de keuze van de streefwaarde opmerken dat diepinfiltratie in sommige gevallen mobilisatie van verontreinigingen tot gevolg kan hebben, waardoor de streefwaarde, waaraan in eerste instantie werd voldaan, door diepinfiltratie kan worden overschreden. De oxidatie van pyriet kan bijvoorbeeld leiden tot mobilisatie van de metalen zoals arseen⁸. Of een dergelijk risico bestaat, is afhankelijk van de lokale condities van het watervoerend pakket en zal betrokken moeten worden bij de lokale afweging of diepinfiltratie mogelijk is of niet.

Vraag 5. *Specifiek voor diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater zal het garanderen van het streefwaarde niveau een lastige opgave zijn. Hiertoe zal veelal een zuivering en voorafgaande monitoring van het hemelwater noodzakelijk zijn. Acht de commissie het lozen van water met hogere gehalten dan de streefwaarde grondwater toelaatbaar, en zo ja, onder welke voorwaarden? Zou naar het oordeel van de*

²² Bijlage 1 in de Circulaire bodemsanering 2006, zoals gewijzigd op 1 oktober 2008.

²³ Fraters B. *et al.*, 2001. Achtergrondconcentraties van 17 sporenmetalen in het grondwater van Nederland. RIVM rapport 711701017.

commissie aansluiting kunnen worden gezocht bij het beoordelingskader dat voor toepassing van bouwstoffen in het Besluit bodemkwaliteit wordt gehanteerd (ook bij toepassing van bouwstoffen is immers sprake van een langdurige belasting van het grondwater)?

Er worden in het kader van diepinfiltratie verschillende toetsingskaders gehanteerd. Bij diepinfiltratie van oppervlaktewater ten behoeve van de drinkwatervoorziening gelden de normen uit het Infiltratiebesluit bodembescherming als kader. Bij diepinfiltratie van hemelwater ten behoeve van gietwateropslag in de tuinbouw worden in de praktijk de streefwaarden als norm gehanteerd (provincie Zuid-Holland). De drempelwaarden voor grondwater die in het kader van de EU grondwaterrichtlijn²⁴ door lidstaten, waaronder Nederland, worden vastgesteld zijn in het kader van diepinfiltratie niet van toepassing, omdat deze waarden betrekking hebben op het vaststellen van de chemische toestand van een waterlichaam en niet op lokale input van verontreinigingen. Voor deze lokale inbreng van verontreinigingen geldt het principe van *prevent* en *limit*. Hiertoe worden in de Kaderrichtlijn Water²⁵ stoffen genoemd, die niet in het grondwater mogen worden gebracht (de zogenoemde lijst I en lijst II).

De TCB heeft, zoals eerder aangegeven, de voorkeur voor het toetsen aan lokale of regionale achtergrondgehalten, omdat dit het beste aansluit bij het doel om vast te stellen of sprake is van een negatieve beïnvloeding van de grondwaterkwaliteit. Wanneer deze achtergrondgehalten hoger zijn dan de streefwaarden, dan zijn ook hogere gehalten in het te infiltreren water toelaatbaar.

Een overweging zou kunnen zijn om de normen uit het Infiltratiebesluit bodembescherming van toepassing te verklaren op diepinfiltratie van hemelwater, vanuit de redenatie dat zij ook van toepassing worden geacht bij een andere grootschaliger vorm van diepinfiltratie, namelijk ten behoeve van de drinkwatervoorziening. De TCB is hier geen voorstander van. De concentraties genoemd in het Infiltratiebesluit zijn voor veel stoffen beduidend soepeler dan de streefwaarden en bieden geen garantie tegen achteruitgang van het grondwatermilieu. De TCB ziet het toepassingskader voor drinkwatervoorziening als een dusdanig nuttig doel dat een zekere negatieve beïnvloeding van het grondwater hier gerechtvaardigd is. Bij het lozen van hemelwater is echter geen sprake van nuttig hergebruik van het geïnfiltreerde water. Bij de drinkwatervoorziening gaat het bovendien om enkele grote controleerbare voorzieningen, terwijl het bij de diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater gaat om een groter aantal kleine systemen die moeilijker te beheren en te controleren zijn.

Met betrekking tot het beoordelingskader voor bouwstoffen uit het Besluit bodemkwaliteit is de TCB van mening dat dit kader niet van toepassing is voor diepinfiltratie, omdat in het betreffende beoordelingskader de beïnvloeding van de bovenste meter van het grondwater in beschouwing wordt genomen. De TCB is van mening dat voor het diepere grondwater andere, stringenter, eisen dienen te gelden.

Vraag 6. *De leveranciers van diepinfiltratiesystemen geven aan dat bij een eventuele verontreiniging van het grondwater, de verontreinigende stoffen door middel van onttrekking van water via de infiltratieput alsnog uit het grondwater kunnen worden gehaald. Kan naar het oordeel van uw commissie het onttrekken*

²⁴ Directive 2006/118/EC

²⁵ Directive 2006/60/EC

water na een eventuele verontreiniging worden meegewogen bij de beoordeling van de milieuhygiënische aanvaardbaarheid van de diepinfiltratie, en zo ja, op welke wijze?

De vraag is in welke mate eventueel ingebrachte verontreinigingen die met het geïnfiltreerde water in het watervoerende pakket terecht zijn gekomen weer uit dit pakket kunnen worden onttrokken. Voor goed in wateroplosbare verontreinigingen die niet of nauwelijks aan de bodem binden zou een snelle onttrekking direct na de infiltratie van verontreinigingen effectief kunnen zijn, mits het onttrokken watervolume ruimer is dan het geïnfiltreerde volume. Een belangrijk deel van de verontreinigingen zal echter binden aan de bodemdeeltjes en niet volledig teruggewonnen kunnen worden. Op de langere termijn zullen opgeloste verontreinigingen zich met de stroming van het grondwater verspreiden tot buiten het beïnvloedingsgebied van het diepinfiltratiesysteem.

De mogelijkheid van een snelle onttrekking bij een eventuele calamiteit, wanneer alle andere voorzorgen hebben gefaald, acht de TCB als een vereiste om tenminste al het mogelijke te doen om verontreiniging tegen te gaan. Bij het 'normaal' opereren van de diepinfiltratie acht de TCB de mate waarin verontreinigingen teruggewonnen kunnen worden beperkt. Het is dus geen aspect bij de beoordeling van de milieuhygiënische aanvaardbaarheid van diepinfiltratie.

CONCLUSIE

De TCB hanteert als uitgangspunt dat belasting van het grondwater voorkomen dient te worden. Diepinfiltratie van verontreinigd hemelwater zal altijd gepaard gaan met enige negatieve beïnvloeding van het grondwater. De TCB concludeert daarom dat diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater een uiterste middel is, wanneer blijkt dat geen alternatieven voorhanden zijn. De afweging of voor diepinfiltratie wordt gekozen, dient naar de mening van de TCB gebiedsgericht te worden gemaakt waarbij alternatieve opties grondig zijn verkend, inclusief de lokale mogelijkheden voor het vergroten van natuurlijke infiltratie en brongerichte maatregelen met betrekking tot zowel de kwantiteit als de kwaliteit van het afstromend hemelwater. De diepinfiltratie van het hemelwater zou bij voorkeur ook nog een ander nuttig doel moeten dienen. Dan is diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater onder stringente voorwaarden zoals genoemd in dit advies aanvaardbaar.

Met de meeste hoogachting,

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

de voorzitter van de
Technische commissie bodembescherming,
Ir. L.E. Stolker-Nanninga.

BIJLAGE 1

De adviesaanvraag



Er bestaan voor gemeenten verschillende mogelijkheden om met het verzamelde hemelwater om te gaan. Vooral in dichtbebouwd stedelijk gebied wordt hemelwater vaak met huishoudelijk- en bedrijfsafvalwater vermengd en afgevoerd naar de rioolwaterzuiveringsinstallatie. De bestemming van het hemelwater wordt daarbij aldus volledig door de route van het vuilwater bepaald.

In een toenemend aantal gevallen wordt het hemelwater afzonderlijk van 'vuilwater' (huishoudelijk afvalwater en bedrijfsafvalwater) ingezameld. De gemeente kan dan onafhankelijk van afvoer van 'vuilwater' kiezen voor een bestemming voor het ingezamelde hemelwater. Veelal wordt dit hemelwater door middel van een afzonderlijk stelsel naar het oppervlaktewater afgevoerd, of via infiltratievoorzieningen in de bodem gebracht die niet in direct contact staan met het grondwater.

Uit milieuhygiënisch oogpunt is er bij afvoer van hemelwater vanuit bebouwd gebied sprake van een dilemma. Vanuit het oogpunt van kwantitatief waterbeheer bestaat een voorkeur voor vasthouden en bergen van het water, waarbij het lokaal in de bodem brengen van afstromend hemelwater het beste aansluit bij de natuurlijke infiltratie. Het lokaal in de bodem of het oppervlaktewater brengen van afvloeiend hemelwater heeft ook voordelen uit oogpunt van doelmatige inzameling en zuivering van afvalwater. Zo heeft gezamenlijke afvoer van hemelwater en 'vuilwater' een nadelige invloed op de werking van de rioolwaterzuiveringsinstallaties.

Vanuit het oogpunt van de bescherming van de kwaliteit van de bodem en het grondwater kan de verontreiniging van het afstromende hemelwater bij het lokaal in de bodem of het oppervlaktewater brengen daarvan echter een knelpunt vormen. Deze verontreiniging is voornamelijk afkomstig van diffuse bronnen (wegverkeer, bouwmetalen, toepassing van bestrijdingsmiddelen op verhardingen), en daarom door de gemeente slechts ten dele te beïnvloeden. In bijlage 3 wordt ingegaan op de samenstelling van afvloeiend hemelwater van openbare ruimten.

De weging van bovengenoemde kwantitatieve en kwalitatieve aspecten heeft geleid tot een beleidsmatige voorkeur voor het lokaal in de bodem (niet in contact met het grondwater) of het oppervlaktewater brengen van afvloeiend hemelwater (waarbij dus hemelwater gescheiden wordt gehouden van 'vuilwater'). De aanvaardbaarheid van de lozing in de bodem en het oppervlaktewater wordt daarbij lokaal getoetst. Deze toetsing vindt grotendeels plaats bij de invulling van de gemeentelijke rioleringsplannen.

Op de achtergronden van het beleid met betrekking tot afvloeiend hemelwater is uitgebreid ingegaan in de beleidsbrief hemelwater en riolering en bij de totstandkoming de Wet verankering en bekostiging van gemeentelijke watertaken, waarin onder andere een voorkeursvolgorde voor het omgaan met afvalwater en hemelwater is geformuleerd (artikel 10.29a van de Wet milieubeheer). In de voorkeursvolgorde staat preventie, gescheiden houden en hergebruik van afvalwaterstromen bovenaan, gevolgd door het lokaal (na zuivering of retentie) in het milieu brengen van het afvalwater. De voorkeursvolgorde is globaal geformuleerd en gaat dus niet in op de wijze waarop het water lokaal in het milieu wordt gebracht (lozing bodem of oppervlaktewater, wijze van infiltratie).

Diepinfiltratie

In de afgelopen jaren doet zich bij afvoer van afvloeiend hemelwater vanuit de openbare ruimte een nieuwe ontwikkeling voor, die veelal met de term diepinfiltratie wordt aangeduid.

Daarbij wordt het hemelwater door middel van een geperforeerde buis rechtstreeks geïnfiltreerd in dieper gelegen watervoerende grondlagen. Daarbij kan het gaan zowel om zoete als zoute lagen. Het water wordt daarbij ofwel onder vrij verval geïnfiltreerd, ofwel met een pomp in de bodem geperst. Deze techniek heeft in dichtbebouwd stedelijk gebied een aantal praktische voordelen, zoals een beperkter bovengronds ruimtebeslag, en een korter transportstelsel. Daardoor kunnen de kosten voor afvoer van hemelwater lager zijn.

Toepassing van diepinfiltratie is vrij nieuw. Een aantal installaties is inmiddels operationeel. Bij verschillende projecten wordt diepinfiltratie als een optie beschouwd. In bijlage 3 is informatie over enkele projecten opgenomen. Bij de meeste initiatieven wordt er overigens van uitgegaan dat het eerste afvloeiende hemelwater ('first flush') een behandeling zou ondergaan of ondiep zou worden geïnfiltreerd, en dat pas wanneer de capaciteit van deze voorzieningen ontoereikend zou blijken, diepinfiltratie zou plaatsvinden.

Het feit dat bij diepinfiltratie sprake is van een directe inbreng van het hemelwater in het grondwater heeft zowel juridische en milieuhygiënische consequenties.



Juridisch

- de diepinfiltratie is in het kader van Europese regelgeving een "directe lozing" (de inleiding van stoffen van lijst I of II in het grondwater zonder doorsijpeling door bodem of ondergrond);
- de directe lozingen zijn vanuit de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn in beginsel verboden. Toestemming is wel mogelijk, indien de lozing door de bevoegde autoriteiten wordt beschouwd als "voorkomend in een hoeveelheid of concentratie die zo klein is dat enig onmiddellijk of toekomstig gevaar van achteruitgang van de kwaliteit van het ontvangende grondwater uitgesloten is";
- mede gelet op de Europese regelgeving gaat de nationale regelgeving uit van het vereiste van een voorafgaande individuele toestemming voor directe lozingen in het grondwater. Dit is al zo geregeld in het Activiteitenbesluit (voor inrichtingen) en het Besluit lozing afvalwater huishoudens (voor huishoudens). Voor overige lozingen (waaronder lozingen vanuit de openbare ruimte) zal dit geregeld worden in het *Besluit algemene regels lozingen buiten inrichtingen*..
- het Lozingenbesluit bodembescherming, waaronder de lozingen buiten inrichtingen nu nog vallen, wordt in de praktijk verschillend geïnterpreteerd. Mede daardoor hebben de in werking zijnde installaties geen individuele beoordeling doorlopen. De bevoegde instanties waren namelijk van mening, dat het Lozingenbesluit niet op de lozing van toepassing is. Omdat het beoogde *Besluit algemene regels lozingen buiten inrichtingen* op dit punt volstrekt helder is (directe lozing in beginsel verboden, toestemming bij maatwerkvoorschrift mogelijk), gaat de adviesaanvraag niet in op de juridische aspecten.

Milieuhygiënisch

- het afvloeiend hemelwater bevat verschillende verontreinigingen. De mate waarin deze voorkomen is afhankelijk van de specifieke situatie, met name de functie en de uitvoering van de oppervlakken waarvan het hemelwater afstroomt.
- bij directe lozingen is er geen sprake van doorsijpeling door bodem of ondergrond. Bij lozingen via infiltratievoorzieningen die niet in direct contact staan met grondwater leidt die doorsijpeling over het algemeen tot enige fysische en/of biologische zuivering van het afvalwater.
- een deel van de rondom het infiltratiepunt ingebrachte verontreiniging kan wellicht bij onttrekken van het water weer worden teruggehaald. Onttrekken kan aan de orde zijn indien de ondergrond deels als waterberging wordt gebruikt, bij onderhoud, of als beheersmaatregel wanneer bij infiltratie een verontreiniging is gesignaleerd.
- naast risico op verontreiniging kunnen ook andere milieuaspecten een rol spelen (zoals het doorboren van niet doorlatende lagen, verstoring van ander gebruik e.d.).
- tegenover de potentiële nadelen staan ook milieuhygiënische voordelen: geen transport van hemelwater over lange afstanden en geen vermenging van hemelwater met vuilwater.

Adviesaanvraag

De vragen die ik aan uw commissie voorleg hebben betrekking op de milieuhygiënische beoordeling van diepinfiltratie. Zoals hierboven aangegeven gaat het toekomstig wettelijke kader conform Europese regelgeving met betrekking tot lozingen in de bodem uit van een individuele beoordeling van diepinfiltratie, waarbij toestemming pas mogelijk is indien "het belang van de bescherming van het milieu zich gelet op de samenstelling, hoeveelheid en eigenschappen van de lozing niet tegen het lozen verzet".

Gelet op het feit dat diepinfiltratie een nieuwe ontwikkeling is waarbij die, indien toegepast, voor tientallen jaren de wijze van omgaan met afvloeien hemelwater in een gebied bepaalt, hecht ik er ook aan dat diepinfiltratie past binnen de gedachten over duurzaam bodemgebruik.

De vragen aan uw commissie zijn de volgende:

- 1) *Past diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater van openbare ruimten naar oordeel van de commissie binnen de randvoorwaarden van duurzaam bodemgebruik?*
- 2) *Welke milieuhygiënische aspecten spelen een rol bij diepinfiltratie, en zouden aldus bij de beoordeling van de aanvaardbaarheid daarvan moeten worden meegenomen? Zijn hierbij verschillen voor brak/ zout en zoet grondwater?*
- 3) Bij sommige initiatieven wordt diepinfiltratie van hemelwater afgewisseld met onttrekking van grondwater. Men spreekt dan van ondergrondse waterberging. Daarbij kan het gaan om zowel piekberging (waarbij onttrekking directe op de infiltratie volgt) of seizoensberging (waarbij



geïnfiltreerd water in droge perioden wordt onttrokken). *Moet een eventuele onttrekking naar oordeel van de commissie bij de beoordeling van aanvaardbaarheid van infiltratie tot een wezenlijk andere wijze van toetsen leiden?*

Een van de milieuhygiënische aspecten bij diepinfiltratie is de inbreng van verontreinigende stoffen in het grondwater. Hieraan wordt expliciet aandacht besteed in de Grondwaterrichtlijn. Artikel 6, derde lid bepaald dat toestemming voor directe lozing in het grondwater mag worden verleend, indien de inbreng van verontreinigende stoffen "wordt beschouwd als voorkomend in een hoeveelheid of concentratie dat enig onmiddellijk of toekomstig gevaar van achteruitgang van de kwaliteit van het ontvangende grondwater uitgesloten moet zijn". Specifiek met betrekking tot de inbreng van verontreinigende stoffen heb ik de volgende vragen aan de commissie:

- 4) *Ik ben in algemene zin van oordeel dat indien de gehalten aan verontreinigende stoffen in het te lozen water niet hoger zijn dan de streefwaarden grondwater, voor die stoffen aan voornoemde voorwaarde wordt voldaan. Deelt uw commissie dit oordeel?*
- 5) *Specifiek voor diepinfiltratie van afvloeiend hemelwater zal het garanderen van het streefwaarde niveau een lastige opgave zijn. Hiertoe zal veelal een zuivering en voorafgaande monitoring van het hemelwater noodzakelijk zijn. Acht de commissie het lozen van water met hogere gehalten dan de streefwaarde grondwater toelaatbaar, en zo ja, onder welke voorwaarden? Zou naar het oordeel van de commissie aansluiting kunnen worden gezocht bij het beoordelingskader dat voor toepassing van bouwstoffen in het Besluit bodemkwaliteit wordt gehanteerd (ook bij toepassing van bouwstoffen is immers sprake van een langdurige belasting van het grondwater)?*
- 6) *De leveranciers van diepinfiltratiesystemen geven aan dat bij een eventuele verontreiniging van het grondwater de verontreinigende stoffen door middel van onttrekking van water via de infiltratieput alsnog uit het grondwater kunnen worden gehaald. Kan naar het oordeel van uw commissie het onttrekken van water na een eventuele verontreiniging worden meegewogen bij de beoordeling van de milieuhygiënische aanvaardbaarheid van de diepinfiltratie, en zo ja, op welke wijze?*

Gelet op het traject van de totstandkoming van het *Besluit algemene regels lozingen buiten inrichtingen* verzoek ik u het advies voor 1 april 2009 aan mij te doen toekomen.

Als contactpersoon zal dhr. Kryštof Krijt (tel. 070-3394278, krystof.krijt@minvrom.nl) fungeren.

Hoogachtend
Minister van Volkshuisvesting,
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer



dr. Jacqueline Cramer

Bijlagen:

- 1) Hoofdlijnen herijking regelgeving voor lozingen
- 2) Beoogde regeling in het Besluit algemene regels lozingen buiten inrichtingen.
- 3) Samenstelling van afvloeiend hemelwater van openbare ruimten
- 4) Informatie gerealiseerde en voorgenomen projecten (artikelen vakpers)

Toelichting op verschillende toepassingen van diepinfiltratie van water

Diepinfiltratie van afstromend hemelwater (publiek)

Toelichting op de geschatte jaarlijkse infiltratiehoeveelheid:

De jaarlijkse neerslag in Nederland bedraagt circa 700 mm.

Uitgaande van een afstromend oppervlak van 10 hectare betekent dit dat in deze setting maximaal 0,07 miljoen m³ voor diepinfiltratie beschikbaar komt ($0,7 * 100.000 = 70.000 \text{ m}^3 = 0,07 \text{ miljoen m}^3$). Er vanuit gaande dat een deel van het water ondiep geïnfiltreerd zal worden is dit getal (arbitrair) gehalveerd. De schatting is vervolgens: 0,035 Mm³. Omdat de afgekoppelde oppervlakken en de ontwerpen van diepinfiltratie variëren, is in dit advies een range geschat van 0,01 - 0,05 miljoen m³ per jaar.

Diepinfiltratie voor WKO

Diepinfiltratie van grondwater vindt bijvoorbeeld plaats ten behoeve van Warmte-koudeopslag (WKO). Bij de open systemen voor Warmte-koudeopslag (WKO) wordt relatief koud grondwater aan een watervoerend pakket onttrokken (de koude-bron) en na passage van een warmtewisselaar wordt het relatief warme water weer elders in het watervoerend pakket geïnfiltreerd (de warmte-bron). Momenteel zijn in Nederland ca. 1000 WKO installaties bekend (open systemen)²⁶. De toepassing van WKO wordt door het ministerie van VROM sterk gestimuleerd, omdat het gezien wordt als een duurzame energiebron en kan bijdragen aan vermindering van de CO₂ uitstoot; het is dus aannemelijk dat de schaal van toepassing zal toenemen. Een indicatie voor de diepte van onttrekken en infiltreren is 20 tot 200 meter diepte. De ingenomen ruimte van een WKO installatie kan erg variëren. Door Westerhof *et al* (2008)²⁷ wordt voor een typische (gemiddelde) installatie een ondergronds oppervlak van 150-200 meter lang en 100 meter breed genoemd. De hoeveelheid verplaatst grondwater per jaar bedraagt voor een 'gemiddelde' installatie ongeveer 1 miljoen m³, maar kan in de praktijk aanzienlijk variëren.

Geohydrologische isolatie van verontreinigingen

Een ander voorbeeld is de toepassing van diepinfiltratie van grondwater bij sanering. Deze toepassing komt weinig voor. Op een bedrijfsterrein in Dordrecht wordt deze geohydrologische isolatie toegepast door grondwater van 60 meter diepte op te pompen en op 45 meter diepte weer in de bodem te infiltreren²⁸.

²⁶ Groen licht voor bodemenergie. Advies Taskforce WKO, 23 maart 2009.

²⁷ Westerhof R. *et al*, 2009. Gebruik van de ondergrond, ingrediënten voor een afweging. Studie in opdracht van de TCB. Royal Haskoning, 's-Hertogenbosch.

²⁸ Bolier, 1996. Diepinfiltratie grondwater nieuw bij sanering. Milieumarkt 40, juni 1996.

Diepinfiltratie ten behoeve van de drinkwatervoorziening

Diepinfiltratie van oppervlaktewater vindt met name plaats ten behoeve van de drinkwatervoorziening. De schaal waarop dit plaatsvindt is vooralsnog beperkt tot 10 tot 20 locaties bij drinkwaterbedrijven. Het merendeel van deze locaties betreft experimentele locaties. Er zijn enkele productielocaties operationeel (in 2004 waren dit 3 locaties plus 1 geplande locatie²⁹). Diepinfiltratie wordt gezien als een mogelijkheid om een aantal negatieve gevolgen van onttrekking van grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening, zoals grondwaterstandsverlaging, tegen te gaan. In bepaalde gebieden geeft het de mogelijkheid om moerasgebieden te herstellen. Een voorbeeld van een operationele diepinfiltratievoorziening voor drinkwaterwinning is de voorziening 'Watervlak' in de duinen van de provincie Noord-Holland. De maximaal gerealiseerde infiltratie is hier 4,9 miljoen m³ per jaar³².

Diepinfiltratie en waterberging in de glastuinbouw

Hemelwater dat afstroomt van de kassen wordt, nadat het veelal eerst voor korte tijd is opgeslagen in bassins, als voorraad in het watervoerend pakket onder de kassen geïnfiltrated. De voorraad kan weer worden benut (opgepompt) als de kassen het water nodig hebben als gietwater. Deze toepassing van wateropslag heeft in de glastuinbouw vooral een ruimtevoordeel vergeleken met bovengrondse gietwaterbassins. De schaal van toepassing is beperkt. In Zuid-Holland hebben de 15 vergunde diepinfiltraties een gemiddelde infiltratie van circa 59.000 m³ hemelwater per jaar, allen in het eerste watervoerende pakket. Het theoretische verlies is minimaal 25% en maximaal circa 50%³⁰.

Diepinfiltratie en waterberging voor het waterbeheer in het landelijk gebied

In tijden van een overschot aan water wordt het water onttrokken aan het oppervlaktewater of het regenwater wordt via drains opgevangen. Dit oppervlaktewater of regenwater wordt diep geïnfiltrated. In tijden van droogte, als er behoefte is aan het water, kan het weer worden ingebracht in het oppervlaktewatersysteem. Het voordeel van een dergelijke benadering is dat de ruimteclaim bij ondergrondse berging veel geringer is dan bij bovengrondse berging. Er zijn op dit moment nog geen praktijkvoorbeelden van een dergelijke toepassing van diepinfiltratie, wel zijn er plannen. Een voorbeeld is het plan om in de gemeente Haarlemmermeer (Zwaansbroek) een ondergrondse seizoensberging te creëren die 2 miljoen m³ water kan leveren van goede kwaliteit in de zomer. Dit betekent dat in de winter 4 miljoen m³ water geïnfiltrated zou moeten worden. Hiertoe zou diepinfiltratie plaatsvinden in het tweede watervoerende pakket op 90 tot 125 meter diepte³¹.

²⁹ Stuyfzand P.J. en A. Doomen, 2004. *The Dutch experience with MARS (Managed Aquifer Recharge and Storage). A review of facilities, techniques and tools*. Rapport KWR 05.001, KIWA Water Research, Nieuwegein, december 2004.

³⁰ Informatie van Provincie Zuid-Holland, per e-mail 18 februari 2009.

³¹ IF Technology, 2005. Waterberging in de diepte. Definitiestudie ondergrondse waterberging als aanvulling op waterberging op het maaiveld bij Zwaanshoek (gemeente Haarlemmermeer). Hoofdrapport. Onderzoek uitgevoerd in het kader van het programma Leven met Water van BSIK. Rapport 1/54 139 GW, 20 mei 2005.

TCB adviezen gerelateerd aan dit advies:

Advies Ondergronds beluchten, A24(1997).

Advies Stysteemgericht grondwaterbeheer, S24(2003).

Preadvies Duurzaam gebruik van de ondergrond, A043(2008).

De commissieleden van de TCB zijn:

Ir. L.E. Stolker-Nanninga, voorzitter TCB, Openbaar Bestuur

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

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

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

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

Prof.dr.ir. O. Oenema, hoogleraar Nutriëntenmanagement Bodemvruchtbaarheid bij Wageningen UR en projectleider Landbouw en Milieu bij Centrum Bodem van Alterra

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

Prof.dr. J.C.H.M. Vangronsveld, Hoogleraar milieukunde, universiteit van Hasselt.

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

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

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

Dr. C.M. Plug, ministerieel vertegenwoordiger, directeur Duurzaam Produceren VROM

Het secretariaat van de TCB:

Dr. J. van Wensem, algemeen secretaris

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

Drs. J. Tuinstra, senior adjunct secretaris

Drs. M. ten Hove, adjunct secretaris

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

S.I. Sewnarain, administratief medewerker

Dit advies is opgesteld door Jaap Tuinstra