



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

Functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwaterkwaliteit

Verkenning en methodiekontwikkeling

RIVM rapport 607050012/2013

P.F. Otte | F.A. Swartjes | P. van Beelen



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

Functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwaterkwaliteit

Verkenning en methodiekontwikkeling

RIVM rapport 607050012/2013

Colofon

© RIVM 2013

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

P.F. Otte, RIVM

F.A. Swartjes, RIVM

P. van Beelen, RIVM

Contact:

P.F. Otte

Centrum Duurzaamheid, Milieu en Gezondheid

piet.otte@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, directie Water en Bodem, in het kader van het project Duurzaam gebruik van de ondergrond M/607050.

Rapport in het kort

Functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwaterkwaliteit

Verkenning en methodiekontwikkeling

Het RIVM heeft een nieuw concept uitgewerkt om normen af te leiden voor twaalf veelvuldig voorkomende verontreinigende stoffen in grondwater (meestal organische oplosmiddelen). Dit is bedoeld om het beheer van grondwaterkwaliteit en de functies van het grondwater concreet vorm te geven. De basis van het concept voor deze zogeheten functiespecifieke risicogrenswaarden is dat voor de grondwaterkwaliteit rekening wordt gehouden met het gebruik of de functie van het grondwater. Het voordeel is dat de vervuiling specifiek kan worden aangepakt.

Deze benadering is vergelijkbaar met de werkwijze voor het bodembeheer. In de toekomst kan daardoor het beheer van bodem- en grondwater worden gekoppeld. Het concept is verkennend van aard en wil, passend bij de nieuwe Omgevingswet (2018), bijdragen aan nieuw beleid voor grondwater.

De huidige normen hebben geen directe relatie met het feitelijke gebruik van grondwater. Op basis van de streef- en interventiewaarden voor grondwater wordt bepaald in welke mate beheer en sanering nodig zijn en naar welke waterkwaliteit wordt gestreefd.

Voor de afleiding van functiespecifieke risicogrenswaarden is een onderscheid gemaakt tussen drie gebiedstypen: de combinatie Landbouw/Natuur, Wonen en Industrie. Elk gebiedstype stelt eisen aan de grondwaterkwaliteit, zoals voor irrigatie, ecologie, drinkwateronttrekking, veilig wonen en industriële productieprocessen. De risicogrenswaarden kunnen onder meer worden gebruikt voor het zogeheten gebiedsgericht beheer van grondwater. Hierbij wordt een vervuild gebied in zijn geheel aangepakt, wat vooral efficiënt is als de 'veroorzaker' niet bekend is (zoals bij oudere, industriële verontreinigingen). De grenswaarden geven onacceptabele risico's aan, gekoppeld aan een specifieke functie van grondwater. Om de kwaliteit van nabijgelegen schoon grondwater te garanderen, worden daarvoor strengere risicogrenswaarden aangegeven.

Trefwoorden:

gebiedsgericht grondwaterbeheer, grondwaterkwaliteit, risicogrenzen gebruik grondwater, stedelijke grondwatervervuiling

Abstract

Function-specific screening values for groundwater

Exploration and development of methodology

The groundwater quality in urban, industrial and in non-urban areas may have been affected by (former) industrial and commercial activities, spills and through leaching and run off from uncontrolled landfills, roads and building materials. This resulted in large volumes of contaminated groundwater. During the last twenty years, remediation of individual plumes of contaminated groundwater appeared to be an expensive and often remediation objectives appeared to be infeasible, despite of the available remediation techniques. In the Netherlands, this led to a change in the approach of large-scale groundwater contamination. Instead of remediation of individual groundwater plumes, the new policy focuses on the management of non-point source (diffuse) pollution of groundwater.

Key goals of the approach for the management of so called 'area wide groundwater contamination' are the removal of point sources, the protection of vulnerable objects (for example drinking water wells) and the management of risks in relation to the use and function of groundwater. The latter topic is difficult to deal with, because function-specific groundwater screening values are lacking in the Netherlands. As in most countries, existing groundwater screening values or quality standards are not related to the use or function of groundwater. Moreover, the scientific foundation of existing quality standards can be improved and updated and more clearly based on risks for human health or the environment.

In this report, we present an approach for the derivation of function specific and risk-based screening values for groundwater. This approach includes the definition of the different functions and uses of groundwater, and the related risk criteria. Based on these elements, groundwater screening values for the different functions and uses are derived for twelve frequently occurring contaminants.

Keywords:

urban groundwater pollution, function-specific groundwater quality assessment, risk-based screening values for groundwater, area-wide groundwater management

Inhoud

Samenvatting—9

1	Inleiding—11
1.1	Achtergronden en doel—11
1.2	Discussie—13
1.3	Achtergrond gebiedsgericht grondwaterbeheer—14
2	Huidige normen voor grondwaterkwaliteit—17
2.1	Grondwater—17
2.2	Maximale Waarden—18
3	Methodiek afleiding functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwater—21
3.1	Benadering—21
3.2	Functies, gebruikseisen en kwaliteitscriteria—22
3.2.1	Functies van het grondwater en risicoperspectief—22
3.2.2	Gebruikseisen aan grondwater—25
3.3	Duurzame benutting van de ondergrond—26
3.4	Selectie van contaminanten—27
4	Bepaling van op humane gezondheid gebaseerde risicogrenswaarden—31
4.1	Uitgangspunten—31
4.1.1	Humaan-toxicologisch toetscriterium—31
4.2	Inhalatie binnenlucht—33
4.2.1	Berekening van risicogrenzen grondwater voor inhalatie binnenlucht—34
4.3	Bescherming van de drinkwaterfunctie—35
4.3.1	Grondwaterbeschermingszones—37
4.3.2	Kwaliteit van het onttrokken grondwater—38
4.3.3	Permeatie door drinkwaterdistributieleidingen—38
4.3.4	Kwaliteitseisen voor drinkwater uit private putten voor eigen consumptie—41
4.4	Gewaskwaliteit—43
4.5	Gebruik van grondwater in de landbouw—46
5	Bepaling van ecologisch onderbouwde risicogrenswaarden—49
5.1	Uitgangspunten—49
5.2	Beoordeling van de risico's per stof of meerdere stoffen—49
5.3	Habitatfunctie van grondwater—50
5.4	De invloed van verontreinigd grondwater op het terrestrische ecosysteem—53
5.4.1	Grondwaterafhankelijke ecosystemen—53
5.4.2	Processen—53
5.4.3	Inkadering—55
5.4.4	Berekening risicogrenzen voor grondwater—55
5.4.5	Synthese—68
5.5	De invloed van verontreinigd grondwater op de kwaliteit van het oppervlaktewater—70
5.6	Achtergrondwaarden in grondwater—71
6	Intrinsieke waarde van grondwater—75
6.1	Argumenten—75
6.2	Richtlijn grondwater—75

- 6.3 Huidige praktijk—76
- 6.4 Resumé—78

7 Toepassing van functiespecifieke risicogrenswaarden, beschermingsdoelen en kwaliteitseisen—81

- 7.1 Toepassing van risicogrenswaarden—81
- 7.2 Overzicht van beschermingsdoelen en kwaliteitseisen—82

8 Conclusies en aanbevelingen—89

- 8.1 Conclusies—89
- 8.2 Aanbevelingen—91
 - 8.2.1 Beleidsmatig—91
 - 8.2.2 Technisch-inhoudelijk—93

9 Literatuur—95

Bijlage 1: Risicogrenswaarden per stof voor grondwaterkwaliteit binnen en buiten het beheersgebied—101

Bijlage 2: Toelichting risicogrenzen ecosystemen—115

Samenvatting

Grondwater vervult een aantal essentiële functies, zoals een goede drinkwatervoorziening. Het duurzaam garanderen van deze functies is leidend voor de gewenste grondwaterkwaliteit – artikel 1 van de Kaderrichtlijn Water (KRW) en de dochterrichtlijn Grondwater (DRGW) en daarmee voor het beheer van grondwater. Deze studie is primair bedoeld om nadere invulling te geven aan het *gebiedsgericht grondwaterbeheer*. Hiervoor zijn functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwater afgeleid. Een functiespecifieke risicogrenswaarde is de toelaatbare concentratie van een contaminant in grondwater (uitgedrukt in µg/l), gerelateerd aan een specifieke functie en een gedefinieerd beschermingsniveau. Op basis van deze risicogrenswaarden kunnen op termijn functiespecifieke normen voor grondwater worden vastgesteld. Daarnaast kunnen functiespecifieke risicogrenswaarden een eerste invulling geven aan de *Guidance on preventing or limiting direct and indirect inputs in the context of the Groundwater Directive, 2006/118/EC*. De huidige grondwaternormen, zoals streef-, interventie- en drempelwaarden, hebben geen relatie met de daadwerkelijke functie van het grondwater.

In deze rapportage zijn functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwater afgeleid voor de bodemfuncties Landbouw en Natuur (gecombineerd), Wonen en Industrie voor twaalf veel voorkomende contaminanten. De procedure die hierbij werd gevolgd, is analoog aan die voor de afleiding van de Maximale Waarden voor bodem. Hierbij worden voor iedere bodemfunctie achtereenvolgens gebruikseisen gedefinieerd, kwaliteitscriteria vastgesteld en vervolgens functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwater afgeleid. De gebruikseisen richten zich op humane en ecologische beschermingsdoelen, benutting van grondwater en voedselveiligheid. Door het beleid kan hieruit een keuze worden gemaakt voor de te hanteren risicogrenswaarde per bodemfunctie.

Functiespecifieke risicogrenswaarden kunnen onder meer worden toegepast voor het gebiedsgericht grondwaterbeheer. Voor wat betreft de bescherming van de grondwaterkwaliteit *buiten het beheersgebied* geldt dat er sprake moet zijn van het garanderen van een 'duurzame grondwaterkwaliteit'. Daarom wordt voor de beschermingsniveaus zoveel mogelijk aangesloten bij de uitgangspunten voor de afleiding van de Maximale Waarden voor de bovengrond; deze representeren een 'duurzaam geschikte toestand van de bodem'. *Binnen het beheersgebied* dient een soepeler (minder strenge) toetsing plaats te vinden, waarbij ontoelaatbare risico's in relatie tot functie en gebruik echter moeten worden vermeden.

Om inzicht te krijgen in de hoogte van risicogrenswaarden zijn voor twaalf contaminanten functiespecifieke risicogrenswaarden berekend.

Het onderzoek in dit rapport moet worden beschouwd als verkennend. De uitwerking van functiespecifieke risicogrenswaarden is gebaseerd op voorbeelden van beleidskeuzes. Definitieve beleidskeuzes zijn de verantwoordelijkheid van betrokken overheden. De discussie over de vraag of het mogelijk en zinvol is om op basis van potentiële risico's functiespecifieke risicogrenswaarden te formuleren voor de beoordeling en het beheer van de grondwaterkwaliteit, zou zich moeten richten op de volgende aspecten:

- het nut van separate risicogrenswaarden per functie, naast reeds bestaande generieke normen als streefwaarden, interventiewaarden en drempelwaarden;
- de hoogte van de functiespecifieke risicogrenswaarden in relatie tot gemeten concentraties en bestaande normen als streefwaarden, interventiewaarden en drempelwaarden;
- de betekenis van functiespecifieke risicogrenswaarden in relatie tot de diepte waarop de verontreiniging zich bevindt;
- de betekenis van functiespecifieke risicogrenswaarden rekening houdend met het feit dat grondwater beweegt.

Een belangrijke aanbeveling is om de in deze studie als voorbeeld gehanteerde beleidsmatige keuzen te evalueren, desgewenst aan te passen en vervolgens formeel vast te stellen. Technisch-inhoudelijke aanbevelingen zijn gerelateerd aan de invloed van de grondwaterspiegel en andere locatiespecifieke kenmerken op de hoogte van risicogrenswaarden ten gevolge van uitdamping en permeatie van verontreinigingen door drinkwaterleidingen. Andere aandachtspunten zijn de keuze voor een representatief scenario voor de beïnvloeding van de bovengrond door opwellend grondwater, de afleiding van risicogrenswaarden bij irrigatie en veedrenking en een benadering om rekening te houden met de afbraak van contaminanten bij het inschatten van risico's. Bij het voorkomen van een mengsel van verontreinigingen in het grondwater kan toe- of afname van de toxicologische druk worden beoordeeld met behulp van een msPAF-berekening (*multi-species Potential Affected Fraction*). Overwogen kan worden om deze benadering operationeel te maken.

Met de risicotoolbox Bodem wordt het beheer van de bodemkwaliteit ondersteund, waarbij de specifieke kenmerken en de functie van het beheersgebied worden meegewogen. De bouw van een risicotoolbox voor grondwater biedt mogelijkheden om ook voor grondwater specifieke ondersteuning te bieden aan gebiedsgericht beheer en de uitwerking van gebiedsspecifiek beleid.

1 Inleiding

1.1 Achtergronden en doel

Het grondwater vervult een aantal essentiële functies, zoals een goede drinkwatervoorziening. Het duurzaam garanderen van deze functies is leidend (artikel 1 van de KRW en DRGW) voor de gewenste grondwaterkwaliteit en daarmee voor het beheer van grondwater.

Het Nederlandse beleid voor grondwaterkwaliteit is oorspronkelijk ontwikkeld vanuit twee doelen. Ten eerste het garanderen van voldoende schoon grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening. Ten tweede het opruimen en beheren van historische bodem- en grondwaterverontreiniging en het voorkomen van nieuwe verontreiniging.

Het beleid voor drinkwater is vastgelegd in de Drinkwaterwet, terwijl het beleid voor de bescherming en sanering van bodem en grondwater is vastgelegd in de Wet bodembescherming. In deze wetten zijn normen en regelingen opgenomen waarmee invulling kan worden gegeven aan de uitvoering.

Sinds 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW, 2000/60/EG) richtinggevend voor het Nederlandse waterbeleid. De Kaderrichtlijn heeft een duurzame veiligstelling van grond- en oppervlaktewaterlichamen tot doel. Voor grondwater zijn de KRW-doelen gespecificeerd in de Grondwaterrichtlijn (GWR, 2006/118/EG). Een belangrijke doelstelling is het bereiken en behouden van een goede chemische en ecologische status van de grondwaterlichamen. Daarnaast is een bepaling opgenomen om de inbreng van verontreinigende stoffen te voorkomen of te beperken.

Het beleid en de normen voor drinkwater en grondwatersanering en voor grondwaterkwaliteit van de Grondwaterrichtlijn zijn afgeleid in verschillende perioden en beogen verschillende doelen. Daardoor kunnen er (schijnbare) inconsistenties optreden tussen de verschillende normen. De volgende normen worden onderscheiden:

- Drinkwaternormen. De drinkwaternormen zijn bedoeld om een optimale kwaliteit van het drinkwater te garanderen. In de praktijk passen drinkwaterbedrijven deze normen ook toe op het grondwater nabij drinkwateronttrekkingsputten.
- Streef- en interventiewaarden voor grondwater. Interventiewaarden zijn bedoeld voor de bepaling van een geval van ernstige grondwaterverontreiniging en voor saneringsbeslissingen. Streefwaarden geven de grens aan tussen schoon en licht verontreinigd grondwater.

Streef- en interventiewaarden worden generiek toegepast en hebben geen relatie met de functie of het gebruik van grondwater.

- Drempelwaarden. Drempelwaarden zijn bedoeld voor de toetsing van de 'goede chemische toestand' van een grondwaterlichaam. De goede chemische toestand van grondwater is gekoppeld aan twee beschermdoelen: (1) de doelen van aquatische en terrestrische ecosystemen die afhankelijk zijn van het grondwaterlichaam en (2) het gebruik van grondwater door de mens.
- Grenswaarden (*limit values*) voor de beoordeling van inputs (Grondwaterrichtlijn). Lidstaten mogen alleen toestaan dat pluimen zich verspreiden door onder voorwaarden gebruik te maken van de uitzonderingsbepaling. De twee voorwaarden zijn dat locaties passend worden gemonitord en er een inventaris wordt bijgehouden. De voorwaarden zijn niet geconcretiseerd. Een mogelijkheid biedt de afleiding van zogenaamde *limit values*. Een lidstaat heeft zelf de mogelijkheid hieraan invulling te geven, waarbij lokale en gebiedsspecifieke kenmerken (bijvoorbeeld geochemie, functie en gebruik) kunnen worden meegewogen.

Deze studie is primair bedoeld om nadere invulling te geven aan het gebiedsgericht beheer van grondwater. Allereerst wordt informatie in beeld gebracht voor een discussie over de vraag of het mogelijk en zinvol is om op basis van potentiële risico's voor verschillende functies risicogrenswaarden af te leiden voor grondwater. Dit zou op termijn kunnen resulteren in functiespecifieke normen voor grondwater.

Daarnaast kunnen functiespecifieke risicogrenswaarden een eerste invulling zijn van de *Guidance on preventing or limiting direct and indirect inputs in the context of the Groundwater Directive, 2006/118/EC* (EC, 2006). In deze handreiking wordt een pragmatische en toegesneden benadering voorgesteld voor de beoordeling van inputs en de bescherming van receptoren op lokale schaal.

Een functiespecifieke risicogrenswaarde is het concentratieniveau van een contaminant in het compartiment grondwater, waarbij in geval van overschrijding sprake is van vermindering of dreigende vermindering van de functie en/of het gebruik die het grondwater heeft voor mens, plant of dier (het ecosysteem) of dat er sprake is van een onaanvaardbaar risico.

De afgeleide functiespecifieke risicogrenswaarden dienen bij te dragen aan oplossingen voor die situaties waar op basis van generieke normen geen haalbaar handelingsperspectief mogelijk is, of efficiëntere, goedkopere

oplossingen. De koppeling van functies aan grondwaterkwaliteit biedt ruimte voor onder andere:

- op de lokale situatie toegesneden afwegingen;
- integrale afwegingen waarbij verschillende factoren in samenhang worden beschouwd;
- innovatieve oplossingen in samenhang met daadwerkelijke risico's;
- het verbinden van grondwaterbelangen met ruimtelijke ordening, water en bodem;
- bijdragen aan belangrijke maatschappelijke opgaven.

Op basis van de risicogrenswaarden kan worden beoordeeld of binnen het beheersgebied onaanvaardbare risico's voor mens en/of milieu aanwezig zijn. De risicogrenswaarden die zijn afgeleid voor het grondwater buiten het beheersgebied, zijn bedoeld om invulling te geven aan duurzame grondwaterkwaliteit. De toetsing van uit het gebied stromend grondwater kan bijvoorbeeld nabij de grens van het beheersgebied plaatsvinden. Op basis van risicogrenswaarden en (beoogde) bodemfuncties kunnen concrete beheeropties voor een beheersgebied worden ingevuld. Belangrijke aspecten bij de afleiding van functiespecifieke risicogrenswaarden zijn:

- de kwaliteitsdoelen die worden gesteld en de ambities in termen van bescherming en preventie, de (duurzame) benutting van grondwater en risicobeheer en -reductie;
- de gebruikseisen die aan het grondwater binnen en buiten het beheersgebied kunnen worden toegekend (inclusief de grondwaterafhankelijke receptoren/kwetsbare gebieden);
- de selectie van contaminanten;
- de methodiek om functiespecifieke risicogrenswaarden af te leiden.

1.2

Discussie

Het onderzoek in dit rapport moet worden beschouwd als verkennend. De uitwerking van functiespecifieke risicogrenswaarden is gebaseerd op voorbeelden van beleidskeuzes. Definitieve beleidskeuzes zijn de verantwoordelijkheid van betrokken overheden.

De discussie over de vraag of het mogelijk en zinvol is om op basis van potentiële risico's functiespecifieke risicogrenswaarden te formuleren voor de beoordeling en het beheer van de grondwaterkwaliteit, zou zich moeten richten op de volgende aspecten:

- het nut van separate risicogrenswaarden per functie, naast reeds bestaande generieke normen als streefwaarden, interventiewaarden en drempelwaarden;
- de hoogte van de functiespecifieke risicogrenswaarden in relatie tot gemeten concentraties en bestaande normen als streefwaarden, interventiewaarden en drempelwaarden;
- de betekenis van functiespecifieke risicogrenswaarden in relatie tot de diepte waarop de verontreiniging zich bevindt;
- de betekenis van functiespecifieke risicogrenswaarden rekening houdend met het feit dat grondwater beweegt. Dit heeft als gevolg dat een watervolume in een later stadium aan een andere functie gerelateerd kan worden, waarbij dan andere functiespecifieke risicogrenswaarden zouden passen. Voor de afleiding van functiespecifieke risicogrenswaarden spelen receptoren daarom een bepalende rol met betrekking tot mogelijke risico's.

1.3 Achtergrond gebiedsgericht grondwaterbeheer

In de Handreiking Gebiedsgericht grondwaterbeheer (Van der Gun, 2010) wordt een drietal situaties onderscheiden waarvoor een specifieke strategie kan worden gevolgd. Voor één van deze situaties, *'De grondwaterverontreiniging is aanwezig in een gebied (of een deel ervan) waarvoor gebiedsbeheer is/wordt vastgesteld en waarbij het gebied is verontreinigd door een diversiteit aan bekende en ook onbekende verontreinigingen, die elkaar overlappen en/of beïnvloeden'*, gelden volgens de Handreiking voor het betreffende gebied specifieke gebiedsdoelen voor de grondwaterkwaliteit. Deze doelen worden kwalitatief geformuleerd (zie ook het kader, pagina 14, naar van der Gun, 2010). Samenvattend:

- beschermen van de kwaliteit aan de randen van het beheersgebied en van de kwetsbare objecten (receptoren) binnen het beheersgebied;
- benutten van de kansen die samen kunnen gaan met (her)inrichting van het gebied;
- verbeteren van de grondwaterkwaliteit binnen het beheersgebied.

Van de sanering van individuele pluimen kan in het kader van gebiedsgericht grondwaterbeheer worden afgezien. De Technische commissie bodem (TCB, 2009) wijst erop dat indien wordt afgezien van de sanering van individuele

pluimen binnen het beheersgebied er, naast beheer en monitoring, mogelijk gebruiksbeperkingen voor huidig of toekomstig gebruik moeten worden gesteld. Dit betekent dat eventuele risico's of hinder voor mens en milieu moeten worden beoordeeld. Hierbij is de huidige of toekomstige functie van het grondwater en de daarbij gewenste kwaliteit richtinggevend. Bovendien kan kostenwinst worden behaald door bij de inrichting van een gebied de toekenning van functies af te stemmen op de heersende grondwaterkwaliteit. Een voorbeeld is de combinatie van een Warmte Koude Opslag (WKO) of een (industriële) grondwateronttrekking met het beheer van grondwaterverontreiniging. Voor de uitwerking van gebiedsgericht grondwaterbeheer zijn er verschillende studies gedaan naar wet- en regelgeving, redeneerlijnen en geschikte instrumenten. Daarnaast zijn praktijkvoorbeelden gegeven van verschillende casussen (www.grondwatercollectief.nl).

Enkele uitvoeringsaspecten voor het gebiedsgericht beheer van grondwaterkwaliteit zijn beschreven in Swartjes et al. (2011). Hierin worden praktische wenken gegeven zoals voor de afbakening van het beheersgebied, de bronaanpak en monitoring. De door de Technische commissie bodem (TCB) genoemde risico's van het beheer voor het gebruik van grondwater en ondergrond zijn tot nu toe vooral kwalitatief uitgewerkt.

- a) **Beschermen:** hiervoor ligt de focus op de kwaliteit van het grondwater aan de randen van het beheergebied en op kwetsbare objecten binnen het gebied. Aan de randen is het beheer gericht op het zoveel mogelijk voorkomen van verspreiding van verontreiniging naar buiten. De bescherming is zodanig dat bestaande en beoogde functies, in het bijzonder kwetsbare objecten, zijn gewaarborgd en ook in de toekomst niet zullen worden bedreigd. Bij verticale verspreiding (naar onderliggende watervoerende lagen) ligt de nadruk op het waarborgen van de gebruiksmogelijkheden in de toekomst van deze lagen. Daarnaast dient het omliggende grondwater te worden beschermd.
- b) **Benutten:** hiervoor wordt uitgegaan van het optimaal gebruiken van de kansen voor de inrichting en het duurzaam gebruik van de ondergrond op basis van de aanwezige potenties en vastgelegd in een ruimtelijke structuurvisie en uitwerkingsplan en/of daarmee vergelijkbaar planfiguur. Uitgangspunten daarbij zijn het verbeteren van de ruimtelijke kwaliteit bovengronds en het bevorderen van duurzaam gebruik van de ondergrond.
- c) **Verbeteren:** deze opgave is gericht op de kwaliteit van het grondwater binnen het beheer(s)gebied. Het gaat om lange-termijndoelen. Lokaal mag sprake zijn van kwaliteitsteruggang, echter voor het hele gebied dient per saldo sprake te zijn van kwaliteitsverbetering. Indien hiervan sprake is, zal veelal aangesloten kunnen worden op mogelijkheden vanuit gebiedsontwikkelingen.

Ad c. Het verbeteren betekent, naast trendomkering, dat de grondwaterkwaliteit voldoet aan de gewenste kwaliteit vanuit de functie(s) van het grondwater. Een zekere mate van lokale kwaliteitsteruggang is acceptabel, mits er op langere termijn voor het beheer(s)gebied in zijn totaliteit maar sprake is van een kwaliteitsverbetering (trendomkering). Daarnaast geldt, met name in situaties met gebiedsontwikkeling, dat de aanpak op gebiedsniveau een bijdrage moet leveren aan deze ruimtelijke ontwikkeling en daarmee aan de ruimtelijke kwaliteit van het gebied.

Toevoeging: onaanvaardbare risico's door aanwezigheid van verontreinigd grondwater dienen te allen tijde te worden voorkomen. Toetsing van onaanvaardbare risico's, bijvoorbeeld door de uitdamping van vluchtige verontreinigingen, kan plaatsvinden met inachtneming van de gebiedsfunctie.

Gun, J. van der, Handreiking Gebiedsgericht grondwaterbeheer, 1 oktober 2010.

2 Huidige normen voor grondwaterkwaliteit

2.1 Grondwater

Voor grondwater zijn er streefwaarden en interventiewaarden afgeleid (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012).

Streefwaarden horen bij schoon grondwater. De streefwaarden geven het Verwaarloosbaar Risiconiveau aan waarbij sprake is van een duurzame grondwaterkwaliteit, ongeacht het gebruik. Het oorspronkelijke doel van de streefwaarde is om de mens en het milieu te beschermen tegen de risico's van mengsels van stoffen. Bij dat niveau zijn de functionele eigenschappen van de bodem voor mens, dier en plant volledig operationeel verondersteld. Voor de afleiding van streefwaarden wordt de bodemconcentratie die hoort bij 5 procent potentieel aangetaste soorten/processen, gedeeld door honderd (HC5/100). De streefwaarden spelen een rol in het preventieve beleid en hebben vooral een signaal- en doelfunctie (Smit, 2010).

Voor het bodembeleid (bijvoorbeeld voor het grondverzet) hebben de Achtergrondwaarden de rol van de streefwaarden overgenomen (Spijker et al., 2008).

Voor het grondwater zijn er geen Achtergrondwaarden vastgesteld. Dit levert problemen op bij het grondwaterbeheer indien de natuurlijke achtergrondconcentratie hoger is dan de streefwaarde. Het RIVM heeft verschillende opties bekeken van de methoden waarmee de drempelwaarden voor stoffen, zoals zware metalen, in grondwater worden vastgesteld (de Nijs, 2011). De **interventiewaarden** voor grondwater geven het niveau aan waarboven onacceptabele risico's voor mens en milieu niet zonder meer zijn uit te sluiten. Indien voor één of meerdere contaminanten de interventiewaarde wordt overschreden in een volume porieverzadigde ondergrond van ten minste 100 m³ spreekt men van een 'ernstige verontreiniging'. De interventiewaarden worden bepaald door risico's voor de mens en voor het milieu voor een generieke, gestandaardiseerde situatie. Bij overschrijding van de interventiewaarden is het daarom niet duidelijk welke risico's aan de orde zijn. Of de risico's voor een specifieke situatie (en welke risico's) ook daadwerkelijk onaanvaardbaar zijn, kan worden bepaald met behulp van het Saneringscriterium (Sanscrit; www.sanscrit.nl).

De **tussenwaarde** is de helft van de interventiewaarde plus de streefwaarde. Deze niet-wettelijke waarde wordt in de praktijk soms gebruikt als saneringsdoelstelling voor grondwater.

Streef- en interventiewaarden hebben geen relatie met het daadwerkelijke gebruik of de functie van het grondwater. Voorstellen voor een kwaliteitscriterium voor grondwater met de functie '**grondwater voor bereiding van drinkwater**' zijn gedaan door Wuijts en Versteegh (2008). In hoofdstuk 4.3 wordt ingegaan op de risicogrenswaarden en kwaliteitseisen die aan het grondwater worden gesteld voor de drinkwaterfunctie.

Voor specifieke gevallen (gebied en functie) is in het verleden gekeken aan welke kwaliteitseisen het grondwater zou moeten voldoen in geval van private onttrekking van grondwater voor de consumptie van drinkwater. Bij de afleiding van kwaliteitseisen staat het veilig gebruik voorop. Voor de Kempen zijn daartoe zogenaamde 'kritische gehalten' voor grondwater afgeleid voor gebruik als drinkwater (mens en vee) en als sproeiwater (Dusseldorp et al., 2007).

Voor de beoordeling van de chemische toestand van het grondwater in overeenstemming met artikel 4 van de Grondwater Richtlijn 'betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging en achteruitgang van de toestand' (Europese Unie, 2006), gelden Europees vastgestelde milieukwaliteitsnormen. Deze zijn echter alleen voor nitraat (50 mg/l) en werkzame stoffen in bestrijdingsmiddelen, met inbegrip van de relevante omzettings-, afbraak- en reactieproducten daarvan (0,1 µg/l; 0,5 µg/l (totaal)). Nationaal zijn er milieukwaliteitsnormen (de zogenoemde **drempelwaarden**) voor de beoordeling van de goede chemische toestand van grondwaterlichamen vastgesteld voor nikkel, cadmium en lood (uniforme waarden voor Nederland) en voor chloride, arseen en P-totaal (variërende waarden per grondwaterlichaam). Deze grondwaterkwaliteitsnormen zijn niet aan een specifieke functie van het grondwater gebonden (Staatsblad, 2010). Bijlage II.B van de dochterrichtlijn Grondwater noemt daarnaast nog de stoffen kwik, ammonium, sulfaat, trichloorethyleen en tetrachloorethyleen ten aanzien waarvan de lidstaten de vaststelling van drempelwaarden moeten overwegen.

2.2 Maximale Waarden

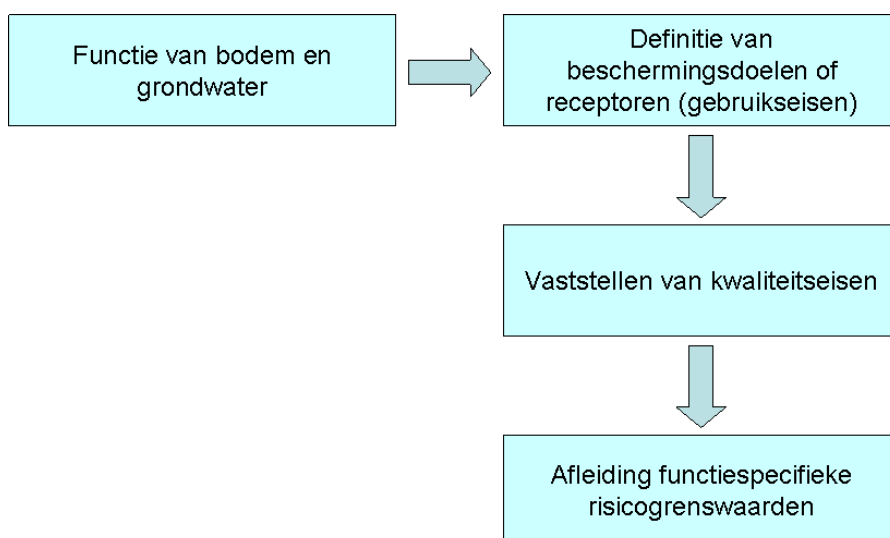
Het gebiedsgericht beheer van de bodemkwaliteit is vastgelegd in het Besluit bodemkwaliteit (Staatsblad, 2007) en de Regeling bodemkwaliteit (Staatsblad, 2007). Voor de invulling van het beheer zijn onder meer de **Maximale Waarden** voor bodem vastgesteld. De Maximale Waarden horen bij een duurzaam geschikte toestand van de bodem, gegeven het gebruik van die bodem (Ministerie van VROM, 2008). In het Besluit bodemkwaliteit wordt voorgeschreven hoe, op basis van onder meer de Maximale Waarden, het

hergebruik van grond en bagger wordt toegestaan. Ter onderbouwing van de Maximale Waarden voor bodem (Dirven-Van Breemen et al., 2007) zijn functiespecifieke risicogrenswaarden voor de bodem afgeleid. Deze risicogrenswaarden werden alleen afgeleid voor de (droge) bodem voor veel voorkomende en relatief immobiele contaminanten. Bij de afleiding van Maximale Waarden is de mobiliteit (uitloging naar het grondwater) van contaminanten naar het grondwater slechts kwalitatief meegenomen als risicofactor. Voor grondwater zijn geen Maximale Waarden afgeleid.

3 Methodiek afleiding functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwater

3.1 Benadering

Analoog aan de afleiding van Maximale Waarden voor bodem (Dirven-Van Breemen et al., 2007) dient voor de afleiding van functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwater de stappen te worden doorlopen zoals weergegeven in Figuur 3.1. Zie voor een definitie van risicogrenswaarde pagina 12 van dit rapport.



Figuur 3.1 Stappen die moeten worden doorlopen voor de afleiding van functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwater (naar Dirven-Van Breemen et al., 2007).

In Dirven-Van Breemen et al. (2007) zijn voor de bodem gebruikseisen gedefinieerd als een kwalitatieve beschrijving. Bijvoorbeeld: 'De mens moet veilig kunnen wonen en daarbij voedsel kunnen consumeren uit eigen tuin.' Voor de afleiding van de Maximale Waarden bodem werden per bodemfunctie, op basis van gebruikseisen, kwaliteitscriteria en daarbij behorende risicoscenario's opgesteld voor de mens, het milieu en landbouwkundige gebruik. Dit wordt gedaan met de thans beschikbare wetenschappelijke methodieken voor risicobeoordeling. Kwaliteitscriteria worden gedefinieerd als: de bij de gebruikseisen behorende criteria in risicotermen. Bijvoorbeeld: 'bij 10 procent van de totale voedselconsumptie mag de blootstelling niet hoger zijn dan het Maximaal Toelaatbaar Risico voor de mens (MTR_{humaaan})' of 'de landbouwgewassen die geteeld worden, moeten voldoen aan de Warenwetnorm'.

Een vergelijkbaar voorbeeld voor een functie van het grondwater is: 'De mens moet veilig kunnen wonen.' Voor plaatsen waar het grondwater verontreinigd is met vluchtige organische oplosmiddelen betekent dit dat de eventuele uitdamping van deze stoffen niet mag leiden tot een te hoge blootstelling van de bewoners (beschermingsdoel en receptor). De kwaliteitseis die gesteld wordt, is dat de toelaatbare concentratie in de binnenlucht (TCL) niet wordt overschreden. Vervolgens wordt met behulp van berekeningen of modellering de risicogrenswaarde voor deze functie in het grondwater berekend.

Deze procedure resulteert voor iedere functie en ieder beschermdoel, en het daarmee samenhangende kwaliteitscriterium, in een risicogrenswaarde. Indien aan alle kwaliteitscriteria voldaan moet worden, zou de laagste risicogrenswaarde de functiespecifieke risicogrenswaarde voor grondwater zijn. Deze benadering komt in essentie overeen met de benadering voor de afleiding van drempelwaarden voor grondwater. Ook hiervoor worden op basis van milieu en gebruikscriteria risicogrenswaarden afgeleid, die dan uiteindelijk resulteren in drempelwaarden. Verschillen zijn ingegeven door de toepassing van de afgeleide criteria. Drempelwaarden zijn primair bedoeld voor de statusbepaling van grondwaterlichamen, terwijl de risicogrenswaarden van deze studie bedoeld zijn voor het gebiedsgericht beheer van (stedelijke) grondwaterverontreiniging.

Voor het gebiedsgericht beheer van verontreinigd grondwater kan worden overwogen het betreffende bevoegde gezag de vrijheid te geven om voor een specifiek gebied één of meerdere gebruikseisen van het grondwater te laten vallen. Daardoor kunnen hogere functiespecifieke risicogrenswaarden voor het gebied worden vastgesteld. Dit impliceert een lager ambitieniveau voor het grondwater en eventueel gebruiksbepalingen. Het is voor de praktische toepassing zinvol om de hieruit resulterende functiespecifieke risicogrenswaarden te vergelijken met bestaande normen en achtergrondconcentraties. Daarnaast is het aan te bevelen om na te gaan of dit geen wrijving oplevert met de eisen die gesteld worden vanuit de KRW.

3.2 Functies, gebruikseisen en kwaliteitscriteria

3.2.1 *Functies van het grondwater en risicoperspectief*

Bodemfuncties voor het gebiedsgericht beheer van bodemkwaliteit (Besluit bodemkwaliteit) zijn vastgesteld door de werkgroep normstelling en bodemkwaliteitsbeoordeling (NOBO, ministerie van VROM, 2008), de voorganger

van de werkgroep NOBOWA¹. Voor de verschillende bodemfunctieklassen zijn Maximale Waarden afgeleid. Voor grondwater is dit niet gedaan.

In deze studie is voor de indeling in bodemfuncties aangesloten bij de bodemfuncties zoals in het Besluit bodemkwaliteit (Staatsblad, 2007) zijn gedefinieerd. Het risicoperspectief is vanuit grondwater natuurlijk verschillend. Tabel 3.1 geeft voor de verschillende bodemfuncties in kwalitatieve zin de mogelijke risicoperspectieven.

Net als voor de bodemkwaliteit mag een grondwaterverontreiniging niet leiden tot onacceptabele aantasting van de bodemfuncties. Het beheer van het grondwater binnen het beheersgebied zou zich kunnen richten op het voorkomen van onacceptabele risico's, gegeven de bodemfuncties. Buiten het beheersgebied is het duurzaam garanderen van de bodemfuncties het leidende principe.

¹ De werkgroep NOBOWA (Normstelling Bodem en Water) bestaat uit deelnemers van het ministerie van I&M, het ministerie van ELI, IPO, VNG, Rijkswaterstaat, TCB, RIVM, Alterra, ECN en AgentschapNL.

Tabel 3.1 Bodemfuncties en de bijbehorende risicoperspectieven.

Bodemfunctie	Risicoperspectief met betrekking tot verontreinigd grondwater en de kwaliteit van:
Wonen met tuin	Binnenluchtkwaliteit (na uitdamping van verontreinigingen) Drinkwaterkwaliteit (na permeatie door contaminanten in grondwater) Gebruik private (drink)waterputten Ecosysteem (indien beïnvloed door grondwater) Gebruik grondwater voor bodemenergie
Plaatsen waar kinderen spelen	Idem als 'Wonen met tuin'.
Moestuinen/volkstuinen	Ecosysteem (indien beïnvloed door grondwater) Private (drink)waterputten Geteelde gewassen
Landbouw	Ecosysteem (indien beïnvloed door grondwater) Grondwater als voorraad voor drinkwater Grondwater als irrigatiewater Geteelde gewassen
Natuur	Ecosysteem (indien beïnvloed door grondwater) Grondwater als voorraad voor drinkwater
Groen met natuurwaarden	Ecosysteem (indien beïnvloed door grondwater) Gebruik grondwater voor bodemenergie
Ander groen, bebouwing, infrastructuur en industrie	Ecosysteem (indien beïnvloed door grondwater) Proceswater Gebruik grondwater voor bodemenergie

Analoog aan de benadering die is gebruikt voor de afleiding van Maximale Waarden bodem zijn de verschillende bodemfuncties geclusterd naar de drie bodemfunctieklassen: Landbouw/Natuur, Wonen en Industrie (zie Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Bodemfuncties en corresponderende bodemfunctieklassen (volgens het Besluit bodemkwaliteit).

Bodemfunctie	Bodemfunctieklasse
Wonen met tuin	Wonen
Plaatsen waar kinderen spelen	
Groen met natuurwaarden	
Moestuinen/volkstuinen	Landbouw/Natuur
Landbouw	
Natuur	
Ander groen, bebouwing, infrastructuur en industrie	Industrie

3.2.2 *Gebruikseisen aan grondwater*

In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de gebruikseisen die aan grondwater kunnen worden gesteld. Of deze gebruikseisen ook daadwerkelijk van toepassing zijn voor een bepaald gebied, kan afhangen van de toegekende bodemfunctie.

De volgende gebruikseisen kunnen worden onderscheiden:

Gebruikseisen voor de mens en voor de landbouw:

- veilig verblijf in woningen en andere gebouwen (beïnvloeding van de binnenluchtkwaliteit door uitdamping van contaminanten uit het grondwater);
- een veilige drinkwatervoorziening;
- een goede gewaskwaliteit;
- veilig gebruik van grondwater voor landbouwproductie (veedrenking en irrigatie);
- energievoorziening (WKO).

Eisen met betrekking tot de kwaliteit van het ecosysteem:

- waarborgen van de habitatfunctie grondwater;
- waarborgen van de bodemkwaliteit indien deze wordt beïnvloed door kwel;
- waarborgen van de oppervlaktewaterkwaliteit indien deze wordt beïnvloed door het grondwater;
- waarborgen van de intrinsieke kwaliteit van het grondwater.

Naast kwaliteitseisen voor het grondwater kunnen ook eisen gesteld worden aan het grondwaterpeil (kwantiteit), bijvoorbeeld voor de stabiliteit van civiel-technische constructies of met betrekking tot de verdrogingsproblematiek. Deze waterkwantitatieve aspecten maken onderdeel uit van de GWR. Omdat dit

onderzoek echter gericht is op de kwaliteit, blijft de waterkwantiteit in deze rapportage buiten beschouwing.

3.3 Duurzame benutting van de ondergrond

De laatste jaren zijn ambities geformuleerd en zijn initiatieven genomen voor een betere en duurzame benutting van de ondergrond. De veronderstelling hierbij is dat de mogelijkheden die het bodem-watersysteem biedt, met name de ondergrond, nog onvoldoende worden benut om bij te dragen aan de oplossing van maatschappelijke opgaven. Hierbij valt te denken aan het energievraagstuk (bijvoorbeeld warmte-koude opslag), benutting van ondergronds ruimtegebruik, winningen, en opslag van afvalstoffen. Uit deze doelstelling kunnen nieuwe gebruikseisen voor het grondwater voortkomen. In het rapport Ordening van de Ondergrond (KWR, 2010) zijn de mogelijke effecten van ondergronds ruimtegebruik op de grondwaterkwaliteit geanalyseerd.

Bij het gebiedsgericht beheer van grondwater dienen eventuele risico's van grondwaterverontreinigingen voor (nieuw) ondergronds ruimtegebruik te worden meegewogen. Aan de andere kant zijn er ook kansen om benutting van de ondergrond aan te wenden voor een kwaliteitsverbetering van het grondwater. Hierbij kan de impact van verontreinigd grondwater op het ondergronds ruimtegebruik bepalend zijn. In Tabel 3.3 is de interactie tussen ondergronds ruimtegebruik en grondwaterverontreiniging verkend.

Tabel 3.3 Verkenning van de mogelijke interactie tussen een aantal vormen van ondergronds ruimtegebruik en grondwaterverontreiniging.

Ondergronds ruimtegebruik	Interactie tussen ondergronds ruimtegebruik en grondwaterverontreiniging
WKO - open systeem	Kwaliteitsverandering door het aantrekken van contaminanten (pluimen) naar schoon grondwater, effecten van temperatuursverandering
WKO - open systeem in combinatie met grondwatersanering	Corrosie en aantasting van WKO-installaties door aanwezige contaminanten. Effecten van temperatuursverandering (ook kwaliteitsverbetering mogelijk)
WKO - gesloten systeem	Effecten temperatuursverandering en bron van verontreiniging bij lekkage (effect van doorboringen)
Geothermie	Verspreiding van verontreinigd grondwater (effect van doorboringen op aanwezige pluimen)
Winningen - drinkwater - proceswater	Gezondheidsrisico's, bedrijfsrisico's
(ondergronds) Bouwen	Bronbemaling; lozing van grondwater op riool of oppervlaktewater
Winning van oppervlaktedelfstoffen (bouwmaterialen als zand en grind)	Ingrep in de geohydrologische situatie waardoor de mobiliteit en het gedrag van in de nabijheid aanwezige verontreinigingen kunnen wijzigen
Opslag en lozing van stoffen (bijvoorbeeld brijnlozingen)	Kan mogelijk gecombineerd worden met al bestaande grondwaterverontreiniging

3.4 Selectie van contaminanten

In deze paragraaf is onderzocht voor welke contaminanten in grondwater het wenselijk is functiespecifieke risicogrenswaarden af te leiden. Hiertoe is eerst gekeken welke contaminanten bij grondwaterverontreiniging veelvuldig voorkomen.

In 2004 is een verkenning uitgevoerd naar de grondwaterkwaliteit in enkele grote steden. Op basis van deze verkenning (met gegevens uit bijvoorbeeld milieuverslagen en gegevens van monitoring) kon een globaal beeld worden geschetst van de grondwaterkwaliteit. Daarnaast werden gegevens uit het

Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) bewerkt om het landelijke en het stedelijke gebied met elkaar te kunnen vergelijken. Deze verkenning werd uitgevoerd voor het Basisdocument karakterisering grondwaterkwaliteit voor de Europese Kaderrichtlijn Water (Meinardi en Van den Berg eds., 2008).

Voor wat betreft het stedelijk grondwater is een eerste grove analyse gemaakt van contaminanten die vanuit de verschillende typen activiteiten in het grondwater terecht zijn gekomen. Op basis van de potentieel bodemverontreinigende bedrijfsmatige activiteiten (van vóór 1987) is met een inschatting van het aantal locaties, de omvang, verwachte emissies, mobiliteit en afbreekbaarheid, een schatting gemaakt van het voorkomen van contaminanten in het grondwater (Meinardi en Van den Berg eds., 2008). Uit deze analyse volgt op basis van een ruwe inschatting drie grote groepen van contaminanten die samen ongeveer 85 procent van het totaal uitmaken:

- olieproducten;
- metalen;
- sulfiden, organische zuren en gechloreerde koolwaterstoffen.

Daarnaast geven de resultaten van de monitoring van het grondwater in Utrecht, Den Haag en Rotterdam inzicht in de contaminanten die het meest aangetroffen worden in het grondwater boven streef- of interventiewaarden (Meinardi en Van den Berg eds., 2008). Het blijkt vooral te gaan om aromatische en alifatische koolwaterstoffen, (sporen)metalen afkomstig uit diverse soorten afvalstoffen, sulfaten en fluoriden (uit puinafval), sulfiden (bij gasfabrieken en rubberverwerking) en gechloreerde koolwaterstoffen (textielreiniging en andere industrietakken). Er is een duidelijk verschil in kwaliteit tussen het bovenste freatische grondwater en het diepere grondwater. In het bovenste grondwater overschrijden in veel gevallen de concentraties aan metalen, aromatische koolwaterstoffen en minerale olie de streefwaarden en voor een aantal metalen zelfs frequent de interventiewaarden. In het diepere grondwater zijn vooral contaminanten aangetroffen die dichtheidsstroming vertonen (chloorkoolwaterstoffen, creosoot), maar ook sommige metalen hebben soms (licht) verhoogde concentraties. In zandgronden (bijvoorbeeld in Utrecht) worden chloorkoolwaterstoffen als de belangrijkste verontreiniging van het diepere grondwater beschouwd (Meinardi en Van den Berg, 2008).

De informatie uit de inventarisatie is in Tabel 3.4 samenvattend weergegeven, waarbij tevens (meest voorkomend) de bron, vluchtigheid, mobiliteit en voorkomen zijn aangegeven.

Tabel 3.4 Frequent voorkomende contaminanten en de bijbehorende bron, vluchtigheid, mobiliteit en voorkomen.

Contaminanten	Bron	Vluchtigheid	Mobiliteit	Voorkomen
Minerale olie Lage C-fractie Hoge C-fracties	Benzine servicestations, brandstofpompen, tanks	Hoog Laag	Hoog Laag	Drijflogen
BTEX: Benzeen Tolueen Ethylbenzeen Xylenen	Benzine servicestations, brandstofpompen, tanks, machine industrie	Hoog	Hoog	Drijflogen
MTBE en ETBE	Puntbronnen	Hoog	Hoog	Opgelost in grondwater
VOCl: per tri cis vinylchloride	Textielreiniging	Hoog	Hoog	Zaklagen
(zware) metalen en arseen	Metaalindustrie	Niet	Laag-hoog	Opgelost in grondwater
Fluoriden, sulfaten	puinafval	Niet	Hoog	Diffuus

Voor deze studie zijn voor de contaminanten uit Tabel 3.5 functiespecifieke risicogrenswaarden afgeleid. Minerale olie (TPH's) is, hoewel frequent voorkomend, niet verder in deze studie meegenomen omdat de implementatie van normen voor de verschillende fracties ter discussie staat. Geen van de beschouwde contaminanten wordt momenteel in het kader van de KRW als *prioritair hazardous* bestempeld (Coastal portal, 2009).

Tabel 3.5 De in deze studie beschouwde contaminanten

Stofnaam	CAS
<i>Metalen:</i>	
Arseen	7440-38-2
Zink	7440-66-6
<i>PAKs:</i>	
Naftaleen	91-20-3
<i>VOCs:</i>	
Tetrachlooretheen (per) (Tetrachloorethyleen)	127-18-4
Trichlooretheen (tri) (Trichloorethyleen)	79-01-6
1,1-Dichlooretheen (1,1-Dichloorethyleen)	75-35-4
1,2-Dichlooretheen (1,1-Dichloorethyleen)	540-59-0
Vinylchloride (Chloorethyleen)	75-01-4
<i>BETX:</i>	
Benzeen	71-43-2
Tolueen	108-88-3
Ethylbenzeen	100-41-4
<i>Overig:</i>	
MTBE (Methyl-tert-buthyl ether)	1634-04-4

4 Bepaling van op humane gezondheid gebaseerde risicogrenswaarden

4.1 Uitgangspunten

Verontreinigingen in het grondwater kunnen een bedreiging vormen voor de gezondheid door de aantasting van de binnenluchtkwaliteit en door de aantasting van de kwaliteit van het drinkwater. Daarnaast kan een grondwaterverontreiniging van invloed zijn op de gewaskwaliteit (zie Paragraaf 4.4).

Risicogrenswaarden voor grondwater kunnen worden afgeleid ter bescherming van het grondwater buiten het beheersgebied en voor de toetsing van risico's binnen het beheersgebied.

Voor de bescherming van schoon grondwater buiten het beheersgebied is een grenswaarde nodig waarmee het grondwater aan of nabij de grens van het gebied kan worden getoetst. Voor de afleiding van deze risicogrenswaarden is, indien mogelijk, aangesloten bij de keuzen die zijn gemaakt voor de afleiding van Maximale Waarden bodem (Dirven et al., 2007). Het gaat er daarbij om dat buiten het beheersgebied een duurzame toestand wordt gewaarborgd, in acht genomen de functie van het grondwater.

Voor het grondwater binnen het beheersgebied dienen in elk geval onacceptabele risico's te worden voorkomen. Voor de beoordeling van humane risico's wordt de blootstelling (via lucht, drinkwater of de consumptie van gewassen) getoetst aan een humaan-toxicologisch criterium.

4.1.1 *Humaan-toxicologisch toetscriterium*

Binnen het beheersgebied is het beschermingsdoel tenminste het voorkomen van gezondheidseffecten of, indien effecten niet kunnen worden voorkomen (bijvoorbeeld bij carcinogene stoffen) door de effecten te maximaliseren (een maximum toelaatbaar risiconiveau). Er wordt onderscheid gemaakt tussen niet-carcinogene (drempelwaarde) stoffen en carcinogene stoffen:

- Niet-carcinogene contaminanten (drempelwaarde stoffen) worden getoetst aan het $MTR_{\text{humaan}}^{\text{oraal}}$ (Maximaal Toelaatbaar Risico) en voor vluchtige stoffen tevens het $MTR_{\text{humaan}}^{\text{inhalatoir}}$ (de Toelaatbare Concentratie in Lucht: de TCL uitgedrukt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Carcinogene contaminanten worden getoetst aan het MTR_{humaan} of het 'Carcinogenic Risk' level. Voor carcinogene contaminanten betekent dit een

kans op een extra geval van kanker bij levenslange blootstelling van 1:10.000 (10^{-4}).

Voor de bescherming van het 'schone grondwater' buiten het beheersgebied vindt monitoring en toetsing van de grondwaterkwaliteit plaats aan de randen van het beheersgebied (Swartjes, 2011). Hiertoe kunnen gezondheidsrisico's getoetst worden aan een strenger humaan toxicologisch criterium (blootstelling $< MTR_{\text{humaan}}$). Voor de vaststelling van de beschermingsniveaus kunnen de overwegingen worden gevolgd van het Besluit bodemkwaliteit² of er kan gesteld worden dat beïnvloeding van de binnenlucht door stoffen uit de bodem niet meetbaar mag zijn. Voor deze studie is, voor de toetsing van de risico's buiten het beheersgebied, aangesloten bij de overwegingen uit het Besluit bodemkwaliteit. Deze zijn:

- Voor niet-carcinogene contaminanten (drempelwaarde stoffen) wordt getoetst aan het MTR_{humaan} oraal en MRT_{humaan} inhalatoir minus de achtergrondblootstelling. Indien de achtergrondblootstelling niet bekend is, wordt getoetst aan 50 procent van het MTR_{humaan} . Indien de achtergrond blootstelling hoger is dan 50 procent van het MTR_{humaan} wordt getoetst aan 50 procent van het MTR_{humaan} .
- Voor carcinogene contaminanten (oraal en inhalatoir) wordt getoetst aan een beschermingsniveau van een kans op een extra geval van kanker bij levenslange blootstelling van 1:1.000.000 (10^{-6} , ook wel het Verwaarloosbaar Risiconiveau (VR_{humaan}) genoemd).
- Voor de voedselkwaliteit (moestuinen) is voor alle stoffen getoetst aan het VR voor de mens.
- Voor de drinkwaterkwaliteit uit private onttrekking en voor uitsluitend eigen gebruik is getoetst aan 20 procent van het MTR of (carcinogenen) het VR (10^{-6}). Hiermee wordt aangesloten bij de benadering van de World Health Organization (WHO, 2011). In Paragraaf 4.3.4. wordt dit toegelicht.

Naast toxicologische eindpunten kan de geurdrempel als aanvullend toetscriterium worden gebruikt. De geurdrempel van de organische verbindingen is over het algemeen veel hoger dan de toelaatbare concentratie in lucht (zie Tabel 4.1). Stankoverlast duidt meestal op een sterke overschrijding van de toelaatbare concentratie in lucht. MTBE vormt hierbij een uitzondering. Tabel 4.1 geeft de gezondheidkundige toetscriteria aan voor binnen en aan de randen van het beheersgebied.

Tabel 4.1 Humaan-toxicologische toetscriteria.

Stofnaam	Geur-drempel ⁵⁾	Type ⁴⁾ MTR _{humaan}	MTR _{humaan} oraal (µg/kg _{LG} /d)	MTR _{humaan} inhalatie (µg/m ³)	Toetscrit. oraal (µg/kg _{LG} /d)	Toetscrit. inhalatie (µg/m ³)
	µg/m ³		Binnen het beheersgebied		Buiten het beheersgebied	
Arseen	n.v.t.	ADI/TCL	1,0	1,0	0,7	
Zink	n.v.t.	ADI	500		250 ¹⁾	
Naftaleen	800	ADI	40		20 ²⁾	
Tetrachlooretheen	100.000	ADI/TCL	16	250	14	125 ²⁾
Trichlooretheen	50.000	ADI/TCL	50	200	48	100 ²⁾
1,1-dichlooretheen	50.000		3	14	1,5 ²⁾	7 ²⁾
1,2-dichlooretheen	40.000					
cis		ADI/TCL	6	30	5,8	15 ²⁾
trans		ADI/TCL	17	60	16,8	30 ²⁾
Vinylchloride	40.000	CR _{oraal} / CR _{inhalatie}	0,6	3,6	0,006 ³⁾	0,036 ³⁾
Benzeen	80.000	CR _{oraal} / CR _{inhalatie}	3,3	20	0,033 ³⁾	0,20 ³⁾
Tolueen	20.000	ADI/TCL	223	400	213	200 ²⁾
Ethylbenzeen	90.000	ADI/TCL	100	770	99	385 ²⁾
MTBE	900	ADI/TCL	300	2600	300	1300 ²⁾

- 1) De achtergrondblootstelling is hoger dan 50% van MTR_{humaan}. Daarom wordt 50% van de MTR_{humaan} gebruikt als toetscriterium voor buiten het beheersgebied.
- 2) Voor deze contaminanten is de achtergrondblootstelling niet bekend. In dat geval is, voor buiten het beheersgebied, gekozen voor een toetscriterium van 50% van de TCL.
- 3) Voor carcinogene contaminanten is het toetscriterium op basis van een kans op een extra geval van kanker bij levenslange blootstelling van 1:1.000.000.
- 4) ADI: Acceptabele Dagelijkse Inname
TCL: Toxicologisch Toelaatbare Concentratie in Lucht
CR: Carcinogeen Risiconiveau
- 5) Geurdrempels zijn overgenomen uit RIVM Rapport 711701048/2007 (Otte et al., 2007).

4.2 Inhalatie binnenlucht

Vluchtige organische verontreinigingen in het grondwater kunnen uitdampen en door convectie en diffusie via de onverzadigde zone uiteindelijk via de kruipruimte de woon- of werkruimten binnendringen.

² Voor de afleiding van Maximale Waarden (Besluit Bodemkwaliteit) wordt de generieke achtergrond blootstelling in mindering gebracht op het MTR_{humaan}.

Met behulp van CSOIL (Brand et al., 2007) kan de maximale concentratie in het bovenste grondwater worden bepaald waarbij (bij levenslange blootstelling) risico's door de blootstelling via het inademen van binnenlucht acceptabel zijn (zie Paragraaf 4.1.1.). Bij de afleiding van risicogrenswaarden wordt de TCL als toetscriterium gebruikt. In het beheersgebied mag de concentratie van verontreinigingen in de binnenlucht de TCL-waarde niet overschrijden. Aan de randen van het beheersgebied zijn strengere risicogrenswaarden van toepassing. Hiertoe zijn risicogrenswaarden berekend waarbij getoetst wordt aan 50 procent van de TCL of (voor carcinogenen) aan het Verwaarloosbaar Risiconiveau.

4.2.1 *Berekening van risicogrenzen grondwater voor inhalatie binnenlucht*

De risicogrenswaarden van Tabel 4.2 zijn berekend met het CSOIL-blootstellingsmodel zoals beschreven door Brand et al. (2007). De risicogrenswaarden gelden voor het bovenste grondwater. Vanuit het bovenste grondwater vindt immers het transport plaats via de onverzadigde zone naar kruipruimte en binnenlucht. De risicogrenswaarden zijn bedoeld voor algemeen voorkomende situaties. Indien de infrastructuur of de hydrologische situatie hiervan afwijkt, zal een locatiespecifieke beoordeling noodzakelijk zijn. Een belangrijke factor voor de risicogrenswaarde is de diepte van de grondwaterstand. Daarom zijn voor twee grondwaterdiepten (1,5 m –mv en 5 m –mv) risicogrenswaarden berekend.

Tabel 4.2 Risicogrenswaarden grondwater voor vluchtige verontreinigingen en uitdamping naar de binnenlucht (in µg/l).

diepte verontreiniging –mv Stofnaam:	Binnen het beheersgebied		Buiten het beheersgebied	
	1,5 m	5 m	1,5 m	5 m
Tetrachlooretheen	550	3300	230	1.700
Trichlooretheen	1500	8700	750	4.400
1,1-dichlooretheen	32	190	16	98
1,2-dichlooretheen(cis)	73	440	36	220
1,2-dichlooretheen(trans)	110	640	40	240
Vinylchloride	0,4	2,4	0,004	0,02
Benzeen	250	1500	2,5	15
Tolueen	4200	25.000	2100	13.000
Ethylbenzeen	5700	34.000	2900	17.000
MTBE ¹⁾	43.000	>100.000	> 10.000	>100.000

1) MTBE is goed in water oplosbaar waardoor de vervluchtiging vanuit het grondwater lager is dan op grond van de vluchtigheid wordt verondersteld. Dit leidt tot hoge risicogrenswaarden. Nader onderzoek is wenselijk om na te gaan of dit in de praktijk niet tot problemen leidt.

Voor locaties op industrieterreinen wordt geadviseerd om, voor algemene situaties, de binnenruimtelucht ook te toetsen aan de TCL. Indien het echter om ruimten gaat waar de verblijftijd van mensen beduidend lager is (werksituaties) dan in woonsituaties, kan gemotiveerd worden om te toetsen aan een waarde die hoger ligt dan de TCL. Actuele informatie over de wijze van toetsing van risico's ten gevolge van de aanwezigheid van vluchtige contaminanten in het grondwater is te vinden op www.sanscrit.nl.

Bijzondere aandacht vereist nog het voorkomen van drijflogen en de aanwezigheid van verontreinigd grondwater in de kruipruimte. In dergelijke situaties is er sprake van een onacceptabel risico tenzij dit middels nader onderzoek kan worden uitgesloten.

4.3 Bescherming van de drinkwaterfunctie

Het drinkwater dat in Nederland uit de kraan komt, moet voldoen aan de eisen van het Drinkwaterbesluit (Staatsblad 293, 2011). Dit water wordt gebruikt als water om te drinken, bij het douchen, als water voor bevloeiing van gewassen of als waswater. Het gebruik als drinkwater stelt de strengste kwaliteitseisen, maar ook douchewater en waswater hebben specifieke kwaliteitseisen, bijvoorbeeld omdat de vluchtige organische verbindingen uit het kraanwater bij verwarming

in de binnenlucht kunnen komen, maar ook omdat sommige pathogene micro-organismen, zoals de legionellabacterie, via aerosolen worden overgebracht. Bij de afleiding van interventiewaarden grondwater is een van de criteria het gebruik van grondwater als drinkwater. Echter, de kwaliteitsdoelstelling die gesteld is voor beslissingen aangaande sanering van verontreinigd grondwater (circulaire bodemsanering), 'het voorkomen van ontoelaatbare gezondheidsrisico's', leidt tot normen (interventiewaarden) die soepeler zijn dan de kwaliteitseisen die gelden volgens het Drinkwaterbesluit (Bonte en Van Meerkerk 2010). Naast toxicologische grondslagen is de normstelling in het Drinkwaterbesluit gebaseerd op het voorzorgprincipe. Drinkwater geldt als een primaire levensbehoefte waarbij er geen twijfels mogen zijn over de kwaliteit en de effecten ervan op de volksgezondheid.

De eisen uit het Drinkwaterbesluit zijn van toepassing op de openbare drinkwatervoorziening en zogenoemde eigen (private) winningen waarbij het opgepompte water beschikbaar wordt gesteld aan derden. Voorbeelden hiervan zijn bedrijven, sauna's en campings, maar ook enkele ziekenhuizen maken gebruik van een eigen grondwaterwinning.

Winningen die uitsluitend zijn voor eigen gebruik, zijn alleen vergunningsplichtig wanneer er meer dan tien kubieke meter per uur wordt onttrokken. Voor kleine onttrekkingen geldt alleen een meldingsplicht. Winningen van particulieren, die alleen voor eigen gebruik grondwater oppompen, vallen niet onder de reikwijdte van het Drinkwaterbesluit. Er bestaat de indruk dat het aantal particuliere waterputten in Nederland toeneemt, maar precieze cijfers ontbreken.

Voor grondwater dat is bestemd voor drinkwaterproductie, zijn geen wettelijke normen vastgesteld. Omdat grondwaterwinningen veelal over een eenvoudige zuivering beschikken, wordt de toestand van het grondwater vaak beoordeeld aan de hand van het Drinkwaterbesluit (zie ook Tabel 4.5). Voor bestrijdingsmiddelen geldt een toelaatbare concentratie van 0,1 µg/l. Voor concentraties van antropogene organische verbindingen geldt meestal een signaleringswaarde van 1 µg/l. Het overschrijden van deze signaleringswaarde leidt tot het instellen van nader onderzoek en, zo nodig, tot maatregelen.

De kwaliteit van het drinkwater zoals het uit de kraan komt, wordt op verschillende manieren beïnvloed door de kwaliteit van het grondwater. Naast de kwaliteit van het opgepompte grondwater zelf, kan de drinkwaterkwaliteit ook worden beïnvloed door permeatie van contaminanten door distributieleidingen die zich in een verontreinigd gebied bevinden.

4.3.1 *Grondwaterbeschermingszones*

Provincies hebben op grond van de Wet milieubeheer beschermingszones aangewezen rond grondwaterwinningen voor de openbare drinkwatervoorziening. Het gaat om waterwingebieden, grondwaterbeschermingsgebieden (25 jaarszones), boringvrije zones en honderd jaarszones (intrekgebieden) die samen ongeveer 4 procent van het landoppervlak van Nederland beslaan (van der Aa et al., 2010). Binnen deze gebieden gelden beperkingen voor bepaalde activiteiten die het grondwater kunnen verontreinigen. De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW, 2000/60/EG) stelt ook eisen aan grondwater bestemd voor menselijke consumptie in de vorm van principes als 'geen achteruitgang' en 'verbetering op termijn'. Significante stijgende trends van grondwaterverontreinigingen moeten worden voorkomen (KRW, 2000/60/EG). Zijp et al. (2010) definieert een significant stijgende trend als een trend die statistisch significant is én als bij extrapolatie van de trend een overschrijding van 75 procent van de norm plaatsvindt aan het einde van de eerstvolgende planperiode van de KRW. Voor nadere informatie over het identificeren van trends, zie Boumans et al., 2008, Verweij et al., 2010 en Verweij et al., 2011).

Veel partijen, zoals provincies, waterschappen, gemeenten en drinkwaterbedrijven, zijn betrokken bij de bescherming van grondwater voor de drinkwatervoorziening. Daarom is in het Nationaal Wateroverleg 2010 landelijk afgesproken om gebiedsdossiers voor winningen voor de openbare drinkwatervoorziening op te gaan stellen. De informatie van de verschillende partijen wordt verzameld in deze gebiedsdossiers (Wuijts, 2010), waardoor er een gemeenschappelijk inzicht ontstaat over de risico's voor de grondwaterkwaliteit bij een winning en er afspraken kunnen worden gemaakt over de uitvoering van maatregelen bij de bescherming van het grondwater (van der Aa et al., 2010).

Voor een voorzichtige schatting van de concentraties die vanuit het verontreinigde gebied naar de grondwaterwinning voor drinkwater stromen, is het beter om de afbraak buiten beschouwing te laten en slechts op verdunning van het verontreinigde water met het toestromende grondwater uit de omgeving te rekenen. Drinkwaterbedrijven weten meestal wel welk percentage van het drinkwater uit het verontreinigde gebied met gebiedsgericht grondwaterbeheer komt. Op deze manier kan een verdunningsfactor worden uitgerekend waarna een inschatting kan worden gemaakt van de risico's ten aanzien van de kwaliteit van het onttrokken grondwater.

De drinkwaterbedrijven kunnen vroegtijdig verontreinigingen signaleren door middel van het monitoren van de grondwaterkwaliteit, het controleren of de gemeentelijke ruimtelijke bestemmingsplannen voldoen aan het grondwaterbeschermingsbeleid en het volgen van activiteiten in de omgeving die tot grondwaterverontreiniging kunnen leiden (Tiebosch et al. 2011). De gebiedsgerichte benadering van verontreinigd grondwater beoogt de verwijdering van bronzones en de beheersing van aanwezig verontreinigd grondwater. Hierdoor zijn er kansen voor het drinkwaterbedrijf om bedreigde winningen beter te beschermen. Bij de klassieke gevalsbenadering was er vaak sprake van stagnatie, mede omdat het vaak lastig is om voor de diepe en mobiele verontreinigingen waarvan de drinkwaterbedrijven het meeste last hebben, een verantwoordelijke partij voor de sanering te vinden (Bonte en Van Meerkerk 2010).

4.3.2 *Kwaliteit van het onttrokken grondwater*

Drinkwaterbedrijven monitoren uitgebreid de kwaliteit van hun onttrekkingsputten. De basis voor deze monitoring wordt gevormd door de Drinkwaterregeling (ministerie van I&M, 2011) en de lokale omstandigheden. Wanneer een grondwaterverontreiniging zich in het intrekgebied van een winning bevindt, zullen drinkwaterbedrijven hun onttrekkingsputten hier aanvullend op monitoren. Daarnaast zullen ook (ondiepere) waarnemingsputten in de stroombaan regelmatig worden onderzocht. Bij een (dreigende) verontreiniging van de putten zelf zal het bedrijf maatregelen moeten nemen. Hierbij zullen de normen uit het Drinkwaterbesluit leidend zijn (zie kolom DW uit Tabel 4.5). Afhankelijk van de omvang en de ernst kan dit variëren van het opwerpen van een tussenliggende barrière (bijvoorbeeld een interceptieput), het uit bedrijf nemen van onttrekkingsputten, het uitbreiden van het zuiveringssysteem tot het verplaatsen van de winning. De laatste optie blijkt overigens als gevolg van de huidige ruimtelijke druk steeds moeilijker te realiseren (Wuijts et al. 2011)

4.3.3 *Permeatie door drinkwaterdistributieleidingen*

Wanneer er voor de distributie van drinkwater kunststofleidingen worden gebruikt, kunnen verontreinigingen vanuit het grondwater via permeatie in deze kunststofleidingen in het drinkwater terechtkomen (Vonk, 1985). De permeatie van verontreinigingen door drinkwaterdistributieleidingen hangt af van het materiaal van de leiding. Gietijzer en asbestcement vertonen zeer weinig permeatie, PVC veel meer en polyethyleen (PE) het meest. In geval van PVC-leidingen mag er volgens Bonte en Van Meerkerk (2010) tot en met de

interventiewaarde aan aromatische koolwaterstoffen aanwezig zijn in het grondwater. Voor polyethyleenleidingen mogen aromatische koolwaterstoffen, chloorkoolwaterstoffen en bestrijdingsmiddelen slechts tot de streefwaarde in het grondwater aanwezig zijn (Bonte en Van Meerkerk, 2010). De auteurs baseren het advies op de 'Leidraad voor de toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem' (Meerkerk, 2010). Bonte en van Meerkerk (2010) passen streef- en interventiewaarden toe als risicocriteria voor de toepassing van leidingmaterialen in gebieden waar de bodem of het grondwater verontreinigd is met organische contaminanten. De drinkwaterbedrijven hanteren voor de inschatting van risico's ten gevolge van permeatie ook de signaalwaarden voor grond en grondwater uit de waterwerkbladen (zie Tabel 4.3).

In het CSOIL-model (Brand, 2007) wordt het gezondheidsrisico door permeatie van organische stoffen door PE-leidingen berekend met behulp van experimenteel bepaalde permeatieconstanten (Otte, 2001). Voor de bepaling van spoedeisendheid van sanering wordt vervolgens de berekende levenslang gemiddelde blootstelling getoetst aan het MTR. Voor de handhaving van de drinkwaterkwaliteit is een toetsing aan de drinkwaternorm wenselijk. Met het CSOIL-model kan de maximale concentratie in het grondwater worden berekend waarbij de normen uit het Drinkwaterbesluit niet worden overschreden. Met de volgende formule:

$$C_{\text{grondwater}} = \text{DW-norm} / (\text{DW-constante} * D_{\text{pe}} * LP) \quad (\text{vgl. 1})$$

waarin:

$C_{\text{grondwater}}$	: grondwaterconcentratie waarbij de drinkwaternorm in het leidingwater niet wordt overschreden ($\mu\text{g/l}$)
DW-norm	: Drinkwaternorm ($\mu\text{g/l}$)
DW-constante	: Drinkwaterconstante ($45,6 \text{ d/m}^3$)
D_{pe}	: Diffusiecoëfficiënt (m^2/d)
LP	: Doorsnee grondwaterverontreiniging (100 m)

Tabel 4.3 geeft voor de onderzochte organische contaminanten de risicogrenswaarden voor grondwater in geval van permeatie door waterleidingen. Gegeven zijn de risicogrenswaarden door polyethyleenleidingen op basis van permeatieberekeningen (kolom 3) en op basis van de Leidraad permeatie (kolommen 4 en 5). Voor de berekende risicogrenswaarden zijn de omvang van de grondwaterverontreiniging en de lengte van de drinkwaterleiding belangrijke factoren. Bij grootschalige grondwaterverontreinigingen waarin

kunststofleidingen over een grote lengte in contact staan met verontreinigd grondwater, zijn de berekende maximaal toelaatbare grondwaterconcentraties lager. In kolom 3 van Tabel 4.3 is tussen haakjes de concentratie gegeven voor een grootschalige grondwaterverontreiniging waarbij de lengte van de PE-leidingen die in contact staan met verontreinigd grondwater, 1000 m is. De berekende risicogrenswaarden voor PE-leidingen met een lengte korter dan 100 m (kolom 3) liggen op een hoger niveau dan de streefwaarde en interventiewaarde. Nader praktijkonderzoek zal moeten uitwijzen of deze risicogrenswaarden voldoende garantie geven voor een goede drinkwaterkwaliteit.

Tabel 4.3 Risicogrenswaarden grondwater bij permeatie van organische verontreinigingen in het grondwater.

	(1)	(2)	PE leiding (3)	PVC leiding (4)	PE leiding (5)	PE (6)
Stofnaam	DW µg/l	Dpe m ² /d	C_{grondwater} Berekend in µg/l	IW µg/l	SW µg/l	Sign. µg/l
Naftaleen	0,1	5,00E-07	44 (4)	70	0,01	0,5
Tetrachlooretheen	10	8,00E-07	2700 (270)	40	0,01	25
Trichlooretheen	10	1,60E-06	1400 (140)	500	24	10
1,1-dichlooretheen	1	1,00E-05	22 (2)	10	0,01	-
1,2-dichlooretheen (cis)	1	4,00E-08	5500 (550)	20	0,01	-
1,2-dichlooretheen (trans)	1	4,00E-08	5500 (550)	20	0,01	-
Vinylchloride	0,1	1,00E-06	22 (2)	5	0,01	-
Benzeen	1	1,40E-06	160 (16)	30	0,2	10
Tolueen	1	1,20E-06	180 (18)	1000	7	15
Ethylbenzeen	1	2,10E-06	100 (10)	150	4	10
MTBE	1	1,00E-07	2200 (220)	9400	-	-

- (1) De norm uit het Drinkwaterbesluit, toetscriterium voor toelaatbare concentraties in drinkwater.
- (2) Permeatiecoëfficiënt PE-leiding zoals vastgesteld voor het CSOIL-blootstellingsmodel (Otte, 2001).
- (3) Berekende maximaal toelaatbare grondwaterconcentratie waarbij de drinkwaternorm ten gevolge van permeatie door een PE-leiding niet wordt overschreden.
- (4) Interventiewaarde (IW), de toelaatbare grondwaterconcentratie volgens de Leidraad permeatie voor PVC-leidingen (Bonte en van Meerkkerk, 2010).
- (5) Streefwaarde (SW), de toelaatbare grondwaterconcentratie volgens de Leidraad permeatie voor PE-leidingen (Bonte en van Meerkkerk, 2010).
- (6) Signaalwaarde uit de toetsingstabel voor de beoordeling van permeatie door PE-drinkwaterleidingen. Waterwerkblad WB 2.2C., juni 2004. www.infodwi.nl

4.3.4 *Kwaliteitseisen voor drinkwater uit private putten voor eigen consumptie*

Voor grondwaterwinningen van particulieren, uitsluitend voor eigen gebruik, gelden geen kwaliteitseisen vanuit het Drinkwaterbesluit. Echter, het is aan te bevelen om de kwaliteit van het onttrokken grondwater wel te toetsen aan toxicologisch onderbouwde grenswaarden. Indien concentraties aan contaminanten in het grondwater zich beneden deze grenswaarden bevinden, kunnen onaanvaardbare gezondheidsrisico's worden uitgesloten (Lijzen et al. 2001). Deze grenswaarden zijn gebaseerd op het maximaal Toelaatbaar Risiconiveau voor de mens (MTR_{humaan}) en het gemiddelde drinkwatergebruik (Brand et al. 2007). Deze risicobenadering gaat uit van een consumptie van 1 en 2 liter water per dag voor respectievelijk een kind en een volwassene gedurende het leven. De levenslang gemiddelde blootstelling mag het MTR_{humaan} niet overschrijden.

De risicogrenswaarde voor grondwater als drinkwater wordt als volgt berekend (Brand et al., 2007):

$$C_{\text{Max DW}} = MTR_{\text{humaan}} * EXPT_t / ((EXPT_a * QDW_a / BWa) + (EXPT_c * QDW_c * 1 / BWc))$$

Waarin:

$C_{\text{Max DW}}$	Risicogrenswaarde voor grondwater als drinkwater in µg/l
MTR_{humaan}	het maximaal toelaatbaar risiconiveau voor de mens in µg/kg _{LG} /dag
QDW_a	consumptie grondwater – volwassene 2 l/d
QDW_c	consumptie grondwater – volwassene 1 l/d
Bwa	lichaamsgewicht van een volwassene in kg
BWc	lichaamsgewicht van een kind in kg
$EXPT_t$	blootstellingsduur totaal 70 in jaren
$EXPT_a$	blootstellingsduur volwassene 64 in jaren
$EXPT_c$	blootstellingsduur kind 6 in jaren

Deze vergelijking kan worden vereenvoudigd tot: $C_{\text{Max DW}} = MTR_{\text{humaan}} * 31,4$

De berekende risicogrenzen voor grondwater als drinkwater ($C_{\text{Max DW}}$) zijn opgenomen in Tabel 4.4. Hiervoor zijn twee risicogrenzen berekend voor de toetsing binnen het beheersgebied en buiten het beheersgebied (kolommen 3 en 5). Voor de berekening van de risicogrenswaarden is respectievelijk getoetst aan het MTR_{humaan} (kolom 2) en aan 20 procent van het MTR_{humaan} . Voor carcinogenen is getoetst aan het Verwaarloosbaar Risiconiveau (kolom 4; zie voor de achtergronden ook Paragraaf 4.1 en Tabel 4.1).

Het toxicologische toetscriterium van 20 procent van het MTR wordt door de WHO als toetsingscriterium gebruikt. De WHO wijst standaard 20 procent van MTR toe voor de afleiding van kwaliteitsgrenzen voor drinkwater (WHO, 2011. Zie onder meer pagina 169). Voor bepaalde stoffen (pesticiden) kan hiervoor worden afgeweken (10 procent of 1 procent). Eventuele smaak- en geurproblemen zijn buiten beschouwing gebleven, maar kunnen een rol spelen om hogere kwaliteitseisen aan het onttrokken grondwater te stellen.

Tabel 4.4 Toxicologische toetscriteria en risicogrenswaarden ($C_{Max\ DW}$) voor drinkwater uit private putten voor eigen consumptie. Risicogrenswaarden zijn gegeven in $\mu\text{g/l}$.

Stofnaam	Binnen het beheersgebied		Buiten het beheersgebied	
	Toetscriterium $\text{MTR}_{\text{humaan}}$ in $\mu\text{g/kg}_{\text{LG}}/\text{d}$	Berekende risicogrens- waarde $C_{\text{Max DW}}$ in $\mu\text{g/l}$	Toetscriterium VR of 20% $\text{MTR}_{\text{humaan}}$ in $\mu\text{g/kg}_{\text{LG}}/\text{d}$	Berekende risicogrens- waarde $C_{\text{Max DW}}$ in $\mu\text{g/l}$
	(2)	(3)	(4)	(5)
Arseen	1	31	0,2	6,3
Zink	500	15.700	100	3100
Naftaleen	40	1260	8	250
Tetrachlooretheen	16	500	3,2	100
Trichlooretheen	50	1570	10	310
1,1-dichlooretheen	3	94	0,6	19
1,2-dichlooretheen (cis)	6	188	1,2	38
1,2-dichlooretheen (trans)	17	534	3,4	110
Vinylchloride	0,6	19	0,006 ¹⁾	0,19
Benzeen	3,3	104	0,033 ¹⁾	1,0
Tolueen	223	7000	45	1400
Ethylbenzeen	100	3140	20	630
MTBE (Methyl-tert-buthyl ether)	300	9400	60	1900

1) Carcinogene stoffen. Hiervoor wordt getoetst aan het Verwaarloosbaar Risiconiveau voor de mens $\text{MTR}/100$.

Tabel 4.5 Grondwaternormen uit de Circulaire bodemsanering (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012) en het Drinkwaterbesluit (Staatsblad, 2011).

Stofnaam	IW ¹⁾ µg/l	SW ²⁾ µg/l	DW ³⁾ µg/l
Arseen	60	7,2	10
Zink	800	65	200 ¹⁰⁾
Naftaleen	70	0,01	0,1 ⁶⁾
Tetrachlooretheen	40	0,01	10 ⁵⁾
Trichlooretheen	500	24	10 ⁵⁾
1,1-dichlooretheen	10	0,01	1 ⁷⁾
1,2-dichlooretheen	20	0,01	1 ⁷⁾
Vinylchloride	5	0,01	0,1
Benzeen	30	0,2	1 ⁸⁾
Tolueen	1000	7	1 ⁸⁾
Ethylbenzeen	150	4	1 ⁸⁾
MTBE (Methyl-tert-buthyl ether)	9400 ⁴⁾	-	1 ⁹⁾

1) Interventiewaarde grondwater in µg/l (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012).

2) Streefwaarde grondwater in µg/l (ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2012).

3) DW Drinkwaterbesluit (Staatsblad, 2011).

4) Indicatief niveau voor ernstige bodemverontreiniging.

5) Somnorm tetrachlooretheen en trichlooretheen samen.

6) Somnorm PAKs.

7) Signaleringswaarde gehalogeneerde alifatische koolwaterstoffen.

8) Signaleringswaarde aromaten.

9) Signaleringswaarde MTBE.

10) Kwaliteitseis oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater. Voor drinkwater zelf geldt 3000 µg/l als esthetische parameter. Dit in verband met zink in de leidingen.

4.4 Gewaskwaliteit

Een belangrijke gebruikseis voor het gebruik van de bodem als moestuin is dat de kwaliteit van bodem en grondwater een goede gewaskwaliteit waarborgt. Dit betekent dat de kwaliteit van de bouwvoor niet door het grondwater tot een onaanvaardbaar niveau mag worden aangetast. Transport van verontreinigd grondwater naar de bouwvoor kan plaatsvinden door kwel, een hoge grondwaterstand of door irrigatie met grondwater (zie hiervoor Paragraaf 4.5).

De opname van contaminanten door gewassen vindt plaats via het poriewater waarna contaminanten in meer of mindere mate zullen accumuleren in het gewas (Versluijs en Otte, 2001).

Voor productiegewassen geldt dat de gehalten aan contaminanten in de gewassen dienen te voldoen aan de Warenwetnormen. Voor gewassen geteeld in

moestuinen gelden deze normen niet. De beoordeling van het risico voor de gezondheid door de consumptie van gewassen uit een (verontreinigde) moestuin vindt plaats op basis van Maximale Waarden bodem.

De bepaling van risicogrenswaarden voor het grondwater waarbij gewassen uit moestuinen nog veilig (zonder 'ontoelaatbare risico's') kunnen worden geconsumeerd, heeft twee componenten. Ten eerste de relatie tussen contaminanten in het grondwater en die in gewassen. En ten tweede het toetscriterium voor contaminanten in gewassen. Voor deze laatste, het toetscriterium voor contaminanten in gewassen, wordt als uitgangspunt gehanteerd dat de mens vanuit een eigen moestuin veilig de gewassen moet kunnen consumeren. In risicotermen: de blootstelling via gewasconsumptie mag geen toxicologisch criterium overschrijden. Voor de toetsing in het beheersgebied kan het MTR_{humaan} als criterium worden gebruikt. Om de kwaliteit buiten het beheersgebied te waarborgen, moet voor het grondwater een strenger criterium worden overwogen, bijvoorbeeld het VR_{humaan} .

Voor het hier toegepaste moestuinscenario is ervan uitgegaan dat:

- a) De blootstelling uitsluitend via de consumptie van gewassen plaatsvindt, en
- b) De blootstelling ook via andere routes kan plaatsvinden.

Dit laatste is het geval als moestuinen en wonen worden gecombineerd.

Analoog aan de afleiding van de Maximale Waarden (Dirven-Van Breemen et al., 2007) wordt verondersteld dat 50 procent van geconsumeerde aardappelen en 100 procent van de overige geconsumeerde groenten uit eigen tuin komen.

De relatie tussen contaminanten in het grondwater en die in gewassen hangt af van de diepte van het grondwater, de aanwezigheid van kwel, de capillaire opstijging en de opname in het gewas. De opname in het gewas en de daarbij behorende bodem- en poriewaterconcentratie worden berekend met het blootstellingsmodel CSOIL. Er wordt uitgegaan van de situatie waarbij de concentratie in het poriewater gelijk is aan die van het grondwater. Dit zou het geval kunnen zijn als het grondwater dicht aan de wortelzone staat en ten gevolge van capillaire opstijging en diffusie een evenwichtssituatie is opgetreden tussen de contaminanten in het bovenste grondwater en in de wortelzone. In dat geval zijn de risicogrenswaarden voor het grondwater waarbij gewassen uit moestuinen nog veilig kunnen worden geconsumeerd, gelijk aan de met CSOIL berekende poriewaterconcentratie. Deze risicogrenswaarden zijn weergegeven in Tabel 4.6. In de tabel zijn de berekende risicogrenswaarden gegeven voor een situatie waarbij sprake is van blootstelling uitsluitend via de consumptie van geteelde gewassen (zie Tabel 4.6, kolom 2) en waarbij dus geen sprake is van wonen en blootstelling via de binnenlucht. Uit de modelberekeningen blijkt dat

de risicogrenswaarden voor vluchtige verontreinigingen hoog zijn. Deze verontreinigingen worden weliswaar door de plant in de sapstroom opgenomen, maar door de hoge vluchtigheid via de bladporiën ook weer verwijderd. De aanwezigheid van metabolieten van gechloreerde vluchtige verontreinigingen in vruchten zijn wel gerapporteerd, maar Swartjes (2011, pagina 399) en anderen concluderen dat de accumulatie van vluchtige verontreinigingen klein is. De hoge berekende risicogrenswaarden onderschrijven deze conclusie.

Voor arseen en zink liggen de risicogrenswaarden op een lager niveau. Het is bekend dat metalen gemakkelijk accumuleren in gewassen, vooral indien de biobeschikbaarheid van de metalen hoog is.

Ter vergelijking zijn in de derde kolom van Tabel 4.6 de risicogrenswaarden vermeld indien alle blootstellingsroutes ('Wonen met moestuin') worden meegenomen. De risicogrenswaarden voor de vluchtige verontreinigingen liggen nu veel lager vanwege de blootstelling via de binnenlucht (zie hiervoor Paragraaf 4.2).

Voor de handhaving van de kwaliteit van moestuingewassen buiten het beheersgebied kan, voor carcinogenen, getoetst worden aan het Verwaarloosbaar Risiconiveau voor de mens (VR). Dan hoeft geen rekening te worden gehouden met blootstelling via andere routes. Bij toetsing aan het VR liggen de corresponderende risicogrenswaarden een factor 100 lager.

Tabel 4.6: Risicogrenswaarden voor grondwater binnen het beheersgebied voor moestuinen.

Stofnaam	Grondwater (µg/l) Blootstelling alleen via consumptiegewas	Grondwater (µg/l) Blootstelling via alle routes
Arseen	93	77
Zink	1400	1400
Naftaleen	12.000	7500
Tetrachlooretheen	4300	510
Trichlooretheen	32.000	1400
1,1-dichloroetheen	2600	30
1,2-dichloroetheen (cis)	17.000	76
1,2-dichloroetheen (trans)	17.000	112
Vinylchloride	610	0,4
Benzeen	2800	230
Tolueen	130.000	4200
Ethylbenzeen	37.000	5000
MTBE (Methyl-tert-buthyl ether)	980.000	44.000

Op basis van de berekeningen met CSOIL kan worden geconcludeerd dat de opname van vluchtige verontreinigingen door groenten en aardappels klein is en dat leidt tot hoge toelaatbare risicogrenswaarden. Overigens zijn er enkele publicaties die niet uitsluiten dat metaboliën van organische verontreinigingen kunnen worden aangetoond of dat verontreinigingen teruggevonden worden in fruit (Doucette, 2007).

4.5 Gebruik van grondwater in de landbouw

Voor deze studie is gebruikgemaakt van een inventarisatie door Rietra en Römken (2011) naar het grondwatergebruik in de landbouw uit private putten. Hierin wordt ingegaan op de onttrekkingen voor de land- en tuinbouw in Nederland. Hieruit blijkt dat er naar schatting 130 miljoen m³ water wordt gewonnen uit eigen winningen ten behoeve van irrigatie en veedrenking. Dat is ongeveer 5 procent van de totale winning van grondwater. Het aantal winningen is niet goed bekend bij de waterschappen. Deels ook omdat kleine winningen (< 10 m³/uur) niet overal behoeven te worden gemeld, en voor de winningen van 10-60 m³/uur slechts een meldingsplicht bestaat.

Kleine onttrekkingen (bijvoorbeeld een onttrekking kleiner dan 10 m³/uur en tot 30 m beneden het maaiveld) zijn vaak vrij van melding- of vergunningsplicht. Een particulier maakt hogere kosten als hij/zij dieper grondwater onttrekt. De verwachting is daarom dat ondiep grondwater (0-15 m -mv) vooral gebruikt wordt door particulieren. Volgens waterschap de Veluwe mag alleen water onttrokken worden uit het eerste watervoerende pakket. Dieper is voorbehouden aan waterwinning ten behoeve van drinkwatermaatschappijen. In het gebied de Kempen is het ondiepe grondwater (0-30 m -mv) verontreinigd. Voor beregening zal water gebruikt worden dat dieper onttrokken wordt, en dat ondiep grondwater gebruikt wordt door particulieren voor tuintjes (0-15 m -mv).

Er bestaan geen wettelijke normen voor water uit eigen winningen voor veedrenking of beregening. Wel zijn er referentiewaarden voor vee vanuit gezondheidsoogpunt. De referentiewaarden zijn beschreven in de Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen Geiten (CVB, 2005). Het betreft milieuverontreinigingen met risico's op vergiftiging of effect op de productkwaliteit (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Mo, Pb, Ni, Zn), en verbindingen die problemen met de gezondheid kunnen geven (NO₃, NO₂, NH₄, pH, HS, SO₄, Cl, SCN-, O₂).

De verantwoordelijkheid van gebruik en mogelijke risico's van verontreinigd grondwater ligt primair bij de onttrekker. Er is geen vast protocol inzake voorlichting vanuit de Waterschappen naar gebruikers. Drinkwaterbedrijven als Brabant Water (zie www.brabantwater.nl/NL/Branches/veehouders/winning/Pages/Grondwaterkwaliteit.aspx augustus 2012) geven voorlichting over de kwaliteit van het grondwater, de risico's en de voordelen van leidingwater. Meer inzicht in de kwaliteit van water uit eigen winningen bij de gebruikers zou de risico's kunnen verkleinen.

Voor de contaminanten uit deze studie is het op dit moment niet duidelijk welke risicogrenswaarden van toepassing moeten worden verklaard op grondwater dat onttrokken wordt voor de landbouw. Een mogelijkheid is een toetsing aan de interventiewaarde grondwater. De interventiewaarde grondwater geeft de grens aan waarboven onaanvaardbare risico's niet zonder meer kunnen worden uitgesloten. De interventiewaarde is alleen van toepassing op algemeen voorkomende (generieke) situaties. Een nader onderzoek naar de risico's en gerichte voorlichting met betrekking tot de kwaliteit van het onttrokken grondwater is raadzaam in geval van verontreinigd grondwater.

5 Bepaling van ecologisch onderbouwde risicogrenswaarden

5.1 Uitgangspunten

Voor ecologische risicobeoordeling worden drie aspecten beschouwd:

- de habitatfunctie in grondwater (Paragraaf 5.3);
- beïnvloeding terrestrisch ecosysteem (Paragraaf 5.4);
- beïnvloeding van oppervlaktewater (Paragraaf 5.5).

Als vierde ecologisch criterium is overwogen het zelfreinigend vermogen van de bodem mee te nemen. Aangezien er echter geen eenduidige criteria zijn waarmee het zelfreinigende vermogen van de bodem kan worden getoetst, is dit criterium vooralsnog niet uitgewerkt.

Ecologische risicogrenswaarden zijn voortdurend aan aanpassing onderhevig. Dat wil zeggen dat de datum waarop ecologische risicogrenswaarden zijn afgeleid, per contaminant kunnen verschillen. Een gevolg hiervan is dat er een verschil kan bestaan tussen deze ecologische risicogrenswaarden en die waarden die zijn gerapporteerd in andere (RIVM)rapporten.

De hier gebruikte waarden zijn gebaseerd op de meest recente aanpassingen. In Bijlage 2 worden de definities en de betekenis van de verschillende ecologische risicogrenswaarden gegeven.

5.2 Beoordeling van de risico's per stof of meerdere stoffen

Verontreinigd stedelijk grondwater kenmerkt zich door het voorkomen van een cocktail van stoffen. Het mag duidelijk zijn dat de druk op het ecosysteem, en daarmee de ecologische risico's, bepaald wordt door het totale effect van het mengsel op de aanwezige organismen. De ecologische risico's van het mengsel aan stoffen kan worden beoordeeld met behulp van een msPAF-berekening. Een toetsing aan de msPAF is in het kader van het Besluit bodemkwaliteit al operationeel voor hergebruik van waterbodems en grond (Osté et al., 2008). Voor een risicobeoordeling kan de toe- of afname van de PAF (δ PAF) worden bepaald op basis van gemeten of gemodelleerde concentraties, waarna eventuele beheersmaatregelen kunnen worden genomen. Bij het intreden van verontreinigd grondwater in 'schoon' grondwater of oppervlaktewater is volgens deze benadering niet de toename van individuele concentraties maatgevend maar de toename van de PAF ten gevolge van alle aanwezige stoffen. Deze benadering kan operationeel worden gemaakt voor een stap 2 beoordeling

(gebiedsspecifiek) analoog aan de risicotoolbox bodem zoals voor de beoordeling van het hergebruik van grond.

Voor de afleiding van functiespecifieke normen (uitgedrukt in $\mu\text{g/l}$) is de berekende msPAF niet te operationaliseren vanwege de diversiteit aan mogelijke stoffenmengsels. In dit rapport zal de msPAF als element voor het afleiden van risicogrenswaarden daarom niet verder worden uitgewerkt.

5.3 Habitatfunctie van grondwater

Voor het waarborgen van de habitatfunctie van grondwater is een aantal risicogrenswaarden voor het ecosysteem te hanteren:

- VR_{eco} (Verwaarloosbaar Risico). Deze is samengesteld uit het VT_{eco} (Verwaarloosbare Toevoeging, is gelijk aan $MTT_{eco}/100$) en de eventuele achtergrondconcentratie (AC).
- MTR_{eco} (Maximaal Toelaatbaar Risico voor het ecosysteem). Deze is samengesteld uit het MTT_{eco} (Maximaal Toelaatbare Toevoeging; gerelateerd aan HC5) en de eventuele achtergrondconcentratie (AC).
- Het ER (Ernstig Risico; gerelateerd aan HC50). Deze is samengesteld uit het ETT_{eco} (ernstige risicotoevoeging) en de eventuele achtergrondconcentratie. In plaats van ER wordt ook wel de term SRC_{eco} (*Serious Risk Concentration*) gebruikt.
- Het zogenaamde Middenniveau. Dit is het geometrisch gemiddelde van de MTR_{eco} en de ER_{eco} .

De risicogrenswaarden voor grondwater zijn doorgaans gebaseerd op die voor het aquatische ecosysteem en zijn voor de betreffende stoffen samengevat in Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Ecologische risicogrenswaarden voor grondwater in µg/l.

	VR _{eco}	Referentie	MTR _{eco}	Referentie	Middenniveau _{eco}	Referentie	ER _{eco}	Referentie
Arseen	1,9	berekend uit MTR _{eco}	2,4	IKSR/ CIPR/ICBR, 2009	46	berekend	890	Verbruggen et al., 2001
Zink	38	berekend uit MTR _{eco}	46	Bodar, 2007	62	berekend	83	Bodar, 2007
Naftaleen	0,020	berekend uit MTR _{eco}	2,0	Verbruggen, 2012	32	berekend	520	Verbruggen, 2012
Tetrachlooretheen	0,51	berekend uit MTR _{eco}	51	De Jong et al., 2007	630	berekend	7800	De Jong et al., 2007
Trichlooretheen	1,2	berekend uit MTR _{eco}	120	De Jong et al., 2007	740	berekend	4600	De Jong et al., 2007
1,1-Dichlooretheen	0,090	berekend uit MTR _{eco}	9,0	Fleuren et al., 2009	320	berekend	11.000	Fleuren et al., 2009
1,2-Dichlooretheen ¹	0,068	berekend uit MTR _{eco}	6,8	Fleuren et al., 2009	270	berekend	11.000	Fleuren et al., 2009
Vinylchloride ²	0,0050	berekend uit MTR _{eco}	0,50	Verbruggen et al., 2001	63	berekend	8000	Verbruggen et al., 2001
Benzeen	0,49	berekend uit MTR _{eco}	49	Factsheet prioritaire stoffen KRW	1200	berekend	30.000	Verbruggen et al., 2001
Tolueen	0,74	berekend uit MTR _{eco}	74	Vos en Bodar, 2008	650	berekend	5700	Vos en Bodar, 2008
Ethylbenzeen	1,0	berekend uit MTR _{eco}	100	Smit en Verbruggen, 2011	740	berekend	5500	Verbruggen et al., 2001
MTBE	26	berekend uit MTR _{eco}	2600	Swartjes, 2004	11000	berekend	47.500	Swartjes, 2004

ER_{eco} = Concentratie behorend bij het Ernstige Risiconiveau (gerelateerd aan HC50)

Middenniveau_{eco} = Geometrisch gemiddelde tussen MTR_{eco} en ER_{eco}

MTR_{eco} = Concentratie behorend bij het Maximaal Toelaatbare Risiconiveau (gerelateerd aan HC5)

VR_{eco} = Concentratie behorend bij het Verwaarloosbare Risiconiveau (gerelateerd aan HC5/100)

5.4 De invloed van verontreinigd grondwater op het terrestrische ecosysteem

5.4.1 *Grondwaterafhankelijke ecosystemen*

Terrestrische ecosystemen kunnen worden beïnvloed door grondwater.

Grondwaterafhankelijke ecosystemen krijgen bijzondere aandacht in de KRW (European Commission, 2011). In veel gevallen is deze afhankelijkheid van waterkwantitatieve aard, maar dit kan niet los worden gezien van de waterkwaliteit. Naast verdroging kunnen deze ecosystemen negatieve effecten ondervinden door inlaat van gebiedsvreemd water en de kwaliteit van het grondwater. Vanuit het perspectief van Natura 2000 is de kwaliteit van grondwater een belangrijk aandachtspunt.

Voor wat betreft afhankelijkheid van grondwaterafhankelijke ecosystemen van de grondwaterkwaliteit gaat het veelal om de beschikbaarheid van essentiële elementen voor de groei van planten en de pH. Maar ook metalen afkomstig vanuit grondwater kunnen het ecosysteem beïnvloeden (De Vries et al., 2008). Van Beelen en Lieste (2008) hebben geen studie kunnen vinden waarbij toxische effecten gevonden werden in terrestrische ecosystemen als gevolg van organische verontreinigingen afkomstig uit het grondwater.

In deze rapportage is de aandacht niet specifiek gericht op grondwaterafhankelijke ecosystemen, maar op het ecosysteem in de bovenste laag van de bodem ('terrestrisch ecosysteem'). In het kader van de Wet bodembescherming worden de soorten (biodiversiteit) en processen in de bovengrond immers als te beschermen object beschouwd. Het gaat hierbij niet primair om afhankelijkheid van het terrestrische ecosysteem van grondwater, maar om de risico's van verontreinigingen in het grondwater op het terrestrische ecosysteem in geval van bijvoorbeeld kwel.

5.4.2 *Processen*

Van beïnvloeding van het terrestrische ecosysteem door verontreinigd grondwater kan sprake zijn in geval van capillaire opstijging, kwel, uitdamping of diffusie, met name in gebieden met een hoge grondwaterstand.

Capillaire opstijging en kwel resulteren in convectieve verplaatsing van grondwater. Bij capillaire opstijging kan het grondwater opstijgen boven het zogenaamde freatisch vlak van enige centimeters (zand en klei) tot vele decimeters (fijn zand en silt). Tabel 5.2 geeft een overzicht van de capillaire opstijging (z) bij verschillende textuur (Bakker et. al., 2008).

Tabel 5.2 Capillaire opstijging (capillair grondwater) in meter (z) voor verschillende bodemtextuur.

Soil	Sand (%) ¹⁾	Silt (%) ¹⁾	Clay (%) ¹⁾	z (m)
Coarse sand	>90	<15	<10	0.15
Medium sand	>90	<15	<10	0.40
Fine sand	>90	<15	<10	0.50
Silty sand	50-90	15-50	10-25	0.50 (0.41-0.61)
Silt	<45	>25	<25	0.70 (0.45-0.84)
Clay	<75	>75	>25	0.20 (0.12-0.35)

1) Texture in percentage of the mineral parts

Of een terrestrisch ecosysteem ten gevolge van capillaire opstijging bedreigd kan worden, hangt af van het freatische grondwaterniveau (zoals dat in een peilbuis gemeten wordt) en de bodemtextuur. Omdat de evapo(trans)piratie de capillaire opstijging reguleert, is de mate van capillaire opstijging, en dus de toevoer van contaminanten naar het terrestrische ecosysteem, ook afhankelijk van het seizoen en het type begroeiing van de bodem. Aangezien er in Nederland gemiddeld sprake is van een neerslagoverschot, heeft op de meeste locaties op jaarbasis uitspoeling van contaminanten een groter effect dan de aanrijking door capillaire opstijging.

Kwel kan optreden in heuvelachtig terrein, waarbij sprake is van hoogteverschillen in het maaiveld en daarbij van de grondwaterniveaus, of in geval van polders, waarbij de grondwaterniveaus op korte afstand verschillen. Kwel kan leiden tot waterverzadiging tot aan het maaiveld of de bronvorming. Het meeste grondwater dat op deze wijze aan de oppervlakte komt is slechts enkele jaren tot enkele eeuwen oud (Meinardi, 2003) en kan dus beïnvloed zijn door antropogene bodemverontreiniging. In ongeveer een derde deel van Nederland kan kwel optreden (Van Beelen en Lieste, 2008). In veel gevallen, zeker in polders, wordt de kwel echter afgevangen door sloten, drains en bemaling.

In het gebied van Nederland waar wegzijging overheerst, ongeveer tweederde deel van Nederland, is de impact van verontreinigd grondwater op het terrestrische ecosysteem verwaarloosbaar.

Uitdamping of diffusie kunnen resulteren in verplaatsing van contaminanten van het grondwater naar het terrestrische ecosysteem. Aangezien er in Nederland echter sprake is van een neerslagoverschot wordt ervan uitgegaan dat op jaarbasis uitspoeling van contaminanten een groter effect heeft.

5.4.3 *Inkadering*

Kwaliteitscriteria voor grondwater die in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water zullen worden ontwikkeld, richten zich onder andere op 'direct afhankelijke ecosystemen zoals waterrijke natuurgebieden (*wetlands*)'. Indien 'significante schade wordt aangebracht aan terrestrische ecosystemen die direct afhankelijk zijn van het grondwaterlichaam', dienen in het kader van de KRW voor specifieke contaminanten, grondwater-kwaliteitscriteria te worden gehanteerd, genaamd drempelwaarden. Omdat ecosystemen aangepast zijn aan van nature voorkomende concentraties aan stoffen, is de aandacht van de KRW alleen gericht op contaminanten van antropogene oorsprong, niet op van nature voorkomende concentraties aan stoffen.

De indirecte effecten ten gevolge van beïnvloeding van het terrestrische ecosysteem door grondwater, bijvoorbeeld ten gevolge van eutrofiëring ten gevolge van oxidatie van veen of oxidatie van gesteenten of mineralen (pyriet) bij verlaging van het grondwater waarbij contaminanten vrij kunnen komen, blijven in deze rapportage buiten beschouwing.

De impact van kwel op het terrestrische ecosysteem door aanvoer van ijzer, cadmium en andere van nature voorkomende componenten, evenals de impact van het overwegend basische karakter van kwelwater, blijft in deze rapportage eveneens buiten beschouwing. Dit geldt ook voor de impact van gereduceerde verbindingen in zuurstofloos grondwater, zoals waterstofsulfide en ammoniak, op het terrestrische ecosysteem. De hieruit voortkomende schade aan het terrestrische ecosysteem is namelijk terug te voeren tot van nature voorkomende elementen en niet door contaminanten van antropogene oorsprong.

5.4.4 *Berekening risicogrenzen voor grondwater*

De relatie tussen contaminanten in grondwater en de risico's voor het terrestrische ecosysteem heeft twee componenten: de verplaatsing van contaminanten via het water naar het terrestrische ecosysteem en vervolgens de effecten die de contaminanten hebben op het terrestrische ecosysteem. Deze laatste component, de effecten die de contaminanten hebben op het terrestrische ecosysteem, kunnen worden gekoppeld aan bestaande risicogrenzen voor het terrestrische ecosysteem, afgeleid voor soorten (biodiversiteit) en ecologische processen, uitgedrukt in mg/kg_{DS} .

De eerste component, de verplaatsing van contaminanten via het water naar het terrestrische ecosysteem, is lastig vast te stellen omdat de mate van toe- en afvoer van water naar en van het terrestrische ecosysteem een sterk locatie-specifiek karakter heeft. Bovendien is er sprake van een sterke fluctuatie van

beweging van grondwater in de tijd. Dat geldt voor zowel capillaire opstijging als kwel. Daarnaast wordt de toevoer van contaminanten met grondwater tegengewerkt door verdunning en afvoer ten gevolge van neerslag, welke beide factoren eveneens sterk in de tijd fluctueren.

De KRW schrijft voor dat in geval van bedreiging van grondwaterafhankelijke ecosystemen een schatting gemaakt dient te worden van de richting en omvang van de uitwisseling van water tussen het grondwaterlichaam en de bovenlaag van de bodem. Hier kunnen dus locatie-specifieke factoren worden gehanteerd. Ter bepaling van de risicogrenswaarden voor grondwater, het doel van deze rapportage, moet echter een generiek scenario worden opgesteld voor deze uitwisseling. Omdat er in Nederland een groot aantal scenario's voor deze uitwisseling mogelijk is, worden voor twee extreme scenario's en voor een 'gemiddeld scenario' risicogrenswaarden afgeleid. Daarnaast kan overwogen worden om voor de toetsing gebruik te maken van ecologische risicogrenzen voor oppervlaktewater (scenario 4). Op basis van deze vier scenario's kan inzicht in de spreiding van de risicogrenzen worden verkregen.

In het extreme scenario (scenario 1) vindt een kortdurende verplaatsing van het grondwater naar een contaminant-vrije bovengrond plaats. In het andere extreme scenario (scenario 2) wordt ervan uitgegaan dat het grondwater, ten gevolge van kwel of capillaire opstijging, langdurig tot aan het maaiveld staat. Het verschil tussen deze beide scenario's is dat in scenario 1 verondersteld wordt dat de vaste bodemdeeltjes de contaminanten adsorberen, ook wel de 'bufferwerking' van de bodem genoemd. Daardoor kan er beduidend meer verontreiniging in het grondwater zitten totdat dit resulteert in een overschrijding van de risicogrens voor het terrestrische ecosysteem. In scenario 2 wordt aangenomen dat de buffer die de vaste bodemdeeltjes biedt, door het langdurig contact met gecontamineerd grondwater reeds is opgevuld. Daarom mag er zich maar een kleine hoeveelheid contaminanten in het toestromend grondwater bevinden voordat de risicogrens voor het terrestrische ecosysteem wordt overschreden. In het 'gemiddelde scenario' (scenario 3) is ervan uitgegaan dat er een evenwicht optreedt voor wat betreft de waterhuishouding en de contaminant-concentratie in de bovengrond. Een vierde mogelijkheid (scenario 4) is om ecologische risicogrenzen voor oppervlaktewater toe te passen op grondwater in het geval van kwelsituaties. Hierbij is de aanname dat met de toepassing van deze risicogrenzen geen ontoelaatbare risico's (of effecten) voor het terrestrische ecosysteem aan de orde kunnen zijn. Voordeel van dit vierde scenario is dat er geen nieuwe risicogrenzen hoeven te worden afgeleid. Een eventueel nadeel van dit scenario

kan de praktische haalbaarheid zijn. Voor deze afweging worden allereerst de risicogrenzen voor de scenario's 1 t/m 3 berekend.

Bij de berekeningen (scenario 1, 2 en 3) is er verder van uitgegaan dat de concentratie gedurende het opwaartse transport van grondwater naar de bovengrond niet verandert (geen afbraak, diffusie of dispersie, verdunning; conservatief uitgangspunt).

Scenario 1 Kortdurende verplaatsing van het grondwater naar een contaminant-vrije bovengrond

Dit scenario kan zich voordoen in een periode van droogte, in het geval waarbij sprake is van een ondiepe grondwaterspiegel. In dat geval kan het grondwater ten gevolge van capillaire opstijging gedurende korte tijd in de bovenlaag van de bodem komen.

De toelaatbare concentratie in grondwater wordt zodanig berekend dat de totale hoeveelheid contaminanten in het grondwater gelijk is aan de hoeveelheid contaminanten die nodig is om in de bovengrond tot een toelaatbare risicogrens te komen. De formule is als volgt:

$$C_{grwT} = \frac{C_{grondT} \times \rho : 000}{f_{pw}} \quad (\text{Vgl. 5.1})$$

waarin

C_{grwT}	=	Toelaatbare concentratie grondwater ($\mu\text{g/l}$)
C_{grondT}	=	Toelaatbare concentratie grond (mg/kg_{DS})
ρ	=	Bulkdichtheid (kg/l)
f_{pw}	=	Poriewaterfractie (-)

Uitgaande van een relatief lage bulkdichtheid van klei of leem van 1.1 kg/l en een relatief hoge poriefractie van $0,6$ (conservatief uitgangspunt) is de poriewaterconcentratie als volgt te berekenen:

$$C_{grwT} = 800 \times C_{grondT} \quad (\text{Vgl. 5.2})$$

Voor de toelaatbare concentratie bodem zijn dezelfde risiconiveaus te kiezen als voor grondwater, van streng naar soepeler: VR_{eco} , MTR_{eco} , $Middenniveau_{eco}$ en ER_{eco} . Uiteraard gaat het hierbij om de risiconiveaus voor grond, uitgedrukt in mg/kg_{DS} . Deze risiconiveaus zijn weergegeven in Tabel 5.3. Analoog aan de risicogrenswaarden voor aquatische organismen zijn de hier gebruikte waarden

eveneens zoveel mogelijk gebaseerd op de meest recente aanpassingen. Een gevolg hiervan is wederom dat er een verschil kan bestaan tussen deze ecologische risicogrenswaarden en die waarden die zijn gerapporteerd in andere (RIVM-)rapporten. De bijbehorende toelaatbare grondwaterconcentratie, ter ecologische bescherming van het terrestrische ecosysteem volgens Vgl. 5.2, zijn weergegeven in Tabel 5.4.

Tabel 5.3 Ecologische risicogrenzen voor grond (mg/kg_{DS})

	VR _{eco}	Referentie	MTR _{eco}	Referentie	Middenniveau _{eco}	Referentie	ER _{eco}	Referentie
Arseen	20	berekend uit MTR	21	Dirven-van Breemen, 2007	41	berekend	77	Dirven-van Breemen, 2007
Zink	140	berekend uit MTR	160	Dirven-van Breemen, 2007	230	berekend	350	Dirven-van Breemen, 2007
Naftaleen	0,0069	berekend uit MTR	0,69	Verbruggen, 2012	3,1	berekend	14	Verbruggen, 2012
Tetrachlooretheen	0,00033	berekend uit MTR	0,033	De Jong et al., 2007	2,1	berekend	130	De Jong et al., 2007
Trichlooretheen	0,0068	berekend uit MTR	0,68	De Jong et al., 2007	4,8	berekend	34	De Jong et al., 2007
1,1-Dichlooretheen	0,00044	berekend uit MTR	0,044	Fleuren et al., 2009	1,5	berekend	53	Fleuren et al., 2009
1,2-Dichlooretheen ¹	0,00020	berekend uit MTR	0,02	Fleuren et al., 2009	0,87	berekend	37	Brand et al., 2012
Vinylchloride ²	0,018	berekend uit MTR	1,8	Verbruggen et al., 2001	5,5	berekend	17	Verbruggen et al., 2001
Benzeen	0,01	berekend uit MTR	1,0	Verbruggen et al., 2001	11	berekend	130	Verbruggen et al., 2001
Tolueen	0,0014	berekend uit MTR	0,14	Verbruggen et al., 2001	2,6	berekend	47	Verbruggen et al., 2001
Ethylbenzeen	0,062	berekend uit MTR	6,2	Verbruggen et al., 2001	26	berekend	110	Verbruggen et al., 2001
MTBE	0,024	berekend uit MTR	2,4	Swartjes et al., 2004	10	berekend	44	Swartjes et al., 2004

1 = waarden gelijk voor cis- en trans-1,2 dichlooretheen

2 = gebrek aan data in De Jong et al., 2007

Tabel 5.4. Berekende toelaatbare grondwaterconcentratie voor de bescherming van het terrestrische ecosysteem (µg/l) gebaseerd op een kortdurende verplaatsing van het grondwater naar een contaminant-vrije bovengrond voor verschillende beschermingsniveaus (Scenario 1).

Beschermingsniveau (CgrondT)	Berekende toelaatbare grondwaterconcentratie CgrwT in (µg/l)			
	VR _{eco}	MTR _{eco}	Middenniveau _{eco}	ER _{eco}
Arseen	36000	38.000	74.000	140.000
Zink	250.000	290.000	410.000	630.000
Naftaleen	12	1200	5600	25.000
Tetrachlooretheen	0,59	59	3800	23.0000
Trichlooretheen	12	1200	8600	61000
1,1-Dichlooretheen	0,79	79	2700	95.000
1,2-Dichlooretheen ¹	0,36	36	1600	67.000
Vinylchloride	32	3200	9900	31.000
Benzeen	18	1800	20.000	23.0000
Tolueen	2,5	250	4700	85.000
Ethylbenzeen	110	11.000	47.000	200.000
MTBE	43	4300	18.000	79.000

1 = waarden gelijk voor cis- en trans-1,2 dichlooretheen

Scenario 2 Grondwater langdurig tot aan het maaiveld

Dit scenario kan zich voordoen in het geval sprake is van een kwelsituatie of een moerassig gebied waarbij de grondwaterspiegel een groot deel van het jaar tot aan het maaiveld staat.

Als het grondwater langdurig tot aan de oppervlakte komt, zal er een evenwichtssituatie optreden tussen contaminanten in grondwater (bij verzadiging is grondwater gelijk aan poriewater) en die in/aan de vaste bodemdeeltjes. Als toetscriterium geldt dat het totaalgehalte van de bodem de ecologische risicogrenzen niet mag overschrijden. Op het niveau van de risicogrenswaarde in grondwater is derhalve sprake van een evenwicht met de ecologische risicogrenzen voor bodem. De risicogrenswaarde in grondwater, als evenwichtswaarde, kan voor metalen eenvoudig worden berekend met een partitievoëfficiënt:

$$C_{grwT} = \frac{C_{grondT} \times 000}{K_d} \quad (\text{Vgl. 5.3a})$$

waarin

K_d = Partitiecoëfficiënt op basis van totaalgehalte in de bodem (L/kd_{DW})

Voor organische contaminanten is de risicogrenswaarde als volgt te berekenen:

$$C_{grwT} = \frac{C_{grondT} \times 000}{K_{oc} \times \%OC/100} \quad (\text{Vgl. 5.3b})$$

waarin

K_{oc} = Partitiecoëfficiënt genormaliseerd voor organisch koolstofgehalte (L/kd_{DW})

$\%OC$ = Percentage organische koolstof (%)

Er wordt uitgegaan van een bodem met een relatief laag organisch stofgehalte van 2 procent (organisch koolstofgehalte = 1,14 procent).

De berekende toelaatbare grondwaterconcentratie (Vgl. 5.3a en 5.3b) voor de verschillende beschermingsniveaus zijn weergegeven in Tabel 5.5. In deze tabel zijn tevens de waarden voor K_d en $\log K_{oc}$ weergegeven. Aangezien K_d -waarden afhankelijk zijn van het bodemtype en de bodemeigenschappen, is hier de gemiddelde K_d gehanteerd zoals werd toegepast voor de herziening van de interventiewaarden (Lijzen et al., 2001).

Tabel 5.5 Gehanteerde log K_{oc}- en K_d-waarden en toelaatbare grondwaterconcentraties ter ecologische bescherming van het terrestrische ecosysteem (µg/l) gebaseerd op een langdurig contact tussen grondwater en bovengrond (Scenario 2).

Beschermingsniveau (C _{grondT})				VR _{eco}	MTR _{eco}	Midden niveau _{eco}	ER _{eco}
				Berekende toelaatbare grondwaterconc. (C _{grwT})			
Stofnaam	Log K _{oc}	K _d	Ref ¹ K _{oc}	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
Arseen	-	1800	1	11	12	23	43
Zink	-	2600	1	54	60	88	130
Naftaleen	2,98	10,89	1	0,63	63	280	1300
Tetrachlooretheen	2,42	3,00	1	0,11	11	700	43.000
Trichlooretheen	2,06	1,31	1, 2	5,2	520	3700	26.000
1,1-dichlooretheen	1,78	0,69	3	0,64	64	2200	77.000
1,2-dichlooretheen ²	1,81	0,74	1	0,27	27	1200	50.000
Vinylchloride	1,56	0,41	1	43	4300	13.000	41.000
Benzeen	1,87	0,85	1	12	1200	13.000	150.000
Tolueen	2,09	1,40	1	1,0	100	1900	34.000
Ethylbenzeen	2,53	3,86	1	16	1600	6700	28.000
MTBE	1,13	0,15	4	160	16.000	65.000	290.000

1) referenties: 1) Lijzen et al., 2001, 2) Kreule en Swartjes, 1998, 3) Kreule et al., 1995, 4) Swartjes et al., 2004.

2) average value for cis- and trans-1,2 dichlooretheen.

Voor sommige contaminanten zijn de ecologische risicogrenswaarden voor de bodem afgeleid van aquatische risicogrenswaarden op basis van evenwichtspartitie, waarbij eveneens gebruikgemaakt werd van een partitievoëfficiënt. Dat is bijvoorbeeld het geval voor naftaleen. Daarom zijn voor deze contaminanten de in deze rapportage berekende risicogrenswaarden voor grondwater van dezelfde orde grootte als de aquatische risicogrenswaarden, indien hetzelfde organische koolstofgehalte wordt gehanteerd.

Scenario 3 Evenwichtssituatie voor wat betreft waterhuishouding en
contaminant-concentratie in de bovengrond

Als er vanuit wordt gegaan dat er op termijn een evenwicht is tussen aanvoer en afvoer van contaminanten vanuit het grondwater naar de bovengrond, dan geldt:

$$Q_{\text{opstijging}} \times C_{\text{opstijging}} = Q_{\text{wegzijging}} \times C_{\text{wegzijging}} \quad (\text{Vgl. 5.4})$$

waarin:

$Q_{\text{opstijging}}$ = Flux in opwaartse richting (ten gevolge van kwel en/of capillaire opstijging) (m/jr)

$C_{\text{opstijging}}$ = Concentratie water bewegend in opwaartse richting ($\mu\text{g/l}$)

$Q_{\text{inzijging}}$ = Flux in neerwaartse richting (ten gevolge van kwel en/of capillaire opstijging) (m/jr)

$C_{\text{inzijging}}$ = Concentratie water bewegend in neerwaartse richting ($\mu\text{g/l}$)

Oftewel:

$$Q_{\text{opstijging}} \times C_{\text{grw}} = Q_{\text{wegzijging}} \times C_{\text{pw}} \quad (\text{Vgl. 5.5})$$

waarin:

C_{pw} = Concentratie poriewater ($\mu\text{g/l}$)

Dit leidt tot:

$$C_{\text{grwT}} = \frac{Q_{\text{wegzijging}} \times C_{\text{pwT}}}{Q_{\text{opstijging}}} \quad (\text{Vgl. 5.6})$$

waarin:

C_{grwT} = Concentratie grondwater waarbij een specifiek beschermingsniveau wordt overschreden ($\mu\text{g/l}$)

C_{pwT} = Concentratie poriewater waarbij een specifiek beschermingsniveau wordt overschreden ($\mu\text{g/l}$)

Om een situatie te bereiken waarbij de bovengrond ($d=0,3\text{m}$; porievolume = 0,6) één keer per jaar verzadigd raakt, is een flux opstijging nodig van minimaal $0,3 \times 0,6 = 0,18 \text{ m/jr}$.

Indien er sprake is van evenwicht met betrekking tot vochtgehalte van de bovengrond, geldt:

$$\begin{aligned} Q_{\text{wegzijing}} &= \text{Neerslagoverschot} + Q_{\text{opstijging}} \\ &= 0,3 \text{ m/jr} + 0,18 \text{ m/jr} = 0,48 \text{ m/jr} \end{aligned} \quad (\text{Vgl. 5.7})$$

Na additie van Vgl. 5.7 in Vgl. 5.6:

$$C_{\text{grwT}} = \frac{0,48 \times C_{\text{pwT}}}{0,18} \approx 2,7 \times C_{\text{pwT}} \quad (\text{Vgl. 5.8})$$

Analoog aan Vgl. 5.3a en 5.3b geldt:

$$C_{\text{pw}} = \frac{C_{\text{grondT}} \times 1000}{K_d} \quad (\text{Vgl. 5.9a})$$

Voor organische contaminanten is de risicogrenswaarde als volgt te berekenen:

$$C_{\text{pw}} = \frac{C_{\text{grondT}} \times 1000}{K_{\text{oc}} \times \%OC/100} \quad (\text{Vgl. 5.9b})$$

Na additie van Vgl. 5.9a en 5.9b in Vgl. 5.8 volgt:

$$C_{\text{grwT}} = \frac{3000 \times C_{\text{grondT}}}{K_d} \quad (\text{Vgl. 5.10a})$$

$$C_{\text{grwT}} = \frac{3000 \times C_{\text{grondT}}}{K_{\text{oc}} \times \%OC/100} \quad (\text{Vgl. 5.10b})$$

De berekende toelaatbare grondwaterconcentratie (Vgl. 5.10a en 5.10b) voor de verschillende beschermingsniveaus zijn weergegeven in Tabel 5.6. In deze tabel zijn tevens de waarden voor K_d en $\log K_{\text{oc}}$ weergegeven.

Tabel 5.6 Gehanteerde log Koc- en Kd-waarden en toelaatbare grondwaterconcentraties ter ecologische bescherming van het terrestrische ecosysteem ($\mu\text{g/l}$), gebaseerd op een evenwichtssituatie voor wat betreft waterhuishouding en contaminant-concentratie in de bovengrond (Scenario 3).

Beschermingsniveau (CgrondT)				VR _{eco}	MTR _{eco}	Middenniveau _{eco}	ER _{eco}
				Berekende toelaatbare grondwaterconc. (CgrwT)			
Stof	log Koc	Kd	Referentie Koc	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)	($\mu\text{g/l}$)
Arseen	-	1800	Lijzen et al., 2001	33	35	68	130
Zink	-	2600	Lijzen et al., 2001	160	180	270	400
Naftaleen	2,98	10,89	Lijzen et al., 2001	1,9	190	850	3900
Tetrachlooretheen	2,42	3,00	Lijzen et al., 2001	0,33	33	2100	130.000
Trichlooretheen	2,06	1,31	Lijzen et al., 2001	16,0	1600	11.000	78.000
1,1-Dichlooretheen	1,78	0,69	Kreule en Swartjes, 1998	1,9	190	6600	230.000
1,2-Dichlooretheen ¹	1,81	0,74	Kreule en Swartjes, 1998	0,82	82	3500	150.000
Vinylchloride	1,56	0,41	Lijzen et al., 2001	130	13.000	40.000	120.000
Benzeen	1,87	0,85	Lijzen et al., 2001	36	3500	39.000	460.000
Tolueen	2,09	1,40	Lijzen et al., 2001	3,0	300	5600	100.000
Ethylbenzeen	2,53	3,86	Lijzen et al., 2001	48	4800	20.000	85.000
MTBE	1,127	0,15	Swartjes et al., 2004	470	47.000	200.000	860.000

1 = Gemiddelde waarden voor *cis*- and *trans*-1,2 dichlooretheen

N.B. de *steady state*-concentratie in het bodemvocht is niet afhankelijk van de partitievoëfficiënt (K_d). De tijd waarin en de snelheid waarmee een *steady state* wordt bereikt, is wel afhankelijk van K_d . Hoe hoger K_d , hoe langer de tijd tot *steady state*.

Scenario 4: Ecologische risicogrenzen voor oppervlaktewater

Voor deze benadering wordt als uitgangspunt genomen dat de risico's voor het terrestrische ecosysteem door verontreinigd grondwater kunnen worden beheerst door de grondwaterkwaliteit te toetsen aan ecologische risicogrenzen voor oppervlaktewater. Hiertoe kan worden getoetst aan het MTR_{eco} voor oppervlaktewater ($MTR_{eco, oppervlaktewater}$; www.helpdeskwater.nl) of aan het ER_{eco} , afhankelijk van het beschermingsniveau (Tabel 5.7)). Het ER_{eco} is niet afgeleid voor oppervlaktewater, wel voor grondwater. Het ER_{eco} voor grondwater heeft geen formele status maar is een van de criteria voor de vaststelling van de interventiewaarde.

Tabel 5.7 Ecologische risicogrenswaarden voor grondwater in $\mu g/l$ door de grondwaterkwaliteit te toetsen aan ecologische risicogrenzen voor oppervlaktewater (Scenario 4).

Stofnaam	$MTR_{eco, oppervlaktewater}^1$	ER_{eco}^4
Arseen	25-35 ³	890
Zink	9,4	83
Naftaleen	1,2	520
Tetrachlooretheen	330	7800
Trichlooretheen	2400	4600
1,1-dichlooretheen	3400	11000
1,2-dichlooretheen ²	6100	11.000
Vinylchloride	820	8000
Benzeen	240	30000
Tolueen	730	5700
Ethylbenzeen	370-370 ³	5500
MTBE	2600	47.500

1) MTR_{eco} opgelost (www.helpdeskwater.nl).

2) Gemiddelde waarde voor cis- en trans-1,2 dichlooretheen.

3) Oppervlaktewater MTR_{eco} totaal.

4) ER_{eco} ; zie Tabel 5.1. voor de referenties.

5.4.5 *Synthese*

Het is moeilijk om een voor Nederland generiek, of veel voorkomend scenario te definiëren voor de wijze waarop het grondwater het terrestrische ecosysteem beïnvloedt. Daarom zijn in Paragraaf 5.4.4. vier mogelijke scenario's beschreven, op basis waarvan risicogrenzen af zijn te leiden voor grondwater in geval van beïnvloeding van het terrestrische ecosysteem. Dit betreft slechts een gedeelte van de mogelijke scenario's.

Bij de keuze voor risicogrenzen is het belangrijk om kortdurende, incidentele kwelsituaties te onderscheiden van situaties waarin kwel langdurig of blijvend is. Voor incidentele kwelsituaties (Scenario 1) is het, gezien de hoogte van de risicogrenswaarden, niet noodzakelijk om risicogrenswaarden vast te stellen. Voor langdurige kwelsituaties kan er een keuze worden gemaakt tussen de scenario's 2, 3 en 4. Een keuze voor de scenario's 2 of 3, of voor het gebruik van de milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater als risicogrens voor de bescherming van het terrestrische ecosysteem als representatief voor Nederland, is op dit moment niet wetenschappelijk te onderbouwen. Daarom wordt voorgesteld om voorlopig de milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater (Scenario 4) als risicogrens te hanteren.

Buiten het beheersgebied kan overwogen worden om aan te sluiten bij de beschermingsniveaus zoals gehanteerd bij de afleiding van de Maximale Waarden (Dirven-Van Breemen et al., 2007). Voor Natuur wordt hiervoor de achtergrondwaarde gehanteerd, voor Wonen voor de afleiding van de Maximale Waarden het Middenniveau, en voor Industrie (letterlijk: Ander groen, bebouwing, infrastructuur en industrie) het Ernstig Risiconiveau (ER). Voor grondwaterkwaliteit geldt dat achtergrondwaarden (Landbouw/Natuur) voor organische stoffen niet van toepassing zijn. Daarom wordt in deze studie voor het beschermingsniveau voor Landbouw/Natuur de streefwaarde (SW_{eco}) voor oppervlaktewater gehanteerd. Voor Wonen is een voorlopige keuze gemaakt voor SW_{eco} oppervlaktewater, maar ook een ander beschermingsniveau (MTR of middenniveau) kan worden overwogen. Voor Industrie is het MTR_{eco} oppervlaktewater toegepast. Ook deze keuze dient beleidsmatig te worden gewogen. Met de thans voorgestelde opties (SW_{eco} en MTR_{eco}) wordt aansluiting gezocht bij de voor het waterkwaliteitsbeleid gehanteerde risicogrenzen.

Binnen het beheersgebied kan een soepeler (minder strenge) toetsing plaatsvinden. Voor Landbouw/Natuur kan getoetst worden aan het MTR_{eco} en voor Wonen aan het Ernstig Risiconiveau (ER). In geval van Industrie is het de vraag of er sprake moet zijn van ecologische bescherming. Hoewel als argument gebruikt zou kunnen worden dat er altijd een zekere basis ecologische kwaliteit geborgd moet worden, wordt er hier vanuit gegaan dat ecologische toetsing voor

Industrie binnen het beheersgebied 'niet van toepassing' is. Tabel 5.8 geeft het overzicht van toe te passen risicogrenswaarden. Ter vergelijking zijn de risicogrenswaarden op basis van de scenario's 2 en 3 ook vermeld.

In Tabel 5.9 staan de risicogrenswaarden grondwater in geval van kwelsituaties buiten het beheersgebied. De keuze van het gewenste beschermingsniveau is een beleidsmatige keuze. Voor de functie Landbouw/Natuur en Wonen zijn de streefwaarden voor oppervlaktewater toegepast. Voor de functie Industrie de MTR_{eco} voor oppervlaktewater (zie Tabel 5.9, www.helpdeskwater.nl). De Helpdesk Water vermeldt voor MTBE geen streefwaarde oppervlaktewater. Gegeven is de $MTR/100$.

Tabel 5.8 Risicogrenswaarden grondwater (in $\mu g/l$) voor kwelsituaties in het beheersgebied voor Landbouw/Natuur en Wonen.

	Landbouw/Natuur		Wonen	
Beschermingsniveau	MTR_{eco}	MTR_{eco}	ER_{eco}	ER_{eco}
Scenario	4	2,3	4	2,3
Stofnaam	CgrwT	CgrwT	CgrwT	CgrwT
Arseen	25-32 ²	12-35	890	43-130
Zink	9,4	60-180	83	130-400
Naftaleen	1,2	63-190	520	1300-3900
Tetrachlooretheen	330	11-33	7800	43.000-130.000
Trichlooretheen	2400	520-1600	4600	26.000-78.000
1,1-dichlooretheen	3400	64-190	11.000	770.00-230.000
1,2-dichlooretheen ¹	6100	27-82	11.000	50.000-150.000
Vinylchloride	820	4300-13000	8000	41.000-120.000
Benzeen	240	1200-3500	30.000	150.000-460.000
Tolueen	730	100-300	5700	34.000-100.000
Ethylbenzeen	370	1600-4800	5500	28.000-85.000
MTBE	2600	16.000-47.000	47.500	290.000-86.0000

1) Gemiddelde waarde voor cis- and trans-1,2 dichlooretheen.

2) Oppervlaktewater MTR_{eco} totaal.

Tabel 5.9 Risicogrenswaarden grondwater (in $\mu\text{g/l}$) voor kwelsituaties buiten het beheersgebied.

	Landbouw/Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsniveau	SW _{eco}	SW _{eco}	MTR _{eco}
Arseen	1-1,3 ²⁾	1-1,3 ²⁾	25-32 ²⁾
Zink	2,9-12 ²⁾	2,9-12 ²⁾	9,4
Naftaleen	0,01	0,01	1,2
Tetrachlooretheen	3	3	330
Trichlooretheen	24	24	2400
1,1-Dichlooretheen	34	34	3400
1,2-Dichlooretheen ¹	61	61	6100
Vinylchloride ²	8	8	820
Benzeen	2	2	240
Tolueen	7	7	730
Ethylbenzeen	4	4	370
MTBE	26	26	2600

1 Gemiddelde waarde voor cis- en trans-1,2 dichlooretheen.

2 Oppervlaktewater MTR totaal.

5.5 De invloed van verontreinigd grondwater op de kwaliteit van het oppervlaktewater

Voor toetsing van de beïnvloeding van oppervlaktewater wordt een vergelijkbaar uitgangspunt gehanteerd als voor toetsing van de beïnvloeding van het terrestrische ecosysteem: de concentratie gedurende het transport van grondwater naar oppervlaktewater verandert niet. Voor de gebiedsbeheerder kunnen verschillende milieukwaliteitsnormen (MKN) voor de toetsing van de beïnvloeding van oppervlaktewater van toepassing zijn. Tabel 5.10 geeft een overzicht van de milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater.

Bij de keuze voor toetsing aan een bepaalde MKN is het belangrijk de doelstelling van de gekozen MKN te beschouwen in relatie tot ambities voor het beheer van het grond- én het oppervlaktewater. Zo zijn de jaargemiddelde milieukwaliteitsnormen (JG-MKN) uit het Besluit kwaliteitseisen en monitoring 2009 bedoeld om middels een monitoringsprogramma vast te stellen of een oppervlaktewaterlichaam verkeert in een goede chemische toestand. De MTR_{eco} is een niet wettelijke MKN die in de praktijk vaak wordt gebruikt als 'triggerwaarde' voor een nader onderzoek naar de oppervlaktewaterkwaliteit. De gebiedsbeheerder zal, mogelijk in overleg met andere belanghebbenden, de mogelijkheden en ambities voor de kwaliteit van het oppervlaktewater en de daarmee samenhangende kwaliteit van het grondwater per beheerssituatie

moeten vaststellen. Voor deze studie wordt voorgesteld om, voor buiten het beheersgebied, de effecten van mogelijke beïnvloeding van oppervlaktewater door grondwater te toetsen aan de streefwaarde oppervlaktewater voor Landbouw/Natuur en Wonen en voor Industrie aan het MTR_{eco} .

Voor de bescherming van het oppervlaktewater binnen het beheersgebied kan worden overwogen om soepeler milieukwaliteitsnormen toe te passen afhankelijk van de beleidsruimte. Bijvoorbeeld voor Landbouw/Natuur het MTR_{eco} , voor Wonen het ER en voor Industrie zal per gebied een nadere afweging gemaakt kunnen worden.

Tabel 5.10 De milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater ($\mu\text{g/l}$), zoals opgenomen in het Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009 en in het Normenoverzicht Helpdesk Water (december 2012).

	JG-MKN		Streefwaarde (totaal)	MTR_{eco} opgelost	ER
Stofnaam	(1)	(2)			(3)
Arseen	-	-	1	25	890
Zink	3	7,8	12	9,4	83
Naftaleen	1,2	2,4	0,01	1,2	520
Tetrachlooretheen	10	10	3	330	7800
Trichlooretheen	10	10	24	2400	4600
1,1-dichlooretheen	0,9	9	34	3400	11.000
1,2-dichlooretheen ⁽³⁾	0,68	6,8	61	6100	11.000
Vinylchloride	0,091	0,09	8	820	8000
Benzeen	8	10	2	240	30.000
Tolueen	7,4	74	7	730	5700
Ethylbenzeen	370	370	4	370	480
MTBE	-	-	26 ⁵	2600	47.500

JG-MKN : Jaargemiddelde Milieukwaliteitsnorm in $\mu\text{g/l}$. Milieukwaliteitsnormen zijn deels wettelijk, deels niet-wettelijk.

(1) Andere oppervlaktewateren.

(2) Landoppervlaktewateren.

(3) Betreft het ER-grondwater. Zie Tabel 5.1 voor de referenties.

(4) Betreft cis- en trans-1,2-dichlooretheen.

(5) De Helpdesk Water vermeldt geen waarde voor de streefwaarde oppervlaktewater. Gegeven is de $MTR/100$.

5.6 Achtergrondwaarden in grondwater

In Dirven-van Breemen et al. (2007) werd voor de afleiding van Maximale Waarden voor bodem en met betrekking tot de vaststelling van ecologische risicogrenzen voor verschillende verontreinigingen gebruikgemaakt van de

achtergrondwaarden. Voor de definitie van en een toelichting op de achtergrondwaarde zie Spijker et al., 2008. Spijker gebruikt de termen achtergrondwaarden en achtergrondconcentraties als gelijkwaardig. Voor het bodemkwaliteitsbeheer geven de achtergrondwaarden de grens aan tussen schone bodem en licht verontreinigde bodem. Achtergrondwaarden worden voor het bodemkwaliteitsbeleid tevens gehanteerd als veilige grens voor de functies Landbouw en Natuur. Hoewel achtergrondwaarden geen relatie hebben met ecologische risico's (zelfs helemaal niet gerelateerd zijn aan risico's) kunnen achtergrondwaarden voor deze studie gebruikt worden voor de afleiding van functiespecifieke risicogrenswaarden. Dit betekent dat de achtergrondwaarden grondwater als risicogrenswaarden kunnen worden gebruikt voor de invulling van de habitatfunctie voor de functie Landbouw/Natuur. Tabel 5.11 geeft de natuurlijke achtergrondwaarden in grondwater voor arseen en zink. De waarden zijn afgeleid voor ondiep grondwater (< 5 m) en afgeleid door Fraters et al. (2001). Er is alleen sprake van natuurlijke achtergrondwaarde in geval van metalen waarbij er discussie mogelijk is over de term 'natuurlijk' omdat een zekere belasting door de mens niet is uit te sluiten.

Tabel 5.11 Natuurlijke achtergrondconcentraties ($\mu\text{g/l}$) (Fraters et al., 2001).

Arseen	1,9 ¹
Zink	38 ²

1 Deze waarde geldt voor zand, klein en veen.

2 Gemiddelde voor zand, klei en veen.

Op dit moment wordt (project Emissies naar grondwater) door middel van modellering onderzocht wat emissies zijn vanuit een licht verontreinigde grond naar het grondwater. De emissie van het grondwater en de resulterende grondwaterconcentratie in de eerste meter worden vergeleken met actuele achtergrondconcentraties. Deze achtergrondconcentraties zijn afkomstig uit de gegevens van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM). In dit meetnet worden grondwaterconcentraties van de bovenste meter van het grondwater bepaald.

Op basis van grondwatergegevens van 612 locaties verdeeld over Nederland is een groepering gemaakt in vier grondwatertypen. Deze grondwatertypen onderscheiden zich in pH en redox-niveau. Voor ieder grondwatertype is op basis van de statistische verdeling een achtergrondconcentratie bepaald. Deze achtergrondconcentratie is een bovengrens van de variatie van alle concentraties.

De binnen dit project bepaalde achtergrondconcentratie is in eerste instantie bedoeld om de uitkomsten van de modellering te toetsen. Gezien de omvang

van de dataset en de representativiteit van de data voor het Nederlandse grondwater, zouden deze waarden ook geschikt kunnen zijn als achtergrondconcentraties (voor het ondiepe grondwater) binnen het grondwaterbeleid. Hiervoor moet nog wel afstemming gezocht worden tussen de methodiek gebruikt in het onderhavige project (gericht op de modellering) en de bestaande beleidskaders zoals de Grondwaterrichtlijn.

Voor organische contaminanten wordt de natuurlijke achtergrondconcentratie 0 µg/l (nihil) verondersteld.

6 Intrinsieke waarde van grondwater

6.1 Argumenten

Gedurende meerdere decennia heeft er discussie plaatsgevonden over de intrinsieke waarde van grondwater. Swartjes en Grima (2011) wijzen op de argumenten die in deze discussies werden opgevoerd om grondwater los van een specifieke functie te beschermen. Deze argumenten kunnen een spirituele en zelfs religieuze achtergrond hebben. De spirituele argumenten zijn gerelateerd aan het fenomeen dat water en in mindere mate grondwater, een associatie heeft met ongerepte natuur en daarom beschermd moet worden. De religieuze argumenten, in het verlengde van spirituele argumenten, zijn gericht op het feit dat de aarde, en daarmee ook grondwater, door hogere machten ontstaan is en daarom los van de eventuele functies die het vervult, bescherming verdient.

Daarnaast worden soms argumenten gebruikt om grondwater vanuit een conservatief principe los van de functie te beschermen, hetgeen in het voorzorgprincipe resulteert: wat schoon is moet simpelweg schoon blijven. Dit principe wordt bijvoorbeeld gevolgd voor nieuwe verontreinigingen die na 1987 zijn ontstaan in bodem en grondwater.

6.2 Richtlijn grondwater

In artikel 1 van de Richtlijn grondwater (EU, 2006) wordt grondwater gezien als 'een waardevolle natuurlijke hulpbron die als zodanig voor achteruitgang en voor chemische verontreiniging moet worden behoed. Dit is in het bijzonder van belang voor grondwaterafhankelijke ecosystemen en voor het gebruik van grondwater ten behoeve van de voorziening van water bestemd voor menselijke consumptie.' Het woord 'hulpbron' verwijst in feite naar een niet nader gespecificeerde functie van het grondwater. Met de zinsnede 'in het bijzonder van belang voor' van de toelichtende zin wordt aangegeven dat die functies bijvoorbeeld, maar niet uitsluitend, gericht zijn op de mens en het ecosysteem. Er wordt geen intrinsieke waarde aan grondwater toegekend in de Richtlijn grondwater.

Vanuit de KRW en de onderliggende Europese Dochterrichtlijn Grondwater worden eisen gesteld aan de (grond)waterkwaliteit. In het algemeen geldt dat uiterlijk 2015 een goede chemische toestand van het grondwater moet zijn bereikt. De Grondwaterrichtlijn gaat uit van een trendombuiging als niet aan de gewenste kwaliteit wordt voldaan. De definitie van goede toestand staat in bijlage V van de KRW en de toestandsbeoordeling is uitgewerkt in artikel 4 van

de Grondwaterrichtlijn. Beide laten zien dat de toestand van grondwater afhankelijk is van 1) de impact op terrestrische en aquatische ecosystemen, 2) het halen van doelen uit andere EU richtlijnen (waarvan de belangrijkste drinkwaterbron als receptor) en 3) intrusies in het grondwaterlichaam en de omvang van de verontreiniging in het grondwaterlichaam. De goede toestand wordt dus bepaald door te kijken naar de impact op drinkwaterbronnen, ecosystemen, de omvang van eventuele verontreiniging, de waterbalans en eventuele intrusies.

6.3 Huidige praktijk

In de huidige praktijk wordt de grondwaterkwaliteit meestal direct of indirect getoetst op basis van een specifieke functie. Die functies zijn met name winning van grondwater voor drinkwaterproductie, de ecologische habitatfunctie en de bescherming van ecologische processen in het grondwater (beide laatste door middel van toetsing op basis van de streefwaarde voor grondwater).

Normen

Toetsing van de grondwaterkwaliteit speelt een rol bij het vaststellen van de ernst en de spoedeisendheid van een grondwaterverontreiniging. De huidige interventiewaarde voor grondwater is gekoppeld aan de interventiewaarde voor grond. Aangezien deze laatste norm afgeleid wordt op basis van risico's voor de mens en het ecosysteem, is de interventiewaarde grondwater indirect gebaseerd op deze beschermingsdoelen. Dit geldt eveneens voor de nieuw voorgestelde interventiewaarden voor grondwater (Lijzen et al., 2001), waarbij als additioneel criterium de habitatfunctie voor ecosystemen in grondwater wordt gebruikt. Streefwaarden zijn eveneens gebaseerd op risico's voor een beschermingsobject, namelijk voor het aquatische ecosysteem.

Bij de interventiewaarde voor grond wordt de kwaliteit van grondwater, welke door uitloging kan verslechteren, niet als criterium gehanteerd. Dus voor al de genoemde normen is sprake van een beschermingsdoel. De toekenning van een intrinsieke waarde aan het grondwater speelt bij de afleiding van deze normen geen rol.

Spoedbepaling

Een van de redenen om met spoed te moeten saneren is als er sprake is van onaanvaardbare risico's ten gevolge van verspreiding van verontreiniging in de volgende situaties (Ministerie van VROM, 2009):

- Het gebruik van de bodem door mens of ecosysteem wordt bedreigd.
- Er sprake is van een onbeheersbare situatie.

Het gebruik van de bodem wordt bedreigd

In de Circulaire bodemsanering wordt gesteld dat hinder door verspreiding van verontreinigd grondwater, ongeacht de omvang, vooral van belang is in relatie tot kwetsbare objecten (Ministerie van VROM, 2009). Er is sprake van onaanvaardbare milieuhygiënische hinder indien een kwetsbaar object wordt ingesloten door de interventiewaarde-contour in het grondwater of binnen enkele jaren binnen de contour komt te liggen. Voor het vaststellen van de verspreiding binnen enkele jaren wordt een afstand gehanteerd van 100 m ten opzichte van de huidige interventiewaarde-contour. Volgens de Circulaire bodemsanering kunnen de volgende kwetsbare objecten worden onderscheiden:

- Intrekgebieden van de in het kader van de KRW aangewezen grondwaterwinningen bestemd voor menselijke consumptie.
- Bodemvolumes, oppervlaktewater/waterbodem vallend binnen of onderdeel uitmakend van: schelpdierwateren, water voor zalm- en karperachtigen, zwemwater en Natura2000-gebieden (deze maken onderdeel uit van de ten behoeve van de implementatie van de KRW aangewezen beschermde gebieden, zie ook de Circulaire bodemsanering waterbodems).
- Bodemvolumes waaraan in de huidige of toekomstige situatie een bijzondere kwaliteit wordt toegekend zoals ecologisch waardevolle gebieden, strategische drinkwaterreserves of bijvoorbeeld de bodem onder woonwijken. Gemeenten en provincies kunnen deze bodemvolumes met de status van kwetsbaar object vastleggen.
- Gebieden met kwel.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat de toetsing op het bedreigd worden van het gebruik van de bodem gericht is op functies, met kwetsbare objecten als eenheden waar de bedreiging getoetst kan worden, en dus losstaat van de intrinsieke waarde van grondwater.

Onbeheersbare situatie

Volgens de Circulaire bodemsanering is sprake van een onbeheersbare situatie indien (Ministerie van VROM, 2009):

- Er een drijfslag aanwezig is die door activiteiten en processen in de bodem kan verplaatsen en van waaruit verspreiding van verontreiniging kan plaatsvinden.
- Er een zaklaag aanwezig is die door activiteiten en processen in de bodem kan verplaatsen en van waaruit verspreiding van verontreiniging kan plaatsvinden.
- De verspreiding heeft geleid tot een grote grondwaterverontreiniging en de verspreiding nog steeds plaatsvindt.

Aan dit laatste criterium wordt in de Circulaire als volgt invulling gegeven: 'Er is sprake van een onbeheersbare situatie ten gevolge van verspreiding van verontreiniging in het grondwater als het porieverzadigde bodemvolume dat wordt ingesloten door de interventiewaarde-contour in het grondwater groter is dan 6.000 m³.' De aanname daarbij is dat indien verontreiniging is veroorzaakt in het verleden (voor 1987) en inmiddels is uitgegroeid tot een verontreiniging in het grondwater met een omvang groter dan 6.000 m³, er nog altijd sprake zal zijn van verspreiding van de verontreiniging. Daarentegen heeft een grondwaterverontreiniging die in ten minste twintig jaar een interventiewaarde-contour heeft die kleiner is dan 6.000 m³ bodemvolume, zich in geringe mate verspreid. Een dergelijke grondwaterverontreiniging behoeft niet met spoed gesaneerd te worden zolang er geen sprake is van andere risico's.

In stap 3 van het Saneringscriterium kan de initiatiefnemer aantonen dat ondanks het feit dat het bodemvolume met daarin verontreinigd grondwater met één of meer stoffen in gehalten boven de interventiewaarde groter is dan 6.000 m³, er jaarlijks niet meer dan 1.000 m³ bodemvolume extra verontreinigd raakt met grondwater dat één of meer stoffen bevat in gehalten boven de interventiewaarde. In de situatie dat er sprake is van een kleinere volumetoename dan 1.000 m³ per jaar hoeft niet met spoed te worden gesaneerd. Er moeten beheermaatregelen worden genomen, in afwachting van het moment dat de sanering zal plaatsvinden.

Hieruit kan worden geconcludeerd dat voor wat betreft het vaststellen van een onbeheersbare situatie in het kader van de spoedbepaling voor een uit te voeren sanering er geen sprake is van specifieke beschermingsdoelen. In dit geval wordt er dus impliciet intrinsieke waarde aan grondwater wordt toegekend.

6.4 Resumé

In de Europese Kaderrichtlijn Water en de Europese Dochterrichtlijn Grondwater is de positie van intrinsieke waarde van grondwater niet eenduidig. Enerzijds wordt grondwater als een waardevolle natuurlijke hulpbron beschreven voor specifieke beschermingsdoelen. Anderzijds geldt dat er uiterlijk in 2015 een goede chemische toestand van het grondwater moet zijn bereikt.

In het kader van de in Nederland toegepaste normen (streef- en interventiewaarden) wordt geen intrinsieke waarde aan grondwater toegekend. Dit is eveneens het geval bij de toetsing van de bedreiging van de bodem door verspreidend grondwater in het kader van de spoedbepaling. Bij de toetsing op onbeheersbare situaties ten gevolge van verspreidend grondwater, het tweede element van de bepaling van de saneringsspoed, wordt wel intrinsieke waarde aan grondwater toegekend. De toetsing is gebaseerd op het voorkomen van

zak- of drijflagen, of een snelle groei van de grondwaterpluim, los van de functies die het grondwater vervult.

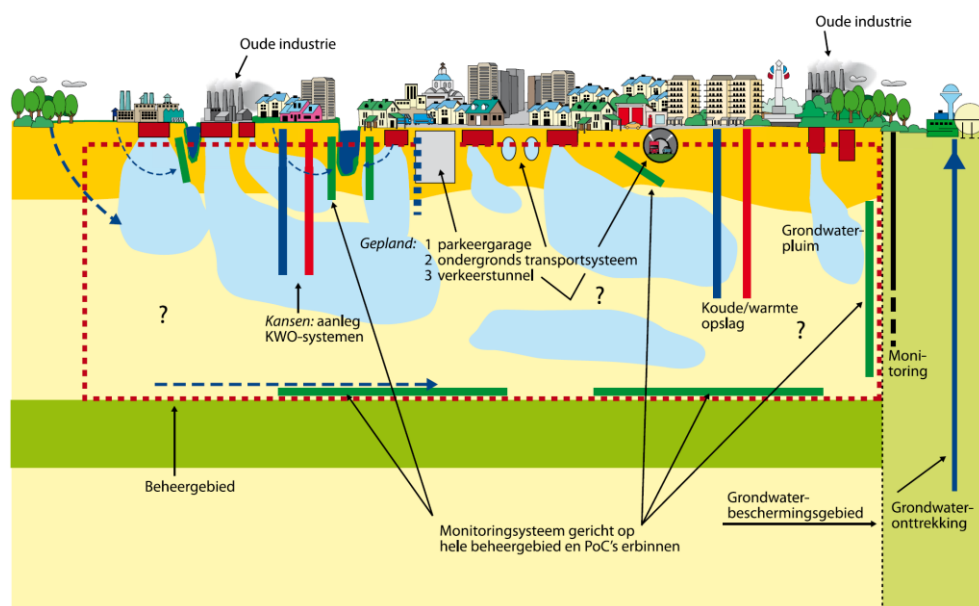
Voor wat betreft de toetsing van de grondwaterkwaliteit buiten het beheersgebied dient een beleidsmatige discussie plaats te vinden over het al dan niet toekennen van intrinsieke waarde aan het aangrenzende grondwater en het daarbij behorende toetscriterium.

7 Toepassing van functiespecifieke risicogrenswaarden, beschermingsdoelen en kwaliteitseisen

7.1 Toepassing van risicogrenswaarden

Voor het toepassen van functiespecifieke risicogrenswaarden zullen voor het betreffende beheersgebied de functies en de kwetsbare objecten in beeld moeten worden gebracht. Vervolgens moet worden overwogen om onderscheid te maken tussen ondiep en diep verontreinigd grondwater. Ten slotte zullen ambities voor de grondwaterkwaliteit binnen en buiten het beheersgebied moeten worden geformuleerd. Hiervoor bevelen wij, voor een specifiek gebied of functie, aan om een conceptueel model op te stellen. Met het conceptueel model worden de karakteristieken van het gebied in beeld gebracht, waaronder de (vermoedelijke) verontreinigingen, de geohydrologische kenmerken, het gebruik van bodem en ondergrond, winningen en de kwetsbare objecten. Hiermee kan een onderbouwde afweging worden gemaakt en keuzen voor de te hanteren functiespecifieke risicogrenswaarden. Zo kan men binnen een functie beschermingsdoelen toevoegen of laten vallen. Een voorbeeld is het toekennen van het beschermingsdoel 'gewasconsumptie' of 'publieke drinkwaterwinning' aan de functie Wonen.

Figuur 7.1 geeft een voorbeeld van een conceptueel model. Voor het opstellen en gebruiken van conceptuele modellen wordt verwezen naar de *EU Guidance on risk assessment and the use of conceptual models from groundwater* (EU, 2010). De gids voor Duurzaam Omgaan met gebiedsgerichte aanpak van verontreinigd grondwater (SKB, 2012) geeft aan hoe op basis van een conceptueel model inzicht kan worden verkregen in de interactie tussen gebruik, functies en verontreinigingen.



Figuur 7.1: Conceptueel model voor de gebiedsgerichte aanpak van verontreinigd grondwater (SKB cahier Verontreinigd grondwater, 2008).

7.2

Overzicht van beschermingsdoelen en kwaliteitseisen

Tabel 7.1 geeft een overzicht van de mogelijke beschermingsdoelen voor de bodemfuncties Landbouw/Natuur, Wonen en Industrie.

Voor de formulering van beschermingsdoelen is zoveel mogelijk aangesloten bij de filosofie die ten grondslag ligt aan het bodemkwaliteits- en grondwaterbeheer en de EU-KRW en -DRGW. Concreet zijn dit de bescherming van de gezondheid van de mens (waaronder gebruik van drinkwater), het ecologisch functioneren van de bodem en aquatische ecosystemen, de landbouwproductie en de (intrinsieke) kwaliteit van bodem en grondwater.

Voor enkele beschermingsdoelen is het nog niet duidelijk hoe dit concreet kan worden gemaakt. Dit betreft bijvoorbeeld het zelfreinigend vermogen van het grondwater en de intrinsieke waarde die aan het grondwater kan worden toegekend.

Het is de vraag of een koppeling van bodemfuncties (volgens het Besluit bodemkwaliteit) met de functie van het grondwater nodig of wenselijk is. Een voordeel van een koppeling kan zijn dat het beheer van bodem en grondwater in samenhang (ook ruimtelijk gezien) kunnen worden opgepakt. Daarbij moet wel worden benadrukt dat de koppelingen uit Tabel 7.1 niet moeten worden gezien als een dwingend voorschrift, maar dat op basis van een conceptueel model (zie Paragraaf 7.1) aanpassingen kunnen worden gedaan door de beheerder van het gebied.

In de Tabellen 7.2 en 7.3 worden de kwaliteitseisen per functie en voor elk beschermingsdoel concreet gemaakt. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen de kwaliteit in het beheersgebied en de kwaliteit aan de grens, voor de bescherming van het grondwater buiten het beheersgebied.

In Bijlage 1 worden de berekende risicogrenswaarden voor elk beschermdoel en voor de drie bodemfuncties gegeven. Voor enkele beschermingsdoelen vallen de risicogrenzen (met name de ecologische risicogrenzen, habitatfunctie en de risicogrenzen met betrekking tot de beïnvloeding van het terrestrische ecosysteem) hoog uit. Dit wijst op de mogelijkheid dat het terrestrische ecosysteem niet bijzonder gevoelig is voor deze stoffen. De relevantie van dergelijke hoge risicogrenzen voor het beheer dient te worden beoordeeld. Een overweging is om per stof een plafond vast te stellen, dat wil zeggen, een concentratieniveau dat nooit mag worden overschreden.

In de tabellen zijn, behalve de genoemde risicogrenzen, ook de huidige en voorgestelde interventiewaarden, de streefwaarde, de drempelwaarde en de landelijke achtergrondconcentraties vermeld. Voor organische verontreinigingen is tevens de maximale oplosbaarheid gegeven.

Tabel 7.1: Beschermingsdoelen grondwater per bodemfunctie.

Bodemfunctie Beschermingsdoel	Landbouw/Natuur	Wonen	Industrie
Humane risico's Inhalatie binnenlucht	geen	Acceptabele blootstelling bewoners via inhalatie	Acceptabele blootstelling personeel via inhalatie
Humane risico's - Eigen grondwateronttrekking - Publieke drinkwaterwinning in geval van permeatie drinkwaterleiding - Publieke drinkwaterwinning	- Acceptabele blootstelling mensen via drinkwater-consumptie - Voldoen aan eisen voor drinkwaterkwaliteit - Voldoen aan eisen voor drinkwaterkwaliteit	- Acceptabele blootstelling mensen via drinkwater-consumptie - Voldoen aan eisen voor drinkwaterkwaliteit - Geen winning publiek drinkwater	- Acceptabele blootstelling mensen via drinkwater-consumptie - Voldoen aan eisen voor drinkwaterkwaliteit - Geen winning publiek drinkwater
Ecologische risico's - Habitatfunctie - Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem - Beïnvloeding oppervlaktewater - Zelfreinigend vermogen	- Voldoende ecologisch functioneren grondwater - Voldoende ecologisch functioneren grond - Voldoende ecologisch functioneren opp.water - Nader te bepalen	- Voldoende ecologisch functioneren grondwater - Voldoende ecologisch functioneren grond - Voldoende ecologisch functioneren opp.water - Nader te bepalen	- Voldoende ecologisch functioneren grondwater - Voldoende ecologisch functioneren grond - Voldoende ecologisch functioneren opp.water - Nader te bepalen
Grondwater-gerelateerde risico's Intrinsieke waarde	Nader te bepalen	Nader te bepalen	Nader te bepalen

Bodemfunctie	Landbouw/Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel Risico's voor de voedselveiligheid • Irrigatie en veedrenking • Gewasconsumptie	• Acceptable blootstelling vee en mensen via consumptie vlees, melk en eieren • Acceptabele blootstelling mensen via groenteconsumptie	• geen	• geen

Tabel 7.2: Kwaliteitseisen voor het grondwater binnen het beheersgebied per bodemfunctie.

Bodemfunctie Beschermingsdoel	Landbouw/Natuur	Wonen	Industrie
Humane risico's • Inhalatie binnenlucht	n.v.t.	TCL	TCL
Humane risico's • Eigen grondwateronttrekking • Permeatie drinkwaterleiding • Publieke drinkwaterwinning	MTR _{humaan} Permeatie berekening en DW-norm DW-norm	MTR _{humaan} Permeatie berekening en DW-norm n.v.t.	MTR _{humaan} Permeatie berekening en DW-norm n.v.t.
Ecologische risico's • Habitatfunctie • Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem • Beïnvloeding oppervlaktewater • Zelfreinigend vermogen	ER MTR _{eco} voor oppervlaktewater MTR _{eco} n.v.t.	ER ER ER n.v.t.	n.v.t. n.v.t. n.v.t. n.v.t.
Grondwater-gerelateerde risico's • Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Risico's voor de voedselveiligheid • Irrigatie en veedrenking • Gewasconsumptie	IW-grondwater Blootstelling via consumptiegewas (MTR _{humaan})	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 7.3: Kwaliteitseisen voor het grondwater buiten het beheersgebied per bodemfunctie. De toetsing kan plaatsvinden aan de grens van het beheersgebied.

Bodemfunctie Beschermingsdoel	Landbouw/Natuur	Wonen	Industrie
Humane risico's Inhalatie binnenlucht	n.v.t.	50% TCL en 10^{-6} (carcinogene stoffen: VR)	50% TCL en 10^{-6} (carcinogene stoffen: VR)
Humane risico's - Eigen grondwateronttrekking - Permeatie drinkwaterleiding - Publieke drinkwaterwinning	20% MTR of 10^{-6} (VR: carcinogene stoffen) - DW-norm of SW - DW-norm of SW	20% MTR of 10^{-6} (VR: carcinogene stoffen) - DW-norm of SW - n.v.t.	20% MTR of 10^{-6} (VR: carcinogene stoffen) - DW-norm of SW - n.v.t.
Ecologische risico's - Habitatfunctie - Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem - Beïnvloeding oppervlaktewater	VR_{eco} -MTR - SW oppervlaktewater - SW oppervlaktewater	- Middenniveau-aquatisch - SW tot MTR_{eco} oppervlaktewater - SW tot MTR_{eco} oppervlaktewater	- ER-aquatisch MTR_{eco} oppervlaktewater MTR_{eco} oppervlaktewater
Grondwater-gerelateerde risico's Intrinsieke waarde	Ambitie vastleggen	Ambitie vastleggen	Ambitie vastleggen
Risico's voor de voedselveiligheid - Irrigatie en veedrenking - Gewasconsumptie	- IW grondwater - Blootstelling via consumptiegewas (VR_{humaan})	n.v.t.	n.v.t.

8 Conclusies en aanbevelingen

8.1 Conclusies

In deze rapportage zijn functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwater afgeleid. Functiespecifieke risicogrenswaarden geven de grens aan waarboven de grondwaterkwaliteit niet voldoet voor een bepaalde functie van het grondwater of de grens waarboven het grondwater een kwaliteit heeft die limiterend is voor de bodemfunctie.

De huidige grondwaternormen, zoals streefwaarden, interventiewaarden en drempelwaarden, missen een relatie met de daadwerkelijke functie of het bodemgebruik. Daarnaast hebben deze generieke normen slechts een beperkte toepasbaarheid voor het gebiedsgericht beheer van grondwater, omdat deze normen zijn afgeleid voor andere (beleids)doelen zoals preventie (streefwaarden), voor de bepaling van 'de ernst' in geval van een grondwaterverontreiniging (interventiewaarden) en voor de beoordeling van de goede chemische toestand van grondwaterlichamen (drempelwaarden). De TCB stelt in het 'Advies Grondwater' vast dat functiegerichte risicogrenzen voor grondwater bruikbaar kunnen zijn voor het maken van lokale afwegingen (TCB, 2012). Voor het gebiedsgericht beheer van grondwater kunnen lokale afwegingen voor het gebruik en de functie van grondwater onderdeel zijn van bijvoorbeeld ruimtelijke plannen.

Functiespecifieke normen voor grondwater zijn afgeleid voor twee metalen (arseen en zink), één PAK (naftaleen), een drietal vertegenwoordigers van de BETX (benzeen, toluen en ethylbenzeen), een aantal gechloreerde koolwaterstoffen (tetrachlooretheen, trichlooretheen, 1,2- en 1,1- dichlooretheen en vinylchloride) en MTBE.

'Functiespecifiek' heeft betrekking op de functie die het grondwater heeft met betrekking tot het gebruik (mens), het ecosysteem en landbouwkundige productie. Daarnaast mag de kwaliteit van het grondwater niet belemmerend zijn voor het gebruik of de kwaliteit van bodem- en oppervlaktewater.

Deze uitgangspunten hebben geleid tot gebruikseisen en daaraan verbonden kwaliteitseisen die vanuit een te beschermen receptor (mens, ecosysteem, grondwater, landbouwkundige productie) aan het grondwater worden gesteld. Indien de grondwaterkwaliteit moet voldoen aan de laagste functiespecifieke risicogrenswaarde wordt aan alle gebruikseisen voor alle receptoren (te beschermen objecten) voldaan. De beheerder kan, om redenen van (kosten)efficiëntie, echter een hogere risicogrenswaarde kiezen, ten koste van één

of meerdere functies. Deze mogelijkheid is ook in lijn met de Europese *Guidance on preventing or limiting direct and indirect inputs* (EC, 2006).

De procedure die gevolgd is bij afleiding van de functiespecifieke risicogrenswaarden voor grondwater, is vergelijkbaar met die voor de afleiding van de Maximale Waarden voor bodem. Hierbij worden voor iedere functie achtereenvolgens:

- Gebruikseisen en milieucriteria gedefinieerd (in gewoon taalgebruik omschreven eisen die moeten gelden voor gebruik en functie. De receptor of het te beschermen object is richtinggevend).
- Bijbehorende kwaliteitscriteria vastgesteld. Dit zijn in risicotermen geformuleerde omschrijvingen.
- Een functiespecifieke risicogrenswaarde afgeleid (een concentratie in grondwater).

Voor toepassing in het kader van gebiedsgericht grondwaterbeheer ligt het voor de hand een verschil te maken tussen een toetsing binnen en een toetsing buiten het beheersgebied. Het doel van gebiedsgericht grondwaterbeheer is immers om binnen het beheersgebied niet iedere individuele verontreinigingspluim te beoordelen en aan te pakken, maar wel om ontoelaatbare humane risico's en ecologische risico's te voorkomen. Zicht op risico's in relatie tot de functie van het grondwater, is daarbij een voorwaarde. Buiten het beheersgebied moet een zogenaamde duurzame situatie worden gewaarborgd, waarbij een strengere toetsing op alle beschermingsobjecten en alle functies plaatsvindt. Aangezien dit ook het uitgangspunt was van de afleiding van de Maximale Waarden, is voor wat betreft de beschermingsniveaus hierbij aangesloten. De beschermingsniveaus binnen het beheersgebied kunnen minder streng zijn, waarbij echter onacceptabele risico's dienen te worden voorkomen. Dit kan bijvoorbeeld door het gebruik of bepaalde functies van het grondwater te beperken. Bij de afleiding van de functiespecifieke risicogrenswaarden zijn voorbeelden van beschermingsniveaus gehanteerd, waarbij indien mogelijk werd aangesloten bij bestaande wettelijke kaders. Deze keuzen moeten door het beleid worden geëvalueerd en, eventueel na aanpassing, formeel door het beleid worden vastgesteld.

Een van de voordelen van gebiedsgericht beheer van verontreinigd grondwater is de benutting van de bodem als reactorvat voor de afbraak van verontreinigingen. Echter, afbraak van contaminanten in het grondwater is bij de afleiding van functiespecifieke risicogrenswaarden niet meegenomen.

8.2 Aanbevelingen

De aanbevelingen die resulteren uit deze studie, zijn deels beleidsmatig en deels technisch van aard.

8.2.1 Beleidsmatig

In deze studie zijn verschillende keuzen gemaakt voor het gebruik en de functies van grondwater, de beschermingsdoelen, de beschermingsniveaus en het gebruik van risicogrenzen. Welke functies, beschermingsdoelen en beschermingsniveaus haalbaar en wenselijk zijn, hangt onder andere af van het nieuw te formuleren beleid voor grondwater. Daarom wordt aanbevolen de in dit rapport gemaakte keuzen te evalueren, desgewenst aan te passen en vervolgens formeel vast te stellen. Dit kan mogelijk synchroon lopen met de fundamentele herziening van de Wet bodembescherming (Wbb), de nieuwe Omgevingswet, waar de Wbb in zal opgaan en de Structuurvisie ondergrond.

Voor de toetsing van de grondwaterkwaliteit en voor het concreet maken van het grondwaterbeheer adviseren wij verschil te maken tussen kwaliteitsdoelen voor binnen en buiten het beheersgebied. Hierbij dient een standpunt te worden ingenomen over de toelaatbare verontreiniging (of negatieve beïnvloeding) van schoon grondwater en daarmee samenhangend het wel of niet toekennen van intrinsieke waarde aan grondwater. In de Europese dochterrichtlijn grondwater zijn hiervoor beleidsdoelstellingen geformuleerd (*prevent and limit*).

Naast een onderscheid tussen het grondwater binnen en buiten het beheersgebied kan, voor het beheer van het grondwater, ook onderscheid gemaakt worden tussen diep en ondiep grondwater. Voor de afleiding van functiespecifieke risicogrenswaarden is de functie van het grondwater richtinggevend voor de kwaliteitseis waaraan men dient te voldoen. In de Europese dochterrichtlijn grondwater wordt geen verschil gemaakt tussen ondiep en diep grondwater. Ecologische risicogrenswaarden worden door het RIVM voor verschillende doeleinden en op verschillende momenten afgeleid. De in dit rapport gepresenteerde ecologische risicogrenzen zijn de meest actuele waarden, welke niet altijd formeel (in circulaire, regeling of wet) zijn vastgesteld. In overweging wordt gegeven om de ecologische risicogrenswaarden zoals het MTReco of EReco voor grondwater en oppervlaktewater (en voor bodem) te formaliseren, zoals ook is gedaan met de humaan-toxicologische grenswaarden (MTR_{humaan} en TCL) in de Circulaire bodemsanering.

Gebiedsspecifieke aspecten, risico's en ambities voor grondwaterkwaliteit in relatie tot functies kunnen worden beoordeeld met behulp van een risicotoolbox voor grondwater, overeenkomstig de praktijk voor het bodembeheer (www.risicotoolbox.nl). Met behulp van een risicotoolbox voor grondwater kan op

basis van de actuele grondwaterkwaliteit worden getoetst voor welke functies het grondwater geschikt is, of welke functies risicovol zijn. Op basis van de toetsresultaten kunnen opties voor het beheer worden afgewogen. Voor de toetsing kan worden uitgegaan van meetgegevens of van gemodelleerde grondwaterkwaliteitgegevens.

Voor risicogrenswaarden voor de functie drinkwater zijn er verschillende mogelijkheden aangegeven. Voor de kwaliteitsbeoordeling van eigen onttrekkingen kan de risicobenadering worden gevolgd die ook is toegepast voor de afleiding van de interventiewaarde grondwater. Een alternatief is de benadering van de WHO. Deze benadering is conceptueel vergelijkbaar, maar er wordt een strenger toxicologisch toetscriterium (20 procent van het MTR) gehanteerd. Dit resulteert globaal in een vijf keer lagere risicogrens. Geadviseerd wordt om te overwegen of de benadering van de WHO gebruikt dient te worden bij de afleiding van risicogrenswaarden. Voor het gebiedsgericht beheer van grondwater wordt aanbevolen om zicht te krijgen op de aanwezigheid van private onttrekkingen van grondwater en de mogelijke risico's. Met een nader onderzoek kunnen eventuele risico's locatiespecifiek worden bepaald. Daarnaast kunnen voorlichting en eventuele gebruiksbeperkingen onderdeel uitmaken van het grondwaterbeheer. Voor de afleiding van risicogrenswaarden is vooralsnog aangenomen dat er voor WKO-installaties voor de onderzochte stoffen geen eisen aan de grondwaterkwaliteit hoeven te worden gesteld. De impact van WKO-installaties (doorboringen en onttrekkingen) op de aanwezige grondwaterkwaliteit is niet meegenomen bij het berekenen van risicogrenswaarden. Overwogen kan worden dit in een volgende fase mee te nemen voor beheersopties.

Op basis van deze rapportage kan de doelmatigheid van de toepassing van functiespecifieke risicogrenswaarden voor het gebiedsgericht beheer van grondwater worden beoordeeld. De toepassing van functiespecifieke risicogrenswaarden dient te worden beschouwd in samenhang met de rol van bestaande generieke normen voor chemische grondwaterkwaliteit: streef- en interventiewaarden en, in het kader van de Europese Kaderrichtlijn Water, de drempelwaarden. Een evaluatie kan zich richten op de volgende aspecten:

- Het gebruik van functiespecifieke risicogrenswaarden en normen als een instrument voor het gebiedsgericht beheer van grondwaterkwaliteit.
- De vraag of het gebruik van functiespecifieke risicogrenswaarden en de kennis over mogelijke risico's in relatie tot de functie van het grondwater bijdragen aan een juiste motivering (of onderbouwing) van het gebruik van de uitzonderingsbepaling van de Grondwaterrichtlijn (GWR, artikel 6, lid 3). Een juiste afweging van kosten (risico's) en baten (gebruik en functie van het grondwater) is daarvoor vereist.

- De hoogte van de functiespecifieke risicogrenswaarden in relatie tot streef- en interventiewaarden, drempelwaarden en gemeten concentraties in het Nederlandse grondwater. Het is hierbij te overwegen onderscheid te maken tussen diep en ondiep grondwater.
- Eind 2012 zijn de resultaten van de evaluatie interventiewaarden 2^e, 3^e en 4^e tranche stoffen voor bodem en grondwater gerapporteerd (Brand et al., 2012). Cis- en trans-1,2-dichlooretheen behoren tot de serie stoffen die zijn geëvalueerd en waarvoor wijzigingen zijn voorgesteld. Deze wijzigingen kunnen, na beleidsmatige accordering, leiden tot aanpassing van enkele functiespecifieke grenswaarden zoals in dit rapport berekend.
- De betekenis van functiespecifieke risicogrenswaarden in relatie tot de diepte waarop de verontreiniging zich bevindt.
- De betekenis van functiespecifieke risicogrenswaarden rekening houdend met de stroming van grondwater.

8.2.2 *Technisch-inhoudelijk*

De onzekerheid van risicobeoordeling en de hoogte van risicogrenswaarden worden bepaald door enerzijds de gekozen uitgangspunten en anderzijds de betrouwbaarheid van de modelconcepten en parameterwaarden. Voor een goede wetenschappelijke onderbouwing en voor het verkleinen van onzekerheden dient de aandacht te worden gericht op de volgende technisch-inhoudelijke aspecten:

- De invloed van de grondwaterspiegel en eventuele andere locatiespecifieke kenmerken op de risicogrenswaarden die worden berekend op basis van risico's voor uitdamping.
- De risicogrenswaarden in geval van de permeatie van verontreinigingen door drinkwaterleidingen, welke enerzijds gebaseerd zijn op een conservatieve benadering (toetsing aan de streefwaarde of de drinkwaternorm) en anderzijds berekend zijn op basis van een niet-getoetst modelconcept. Wij bevelen validatie van beide benaderingen aan op basis van gemeten waarden in een experimentele opstelling.
- In ongeveer een derde deel van Nederland kan kwel optreden. Voor de afleiding van risicogrenswaarden in geval van kwel zijn verschillende benaderingen uitgewerkt. De beïnvloeding van de bovengrond door verontreinigd grondwater beïnvloedt de functiespecifieke risicogrenswaarden voor gewasconsumptie en voor de habitatfunctie van het terrestrische ecosysteem in de bovengrond. Het wordt aanbevolen om na te gaan welk scenario het meest representatief kan worden geacht voor de Nederlandse situatie en of de afgeleide risicogrenswaarden voldoende bescherming bieden.

- Onderzocht kan worden of het gebruik van de interventiewaarde grondwater voor de toetsing van de kwaliteit van grondwater voor irrigatie en veedrenking voldoende bescherming biedt. Een toetsing aan beschikbare praktijkgegevens geeft wellicht een indicatie van daadwerkelijke risico's.
- Voor de afleiding van functiespecifieke risicogrenswaarden is de (natuurlijke) afbraakfunctie van het grondwater buiten beschouwing gebleven. Onderzocht kan worden of en hoe de afbraakfunctie meegenomen kan worden voor het (gebiedsgericht) beheer van grondwater.
- Een studie naar de mogelijkheden voor een operationalisering van de msPAF-methode (*multi-species Potential Affected Fraction*) en de praktische toepasbaarheid voor het beheer van grondwaterkwaliteit (vergelijkbaar met de methodiek voor de beoordeling van oppervlaktewater).

9 Literatuur

Aa, N.G.F.M. van der, H. Blaak, M.H.M.M. Montforts, J.A.C. Schalk, J.F. Schijven, F.M. Schets, et al, 'Antenne Drinkwater 2010 [Antenna Drinking water 2010]', RIVM Rapport 703719061. RIVM, Bilthoven.

Bakker, J., J. P. A. Lijzen, , H. J. van Wijnen, 'Site-specific human risk assessment of soil contamination with volatile compounds [Locatiespecifieke humane risicobeoordeling van bodemverontreiniging met vluchtige verbindingen]', RIVM Rapport 711701049. RIVM, Bilthoven.

Beelen, P. van (1990) 'Degradation of organic pollutants in ground-water', *Stygologia*, 5(4), 199-212.

Beelen, P. van (2007) 'Ecologische risicobeoordeling van grondwater', RIVM Briefrapport 711701055. RIVM, Bilthoven.

Bodar, C.W.M. (2007). 'Environmental Risk Limits for Zinc', RIVM Briefrapport 11235/2007. RIVM, Bilthoven.

Bonte, M. en M. van Meerkerk, (2010) 'Bodemverontreinigingen en risico's voor drinkwatervoorziening', KWR Rapport no. BTO 2010.053 (s). Nieuwegein.

Brand, E., P.F. Otte, J.P.A. Lijzen, (2007) 'CSOIL 2000 an exposure model for human risk assessment of soil contamination. A model description', RIVM Rapport 711701054. RIVM, Bilthoven.

Brand, E., B.-J. Bogte, P. Baars, G. Janssen, R. Tiesjema, P. van Herwijnen, et al. 'Proposals for Intervention Values soil and groundwater for the 2nd, 3rd and 4th series of compounds', RIVM Rapport 607711006/2012. RIVM, Bilthoven.

CVB (2005). Handleiding Mineralenvoorziening Rundvee, Schapen Geiten.

Dirven-Van Breemen, E.M., J.P.A. Lijzen, P.F. Otte, P.L.A. van Vlaardingen, J. Spijker, E.M.J. Verbruggen, et al, 'Landelijke referentiewaarden ter onderbouwing van maximale waarden in het bodembeleid', RIVM Rapport 711701053. RIVM, Bilthoven.

Doucette, W. J., et. al. (2007). Trichloroethylene Uptake into Fruits and Vegetables: Three-Year Field Monitoring Study. Environ. Sci. Technol. 2007, 41, 2505-2509.

Dusseldorp, A., P.F. Otte, J.P.A. Lijzen, J.F.M. Versteegh, 'Advies gebruik grondwater onder zinkassen in de Kempen: quick scan', RIVM Rapport 609023011. RIVM, Bilthoven.

EU (2000) 'Richtlijn 2000/60/EG van het Europees parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid', Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L 327.

EU (2006) 'Richtlijn 2006/118/EG van het Europees parlement en de Raad van 12 december 2006 betreffende de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging en achteruitgang van de toestand', Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L372.

EC (2006) 'Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No. 17, Guidance on preventing or limiting direct and indirect inputs in the context of the Groundwater directive 2006/118/EC', Luxembourg.

EC (2009) 'Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance Document No. 18, Guidance on groundwater status and trend assessment', Luxembourg.

Fraters, B., L.J.M. Boumans, H.P. Prins, 'Achtergrondconcentraties van 17 sporenmetalen in het grondwater van Nederland', RIVM Rapport 7117010053. RIVM, Bilthoven.

Fleuren, R.H.L.J., P.J.C.M. Janssen, L.R.M. de Poorter, 'Environmental risk limits for twelve volatile aliphatic hydrocarbons. An update considering human-toxicological data', RIVM Rapport 601782013. RIVM, Bilthoven.

Gun, J. van der (2010), Handreiking Gebiedsgericht grondwaterbeheer.

IKSR/ CIPR/ICBR (2009), 'Afleiding van milieukwaliteitsnormen voor Rijnrelevante stoffen', Internationale Kommission zum Schutz des Reins, Commission Internationale pour la Protection du Rhin, Internationale Commissie ter bescherming van de Rijn, rapport nr. 164.

I&M (2011), 'Regeling van de Staatssecretaris van Infrastructuur en Milieu van 14 juni 2011, nr. BJZ2011046947 houdende nadere regels met betrekking tot enige onderwerpen inzake de voorziening van drinkwater, warm tapwater en huishoudwater (Drinkwaterregeling)', Staatscourant, 10842, 35.

Jong, F.M.W. de, C.J.A.M. Posthuma-Doodeman, E.M.J. Verbruggen, 'Ecotoxicologically based environmental risk limits for several volatile aliphatic hydrocarbons', RIVM Rapport 601782002, RIVM, Bilthoven.

KWR (2010), 'Ordering van de ondergrond. Een fysiek en juridisch afwegingskader', KWR 2010.010.

Lijzen, J. P. A., A.J. Baars, P.F. Otte, M. Rikken, F.A. Swartjes, Verbruggen, et al, 'Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater. Human and ecotoxicological risk assessment and derivation of risk limits for soil, aquatic sediment and groundwater', RIVM Rapport 711701023. RIVM, Bilthoven.

Meerkerk, M.A. (2010). 'Leidraad voor de toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem', KWR 2010.53, Nieuwegein.

Meinardi, C.R. en R. van den Berg, eds. (2008). 'Basisdocument karakterisering grondwaterkwaliteit voor de Kaderrichtlijn Water', Auteurs: A.H.W. Beusen, G.J. van den Born, L.J.M. Boumans, B. Fraters, J.P.A. Lijzen, A.M.A. van der Linden, et al, Rapportnr. 500003006.

Mesman, M., J. Spijker, A.J. Schouten, M. Rutgers, 'Ecologische risicobeoordeling depotterrein gemeente Epe', RIVM Rapport 607035001. RIVM, Bilthoven.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, (2012), Circulaire bodemsanering 2009, Staatscourant 2012 nr. 6563.

Nijs, A.C.M. de, W. Verweij, E. Buis, G. Janssen, 'Methodiekontwikkeling Drempelwaarden Grondwater Achtergrondconcentraties en Attenuatie- en Verdunningsfactoren', RIVM Rapport 607402003. RIVM, Bilthoven.

Osté L., A. Wintersen, E. ten Kate, L. Posthuma, 'Nieuwe normen Waterbodems. Normen voor verspreiden en toepassen op bodem onder oppervlaktewater', RIVM Rapport 711701064, RWS Waterdienst rapport nr. 2007.003.

Otte, P.F., J.P.A. Lijzen, M.G. Mennen, J. Spijker, 'Richtlijn voor luchtmetingen voor de risicobeoordeling van bodemverontreiniging', RIVM Rapport 711701048. RIVM, Bilthoven.

Rietra, R.P.J.J., P.F.A.M. Römkens (2011), 'Private onttrekking van grondwater in het landelijk gebied', notitie aan RIVM, Alterra, Wageningen.

Sanscrit, 2011, 'Instrument voor de bepaling van spoedeisendheid van saneren', www.sanscrit.nl.

Smit, C. E., 'Streefwaarde en verwaarloosbaar risiconiveau', RIVM Rapport 601357002. RIVM, Bilthoven.

Smit, C.E., E.M.J. Verbruggen, 'Environmental risk limits for ethyl-benzene and tributylphosphate in water. *A proposal for water quality standards in accordance with the Water Framework Directive*', RIVM Briefrapport 601714019. RIVM, Bilthoven.

Spijker, J., P.L.A. van Vlaardingen, G. Mol, 'Achtergrondconcentraties en relatie met bodemtype in de Nederlandse bodem', RIVM Rapport 711701074. RIVM, Bilthoven.

Staatsblad (2007), Besluit van 22 november, houdende regels inzake de kwaliteit van bodem (Besluit bodemkwaliteit). Staatsblad, 469,1-171.

Staatsblad (2010), Besluit van 30 november 2009 houdende regels ter uitvoering van de milieudoelstellingen van de Kaderrichtlijn Water (Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009). Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, jaargang 2010, nummer 15.

Staatsblad (2011), Besluit van 23 mei 2011, houdende bepalingen inzake de productie en distributie van drinkwater en de organisatie van de openbare drinkwatervoorziening (Drinkwaterbesluit), Staatsblad, 293, 1-90.

Swartjes, F.A. , A.J. Baars, R.H.L.J. Fleuren, P.F. Otte, 'Risicogrenswaarden voor MTBE (Methyl tertiair-Butyl Ether) in bodem, sediment, grondwater, oppervlaktewater, Drinkwater en voor drinkwaterbereiding', RIVM Rapport 711701039. RIVM, Bilthoven.

Swartjes, F.A., J. Valstar, M.C. Zijp, P. van Beelen, P.F. Otte, 'Gebiedsgericht grondwaterbeheer in de praktijk: Gebiedsafbakening, aanpak bronzone, procedure voor monitoring, (risicogebaseerde) toetsing grondwaterkwaliteit, kosten-batenanalyse', RIVM Rapport 607050010. RIVM, Bilthoven.

Swartjes, F.A., J. Grima (2011). 'Groundwater-related risk assessment', Chapter 17 in: F.A. Swartjes (Ed.), Dealing with contaminated sites. From theory towards practical application. Springer Science+Business Media BV, Dordrecht.

TCB (2009), Advies Gebiedsgerichte aanpak grootschalige grondwaterverontreiniging. TCB A055.

TCB (2012), Advies Grondwater. TCB A074(2012).

Tiebosch, T., C. Brink, S. Wuijts, 'Verkenning early warning bij grondwaterwinningen voor drinkwater [Exploratory study of 'early warning systems' at groundwater abstractions for drinking water]', RIVM Rapport 609452001. RIVM, Bilthoven.

Traas, T.P. (2003), 'Evaluatie van groep- en somnormen in het kader van Integrale Normstelling Stoffen', RIVM Rapport 601501014. RIVM, Bilthoven.

Trapp, S., D. Rasmussen, L. Samsoe Petersen, (2003), 'Fruit tree model for uptake of organic compounds from soil', SAR and QSAR in Environmental Research, 14(1), 17-26.

Van Meerkerk, M.A. (2010), 'Leidraad voor de toepassing van leidingmaterialen in met organische stoffen verontreinigde bodem', KWR Rapport no: 2010.053.

Verbruggen, E.M.J., R. Posthumus, A.P. van Wezel, Ecotoxicological Serious Risk Concentrations for soil, sediment and (ground)water: updated proposals for first series of compounds, RIVM Rapport 711701 020. RIVM, Bilthoven.

Verbruggen, E.M.J., 'Environmental risk limits for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). For direct aquatic, benthic, and terrestrial toxicity', RIVM Rapport 607711007. RIVM, Bilthoven.

Versluijs, C.W., P.F. Otte, 'Accumulatie van metalen in planten, een bijdrage aan de evaluatie van de interventiewaarden en locatiespecifieke risicobeoordeling van verontreinigde bodem', RIVM Rapport 711701024. RIVM, Bilthoven.

Vonk, M.W., Permeatie van organische verbindingen door leidingmaterialen, 1985, KIWA N.V. Nieuwegein.

Vos, J.H., C.W.M. Bodar, 'Environmental risk limits for toluene', RIVM Briefrapport 601782005. RIVM, Bilthoven.

WHO (2011), Guidelines for drinking-water quality – 4th ed, ISBN 978 92 4 154815 1.

Wuijts, S., J.F.M. Versteegh, 'Voorstel normen bronnen drinkwater', RIVM Briefrapport 609715001. RIVM, Bilthoven.

Wuijts, S., 'Evaluatie en actualisatie protocol gebiedsdossiers [Review and update of the protocol for drinking water protection files]', RIVM Rapport 609716002. RIVM, Bilthoven.

Wuijts, S., C.H. Buscher, M.C. Zijp, W. Verweij, C.T.A. Moermond, A.M. de Roda Husman, et al, 'Toekomstverkenning drinkwatervoorziening in Nederland [Prospective study of the drinking water supply in the Netherlands]', RIVM Rapport 609716001. RIVM, Bilthoven.

Zijp, M. C., S. Wuijts, H.H.J. Dik, 'Uitwerking artikel 7.3 KRW voor grondwaterlichamen. Drinkwaterfunctie bij karakterisering en toestandbeoordeling van grondwaterlichamen [Clarify article 7.3 of the WFD for groundwater bodies. The role of drinking water in the risk and status assessment of groundwater bodies]', RIVM Rapport 607300012. RIVM, Bilthoven.

Bijlage 1: Risicogrenswaarden per stof voor grondwaterkwaliteit binnen en buiten het beheersgebied

In deze bijlage vindt u de risicogrenswaarden voor de stoffen uit deze studie per kwaliteitscriterium afgeleid voor situaties binnen en buiten het beheersgebied. De concentraties zijn gegeven in twee significante cijfers in $\mu\text{g/l}$ grondwater.

In de tabellen zijn voor de stoffen uit deze studie de bestaande normen (interventiewaarde, streefwaarde, drempelwaarde en achtergrondwaarde) vermeld. Daarnaast zijn de voorstellen voor herziening van de Interventiewaarde uit de technische evaluatie van de interventiewaarden (Lijzen, et al., 2001) en de wateroplosbaarheid gegeven.

1 Arseen

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	31	31	31	6,3	6,3	6,3
• Permeatie drinkwaterleiding	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
• Publieke drinkwaterwinning	10	n.v.t.	n.v.t.	10	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	890	890	n.v.t.	1,9 – 2,4	46	890
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	25-35	890	n.v.t.	1-1,3	1-1,3	25-35
• Beïnvloeding oppervlaktewater	25-35	890	n.v.t.	1-1,3	1-1,3	25-35
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	33 - 60	n.v.t.	n.v.t.	33 - 60	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	93-77	n.v.t.	n.v.t.	1	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	60	60	60	60	60	60
Voorstel herziening IW grondwater	33	33	33	33	33	33
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	10 – 7,2	10 – 7,2	10 – 7,2	10 – 7,2	10 – 7,2	10 – 7,2
Drempelwaarde grondwater	15 ¹⁾	15 ¹⁾	15 ¹⁾	15 ¹⁾	15 ¹⁾	15 ¹⁾
Landelijke achtergrondwaarde	7	7	7	7	7	7

1) Voor enkele grondwaterlichamen is een hoger niveau vastgesteld.

2 Zink

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	16.000	16.000	16.000	3100	3100	3100
• Permeatie drinkwaterleiding	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
• Publieke drinkwaterwinning	200	n.v.t.	n.v.t.	200	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	83	83	n.v.t.	38-46	62	83
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	12*)	83	n.v.t.	12*)	12*)	12*)
• beïnvloeding oppervlaktewater	12*)	83	n.v.t.	12*)	12*)	12*)
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	91-800	n.v.t.	n.v.t.	91-800	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	1400	n.v.t.	n.v.t.	14	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	800	800	800	800	800	800
Voorstel herziening IW grondwater	91	91	91	91	91	91
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	65 – 24	65 – 24	65 – 24	65 – 24	65 – 24	65 – 24
Drempelwaarde grondwater	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Landelijke achtergrondwaarde	24	24	24	24	24	24

*) Het MTR_{eco} is voor zink 9,4 µg/l en lager dan de streefwaarde (12 µg/l). Gekozen wordt daarom voor de streefwaarde.

3 Naftaleen

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	1300	1300	1300	250	250	250
• Permeatie drinkwaterleiding	44	44	44	0,1	0,1	0,1
• Publieke drinkwaterwinning	0,1	n.v.t.	n.v.t.	0,1	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	520	520	n.v.t.	0,02-2	32	520
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	1,2	520	n.v.t.	0,01	0,01	1,2
• Beïnvloeding oppervlaktewater	1,2	520	n.v.t.	0,01	0,01	1,2
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	70-290	n.v.t.	n.v.t.	70-290	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	12.000-7500	n.v.t.	n.v.t.	120	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	70	70	70	70	70	70
Voorstel herziening IW grondwater	290	290	290	290	290	290
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	31.800	31.800	31.800	31.800	31.800	31.800

4 Tetrachlooretheen

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	550	550	n.v.t.	230	230
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	3300	3300	n.v.t.	1700	1700
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	500	500	500	100	100	100
• Permeatie drinkwaterleiding	2700	2700	2700	10	10	10
• Publieke drinkwaterwinning	10	n.v.t.	n.v.t.	10	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	7800	7800	n.v.t.	0,51-51	630	7800
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	330	7800	n.v.t.	3	3	330
• Beïnvloeding oppervlaktewater	330	7800	n.v.t.	3	3	330
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	40-530	n.v.t.	n.v.t.	40-530	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	4300-510	n.v.t.	n.v.t.	43	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	40	40	40	40	40	40
Voorstel herziening IW grondwater	530	530	530	530	530	530
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	119.000	119.000	119.000	119.000	119.000	119.000

5 Trichlooretheen

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	1500	1500	n.v.t.	750	750
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	8700	8700	n.v.t.	4400	4400
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	1600	1600	1600	310	310	310
• Permeatie drinkwaterleiding	1400	1400	1400	24	24	24
• Publieke drinkwaterwinning	10	n.v.t.	n.v.t.	10	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	4600	4600	n.v.t.	1,2-120	740	4600
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	2400	4600	n.v.t.	24	24	2400
• Beïnvloeding oppervlaktewater	2400	4600	n.v.t.	24	24	2400
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	500-1500	n.v.t.	n.v.t.	500-1500	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	32.000-1400	n.v.t.	n.v.t.	320	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	500	500	500	500	500	500
Voorstel herziening IW grondwater	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	24	24	24	24	24	24
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	116.000	116.0000	116.0000	116.0000	116.0000	116.0000

6 1,1-dichlooretheen

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	32	32	n.v.t.	16	16
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	190	190	n.v.t.	98	98
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	94	94	94	19	19	19
• Permeatie drinkwaterleiding	22	22	22	1	1	1
• Publieke drinkwaterwinning	1	n.v.t.	n.v.t.	1	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	11000	11000	n.v.t.	0,09-9	310	11000
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	3400	11000	n.v.t.	34	34	3400
• Beïnvloeding oppervlaktewater	3400	11000	n.v.t.	34	34	3400
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	10	n.v.t.	n.v.t.	10	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	2600-30	n.v.t.	n.v.t.	26	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	10	10	10	10	10	10
Voorstel herziening IW grondwater	-	-	-	-	-	-
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	1820.000	1820.000	1820.000	1820.000	1820.000	1820.000

7 1,2-dichlooretheen (cis)

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	73	73	n.v.t.	36	36
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	440	440	n.v.t.	220	220
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	190	190	190	38	38	38
• Permeatie drinkwaterleiding	5500	5500	5500	1	1	1
• Publieke drinkwaterwinning	1	n.v.t.	n.v.t.	1	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	11.000	11.000	n.v.t.	0,068-6,8	270	11.000
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	6100	11.000	n.v.t.	61	61	6100
• Beïnvloeding oppervlaktewater	6100	11.000	n.v.t.	61	61	6100
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	20	n.v.t.	n.v.t.	20	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	17.000-76	n.v.t.	n.v.t.	170	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	20	20	20	20	20	20
Voorstel herziening IW grondwater ^{*)}	940	940	940	940	940	940
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	776.000	776.000	776.000	776.000	776.000	776.000

*) volgens Brand et al. (2012).

8 1,2-dichlooretheen (trans)

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	110	110	n.v.t.	40	40
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	640	640	n.v.t.	240	240
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	530	530	530	110	110	110
• Permeatie drinkwaterleiding	5500	5500	5500	1	1	1
• Publieke drinkwaterwinning	1	n.v.t.	n.v.t.	1	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	11.000	11.000	n.v.t.	0,068-6,8	270	11.000
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	6100	11.000	n.v.t.	61	61	6100
• Beïnvloeding oppervlaktewater	6100	11.000	n.v.t.	61	61	6100
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	20	n.v.t.	n.v.t.	20	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	17.000-110	n.v.t.	n.v.t.	170	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	20	20	20	20	20	20
Voorstel herziening IW grondwater ^{*)}	940	940	940	940	940	940
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	582.000	582.000	582.000	582.000	582.000	582.000

^{*)} volgens Brand et al. (2012).

9 Vinylchloride

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	0,4	0,4	n.v.t.	0,004	0,004
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	2,4	2,4	n.v.t.	0,02	0,02
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	19	19	19	0,19	0,19	0,19
• Permeatie drinkwaterleiding	22	22	22	0,1	0,1	0,1
• Publieke drinkwaterwinning	0,1	n.v.t.	n.v.t.	0,1	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	8000	8000	n.v.t.	0,005-0,5	63	8000
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	820	8000	n.v.t.	8	8	820
• Beïnvloeding oppervlaktewater	820	8000	n.v.t.	8	8	820
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	5-0,4	n.v.t.	n.v.t.	5-0,4	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	610-0,4	n.v.t.	n.v.t.	6	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	5	5	5	5	5	5
Voorstel herziening IW grondwater	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	428.000	428.000	428.000	428.000	428.000	428.000

10 Benzeen

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	250	250	n.v.t.	2,5	2,5
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	1500	1500	n.v.t.	15	15
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	100	100	100	1	1	1
• Permeatie drinkwaterleiding	160	160	160	1	1	1
• Publieke drinkwaterwinning	1	n.v.t.	n.v.t.	1	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	30.000	30.000	n.v.t.	0,49-49	1200	30.000
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	240	30.000	n.v.t.	2	2	240
• Beïnvloeding oppervlaktewater	240	30.000	n.v.t.	2	2	240
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	30-110	n.v.t.	n.v.t.	30-110	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	2800-230	n.v.t.	n.v.t.	28	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	30	30	30	30	30	30
Voorstel herziening IW grondwater	110	110	110	110	110	110
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	1990.000	1990.000	1990.000	1990.000	1990.000	1990.000

11 Tolueen

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	4200	4200	n.v.t.	2100	2100
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	25.000	25.000	n.v.t.	13.000	13.000
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	7000	7000	7000	1400	1400	1400
• Permeatie drinkwaterleiding	180	180	180	7	7	7
• Publieke drinkwaterwinning	1	n.v.t.	n.v.t.	1	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	5700	5700	n.v.t.	0,74-74	650	5700
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	730	5700	n.v.t.	7	7	730
• Beïnvloeding oppervlaktewater	730	5700	n.v.t.	7	7	730
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	1000-4360	n.v.t.	n.v.t.	1000-4360	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	>100.000-4200	n.v.t.	n.v.t.	1300	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Voorstel herziening IW grondwater	4360	4360	4360	4360	4360	4360
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	7	7	7	7	7	7
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	611.000	611.000	611.000	611.000	611.000	611.000

12 Ethylbenzeen

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	5700	5700	n.v.t.	2900	2900
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	34.000	34.000	n.v.t.	17.000	17.000
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	3100	3100	3100	630	630	630
• Permeatie drinkwaterleiding	100	100	100	4	4	4
• Publieke drinkwaterwinning	1	n.v.t.	n.v.t.	1	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	5500	5500	n.v.t.	1,0-100	740	5500
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	370	5500	n.v.t.	4	4	370
• Beïnvloeding oppervlaktewater	370	5500	n.v.t.	4	4	370
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	150-3300	n.v.t.	n.v.t.	150-3300	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	37.000-5000	n.v.t.	n.v.t.	370	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	150	150	150	150	150	150
Voorstel herziening IW grondwater	3300	3300	3300	3300	3300	3300
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	4	4	4	4	4	4
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	159.000	159.000	159.000	159.000	159.000	159.000

13 MTBE

Functie	Binnen het beheersgebied			Buiten het beheersgebied		
	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie	Landbouw/ Natuur	Wonen	Industrie
Beschermingsdoel						
Humane risico's						
• Inhalatie binnenlucht grw 1,5 m	n.v.t.	43.000	43.000	n.v.t.	> 10.000	> 10.000
• Inhalatie binnenlucht grw 5 m	n.v.t.	> 100.000	> 100.000	n.v.t.	> 100.000	> 100.000
Humane risico's						
• Eigen grondwateronttrekking	9400	9400	9400	1900	1900	1900
• Permeatie drinkwaterleiding	2200	2200	2200	1	1	1
• Publieke drinkwaterwinning	1	n.v.t.	n.v.t.	1	n.v.t.	n.v.t.
Ecologische risico's						
• Habitatfunctie	47.500	47.500	n.v.t.	38-2600	11.000	47.500
• Beïnvloeding terrestrisch ecosysteem	2600	47.500	n.v.t.	26	26	2600
• Beïnvloeding oppervlaktewater	2600	47.500	n.v.t.	26	26	2600
Grondwater-gerelateerde risico's				Ambitie per te beschermen gebied definiëren		
• Intrinsieke waarde	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.			
Risico's voor de voedselveiligheid						
• Irrigatie en veedrenking	9400	n.v.t.	n.v.t.	9400	n.v.t.	n.v.t.
• Gewasconsumptie	>100.000-44.000	n.v.t.	n.v.t.	9800	n.v.t.	n.v.t.
Bestaande normen						
Huidige IW grondwater	9400	9400	9400	9400	9400	9400
Voorstel herziening IW grondwater	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Huidige SW grondwater (ondiep-diep)	-	-	-	-	-	-
Drempelwaarde grondwater	-	-	-	-	-	-
Landelijke achtergrondwaarde	-	-	-	-	-	-
Water oplosbaarheid in µg/l	34.900.000	34.900.000	34.900.000	34.900.000	34.900.000	34.900.000

Bijlage 2: Toelichting risicogrenzen ecosystemen

Voor de afleiding van bodem- en grondwaternormen zijn verschillende ecologische risicogrenzen afgeleid. In Tabel B2.1 (Traas, 2003) zijn de verschillende effectniveaus beschreven en is aangegeven voor welke normen deze risiconiveaus zijn toegepast.

Tabel B2.1. Milieurisicogrenzen en de daaraan gerelateerde milieukwaliteitsnormen voor de bescherming van ecosystemen (Traas, 2003).

Omschrijving	Advieswaarden	Normen
Het VR is een concentratie waarbij verwaarloosbare effecten op ecosystemen optreden. Het VR wordt afgeleid van het MTR door deze door 100 te delen. Deze factor is gemotiveerd vanuit het mogelijk optreden van mengseltoxiciteit.	VR (voor lucht, water, bodem, grondwater en sediment)	Streefwaarde (voor lucht, water, bodem, grondwater en sediment)
Het MTR is een concentratie die geacht wordt alle soorten in ecosystemen te beschermen tegen ongewenste effecten. Het MTR wordt bij voorkeur geschat door het 5e percentiel van een soortgevoeligheidsverdeling (SSD) van NOECs te schatten, de HC_5^{NOEC} .	MTR (voor lucht, water, bodem, grondwater en sediment)	MTR (voor lucht, water en sediment)
De SRC_{ECO} is een concentratie waarbij functies ernstig aangetast zijn of kunnen worden. De SRC_{ECO} is vastgesteld als die concentratie waarbij 50% van de soorten en/of processen mogelijk is aangetast. Bij gebruik van een soortgevoeligheidsverdeling is het 50e percentiel, de HC_{50} , hiervoor bepalend.	SRC_{ECO} (voor water, bodem, grondwater en sediment)	Interventiewaarde (voor bodem, sediment en grondwater)

Toelichting

Verwaarloosbaar Risiconiveau (VR)

$$VR = AC + (MTT/100)$$

- AC: De **natuurlijke achtergrondconcentratie** wordt (m.b.t. de bodemkwaliteit) ook wel de Achtergrondwaarde genoemd. Voor de bodem zijn deze waarden opgenomen in de Regeling bodemkwaliteit (VROM, 2007). Achtergrondwaarden voor grondwater zijn niet vastgesteld. Er wordt op dit moment (2013) onderzoek verricht naar de mogelijkheid om achtergrondwaarden voor grondwater af te leiden. De natuurlijke achtergrondconcentratie is nul voor verontreinigingen die niet van nature in ons milieu voorkomen (zoals de meeste organische verontreinigingen).
- MTT: De **maximaal toelaatbare toevoeging** hoort bij een 95 procent beschermingsniveau van soorten en processen (MTT).

Maximaal Toelaatbaar Risiconiveau (MTR_{eco})

$$MTR_{eco} (HC5) = AC + MTT$$

- MTR_{eco}: Het MTR_{eco} wordt ook aangeduid als de HC5-waarde. In rapportages kunnen beide benamingen worden gebruikt want ze hebben dezelfde betekenis.
- MTT: De **maximaal toelaatbare toevoeging** hoort bij een 95 procent beschermingsniveau van soorten en processen (MTT).
- AC: De **natuurlijke achtergrondconcentratie**

Ernstig Risiconiveau of Serious Risk Concentration voor het ecosysteem (SRC_{eco})

$$ER (HC50) = AC + ETT_{eco}$$

- ER: het Ernstig Risiconiveau of het SRC_{eco} worden ook wel aangeduid als de HC50. ER en SRC_{eco} hebben dezelfde betekenis.
- De 'ernstige risicotoevoeging' (ETT_{eco}) hoort bij een 50 procent beschermingsniveau van soorten en processen.
- AC: De **natuurlijke achtergrondconcentratie**

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl