

Scenariostudie KRW - grondwater

Scenariostudie KRW - grondwater

**Frank van der Bolt
Dorothee Leenders
Dethmer Boels
Jos Boesten
Luc Bonten
Rob Merkelbach
Paul Römkens
Oscar Schoumans**

Alterra-rapport 1210

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

Bolt, F. van der, D. Leenders, D. Boels, J. Boesten, L. Bonten, R. Merkelbach, P. Römken en O. Schoumans, 2005. *Scenariostudie KRW - grondwater*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1210. 54 blz. 8 fig.; 2 tab., 9 ref.

De Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) heeft onder meer als doel aquatische ecosystemen en terrestrische ecosystemen voor verdere achteruitgang te beschermen en (eventueel) te verbeteren. De Kaderrichtlijn Water (KRW) richt zich op het zoete en zoute oppervlaktewater en op het grondwater. Het gaat hierbij om zowel grondwaterkwaliteit als -kwantiteit. In deze studie is verkend wat de consequenties van de KRW zijn in situaties waarin diffuse bronnen in het landelijk gebied de grondwaterkwaliteit bedreigen. De nutriënten stikstof, fosfaat en kalium en zware metalen (koper, zink, cadmium en lood) zijn de voornaamste aan diffuse bronnen gerelateerde probleemstoffen voor de kwaliteit van het grondwater. Het onderscheiden van kleine grondwaterlichamen zorgt voor meer differentiatie. Wanneer voor de grondwaterlichamen normen voor grond- en oppervlaktewater in het bovenste grondwater worden getoetst blijken de in deze studie gebruikte doelen voor het oppervlaktewater tot de grootste opgave te leiden.

Kennisvragen voor realisatie van de KRW-doelstellingen in grondwaterlichamen bestaan ten aanzien van de data, processen en integrale instrumenten. Beantwoorden van deze kennisvragen draagt bij aan formuleren van de doelen, het bepalen van de opgave, het selecteren van maatregelen, het bepalen van effecten van maatregelen en het toetsen van stroomgebiedbeheersplannen.

Trefwoorden: Europese Kaderrichtlijn Water, grondwater, landbouw, nutriënten, zware metalen, gewasbeschermingsmiddelen, Scenariostudie.

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 25,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1210. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2005 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veeleenvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Inhoud

Woord vooraf	7
Samenvatting	9
1 Inleiding	13
2 Verkenningvooraf	15
2.1 Grondwater in de KRW	15
2.2 Begrenzing grondwaterlichamen	16
2.3 Probleemstoffen en bronnen	16
2.4 Drempelwaarden en achtergrondbelasting	19
2.5 Monitoren	20
2.6 Relatie grondwater en oppervlaktewater	21
2.7 Verkenning versus scenarioanalyses	22
3 Scenarioanalyse	23
3.1 Doelstelling en uitgangspunten	23
3.2 Doelstelling	23
3.2.1 Uitgangspunten	23
3.3 Werkwijze scenarioanalyses	24
3.3.1 Scenario's	25
3.3.1.1 Schaalniveaus	26
3.3.1.2 Ambitieniveaus	27
3.3.1.3 Dieptes	30
3.4 Resultaten	31
3.4.1 Stoffen	31
3.4.2 Grootte van grondwaterlichamen	33
3.4.3 Probleemgebieden en (diffuse) bronnen	35
3.4.4 Relatie doelstellingen, overschrijdingen en de diepte	36
3.4.5 Samenhang (doelen voor) grond- en oppervlaktewater.	37
4 Discussie	39
5 Conclusies	45
Literatuur	49
<i>Bijlagen</i>	
1 Werkwijze nutriënten	51
2 Werkwijze zware metalen	53

Woord vooraf

Naast oppervlaktewater heeft de Kaderrichtlijn Water (KRW) ook betrekking op het grondwater. Het Europese beleid ten aanzien van het grondwater werkt door op beleidsterreinen van verschillende ministeries. LNV, VROM en V&W hebben onderzoeksvragen over stoffen uit diffuse bronnen in het landelijk gebied:

- Waar en voor welke stoffen hebben we problemen om aan de normen of drempelwaarden te voldoen?
- Heeft de grootte van de waterlichamen gevolgen voor de mate van overschrijding van de normen?
- Waar bestaan intensieve interacties tussen grond- en oppervlaktewater en hoe verhouden de doelstellingen voor grond- en oppervlaktewater zich?

Alterra is gevraagd een verkennende studie uit te voeren om deze vragen voor diffuse bronnen in het landelijk gebied te beantwoorden. Dit geeft handvatten voor interacties tussen beleidsterreinen die nodig zijn om de doelen van de KRW en van ander beleid te realiseren. In de nabije toekomst moet daartoe een integrale afweging van effecten op verschillende beleidsterreinen mogelijk zijn.

Voor deze verkennende studie zijn verschillende kennisgebieden bij elkaar gebracht. Om vragen over specifieke onderdelen aan de juiste persoon te kunnen stellen volgen per onderwerp de collega's die hieraan hebben bijgedragen:

<i>Gewasbeschermingsmiddelen</i>	Jos Boesten en Rob Merkelbach
<i>Monitoren en normstelling</i>	Dethmer Boels
<i>Nutriënten</i>	Oscar Schoumans en Frank van der Bolt
<i>Waterhuishouding</i>	Frank van der Bolt en Dethmer Boels
<i>Zware metalen</i>	Luc Bonten en Paul Römken

De synthese is uitgevoerd door Frank van der Bolt en Dorothée Leenders. Naast de auteurs hebben Gerrit Hendriksen en Rini Schuiling bijgedragen aan deze studie.

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van de directie Platteland van het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. De ministeries VROM en V&W waren mede-opdrachtgever. De studie is begeleid door een stuurgroep waarin hebben geparticipeerd:

Wino Aarnink (vz tot 1-9-2004)	LNV, directie platteland
Elze Hemke (vz, vanaf 1-9-2004)	LNV, directie platteland
Murk de Roos	VROM, DG Milieu
Luit-Jan Dijkhuis	V&W, DG water
Bart Crijns	LNV, directie landbouw
Joop van Bodegraven	LNV, directie natuur
Esmé Eikenaar	LNV, directie platteland

Woord achteraf

De berekeningen en het conceptrapport dateren uit voorjaar en zomer 2004. Door verschillende, niet-inhoudelijke oorzaken heeft het lang geduurd voordat het rapport door de opdrachtgevers is gefiatteerd en is gepubliceerd. Ondertussen hebben de discussies die in/met de begeleidingscommissie zijn gevoerd en de inzichten die daarin groeiden mede geleid tot projecten waarin deelvragen zijn of worden beantwoord. Zo zijn ondertussen de artikel 5 rapportages van RIVM uitgebracht, zijn grote (39 stuks) en kleine (374 stuks) grondwaterlichamen gerapporteerd aan Brussel, zijn de normoverschrijdingen op basis van de meetnetten in de rapportages van de deelstroomgebiedsdistricten gerapporteerd, wordt de discussie gevoerd of de metingen in waterlichamen mogen worden gemiddeld of dat metingen boven de drempelwaarde als een signaalwaarde moeten worden beschouwd, zijn de referenties vastgesteld, is een methode vastgelegd om de GET/GEP-doelstellingen vast te stellen en wordt hard gewerkt aan het bepalen van drempelwaarden.

Belangrijk is om op deze punten dit rapport goed te plaatsen: het betreft een modelstudie naar de te verwachten effecten in 2015 bij voortzetten van het beleid waarbij de keuzemomenten en randvoorwaarden zo goed mogelijk aansluiten bij de discussies zoals die begin 2004 werden gevoerd. De resultaten van deze studie zijn niet aangepast aan de ondertussen (2^e helft 2004, 2005) beschikbaar gekomen informatie en/of gemaakte beleidkeuzes omdat daarvoor geen ruimte is. Wanneer het rapport in deze context wordt gezien zijn de resultaten, discussie en conclusies nog steeds beleidsmatig relevant.

Samenvatting

Inleiding

De Europese Kaderrichtlijn Water (2000) heeft onder meer als doel aquatische ecosystemen en terrestrische ecosystemen voor verdere achteruitgang te beschermen en (eventueel) te verbeteren. De Kaderrichtlijn Water (KRW) richt zich op het zoete en zoute oppervlaktewater en op het grondwater. Het gaat hierbij om zowel grondwaterkwaliteit als grondwaterkwantiteit in relatie tot de bescherming van het aquatische ecosysteem in het oppervlaktewater en het terrestrische ecosysteem. Aanvullend op de KRW ligt er een voorstel voor een richtlijn voor de bescherming van het grondwater tegen verontreiniging: de dochterrichtlijn Grondwater. Deze richtlijn beoogt om de in artikel 17 van de KRW bedoelde specifieke maatregelen ter voorkoming en beheersing van grondwaterverontreiniging vast te stellen.

Doel

Hoofddoelstelling van deze studie is het verkennen van de consequenties van de KRW in situaties waarin diffuse bronnen in het landelijk gebied de grondwaterkwaliteit bedreigen. Hierbij wordt ingegaan op 5 vragen:

1. Welke zijn de probleemstoffen?
2. Heeft de keuze van de grootte van waterlichamen invloed op de dreiging?
3. Zijn probleemgebieden en bronnen te identificeren?
4. Is er een samenhang tussen de criteria voor grond- en oppervlaktewaterkwaliteit?
5. Zijn er kennishiaten?

Werkwijze

Het project is onderverdeeld in twee fasen. In fase 1 (verkenning vooraf) zijn bestaande en verwachte problemen beschreven. Op basis van de resultaten van deze verkennende eerste fase is fase 2 geformuleerd. In fase 2 is door middel van scenarioanalyses geprobeerd de problematiek van enkele stoffen, afkomstig uit diffuse bronnen, op nationale schaal te kwantificeren.

Conclusies

De resultaten van de verkenning en scenarioberekeningen leiden tot antwoorden op de 5 vragen die als doel zijn geformuleerd:

Probleemstoffen uit diffuse belasting

- De nutriënten stikstof, fosfaat en kalium en zware metalen (koper, zink, cadmium en lood) zijn de voornaamste aan diffuse bronnen gerelateerde probleemstoffen voor de kwaliteit van het grondwater.
- Op een diepte van 10 m-mv worden voor de meeste stoffen de normen gemiddeld niet overschreden.
- Nitraat vormt in het bovenste grondwater de uitzondering wanneer in droge zandgebieden kleine grondwaterlichamen worden onderscheiden.

- Op lange termijn wordt voor zink een toenemende concentratie op grotere diepte verwacht. In het bovenste grondwater wordt volgens de rekenresultaten de norm voor zink nu al overschreden.

Grootte van grondwaterlichamen

- Grotere waterlichamen zullen minder snel tot overschrijding van normen leiden c.q. tot lagere overschrijdingen van normen leiden omdat 'lokale' overschrijdingen onzichtbaar zijn.
- Kleine grondwaterlichamen leiden tot meer onderscheid en kunnen daardoor enerzijds makkelijker tot overschrijdingen leiden. Aan de andere kant kan het onderscheiden van kleine grondwaterlichamen er juist voor zorgen dat voor sommige stoffen de overschrijding wordt verlaagd.
- Het onderscheiden van waterlichamen die voor gebruik van drinkwaterwinning zijn aangewezen als kleine, aparte waterlichamen leidt voor deze kleine waterlichamen in droge zandgronden regelmatig tot overschrijding van de nitraatnorm in het bovenste grondwater. Voor zware metalen leiden drinkwaterwingebieden als grondwaterlichaam zowel tot hogere als tot lagere reductiedoelstellingen dan de omringende waterlichamen.

Probleemgebieden, bronnen en maatregelen

- De grondwaterlichamen met droge zandgronden in Brabant en Limburg hebben de grootste risico's voor overschrijding van de nitraatnorm.
- Concentraties ammonium en fosfor zijn hoog in het grondwater onder droogmakerijen en diepe polders. Of dit tot overschrijdingen zal leiden wordt bepaald door de nog toe te kennen drempelwaarden.
- De grondwaterlichamen met overschrijdingen van de streefwaarden voor zware metalen in het bovenste grondwater liggen in laag-Nederland.
- Atmosferische depositie, landbouw, natuurgebieden, de bodemvoorraad, mineralisatie van veen en kwel zijn diffuse bronnen in het landelijke gebied. De bijdrage van de verschillende bronnen is niet overal en voor alle stoffen gelijk. De bijdrage van de bronnen bepaalt de mogelijkheden om via maatregelen een verandering in de waterkwaliteit te bereiken.
- Achtergrondconcentraties kunnen door autonome ontwikkelingen veranderen (denk bijvoorbeeld aan verzilting door bodemdaling/zeespiegelrijzing). Het is zaak dergelijke ontwikkelingen te schatten omdat opwaartse trends voor een aantal stoffen misschien niet omgebogen kunnen worden. Deze ontwikkelingen kunnen gevolgen hebben voor de drempelwaarden. Bij het vaststellen van drempelwaarden dient rekening te worden gehouden met de (veranderingen in) achtergrondconcentraties.
- Maatregelen om de diffuse belasting van het grondwatersysteem terug te dringen moeten worden gezocht in brongerichte maatregelen. Effecten op de waterkwaliteit kunnen beperkt zijn wanneer de betreffende stof in de bodem is vastgelegd. In dat geval moeten maatregelen worden genomen om de voorraad in de bodem te reduceren. Deze zullen niet op korte termijn tot resultaten leiden.

Samenhang (normen) in grond- en oppervlaktewater

- De kwaliteit van middeldiep grondwater en van oppervlaktewater is binnen de watersystemen in Nederland gerelateerd aan de kwaliteit van het bovenste grondwater (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand; het GLG-vlak). Of water dat het GLG-vlak passeert uitspoelt naar het diepere grondwater of wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater wordt bepaald door geohydrologie en de aanwezigheid van de ontwateringmiddelen.
- In gebieden waar weinig ontwateringmiddelen voorkomen zal het regionale grondwatersysteem worden gevoed. In gebieden waar de dichtheid aan ontwatering-middelen groot is wordt het water ondiep afgevoerd naar het oppervlaktewater-systeem. Wanneer daarbij kwel optreedt, zal de grondwaterkwaliteit uit de diepe grondwatersystemen de oppervlaktewater-kwaliteit mee bepalen.
- Gegeven het tijdschema voor de implementatie van de KRW is het gewenst te meten op een diepte waar effecten van veranderingen (als gevolg van maatregelen of autonome ontwikkelingen) snel zichtbaar zijn, i.e. vlak bij de bron. Naast meten op wat grotere diepte om de toestand van de grondwaterlichamen te monitoren wordt daarom aanbevolen om ook in het bovenste grondwater te meten om effecten van maatregelen zo snel mogelijk te kunnen aantonen.
- Wanneer voor de grondwaterlichamen aan de doelen voor grond- en oppervlakte-water op GLG-niveau wordt getoetst blijken de in deze studie gebruikte doelen voor het oppervlaktewater tot de grootste opgave te leiden.

Kennisvragen

Om voor de KRW maatregelen te kunnen selecteren en het lokale/regionale effect te kunnen bepalen moet de relatie tussen bronnen, belasting en waterkwaliteit bekend zijn. Processen en eigenschappen ten aanzien van stoffen naar grond- en oppervlaktewater zijn niet altijd evengoed bekend. Concrete kennisvragen die in deze studie zijn geïdentificeerd zijn:

- Samenhang tussen verschillende normen voor grond en oppervlaktewater.
- Achtergrondconcentraties en veranderingen hierin door autonome ontwikkelingen.
- Hoe drempelwaarden af te leiden op basis van achtergrondconcentraties
- De bijdrage van de verschillende bronnen in het landelijke gebied.
- Effecten en bijdrage van maatregelen voor deze bronnen.
- De voorraad fosfaat en zware metalen in de bodem.
- Relatie tussen bronnen, belasting en concentraties in grond- en oppervlaktewater.
- Monitoren door gecombineerd meten en modelleren.

Wanneer deze kennis beschikbaar komt kan deze worden gebruikt als voeding voor instrumenten om de effecten van maatregelen en autonome ontwikkelingen op grond- en oppervlaktewater in samenhang te verkennen en keuzes te onderbouwen (regionale schaal). Aanbevolen wordt methoden te ontwikkelen en operationaliseren om metingen en modellen gekoppeld te gebruiken ten behoeve van monitoren en voorspellen.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De Europese Kaderrichtlijn Water (European Commission, 2000) heeft onder meer als doel aquatische ecosystemen en wat de waterbehoeften ervan betreft, terrestrische ecosystemen en waterrijke gebieden, die rechtstreeks afhankelijk zijn van aquatische ecosystemen, voor verdere achteruitgang te behoeden, te beschermen en te verbeteren. Dat gebeurt onder andere door lozingen terug te dringen of te beëindigen, het ecologisch functioneren van waterlichamen te verbeteren en door duurzaam watergebruik te bevorderen. De Kaderrichtlijn Water (KRW) richt zich op het zoete en zoute oppervlaktewater en op het grondwater. Voor het grondwater is een concept dochterrichtlijn (European Commission, 2003) in procedure. Deze dochterrichtlijn is een uitwerking van de KRW.

1.2 Probleemstelling

Naast oppervlaktewater heeft de KRW ook betrekking op het grondwater. Het Europese beleid ten aanzien van het grondwater werkt door op beleidsterreinen van verschillende ministeries. LNV, VROM en V&W hebben onderzoeksvragen over stoffen uit diffuse bronnen:

- Waar en voor welke stoffen hebben we problemen om aan de normen of drempelwaarden te voldoen?
- Heeft de grootte van de waterlichamen gevolgen voor de mate van overschrijding van de normen of drempelwaarden?
- Waar bestaan intensieve interacties tussen grond- en oppervlaktewater en hoe verhouden de doelstellingen voor grond- en oppervlaktewater zich?

Gevraagd is een verkennende studie uit te voeren om deze vragen voor diffuse bronnen in het landelijk gebied te beantwoorden. Dit geeft handvatten voor interacties tussen beleidsterreinen die nodig zijn om de doelen van de KRW en van ander beleid te realiseren. In de nabije toekomst moet daartoe een integrale afweging van effecten op verschillende beleidsterreinen mogelijk zijn.

1.3 Projectdoelstelling

Hoofddoelstelling is het verkennen van de consequenties van de KRW als het gaat om het onderdeel grondwaterkwaliteit in relatie tot diffuse bronnen in het landelijk gebied. Deze vraag is door de opdrachtgevers verder gespecificeerd naar 5 deelvragen:

- Zijn er probleemstoffen voor het grondwater via diffuse belasting?
- Zijn probleemgebieden en bronnen te identificeren?

- Wat is het effect van de grootte van waterlichamen?
- Hoe zijn (normen in) grond- en oppervlaktewater gerelateerd?
- Zijn er kennishiaten?

1.4 Projectopzet

Het project is onderverdeeld in twee fasen. In fase 1 zijn bestaande en verwachte problemen beschreven. Op basis van de resultaten van deze verkennende eerste fase is in fase 2 is door middel van scenarioanalyses de problematiek van enkele stoffen, afkomstig uit diffuse bronnen, inzichtelijk gemaakt.

1.5 Projectafbakening

In overleg met de opdrachtgever zijn een aantal keuzes gemaakt voor uitgangspunten, randvoorwaarden en beperkingen:

Deze studie beperkt zich tot het meenemen van bestaand beleid voor vastleggen van de referentiesituatie in 2015. Mogelijke invullingen van beleidsdoelen (WB21, GGOR, NW4, EHS, VIJNO, Reconstructie) en mogelijke autonome ontwikkelingen (klimaatverandering, zeespiegelrijzing, bodemdaling, wijziging bedrijfsvoering landbouw) worden niet in de referentietoestand verwerkt. Puntbronnen zijn in deze studie niet beschouwd omdat deze via het bodemsaneringsbeleid al worden aangepakt. Stedelijk gebied wordt beleidsmatig ook gezien als een 'puntbron' en vormt daardoor eveneens geen onderdeel van deze studie.

De studie beperkt zich tot waterkwaliteit. De KRW is de basis voor deze studie. Grondwaterdoelstellingen zijn in deze studie leidend, maar de samenhang met (de doelstellingen voor) het oppervlaktewater is meegenomen. Waterkwantiteit en de relatie met terrestrische ecologie maken geen onderdeel uit van deze studie. In deze studie wordt uitgegaan van het huidige waterbeheer en het bestaande klimaat. De studie is landsdekkend en is een verkenning op nationale schaal.

1.6 Leeswijzer

De opzet van het rapport volgt de opzet van het project. In hoofdstuk 2 wordt een kwalitatieve beschrijving gegeven van de problematiek. Met de aldus verkregen inzichten zijn keuzes gemaakt om een zogenoemde scenarioanalyse uit te kunnen voeren. De resulterende werkwijze en resultaten van deze scenarioanalyse zijn beschreven in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 wordt de werkwijze en resultaten van deze studie bediscussieerd. Afsluitend worden in hoofdstuk 5 de conclusies van deze studie verwoord.

2 Verkenning vooraf

Voordat gevolgen van de KRW met betrekking tot het grondwater zijn verkend is de vraagstelling voor de studie gespecificeerd met behulp van zes vragen:.

- Wat vraagt de KRW ten aanzien van grondwater?
- Welke waterlichamen worden onderscheiden?
- Welke zijn de mogelijke probleemstoffen uit diffuse bronnen en wat zijn deze bronnen?
- Welke drempelwaarden in relatie tot achtergrondbelasting formuleren?
- Zijn de effecten van maatregelen op de grondwaterkwaliteit te monitoren?
- Wat is de relatie tussen grond- en oppervlaktewater?

2.1 Grondwater in de KRW

Europese Kaderrichtlijn Water

De KRW stelt dat grondwaterlichamen in 2015 in een goede chemische en kwantitatieve toestand moeten verkeren. De goede kwalitatieve toestand houdt in dat er geen verslechtering optreedt van terrestrische en aquatische ecosystemen die direct afhankelijk zijn van het grondwater. De toevoer van verontreiniging moet worden beperkt of verhinderd. De achteruitgang van de toestand van alle grondwaterlichamen moet worden voorkomen. Bovendien dienen significante en aanhoudende stijgende trends van de concentraties van een verontreinigende stof in het grondwater te worden omgebogen. De goede kwantitatieve toestand houdt in dat onttrekking en aanvulling van grondwater in evenwicht zijn.

De KRW maakt onderscheidt in ‘grondwater’ en ‘grondwaterlichaam’. De KRW definieert het grondwater als al het water dat zich onder het bodemoppervlak in de verzadigde zone bevindt en dat in direct contact met de bodem of ondergrond staat. Onder de term ‘grondwaterlichaam’ wordt verstaan: een afzonderlijke grondwatermassa in één of meer watervoerende lagen. In de KRW is ‘watervoerende laag’ gedefinieerd als één of meer ondergrondse rotslagen of andere geologische lagen die voldoende poreus en doorlatend zijn voor een belangrijke grondwaterstroming of de onttrekking van aanzienlijke hoeveelheden grondwater.

Dochterrichtlijn Grondwater

Naast de KRW is er voor het grondwater een concept- dochterrichtlijn in procedure. Het voorstel bevat communautaire normen voor nitraat en enkele pesticiden, voortkomend uit de Nitraatrichtlijn en de Gewasbeschermingsrichtlijn. Voor andere risicostoffen dienen de lidstaten te overwegen om een drempelwaarde af te leiden. Deze drempelwaarden kunnen worden vastgesteld op nationaal niveau, op het niveau van het stroomgebieddistrict of op het niveau van het grondwaterlichaam of een groep grondwaterlichamen. Op basis daarvan wordt de chemische toestand vastgesteld en moeten zonodig maatregelen worden getroffen. Deze concept-

dochterrichtlijn grondwater is nog niet definitief, daarom is deze studie beperkt tot wat in de KRW zelf staat ten aanzien van grondwater.

2.2 Begrenzing grondwaterlichamen

De begrenzing van grondwaterlichamen (GroundWater Bodies: GWB) kan vanuit verschillende optieken worden benaderd:

- grondwatersystemen (stroombanen)
- het vlak van de maximaal aanvaardbare verblijftijd
- afhankelijk van het al dan niet direct beïnvloeden van aquatische en terrestrische systemen
- ingepast in en samenvallend met (delen van) stroomgebieden
- op basis van homogene gebiedseenheden (bijvoorbeeld eenheid van bodem, grondwatertrap, bodemgebruik, (deel)stroomgebied)

De landelijke “Werkgroep grondwater” heeft via haar redeneerlijn in Nederland 20 grondwaterlichamen onderscheiden (Meinardi et al., 2005). In het Landelijk Bestuurlijk Overleg Water (LBOW) is in december 2003 besloten “van grof naar fijn” te werken. De voorgestelde indeling in 20 grondwaterlichamen is daarbij vastgesteld als de voorlopig aan Brussel te rapporteren grove indeling in grondwaterlichamen. Uitgezocht wordt of het zinvol dan wel nodig is intrekgebieden van waterwinningen als grondwaterlichamen aan te wijzen. Door van grof naar fijn te gaan wordt ruimte gecreëerd om de keuzes te onderbouwen en verantwoorden (LBOW, december 2003).

In het LBOW van 17 mei 2004 is echter besloten tot het aanwijzen van kleinere grondwaterlichamen rond onttrekkingen. Tevens is besloten om bij de begrenzing van die kleinere grondwaterlichamen volledig aan te laten sluiten bij de bestaande praktijk. Dit betekent veelal 25 jaarszones, maar soms ook 100 jaar. Er is tijdens dit overleg afgesproken dat bij de voorbereiding van de stroomgebiedbeheersplannen in 2009 nader wordt bezien hoe tot een eenduidige benadering kan worden gekomen.

Voor deze studie is uitgegaan van de door het LBOW vastgestelde indelingen in 20 grondwaterlichamen en een indeling in ongeveer 200 grondwaterlichamen. Deze 200 grondwaterlichamen zijn de 20 grondwaterlichamen plus de beschermingszones voor drinkwaterwinningen. De analyse is gericht op een nationale verkenning, er zal in deze studie dan ook niet op specifieke intrekgebieden worden ingezoomd.

2.3 Probleemstoffen en bronnen

De tekst van de KRW en het voorstel voor de grondwaterrichtlijn noemen voor de kwaliteit van het grondwater de volgende parameters: zuurstofgehalte, pH, geleidbaarheid, nitraat, ammonium, arseen, cadmium, chloride, lood, kwik, sulfaat, trichlooretheen, tetrachlooretheen en verontreinigende stoffen (vooral

gewasbeschermingsmiddelen). De afzonderlijke lidstaten mogen naar eigen goeddunken stoffen aan deze lijst toevoegen. Wanneer daartoe wordt besloten moet de betreffende stof geïdentificeerd zijn als een probleemstof en dient het vaststellen van een drempelwaarde te worden overwogen. Deze drempelwaarde kan voor de grondwaterlichamen worden gedifferentieerd om rekening te houden met natuurlijke verschillen in samenstelling van het grondwater.

Deze studie is gericht op de diffuse emissie van nutriënten, zware metalen en gewasbeschermingsmiddelen uit de landbouw. Uit de lijst parameters zijn nitraat, ammonium, cadmium, lood, en gewasbeschermingsmiddelen relevant. Niet in deze lijsten genoemd maar in deze studie wel beschouwd zijn de stoffen fosfaat, koper en zink.

Zouten, waaronder de macronutriënten, zijn mobiel en zijn daardoor al langer onderwerp van milieubeleid:

- Dat **stikstof** de kwaliteit van het grondwater in Nederland bedreigt is bekend. De emissie vanuit de landbouw is een belangrijke bron. De bijdrage van atmosferische depositie is kleiner. Op de zandgronden spoelt de stikstof voornamelijk als nitraat uit. In veen- en kleigronden spoelt stikstof in niet onbelangrijke hoeveelheden uit als ammonium (zuurstofloze condities) en organische N. De uitspoeling van stikstof wordt in de diverse bestaande meetnetten gemeten.
- **Fosfaat** spoelt in minerale vorm nog vrijwel niet uit naar het grondwater omdat dit in de bodem wordt vastgelegd. Wel kan organisch-P met opgelost organische stof uitspoelen. Ook kan mineraal-P uitspoelen wanneer de vastlegcapaciteit van de bodem wordt overschreden. In West-Nederland komen hoge natuurlijke achtergrondconcentraties P voor in kwelwater afkomstig uit P-houdende pakketten.
- **Kalium** is de derde macronutriënt. In heel Nederland vertonen de concentraties kalium een stijgende trend. Tegelijkertijd is deze stof de grote onbekende. In beleid is deze stof vooralsnog geen onderwerp en er zijn daarom ook geen/weinig landsdekkende of regionale studies naar deze stof uitgevoerd.
- **Chloride** en **sulfaat** zijn ook genoemd in de dochterrichtlijn. Veel grondwater in Noord- en West-Nederland bevatten veel chloride en sulfaat door de invloed van de zee. Ook **fosfaat** kan van nature in dit grondwater voorkomen. Sulfaat in het grondwater in zandgebieden kan zowel door meststoffen als oxidatie van pyriet (ijzersulfide) of organische stof met nitraat zijn veroorzaakt. De drinkwaternorm voor sulfaat wordt echter bij lange na nergens ook maar benaderd als gevolg van dit proces.

Zware metalen worden over het algemeen meer aangetroffen in de eerste meters van het grondwater en (nog) niet in het drinkwater. Er bestaat een koppeling tussen landgebruik (onder andere landbouw) en de aanvoer van metalen en nutriënten. Door atmosferische depositie nemen ook de bodemvoorraden en concentraties in natuurgebieden toe. Daar waar landbouw is vindt extra aanvoer van metalen via mest (dierlijk en kunstmest) plaats. De relatie tussen landbouw en het voorkomen van zware metalen in het grondwater is nog niet goed bekend. Op dit moment is er een

sterker verband tussen bodemvoorraad/bodemtype (zand, klei en veen) en de concentratie zware metalen dan met landbouwkundig gebruik. Dat komt omdat zware metalen (en persistente organische verontreinigingen) veelal sterk aan de bodem adsorberen zodat transport naar het grondwater zeer gering is, sommige zware metalen zijn echter mobiel (Zn en Cu) en vormen een mogelijke bedreiging voor de kwaliteit van het grondwater. De aanvoer vanuit de bodem is belangrijk voor metalen als Cd, Cu en Zn. Recent is een verband tussen de concentraties zware metalen in het oppervlaktewater en landgebruik aangetoond (Bonten et al., 2004). De landbouw blijkt in het landelijke gebied de belangrijkste bron voor de zware metalen koper, lood, zink en cadmium.

- Voor **cadmium** en **zink** moet waarschijnlijk, net als voor fosfaat nu al, worden gemeld dat de drempelwaarden (wanneer deze wordt vastgesteld) niet binnen de termijn gerealiseerd kunnen worden die de Richtlijn verlangt. Voor cadmium en zink is onzeker of de bodem nog verder oplaadt. Weliswaar laten bedrijfsbalansen voor bijna alle metalen accumulatie zien, de laatste gegevens over de uitspoeling geven aan dat er voor cadmium en zink bijna evenwicht bestaat tussen aanvoer en afvoer (dit is inclusief uitspoeling). Regionaal kunnen de verhoudingen tussen aanvoer en afvoer echter sterk verschillen (De Vries et al., 2004). Zink is relatief mobiel en eerste schattingen hebben al laten zien dat de bijdrage van uitspoeling uit de bodem aan de belasting van oppervlaktewater hoog is (Bonten et al. 2004).
- **Koper** en **lood** zullen de komende jaren zeker niet afnemen gezien de belasting van de bodem vanuit de landbouw. In het algemeen geldt dat door het overschot (aanvoer - afvoer > 0 in de meeste systemen) de gehalten in de bodem verder zullen stijgen (al zal dat tempo niet meetbaar zijn binnen 2 tot 5 jaar maar eerder op een termijn van 20 tot 40 jaar) en daarmee ook de belasting van grond- en oppervlaktewater.
- **Kwik** speelt geen grote rol meer omdat (vrijwel) geen kwikhoudende gewasbeschermingsmiddelen meer worden gebruikt. Er bestaat nog weinig informatie over kwik in meetnetten op nationale schaal. Meten van kwik is lastig, in combinatie met organische verbindingen is kwik mobiel.
- Ofschoon **arseen** geen metaal is, geldt ook dat deze stof niet als immobiel geclassificeerd kan worden. Deze stof gedraagt zich analoog aan P. Verhoogde P-gehalten in het grondwater gaan vrijwel altijd gepaard met verhoogde arseengehalten. Arseen in het grond- en oppervlaktewater is echter grotendeels afkomstig van arseen dat van nature voorkomt in de bodem.
- Datzelfde geldt voor **nikkel**: ook nikkel is van nature in grote hoeveelheden in de bodem aanwezig.

Gewasbeschermingsmiddelen vormen bij regulier gebruik op langere termijn geen bedreiging voor de kwaliteit van het grondwater door het huidige in Nederland gevoerde gewasbeschermingsmiddelenbeleid. Voor gewasbeschermingsmiddelen in het grondwater lijkt de KRW beleidsmatig weinig consequenties te hebben; de norm (0,1 µg/L) voor 'a body or group of bodies of groundwater' (artikel 3a en Annex I) is dezelfde als wordt gehanteerd in het Nederlandse toelatingsbeleid. Het toelatingsbeleid is samen met aanvullende maatregelen ten aanzien van toediening voldoende om uitspoeling naar het grondwater van nog toegelaten stoffen te

voorkomen. Stoffen die momenteel incidenteel in het grondwater worden gemeten zijn het gevolg van gebruik in het verleden of worden veroorzaakt door illegaal gebruik.

De macronutriënten stikstof, fosfaat en kalium en zware metalen (koper, zink, cadmium en lood) zijn de voornaamste aan diffuse bronnen gerelateerde probleemstoffen voor de kwaliteit van het grondwater. Landgebruik, waterhuishouding en bodem bepalen de waterkwaliteit in grondwater (en oppervlaktewater). Landbouw is zowel voor de macronutriënten als zware metalen een grote bron. Gewasbeschermingsmiddelen worden als gevolg van het in Nederland gevoerde gewasbeschermingsmiddelenbeleid niet gezien als een risicogroep voor uitspoeling naar het grondwater. Andere stoffen zijn gerelateerd aan puntbronnen en worden via het bestaande milieubeleid aangepakt.

2.4 Drempelwaarden en achtergrondbelasting

In de KRW is primair de ecologie maatgevend, deze bepaalt de doelstellingen. In 1999 zijn door VROM de geldende streef- en interventiewaarden voor grond- en oppervlaktewater gepubliceerd. Voor metalen in het grondwater is in verband met verschillen in achtergrondconcentraties onderscheid gemaakt tussen diep en ondiep grondwater (grens 10 m-mv). Interventiewaarden zijn gebaseerd op toxicologische effecten en zijn qua idee vergelijkbaar met de Maximaal Toelaatbare Risiconiveau's (MTR) voor het oppervlaktewater. Streefwaarden beschrijven een duurzame bodemkwaliteit uitgaande van verwaarloosbare risico's van het ecosysteem. De meest strikte criteria (uit de serie: ecologie, gewas, humaan) worden vrijwel altijd gevormd door de ecologische drempelwaarden.

De KRW vraagt een risicoanalyse op basis van drie criteria. Ten eerste mogen chemische grenswaarden niet worden overschreden (in grondwater voor nitraat en gewasbeschermingsmiddelen). Het tweede criterium betreft het risico dat de grondwaterkwaliteit een verslechtering oplevert voor aquatische ecosystemen die afhankelijk zijn van de toestroming van grondwater. Op de derde plaats de relatie met waterafhankelijke terrestrische ecosystemen. In de 2^{de} fase van deze studie zijn scenario's uitgewerkt. Voor deze scenario's zijn twee ambitieniveaus onderscheiden, de eerste bevat door de EU vastgestelde normen en de door Nederland vastgestelde streefwaarden, de tweede gaat uit van eisen van aquatische ecosystemen.

Wanneer er drempelwaarden gesteld worden, moet ook worden onderzocht of de natuurlijke waarden al aanleiding geven tot overschrijding (en dus je grenzen niet reëel zijn). Voorbeeld: voor chloride en sulfaat zijn MTR-waarden vastgesteld (resp. 200 Cl en 100 SO₄ mg/l). Deze MTR-waarden hebben hun nut voor de bescherming van het grondwater in Hoog-Nederland. Tegelijkertijd hebben deze MTR-waarden geen betekenis in het westelijk deel van Nederland waar het grondwater (sterk) brak of zout is en waar de natuurlijke achtergrondconcentraties chloride en sulfaat de MTR-waarden ver overstijgen. Om te voorkomen dat de toestand van de GWB als onvoldoende wordt beoordeeld zal in deze situatie gekozen moeten worden voor een grondwaterlichaamspecifieke (i.e. een gedifferentieerde) normstelling. De KRW biedt deze mogelijkheid.

Voor stoffen met (grote) verschillen in achtergrondconcentraties kunnen grondwaterlichaamspecifieke drempelwaarden worden vastgesteld. Om de drempelwaarden vast te stellen moeten de achtergrondconcentraties bekend zijn.

2.5 Monitoren

De KRW en de voorgesteld dochterrichtlijn grondwater eisen dat in 2015 via monitoren geen verdere achteruitgang of zelfs een verbetering van de kwaliteit worden aangetoond. Monitoren kan gericht zijn op:

1. Het bepalen en volgen (trend) van de toestand (i.e. de “gemiddelde” kwaliteit) van het grondwaterlichaam
2. Het leggen van oorzaak/gevolg relaties tussen de gemeten waterkwaliteit en bronnen.
3. Waarschuwingssystemen

De opzet en inrichting van een meetnet is verschillend voor deze drie doelstellingen.

Water en mobiele stoffen verplaatsen zich (vuistregel) in zandgronden in onverzadigd systeem met 1 meter per jaar. Dus wanneer je vlak onder de grondwaterstand meet duurt het in Nederland over het algemeen 1 à 2 jaar voordat effecten van maatregelen in het bovenste grondwater gemeten kunnen worden. Stoffen die worden geadsorbeerd doen hier langer over. In het verzadigde systeem wordt het water ook horizontaal verplaatst en wordt de transportweg langer en langer. Wanneer op een diepte van 25 meter wordt gemeten kan het wel 100 jaar duren voor effecten worden gemeten. De correlatie tussen gemeten concentraties in het grondwater en maatregelen kent een omgekeerd evenredig verband met de verblijftijd van het betreffende water. Als waarschuwingssysteem of voor het volgen van maatregelen is meten op grotere diepten over het algemeen dus niet echt zinvol. Des te meer omdat de stoffen onderweg kunnen worden omgezet of vastgelegd en omdat het water meer en meer wordt gemengd waardoor de invloed van maatregelen minder zichtbaar wordt. Bovendien is op grotere diepte moeilijker een relatie te leggen met een intrekgebied. Voor de voorgestelde indeling van Nederland in grondwaterlichamen kan het zo zijn dat de in een waterlichaam gemeten concentraties bepaald worden door bronnen die in een ander grondwaterlichaam zijn gelegen. Voor het bepalen van de toestand van een grondwaterlichaam is meten op grotere diepte juist interessant vanwege de opgetreden demping. De metingen beschrijven intrinsiek een langjarige gemiddelde trend.

De meetnetten voor de verschillende stoffen/stofgroepen zijn bovendien anders door de andere stoffeigenschappen en bijbehorende andere lotgevallen in het milieu:

Nutriënten worden momenteel in verschillende nationale, regionale en lokale meetnetten met diverse doelstellingen gemeten. Vooral onder uitspoelinggevoelige gronden (droge zandgronden) met een grote plaatsingsdruk voor mest (in het verleden overschotten) worden hoge nitraatconcentraties gemeten.

Om de relatie met bronnen zichtbaar te maken en om effecten van maatregelen binnen de tijdstermijnen van de KRW te verkennen of monitoren kan niet anders dan naar het bovenste

grondwater worden gekeken. Daarbij zijn 2 mogelijkheden: aansluiten bij bestaande meetnetten i.e. signaleren op een diepte van 10 meter onder het maaiveld, of zo vroeg mogelijk signaleren, d.w.z. in het bovenste grondwater. Als praktische maat voor de laatste mogelijkheid wordt 1 meter onder de GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand) gebruikt omdat op deze diepte vrijwel zeker altijd water kan worden bemonsterd. De diepte waarop wordt bemonsterd verschilt in dit geval van plek tot plek. In deze studie zullen beide benaderingen (GLG en 10 meter) worden gevolgd om inzicht te krijgen in de bruikbaarheid voor de verschillende stoffen.

2.6 Relatie grondwater en oppervlaktewater

Grond- en oppervlaktewater maken deel uit van de waterkringloop en hebben daardoor interacties. Neerslag die valt wordt of snel oppervlakkig afgevoerd of infiltreert in de bodem. Van dit laatste deel verdwijnt een aanzienlijk deel door evapotranspiratie, het overige deel percoleert naar het verzadigde grondwater. Het grondwater wordt getransporteerd naar oppervlaktewateren. Dit gebeurt snel over korte afstanden in intensieve ontwatersystemen, of heel langzaam over grote afstanden via het grondwatersysteem. Het kan tientallen tot duizenden jaren duren voordat water dat in een typisch infiltratiegebied bij het grondwater is aangekomen in een kwelgebied uittreedt, waarbij ook de chemische samenstelling wijzigt. Hoewel grond- en oppervlaktewater over korte of heel lange afstand interacties hebben verschillen de eigenschappen van de beide systemen. Het is daarbij nodig om onderscheid te maken tussen waterkwantiteit en waterkwaliteit:

a. Waterkwantiteit grondwater De stroming van grondwater vindt plaats via een potentiaalverandering (de drukbenadering). Een voorbeeld is het verlagingsspatroon rond een grondwaterwinning. Veranderingen in de stijghoogten worden zichtbaar op een tijdschaal van dagen tot jaren.

b. Waterkwaliteit grondwater De chemische samenstelling van het grondwater wordt bepaald door de kwaliteit van het 'voedende' water en de verblijftijden en chemische samenstelling van de doorstroomde pakketten. De resulterende waterkwaliteit wordt bepaald door de lotgevallen van waterdruppels (de druppelbenadering). Een voorbeeld is het intrekgebied van grondwaterwinningen. De tijdschaal bedraagt tientallen tot honderden (en voor grote, diepe systemen ook duizenden) jaren.

c. Waterkwantiteit oppervlaktewater De afvoer van het ene gebied is de aanvoer voor het benedenstrooms gebied waarbij de looptijden in de orde van uren tot dagen zijn. Een verandering van een oppervlaktewaterstand in een bepaald gebied kan zowel naar boven- als benedenstrooms doorwerken. In hellende gebieden is de doorwerking in bovenstroomse richting echter zwak.

d. Waterkwaliteit oppervlaktewater Doordat het oppervlaktewatersysteem een veel sneller systeem is dan het grondwater (de verblijftijden zijn in de orde van dagen tot weken) is ook ruimtelijke en temporele samenhang via de druppelbenadering veel duidelijker. Bij de druppelbenadering hoef je altijd maar één kant op te kijken: waar stroomt de belastende stof naar toe of waar komt de belastende stof vandaan (in benedenstroomse respectievelijk bovenstroomse richting).

De afvoer van het oppervlaktewatersysteem wordt voor een belangrijk deel bepaald door de toestroming uit het grondwatersysteem. Omgekeerd is de oppervlakte-

waterstand van invloed op de drainagemogelijkheden en daarmee op het verloop van de grondwaterstand. De samenhang tussen de beide deelsystemen wordt bepaald door de gebiedseigenschappen en vooral de aanwezigheid van ontwateringmiddelen. In natte gebieden met moeilijk doorlatende lagen of kweldruk zijn veel ontwateringmiddelen aanwezig en wordt het neerslagoverschot vaak volledig via het oppervlaktewatersysteem afgevoerd. In droge gebieden zijn weinig ontwateringmiddelen aanwezig en wordt weinig water via het oppervlaktewatersysteem afgevoerd. Hier beginnen (sub)regionale grondwatersystemen. Kilometers verderop kan dit water in waterlopen in kwelzones uittreden, in dergelijke zones wordt meer dan het neerslagoverschot door de waterlopen afgevoerd. Grond- en oppervlaktewatersysteem hebben juist in Nederland een sterke interactie.

In gebieden waar de dichtheid aan ontwateringmiddelen groot is de correlatie tussen de oppervlaktewaterkwaliteit en het bovenste grondwater groot. Wanneer hier ook kwel optreedt, zal ook de grondwaterkwaliteit uit de diepe grondwatersystemen de oppervlaktewaterkwaliteit mee bepalen. De grondwaterkwaliteit van de kwel wordt bepaald door de herkomst en kan variëren van drinkwaterkwaliteit tot zoutwater. De interactie tussen intrekgebieden en kwelzones kent een tijdschaal die ordes groter is dan de tijdschaal voor de realisatie van de KRW.

2.7 Verkenning versus scenarioanalyses

Het doel van deze verkenning was de vraagstelling van dit onderzoek verder te specificeren. In overleg met de opdrachtgever zijn de resultaten van deze eerste fase vertaald naar de scenarioanalyses die in de 2^{de} fase van dit project zijn uitgevoerd. Dit heeft er toe geleid dat de doelen voor de scenarioanalyses als volgt zijn gedefinieerd:

- De probleemstoffen voor het grondwater via diffuse belasting identificeren.
- Demonstreren van het effect van de grootte van waterlichamen.
- Benoemen van probleemgebieden en bronnen.
- De relatie tussen (doelen in) grond- en oppervlaktewater inzichtelijk maken.
- Kennishiaten identificeren.

Naast het specificeren van de doelen voor de scenarioanalyses heeft de verkenning ook tot een keuze in stoffen en schaalniveaus geleid. Op basis van de analyse van probleemstoffen in deze verkenning is er voor gekozen om de scenarioanalyses voor de nutriënten stikstof en fosfaat en de zware metalen koper, lood, zink en cadmium uit te voeren. Voor de keuze in schaalniveaus die zijn uitgewerkt in de scenarioanalyses is de begrenzing van waterlichamen zoals in paragraaf 2.2 staat beschreven gehanteerd.

3 Scenarioanalyse

3.1 Doelstelling en uitgangspunten

Voor enkele geselecteerde stoffen wordt met behulp van bestaande nationale modelstudies geschat of bij voortzetten van het huidige beleid in 2015 aan doelstellingen voor het grondwater wordt voldaan. Daartoe is geprobeerd via scenarioanalyses op verschillende grondwaterdieptes de gevolgen van de grootte van de grondwaterlichamen en de verschillende ambitieniveaus te kwantificeren.

3.2 Doelstelling

In de eerste fase van deze studie is er een kwalitatieve verkennende analyse uitgevoerd naar de probleemstoffen en bronnen (Hoofdstuk 2). In overleg met de opdrachtgever zijn de resultaten van deze eerste fase vertaald naar de scenarioanalyses die in de 2^{de} fase van dit project zijn uitgevoerd. De doelen van de scenarioanalyses zijn:

- De probleemstoffen voor het grondwater via diffuse belasting identificeren.
- Demonstreren van het effect van de grootte van waterlichamen.
- Benoemen van probleemgebieden en bronnen.
- De relatie tussen (normen in) grond- en oppervlaktewater inzichtelijk maken.
- Kennishiaten identificeren.

3.2.1 Uitgangspunten

Het referentiescenario voor het jaar 2015 is door de opdrachtgevers gedefinieerd. Uitgangspunt is de huidige situatie in water (kwaliteit, inrichting, beheer) en landgebruik met realisatie van de huidige beleidsinzet, i.e. het beleid dat momenteel in concrete maatregelen vastligt. Beleidsdoelen die nog niet in concrete vastgestelde maatregelen zijn vertaald, zijn niet in deze studie meegenomen. De studie is landsdekkend en is een verkenning op nationale schaal. Om de opgave van de KRW wat betreft grondwater voor de diffuse bronnen in het landelijk gebied in beeld te brengen is in overleg met de opdrachtgevers, na de verkennende analyse, besloten dat de scenarioanalyse wordt uitgevoerd voor nutriënten en zware metalen.

Nutriënten

Omdat het Europese Hof in 2003 de implementatie van de nitraatrichtlijn in Nederland heeft veroordeeld wordt een nieuw mestbeleid op basis van gebruiksnormen geheel conform de nitraatrichtlijn vormgegeven. In 2004 heeft een Evaluatie van het Mestbeleid plaatsgevonden (RIVM 2004, Schoumans et al., 2004) waarin de gevolgen van dit nieuwe mestbeleid op basis van gebruiksnormen zijn verkend. Deze nieuwe rekenvariant is daarmee anders dan de variant die in Aquarein

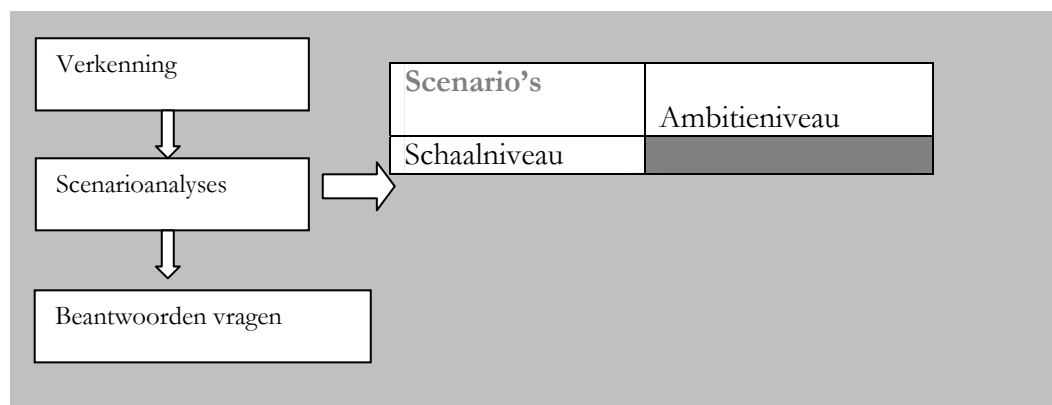
(Bolt et al., 2003) is gebruikt. De opgave voor nutriënten is voor nitraat (NO₃), ammonium (NH₄), organisch stikstof (Norg), totaal stikstof (Ntot), mineraal fosfor (Pmin), organisch fosfor (Porg) en totaal fosfor (Ptot) verkent op basis van deze meest recente resultaten van STONE (Bijlage 1).

Zware metalen

De opgave voor de zware metalen cadmium (Cd), koper (Cu), lood (Pb) en zink (Zn) is geschat met behulp van de resultaten van Bonten et al., (2004). Bonten et al., (2004) hebben de jaarlijkse emissie van zware metalen naar en uit de bodem berekend. Op basis van de berekende uitspoeling vindt er een netto uitloging plaats van zink, is er een evenwichtssituatie voor cadmium en vindt er oplading van de bodem plaats voor lood en koper. De voorraad zware metalen in de bodem is veel groter dan de jaarlijkse aanvoer van zware metalen. De uitspoeling uit de bodem wordt bepaald door de in de bodem aanwezige voorraad metalen. Omdat de bijdrage van de bodem zo groot is en omdat deze voorraad binnen een aantal decades niet noemenswaardig zal afnemen kan een schatting van de uitspoeling van zware metalen in 2015 worden gemaakt zonder rekening te houden met gewijzigd mestbeleid. Ook kan daarom voor zware metalen worden gerekend met een gemiddeld hydrologisch jaar (Bijlage 2).

3.3 Werkwijze scenarioanalyses

In deze studie zijn de gevolgen van de KRW met betrekking tot het grondwater verkend. De stappen die hierbij zijn doorlopen staan weergegeven in figuur 1.



Figuur 1. Stapsgewijze werkwijze

Allereerst is in deze studie een kwalitatieve verkenning (Fase 1, Hoofdstuk 2) uitgevoerd naar de probleemstoffen en bronnen om de vraagstelling van het project te specificeren. De resultaten uit deze verkenning zijn vertaald naar doelen en uitgewerkt naar scenario's.

De scenarioanalyses zijn uitgevoerd met behulp van grondwaterlichamenkaarten (2004), STONE-resultaten (2004), en de resultaten van Bonten et al., (2004). Om de consequenties van de KRW voor het grondwater te bepalen kan per grondwaterlichaam eenvoudig een gemiddelde concentratie worden bepaald. Om de relatie

tussen doelstellingen voor het grondwater en het oppervlaktewater in beeld te brengen dient de uitspoeling naar het oppervlaktewater te worden bepaald. Om een gemiddelde concentratie voor uitspoeling naar het oppervlaktewater in het blauwe knooppunt van een betreffend gebied te bepalen moeten de interactie binnen het waterlichaam en de omzettings- en vastleggingsprocessen in het oppervlaktewater worden meegenomen. De verhouding tot de normconcentratie geeft de reductiedoelstelling (tekstkader). De norm kan een bestaande norm of streefwaarde zijn, voor enkele stoffen zijn drempelwaarden opgelegd (3.2.1.2). Door meer stoffen te beschouwen kan de meest kritische stof per gebied worden gezocht (stof met de grootste reductiedoelstelling), en het meest beperkende systeem (opgave voor oppervlaktewater groter dan voor grondwater?). De resultaten kunnen worden gebruikt voor een analyse naar ruimtelijke verschillen in de opgave.

Reductiedoelstelling grondwater

De reductiedoelstelling voor zowel nutriënten als zware metalen in het grondwater (GLG en het diepere grondwater) is gedefinieerd als het verschil tussen de gemiddelde berekende concentratie op een bepaalde diepte en de drempelwaarde:

$$RF_{x, \text{grond}} = C_{x_{\text{grond, ref2015}}} / C_{x_{\text{grond, maximaal toelaatbaar}}}$$

Waarbij de concentraties C_x uitgedrukt zijn in g/l.

Reductiedoelstelling oppervlaktewater

De reductiedoelstelling die in het oppervlaktewater gerealiseerd moeten worden om aan de doelstelling voor het oppervlaktewater te voldoen, worden als volgt berekend:

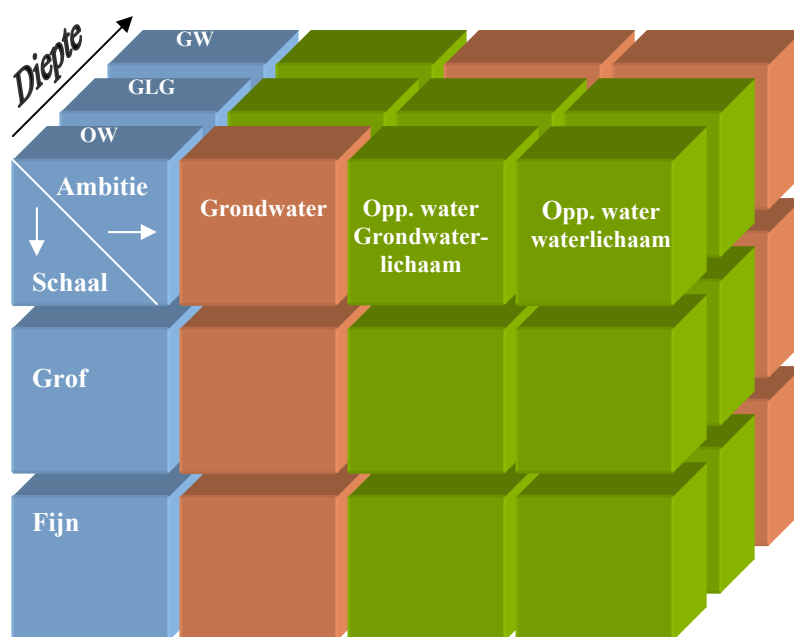
$$RF_{x, \text{opp}} = X_{\text{opp, ref2015}} / X_{\text{opp, maximaal toelaatbaar}}$$

*Waarbij X uitgedrukt is in kg X , zowel voor de belasting in de referentiesituatie 2015 als voor de toelaatbare belasting (drempelwaarde * de totale waterafvoer).*

3.3.1 Scenario's

De scenario's zijn onderscheiden op basis van schaal- en ambitieniveau. Schaalniveaus zijn verschillende indelingen in waterlichamen, ambitieniveaus worden gevormd door de nagestreefde doelen. Deze scenario's zijn voor drie verschillende 'dieptes' (oppervlaktewater, GLG en het grondwater) uitgewerkt (Figuur 2). De 'dieptes' worden in paragraaf 3.2.1.3 beschreven.

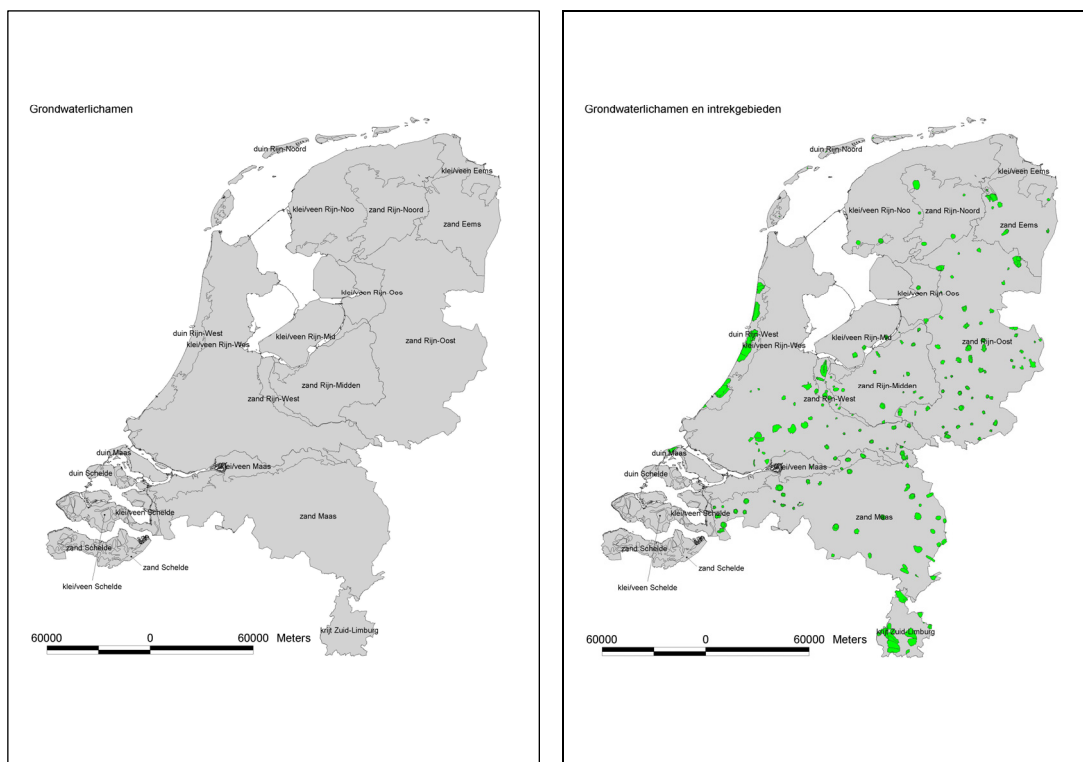
De scenario's zijn gebruikt om de vragen van het project te beantwoorden. In de bespreking van de resultaten staat de beantwoording van deze vragen centraal en niet de scenario's. De opbouw van de gebruikte scenario's wordt in de volgende subparagrafen verder uitgewerkt.



Figuur 2. Uitgeverkte scenario's (in groen weergeven)

3.3.1.1 Schaalniveaus

De scenario's worden onderscheiden op basis van schaal- en ambitieniveau. Er zijn in deze studie, na de verkennende analyse, in overleg met de opdrachtgevers twee schaalniveaus van grondwaterlichamen onderscheiden. De gekozen schaalniveaus bestaan uit een indeling van Nederland in 20 grondwaterlichamen zoals voorgesteld door de werkgroep Grondwater en met de uitbreiding van de provinciaal aangewezen grondwaterlichamen. Dit betekent een indeling in ongeveer 200 grondwaterlichamen (Figuur 3). Bij de begrenzing van deze waterlichamen is geen rekening gehouden met beschermde natuurgebieden of met de begrenzing van oppervlaktewaterlichamen.



Figuur 3. Indeling in 20 grondwaterlichamen (links) en 200 grondwaterlichamen (rechts).

3.3.1.2 Ambitieniveaus

Om de relatie tussen (doelen in) grond- en oppervlaktewater inzichtelijk te maken zijn voor de scenarioanalyses ambitieniveaus gedefinieerd. Ambitieniveaus voor het grondwater kunnen worden samengesteld met behulp van de normen, streefwaarden en drempelwaarden voor de verschillende stoffen. De EU heeft voor een aantal stoffen kwaliteitsnormen voor het grondwater in richtlijnen vastgelegd. De dochterrichtlijn verplicht de lidstaten te overwegen een drempelwaarde vast te stellen voor een aantal stoffen welke in de bijlagen van de dochterrichtlijn worden gespecificeerd. Deze lijst met stoffen kan door de lidstaten worden uitgebreid. De drempelwaarden mogen of nationaal, per cluster van waterlichamen of per waterlichaam worden vastgesteld. Aansluiten bij bestaande normen/regelgeving ligt voor de hand omdat dit complicaties voorkomt. Voor de verschillende stoffen kunnen in de regelgeving verschillende normen of doelstellingen bestaan. Voorbeelden zijn de aquatische ecologische doelstellingen om in het oppervlaktewater een GET/GEP te bereiken, eisen voor het beschermen van de grondwaterafhankelijke terrestrische natuur, normen behorende bij de nitraatrichtlijn, of streefwaarden voor bodemkwaliteit.

In deze studie is een ambitieniveau gedefinieerd dat uitgaat van normen voor het grondwater om de consequenties van de KRW voor de grondwaterlichamen in beeld te brengen. Daarnaast heeft de stuurgroep besloten om in deze studie uit te gaan van

de geformuleerde GEP/GET-doelstellingen voor een goede ecologische toestand uit Aquarein (Bolt et al., 2003) om de relatie tussen doelstellingen van het grondwater en het oppervlaktewater inzichtelijk te maken.

Ambitieniveau ecologische doelstellingen oppervlaktewater

Dit ambitieniveau is gedefinieerd als de doelstellingen voor een goede ecologische toestand of potentieel in het oppervlaktewater. Voor het bepalen van deze ecologische doelstellingen dienen er waterlichamen met bijbehorende watertypen bekend te zijn.

Nutriënten

Omdat deze studie een nationale verkenning betreft en er ten tijde van deze studie geen betere informatie voorhanden was heeft de stuurgroep besloten de indeling in 90 oppervlaktewaterlichamen en watertypen zoals toegepast in Aquarein te gebruiken. De globale omschrijving van de referenties voor de natuurlijke watertypen (ZGET) zijn eind 2004 opgesteld. De voor Aquarein gebruikte waarden voor nutriënten blijken niet of nauwelijks af te wijken van deze door de landelijke werkgroep doelstellingen oppervlaktewater voorgestelde waarden. Hoe een GET of GEP af te leiden op basis van de referenties is nog onderwerp van discussie. Omdat deze werkwijze nog niet uitgekristalliseerd is, zijn in deze studie opnieuw de GET/GEP's gebruikt zoals t.b.v. Aquarein afgeleid (tekstkader).

GET/GEP voor ambitieniveau ecologische doelstellingen oppervlaktewater

Het afleiden van de GET/GEP doelstellingen uit Aquarein is gebaseerd op bestaande typologieën. Voor de meest natuurlijke watertypen in Nederland is gebruik gemaakt van de volgende bestaande typologieën:

- *Bekentypologie Nederland (Verdonschot et al., in prep.)*
- *Slottypologie Nederland (Nijboer et al., 2003)*
- *Cenotypologie Limburg (Verdonschot et al., 2000)*
- *Cenotypologie Veluwe en Vallei & Eem (Koopmans et al., 1999)*
- *Cenotypologie Overijssel (Verdonschot, 1990)*

Om tot een inschatting van mogelijke GET/GEP waarden voor nutriënten te komen is allereerst gekeken of voor een KRW watertype waarden uit metingen aan huidige wateren bekend zijn. Als dit het geval was zijn deze waarden voor betreffende watertypen rechtstreeks overgenomen. Indien voor een watertype deze empirische waarden ontbraken zijn waarden uit de literatuur overgenomen. Was er voor een watertype geen informatie over waarden voor de GET/GEP beschikbaar dan zijn waarden uit vergelijkbare KRW watertypen opgenomen.

Zware metalen

Zware metalen worden voor het bereiken van de ecologische doelstellingen van het oppervlaktewater in tegenstelling tot nutriënten in de KRW niet gedefinieerd als stuurvariabelen. Daarom is in deze studie gekozen om de MTR-normen voor zware metalen te definiëren als Ambitieniveau Ecologische doelstellingen oppervlaktewater. Deze MTR-normen staan voor het Maximaal Toelaatbare Risico's en zijn ecologisch onderbouwd (Tabel 1; 4de Nota waterhuishouding, Staatscourant 16 juni 2000).

Tabel 1 Normen voor zware metalen in oppervlaktewater uit de 4e Nota waterhuishouding (Staatscourant 16 juni 2000 nr. 114)

	Landelijke Streefwaarde opgelost ($\mu\text{g/l}$)	MTR opgelost ($\mu\text{g/l}$)	Landelijke Streefwaarde totaal ($\mu\text{g/l}$)	MTR totaal ($\mu\text{g/l}$)
Cadmium	0,08	0,4	0,4	2
Koper	0,5	1,5	1,1	3,8
Lood	0,3	11	5,3	220
Zink	2,9	9,4	12	40

* MTR= minimumkwaliteit: korte termijn

* Streefwaarde: lange termijn

Ambitieniveau normen grondwater

Dit ambitieniveau gaat uit van bestaande normen voor het grondwater zoals bijvoorbeeld vastgelegd in de nitraatrichtlijn.

Nutriënten

De Europese norm voor nitraat (NO_3) is vastgelegd in de nitraatrichtlijn. Deze norm bedraagt 50 mg/l voor grondwater. Voor ammonium is Europees geen norm vastgelegd. Volgens de Europese Dochterrichtlijn Grondwater (European Commission, 2003) dienen de lidstaten te overwegen om een drempelwaarde voor deze stof af te leiden. Voor deze drempelwaarde kan één landelijke waarde worden gekozen of een waarde gedifferentieerd per cluster van waterlichamen of per waterlichaam. Omdat fosfor een probleem vormt voor het oppervlaktewater is besloten ook fosfaat in beschouwing te nemen. Doordat de gehalten ammonium en fosfaat sterk per gebied verschillen is gekozen om in deze studie een drempelwaarde per waterlichaam voor ammonium en fosfaat te kiezen. Het bepalen van deze gedifferentieerde drempelwaarde is op basis van de achtergrondconcentratie gedaan. In opdracht van de stuurgroep is voor elk van beide stoffen de hoogste in het grondwaterlichaam voorkomende achtergrondconcentratie in dat waterlichaam gebruikt als drempelwaarde. Door deze keuze wordt bereikt dat er voor geen enkel waterlichaam problemen zijn om aan deze drempelwaarde te voldoen.

Zware metalen

Om de effecten van de normen voor zware metalen die in deze studie weer te geven is in deze studie getoetst aan de landelijke streefwaarde voor het ondiepe grondwater (< 10 meter). Deze streefwaarden staan in tabel 2.

Tabel 2 Normen voor zware metalen in grondwater uit de 4e Nota waterhuishouding (Staatscourant 16 juni 2000 nr. 114)

Stof	Landelijke streefwaarde ondiep grondwater <10m ($\mu\text{g/l}$)
Cadmium	0,4
Koper	15
Lood	15
Zink	65

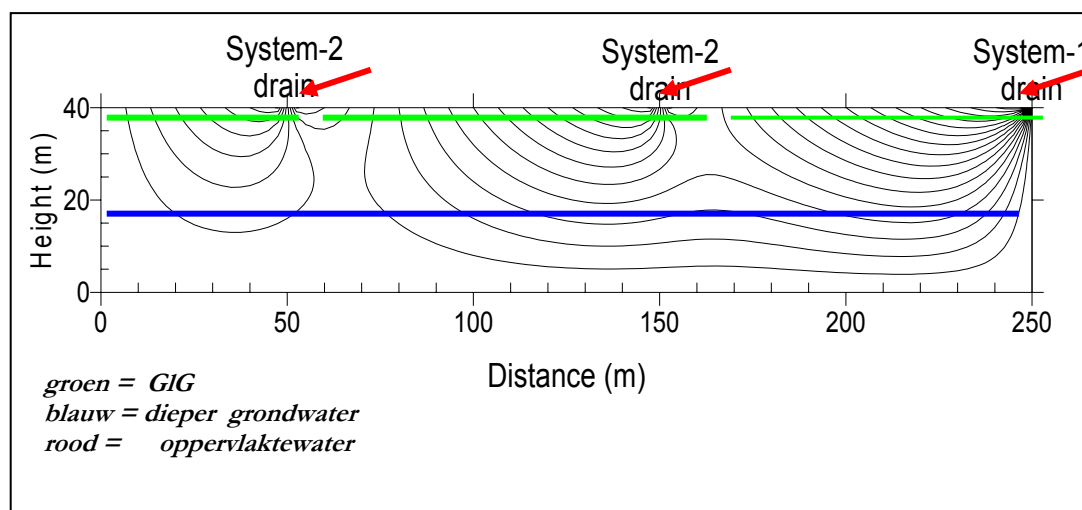
*Streefwaarde: lange termijn (inclusief de landelijke achtergrondconcentratie)

3.3.1.3 Dieptes

De toestand van grondwater wordt in deze scenarioanalyses op 2 dieptes beschouwd (paragraaf 2.5). Het meest ondiepe niveau is gedefinieerd als het GLG-niveau. De GLG is de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand, dit is een maat voor het bovenste grondwater. De diepte van het GLG-niveau varieert t.o.v. het maaiveld afhankelijk van de plaats in het hydrologische systeem. Het tweede niveau is in deze studie gedefinieerd als het grondwater op 10m-maaiveld en vormt een vlak dat het maaiveld volgt. Beide niveaus sluiten aan bij bestaande meetnetten. In gebieden met diepe grondwaterstanden zijn de verschillen tussen de beide niveaus klein.

De concentraties zware metalen op 10m-mv bleken lastig te verkrijgen doordat er in het huidige model is gerekend tot een diepte van 5m -mv en doordat weinig bekend is over de gehalten van zware metalen op die diepte waardoor een grote mate van onzekerheid ontstaat. In deze studie is voor een pragmatische aanpak gekozen, vanwege het ontbreken van gegevens wordt er vanuit gegaan dat de concentraties zware metalen op 10 m-mv niet of nauwelijks zullen afwijken van de concentraties zware metalen op 5m -mv.

Voor het ambitieniveau Aquatisch ecologische doelstellingen oppervlaktewater zijn de concentraties aan stoffen die direct naar het oppervlaktewater uitspoelen en de GLG in beschouwing genomen.



Figuur 4. Stroombanen grondwater

De beide ambitieniveaus hebben betrekking op water op andere locaties binnen het watersysteem. Toch is er samenhang via het watersysteem en bronnen. In figuur 4 zijn stroombanen in het grondwater weergegeven. Water stroomt van de diffuse bronnen aan maaiveld door het GLG-vlak hetzij rechtstreeks naar de waterlopen (korte verblijftijden) hetzij naar het diepere grondwatersysteem om over grotere afstand in het oppervlaktewater te komen (lange verblijftijden). Omdat verschillende normen worden gehanteerd voor grond- en oppervlaktewater kan worden verkend wat het effect is van hanteren van deze normen op GLG niveau.

3.4 Resultaten

In deze paragraaf worden de geformuleerde vragen met behulp van de resultaten uit de scenarioanalyses beantwoord. Dit betekent dat niet alle resultaten uit de scenarioanalyses in deze paragraaf worden besproken, maar dat in deze paragraaf de beantwoording van de geformuleerde vragen met behulp van de verkregen resultaten uit de scenarioanalyses centraal staat.

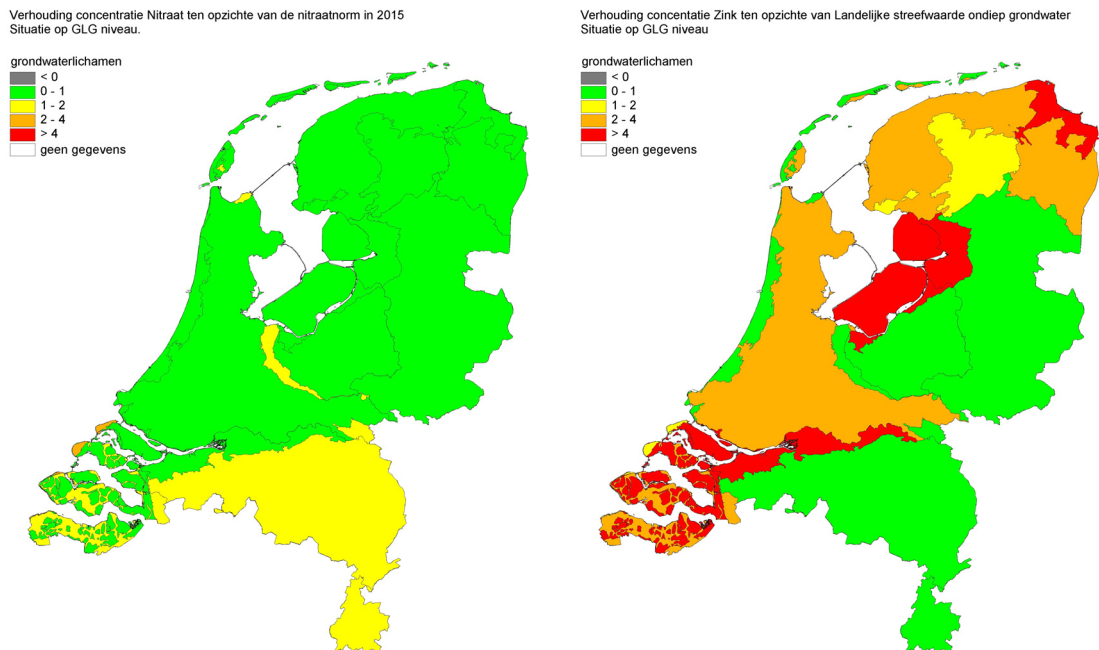
3.4.1 Stoffen

[Gebruikte scenario's: schaal grof, ambitieniveau grondwater en dieptes bovenste en ondiep grondwater]

De gemiddelde concentraties nitraat in de grondwaterlichamen voldoen bij uitvoeren van het huidige beleid (MINAS regelgeving incl. verliesnormen) in 2015 in het diepe grondwater allemaal ruimschoots aan de doelstellingen voor het grondwater. In het bovenste grondwater wordt de norm onder hoger gelegen zandgronden overschreden in vooral Noord-Brabant/Noord-Limburg (Figuur 5). Nitraat leidt tot problemen in uitspoelinggevoelige gronden, i.e. vooral de droge zandgebieden. Dit veroorzaakt lokaal overschrijdingen wanneer kleinere waterlichamen worden onderscheiden. Drinkwaterwinningen in landbouwgebied op droge zandgronden hebben een vergroot risico.

Ammonium en fosfaat overschrijden nergens de drempelwaarde. Dit wordt veroorzaakt door de wijze waarop de drempelwaarde is bepaald, namelijk als maximum van de achtergrondconcentratie binnen een waterlichaam.

De met STONE berekende ammoniumconcentraties in het bovenste grondwater zijn kleiner dan in het diepe grondwater. Dat is te verklaren door de meer aërobe omstandigheden in het bovenste grondwater en de andere omzettingsprocessen die daardoor optreden. Berekende gemiddelde concentraties in zowel diepe als ondiepe grondwater zijn voor ammonium en organisch fosfor in noordwest Nederland groter dan in zuidwest Nederland. In noordwest Nederland treedt veelal kwel op met ammonium- en fosforrijk water, in zuidwest Nederland infiltreert vooral regenwater.



Figuur 5. Overschrijdingen van de doelstellingen voor nitraat en zink in de grondwaterlichamen op GLG-niveau

De doelstellingen voor koper en lood worden in de grondwaterlichamen op beide dieptes niet overschreden. Een enkele keer wordt een overschrijding voorspeld voor cadmium en dat alleen op GLG-niveau. Voor zink worden in veel waterlichamen overschrijdingen voorspeld in het bovenste grondwater op GLG niveau (Figuur 5). De overschrijdingen van zink treden op in laag-Nederland: de veen- en kleigebieden. Voor zowel zink als cadmium worden geen overschrijdingen verwacht in het diepere grondwater.

Zink is het meest mobiel en heeft de grootste uitspoeling naar het grondwater, cadmium, koper en lood worden in deze volgorde minder mobiel en spoelen minder uit. De verschillen in eigenschappen van de metalen bepalen de (risico's voor) uitspoeling naar grond- en/of oppervlaktewater.

De grondwaterlichamen in Nederland zijn op een diepte van 10 m-mv niet een probleem voor de meeste stoffen afkomstig uit diffuse bronnen in het landelijke gebied. De uitzondering vormt nitraat in droge zandgebieden wanneer kleine grondwaterlichamen worden onderscheiden. Op langere termijn moet voor zink (en nog later cadmium en fosfaat) rekening worden gehouden met hogere concentraties op grotere diepte; in het bovenste grondwater worden de normen al overschreden.

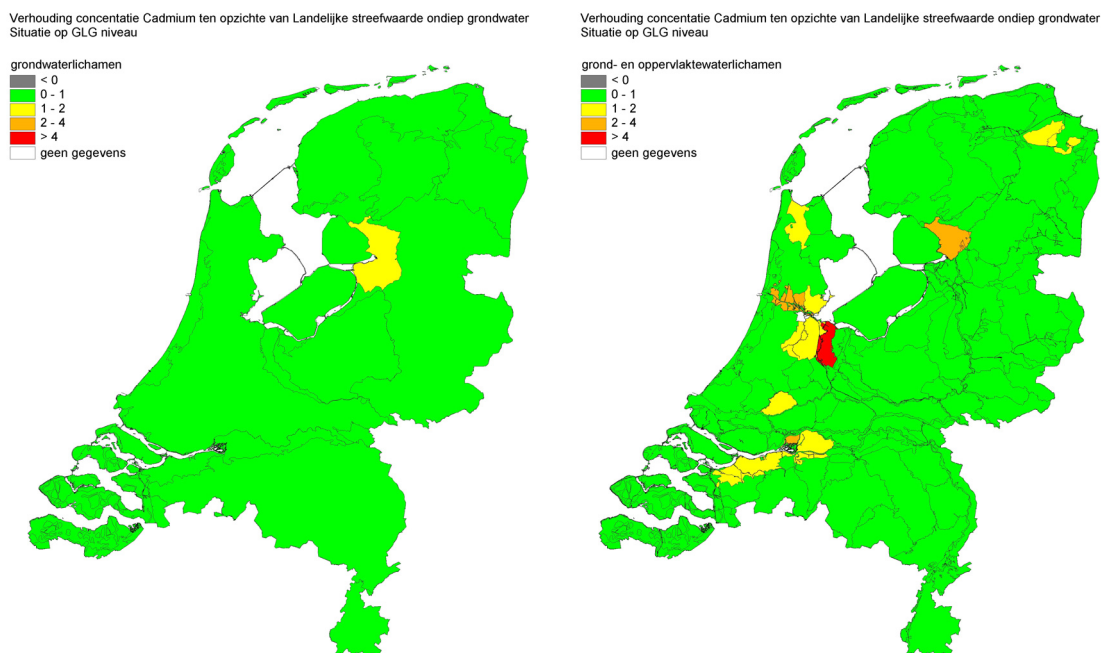
3.4.2 Grootte van grondwaterlichamen

[Gebruikte scenario's: schalen grof en fijn, ambitieniveau grondwater en diepte bovenste en ondiep grondwater]

Het effect van de grootte van de waterlichamen is verkend door zowel de grote waterlichamen zoals voorgesteld door de werkgroep Grondwater te beschouwen als de uitbreiding met de provinciaal aangewezen grondwaterlichamen (de 2 schaalniveaus; paragraaf 3.2.1.1).

Het onderscheiden van kleinere waterlichamen resulteert in meer waterlichamen en in een groter ruimtelijk differentiërend vermogen. Behalve tot grotere monitoring- en rapportage verplichtingen resulteert dit ook tot meer grondwaterlichamen waar normen worden overschreden. De zones met problemen worden meer ingekaderd. Grote waterlichamen middelen overschrijdingen van normen weg en maken problemen onzichtbaar. Daardoor worden voor nitraat in de grote waterlichamen de normen gemiddeld niet overschreden en wordt in een aantal drinkwaterwingebieden in droge zandgronden de nitraatnorm gemiddeld wel overschreden. Omdat het hier een verkenning op nationale schaal betreft kunnen geen uitspraken over de afzonderlijke beschermingsgebieden worden gedaan en sterker nog, moeten pogingen daartoe vooral worden nagelaten.

Het effect van de grootte van de waterlichamen wordt inzichtelijk door voor cadmium naast (20) grondwaterlichamen ook (90) oppervlaktewaterlichamen als grondwaterlichamen te beschouwen (Figuur 6). Ook voor cadmium worden door het opschalen naar grote waterlichamen en middelen van de concentraties probleemgebieden onzichtbaar. Zodra kleinere waterlichamen worden gedefinieerd ontstaat meer ruimtelijk onderscheid en ontstaan grotere gemiddelde overschrijdingen van de normen.



Figuur 6 Opgave in grondwaterlichamen (links) en in gecombineerde grond/oppervlaktewaterlichamen (rechts) voor cadmium op GLG-niveau.

Voor zware metalen leidt het onderscheiden van drinkwaterwingebieden als grondwaterlichaam soms tot hogere en soms tot lagere reductiedoelstellingen dan de omringende/aansluitende waterlichamen. De verandering is afhankelijk van de bodems in deze grondwaterlichamen. Kleine grondwaterlichamen leiden tot meer onderscheid en kunnen enerzijds makkelijker een probleem vormen maar kunnen aan de andere kant ook tot lagere reductiedoelstellingen leiden.

Onderscheiden van grotere waterlichamen maakt dat overschrijdingen van een norm in uitspoelingsgevoelige gebieden worden gemiddeld met de rest van het gebied waardoor een gunstiger toetsingsbeeld ontstaat. Het onderscheiden van grotere waterlichamen zorgt er voor dat stoffen in het grondwater minder snel een probleem zijn omdat lokale overschrijdingen onzichtbaar worden. Kleine grondwaterlichamen leiden tot meer onderscheid en kunnen daardoor enerzijds makkelijker een probleem vormen, maar kunnen aan de andere kant ook juist tot lagere reductiedoelstellingen in grondwaterlichamen leiden. Aannwijzen van drinkwaterwingebieden als aparte kleine waterlichamen leidt in droge zandgronden regelmatig tot overschrijding van de nitraatnorm in deze kleine grondwaterlichamen. Voor zware metalen leiden drinkwaterwingebieden als aparte grondwaterlichamen soms tot hogere en soms tot lagere reductiedoelstellingen dan de omringende/aansluitende waterlichamen (afhankelijk van de bodems in deze grondwaterlichamen).

3.4.3 Probleemgebieden en (diffuse) bronnen

[Gebruikte scenario's: schaal grof, ambitieniveau grondwater en dieptes bovenste en ondiep grondwater]

Het grondgebruik, de bodem en de waterhuishouding bepalen de uitspoeling en daarmee de risico's voor de verschillende stoffen. Het voorkomen van probleemgebieden wordt ook hierdoor veroorzaakt en is daardoor op nationale schaal gerelateerd aan (land-schaps)regio's:

- Voor nitraat treden de risico's op in de uitspoelinggevoelige droge zandgronden. In de klei- en veengebieden zijn de risico's voor uitspoeling van nitraat naar het diepere grondwater gering door de andere geologische opbouw en waterhuishouding waardoor de stroming ondieper en naar de ontwatering-systemen verloopt.
- Zware metalen spoelen met verhoogd risico uit in (kalkarme) klei- en veengronden. Droge zandgronden met grote hoeveelheden zware metalen in de bodem hebben geen hoge concentraties in het bovenste grondwater; de uitspoeling van zware metalen uit de bodem wordt sterk bepaald door de waterhuishouding.
- Voor de stoffen NH₄, SO₄ en CL worden hoge concentraties in het grondwater gemeten in droogmakerijen/polders met zoute kwel. Of dit tot problemen voor het grondwater leidt is afhankelijk van de keuze van drempelwaarden.

In het landelijk gebied bestaan verschillende diffuse bronnen: atmosferische depositie, landbouw, natuurgebied, kwel, mineralisatie van veen, de bodemvoorraad. Sommige stoffen hebben meer bronnen, andere kennen specifieke bronnen. Voor de verschillende stoffen zijn de belangrijkste bronnen genoemd:

- Stikstof: landbouw, depositie, kwel en mineralisatie veen
- Fosfor: bodemvoorraad, kwel en landbouw
- Zware metalen: bodemvoorraad, kwel (As en Ni), landbouw en bouw-materialen

Opladen bodemvoorraad zware metalen

De huidige gehalten van zware metalen in de bodem vormen de bron voor zware metalen in het grondwater en voor uitspoeling naar het oppervlaktewater. Deze gehalten zijn met name het gevolg van de historische belasting van de bodem. De huidige belasting is slechts een geringe fractie van de totale hoeveelheid zware metalen in de bodem en heeft daarom nauwelijks tot geen invloed op de huidige concentraties in het grondwater en uitspoeling naar het oppervlaktewater. Het verschil tussen huidige uitspoeling en huidige belasting bepaalt echter wel of gehalten in de bodem en daarmee de concentraties in het grondwater en in de uitspoeling naar het oppervlaktewater in de toekomst zullen toe- of afnemen.

Op landelijke schaal is de huidige belasting voor cadmium, nikkel en zink ongeveer gelijk aan de huidige uitspoeling. Voor koper en lood is de huidige belasting hoger dan de uitspoeling waardoor gehalten en concentraties in de toekomst zullen toenemen (Bonten et al., 2004). De belangrijkste bronnen van de huidige belasting zijn dierlijke mest en kunstmest. Voor nikkel zijn daarnaast ook atmosferische depositie en kwel belangrijke bronnen. Lood is ook afkomstig van het gebruik van loodhagelpatronen bij de jacht.

Op regionale schaal is een studie uitgevoerd door Römken et al. (2003) naar de accumulatie van zink in landbouwgronden. Uit deze studie volgt dat in grote delen van Nederland accumulatie van zink optreedt. De grootste accumulatie is berekend voor de IJsselmeerpolders, de Biesbosch en de Zuid-Hollandse eilanden. Voor de zandgebieden in Nederland is een netto uitspoeling van zink berekend. Voor de overige metalen zijn geen regionale data beschikbaar.

De grondwaterlichamen met droge zandgronden in Brabant en Limburg hebben de grootste risico's voor overschrijding van de nitraatnorm. Voor ammonium en fosfor worden hoge concentraties gemeten in het grondwater onder droogmakerijen en diepe polders. Of dit tot overschrijdingen leidt is afhankelijk van de nog toe te kennen drempelwaarden. De grondwaterlichamen met overschrijdingen van de streefwaarde voor zware metalen in het grondwater liggen in laag-Nederland en bestaan voor grote arealen uit veen- en/of kleigronden.

3.4.4 Relatie doelstellingen, overschrijdingen en de diepte

[Gebruikte scenario's: schaal grof, ambitieniveau grondwater en diepte bovenste en ondiep grondwater]

Binnen het grondwater zijn, wanneer op de twee dieptes getoetst wordt aan dezelfde norm, de overschrijdingen in het bovenste grondwater (GLG) voor de meeste stoffen groter dan voor het ondiepe grondwater (10 m-mv). De overschrijdingen in het bovenste grondwater zijn groter omdat deze diepte dicht bij de bron is gelegen. Dat betekent dat veranderingen in de emissie van mobiele stoffen op deze diepte relatief snel doorwerken. Gegeven het tijdtraject van de KRW is alleen deze diepte geschikt om effecten van maatregelen te meten en veranderingen in belasting te volgen. Het is daarom gewenst onderscheid te maken in monitoren van de toestand van de grondwaterlichamen en het monitoren van effecten van maatregelen (en autonome ontwikkelingen).

Monitoren van effecten van maatregelen moet in het bovenste grondwater. Dit water heeft een vrij directe relatie met het landgebruik en de waterhuishouding ter plaatse en reageert snel op veranderingen. Tegelijkertijd ontstaan hierdoor fluctuaties in de

meetwaarden waardoor frequent moet worden gemeten en relaties met hydrologie en bronnen moeten worden gelegd om de metingen te kunnen interpreteren.

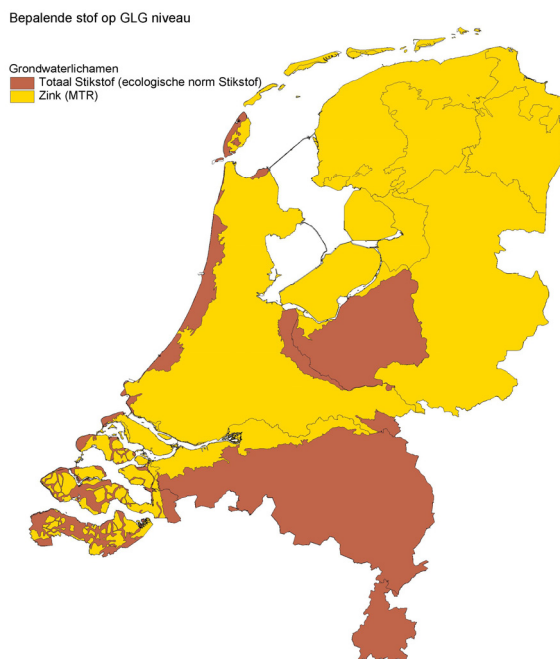
Monitoren van de toestand van grondwaterlichamen kan echter beter op een diepte van 10 m-mv of dieper gebeuren. Diep meten leidt tot minder snelle reacties van het systeem en dus tot minder fluctuerende resultaten, waardoor minder frequent hoeft te worden gemeten. Maar ook is het moeilijker een relatie met landgebruik en waterhuishouding te leggen. Het kan daardoor lastig zijn meetresultaten te verklaren. Combineren van beide doelen en dieptes van monitoren voorkomt dit laatste probleem en leidt tot het grootste inzicht. Bij monitoren in het bovenste grondwater moet daartoe vooral naar veranderingen in concentraties worden gekeken.

Gegeven het tijdtraject van de KRW is het gewenst te meten op een diepte waar effecten van veranderingen (als gevolg van maatregelen of autonome ontwikkelingen) snel zichtbaar zijn, i.e. vlak bij de bron. Naast monitoren op wat grotere diepte om de toestand van de grondwaterlichamen te monitoren wordt daarom aanbevolen om ook in het bovenste grondwater te meten om effecten van maatregelen zo snel mogelijk te kunnen aantonen.

3.4.5 Samenhang (doelen voor) grond- en oppervlaktewater.

[Gebruikte scenario's: schaal grof, ambitieniveau's grondwater en oppervlaktewater en diepte bovenste grondwater]

In paragraaf 2.6 en paragraaf 3.2.1.3 is de samenhang tussen neerslagoverschot, grondwater en oppervlaktewater binnen het watersysteem beknopt uitgelegd. Deze relatie werkt door in de waterkwaliteit. Via (stroming door) het watersysteem worden ook de doelstellingen voor grond- en oppervlaktewater aan elkaar gerelateerd. Dit is verkend door op GLG-niveau de overschrijding van doelen voor het grondwater en het oppervlaktewater (normen/streefwaarden en GET/GEP/MTR) te vergelijken (Figuur 7).



Figuur 7 Maatgevende doel op GLG-niveau.

In alle waterlichamen blijken, toegepast op GLG-niveau, de in deze studie gehanteerde doelstellingen voor het oppervlaktewater maatgevend: de doelstellingen voor het oppervlaktewater leiden tot een grotere opgave voor het bovenste grondwater dan de grondwaterdoelen. In de hogere, droge delen van Nederland is stikstof bepalend, in de lagere, natte delen van Nederland blijkt zink maatgevend.

Deze vergelijking is niet zuiver omdat na het passeren van het GLG-vlak de stoffen nog kunnen worden vastgelegd of kunnen worden omgezet/afgebroken. De (lengte van de) nog af te leggen weg en de bodemeigenschappen bepalen de uiteindelijke waterkwaliteit. Voor een goede vergelijking moeten de reductiedoelstellingen bepaald voor het oppervlaktewater en voor het grondwater op 10 m-mv worden vergeleken op het niveau van gecombineerde grond- en oppervlaktewaterlichamen. Omdat op 10 m-mv voor de meeste stoffen (bijna) aan de doelstellingen wordt voldaan zal dat niet tot een andere conclusie leiden.

De kwaliteit van grond- en oppervlaktewater zijn binnen de watersystemen in Nederland gerelateerd. Zowel de stroming naar het grondwater als een groot deel van de stroming naar de ontwateringmiddelen passeert het GLG-vlak. Wanneer aan de doelen voor grond- en oppervlaktewater op GLG-niveau wordt getoetst blijken de in deze studie gebruikte doelen voor het oppervlaktewater tot de grootste opgave te leiden. De werkelijke opgave zal voor deze doelen kleiner zijn omdat zowel in de bodem- als in het oppervlaktewatersysteem nog omzettings- en vastleggingsprocessen optreden (retentie).

4 Discussie

In deze studie staat de relatie grond-, oppervlaktewaterkwaliteit in combinatie met diffuse bronnen centraal. De samenhang tussen grond- en oppervlaktewater is op verschillende schaalniveaus gedemonstreerd. Om de doelstellingen van het project te beantwoorden was het nodig om veronderstellingen te maken. De gevolgen op de resultaten en conclusies van deze studie worden daarom hier bediscussieerd.

Bronnen

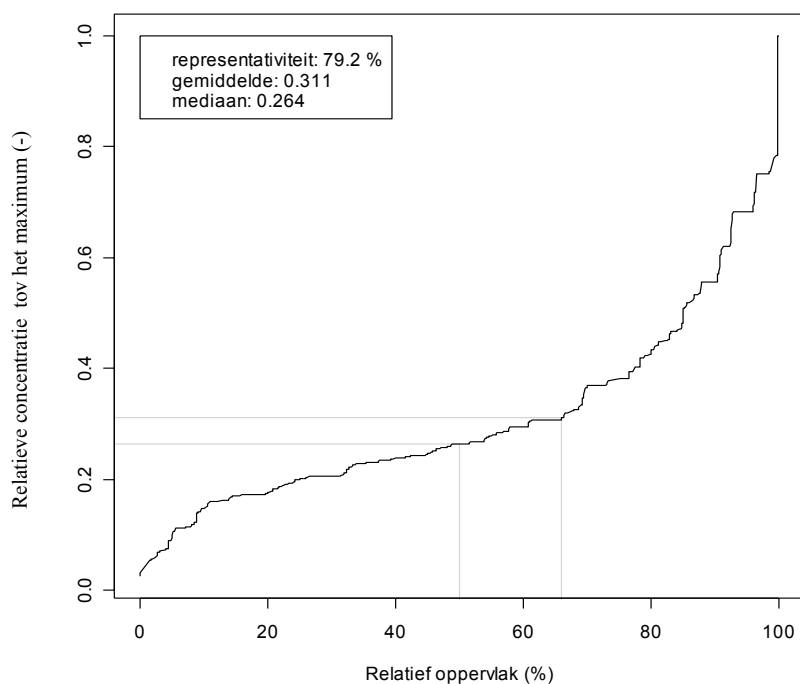
De belasting vanuit het landelijke gebied wordt bepaald door verschillende diffuse- en puntbronnen. Naast landbouw bestaat de belasting van het landelijke gebied uit bijdragen van de diffuse bronnen atmosferische depositie, bodemvoorraad, mineralisatie van veen, kwel en ook ‘natuur’ (bijvoorbeeld door afbraak van organisch materiaal in natuurgebieden of het vrijkomen van zware metalen in natuurontwikkelingsgebieden). Wanneer in een gebied doelstellingen niet worden gehaald dienen er maatregelen te worden genomen. Om gerichte maatregelen te kunnen treffen op basis van effectiviteit is inzicht in de bijdrage van alle afzonderlijke bronnen noodzakelijk. In gebieden waar bijvoorbeeld de bijdrage vanuit het landelijke gebied nagenoeg geheel wordt bepaald door de achtergrondbelasting leveren maatregelen in de landbouw op korte termijn geen of nauwelijks het gewenste effect op. In dat geval zal moeten worden onderzocht of de ecologische doelstellingen voor het betreffende gebied realistisch zijn. Om de haalbaarheid van de doelstellingen te bepalen is het raadzaam de achtergrondbelasting vast te leggen. Daarbij staat onvermijdelijk ter discussie of de bronnen kwel, mineralisatie van veen en de bodemvoorraad ‘natuurlijk’ zijn of door de mens veroorzaakt/vergroott via waterbeheer en/of landbouw. Voor luchtvervuiling speelt deze discussie minder. De vraag is of alle menselijke activiteit in het landelijke gebied onder de noemer landbouw kunnen worden geschaard. Onderscheiden van (de bijdrage van) de diffuse bronnen is nodig om maatregelen te kunnen selecteren, en om de haalbaarheid van voorgenomen drempelwaarden of normen te toetsen.

Puntbronnen voor verontreiniging van het grondwater zijn onderwerp van bestaand (bodemsanerings-)beleid. Er is voor deze studie van uit gegaan dat dit beleid alle problemen oplost zodat geen rekening hoeft te worden gehouden met deze bronnen. Ten aanzien van stedelijk water is door de opdrachtgevers gesteld dat dit lokaal tot verontreiniging van het grondwater leidt en daardoor een lokaal probleem is en geen onderwerp van nationaal of Europees beleid.

Om maatregelen te kunnen selecteren en de haalbaarheid van doelen te toetsen dient de bijdrage van de verschillende diffuse bronnen aan de belasting van het grond- en oppervlaktewatersysteem in kaart te worden gebracht.

Drempelwaarde

De afleiding van drempelwaarde mag door lidstaten zelf worden afgeleid/toegepast op het niveau van waterlichamen maar ook op nationaal niveau. Omdat de achtergrondbelasting in Nederland sterk verschilt, is de drempelwaarde voor deze studie per grondwaterlichaam bepaald. De drempelwaarden voor fosfaat en ammonium zijn daartoe afgeleid uit de cumulatieve frequentieverdeling (Figuur 8). In deze voorbeeldfiguur is te zien voor welk deel van het areaal de concentraties beneden een bepaalde waarde liggen. In onderstaande figuur heeft ongeveer 85% van het oppervlak van het grondwaterlichaam een concentratie kleiner dan de helft van het maximum. In 50% van het grondwaterlichaam (de mediaan) zijn de concentraties kleiner dan een kwart van het maximum. De berekende gemiddelde concentratie wordt in 65% van het oppervlak van het grondwaterlichaam onderschreden en in 35% overschreden. De piekconcentraties dragen naar verhouding veel bij aan het gemiddelde. De gemiddelde concentratie is hierdoor groter dan de mediane concentratie.



Figuur 8 Het areaal (%) van een grondwaterlichaam waar een concentratie (relatief t.o.v. het maximum) wordt onderschreden. Mediaan en gemiddelde zijn ingetekend.

Een frequentieverdeling geeft meer informatie dan een factor die per waterlichaam de gemiddelde onder- of overschrijding van een norm, streef- of drempelwaarde beschrijft; de bijdrage van uitschieters wordt bijvoorbeeld zichtbaar door de mediaan en het gemiddelde te vergelijken. Wanneer een norm, streef- of drempelwaarde bekend is kan ook direct worden afgelezen in welk deel van het grondwaterlichaam de doelstelling wordt overschreden. De informatie die hier voor nodig is kan niet alleen uit metingen worden verkregen. Met een combinatie van meten en modelleren kan worden geprobeerd deze informatie wel te genereren.

Omdat verschillen in achtergrondconcentraties binnen grondwaterlichamen voorkomen, moet worden beslist hoe de drempelwaarde voor een waterlichaam wordt vastgesteld. Hoe groter de bandbreedte in achtergrondconcentraties in een waterlichaam hoe moeilijker het zal zijn een drempelwaarde te bepalen. Voor het vaststellen van drempelwaarden zal ook rekening moeten worden gehouden met veranderingen in achtergrondconcentraties als gevolg van drooglegging wanneer het zoet/zout vlak zich nog verplaatst, en als gevolg van bodemdaling en klimaatverandering. Het is mogelijk onderscheid te maken in de natuurlijke achtergrondconcentratie en de antropogene bijdrage in grondwaterlichamen. Voor de belasting op het oppervlaktewatersysteem via kwel is dat ondoenlijk.

Gegeven de grote verschillen in achtergrondbelasting tussen waterlichamen is het raadzaam dat bij het vaststellen van de drempelwaarde er ruimte is voor regionale verfijning. Om deze verfijning te kunnen onderbouwen is een nationale methodiek nodig. Ook binnen de grondwaterlichamen kunnen (grote) verschillen voorkomen. Hoe drempelwaarden vast te stellen moet nog worden onderzocht/besloten. De methode voor het afleiden van drempelwaarden en het schaalniveau bepalen of een waterlichaam al dan niet de drempelwaarde overschrijdt. Om drempelwaarden te kunnen bepalen moet de achtergrondbelasting goed bekend zijn.

Maatregelen

Om de concentraties in het grondwater te verlagen moet de instroom van stoffen afnemen. Voor grondwater kan dit hoofdzakelijk via brongerichte maatregelen. Omdat veel stoffen ook in de bodem worden vastgelegd en van daaruit vertraagd vrijkomen, kunnen de binnen het tijdpad van de implementatie van de KRW (2015, 2027) te bereiken effecten van maatregelen beperkt zijn. Alleen voor mobiele stoffen (nitraat en zink) zijn op kortere termijn effecten te bereiken. Om de concentraties van stoffen die in de bodem geadsorbeerd zijn in het grondwater te verlagen moeten de stoffen uit de bodem of uit het grondwatersysteem worden verwijderd. Uit de bodem verwijderen kan door uitmijnen, uitspoelen, afplaggen of afgraven. Verwijderen uit het grondwatersysteem kan uitsluitend via saneren. Dit laatste is duur en mede daarom voor diffuse bronnen niet realistisch.

De effectiviteit van getroffen maatregelen kan zeer wisselend zijn. Maatregelen kunnen op korte termijn effectief zijn voor stikstof en op lange termijn ook voor fosfaat. Maatregelen op de uitspoeling van zware metalen hebben echter op heel lange termijn effect.

Maatregelen om de diffuse belasting van het grondwatersysteem terug te dringen moeten worden gezocht in brongerichte maatregelen. Effecten op de waterkwaliteit kunnen beperkt zijn wanneer de betreffende stof in de bodem is vastgelegd. In dat geval moeten maatregelen worden genomen om de voorraad in de bodem te reduceren. Deze zullen niet op korte termijn tot resultaten leiden.

Nutriënten

De scenarioanalyses zijn uitgevoerd op basis van de resultaten van STONE. Bij de betrouwbaarheid van STONE kunnen op een aantal punten vraagtekens worden geplaatst. Bijvoorbeeld bij het bestaan van plots met uitschieters in de uitspoeling (bijvoorbeeld de hoge nitraatconcentraties in het grondwaterlichaam Maasduinen in

Goeree, hier wordt het gemiddelde in 90% van het areaal onderschreden) of bij de resultaten van de plots met natuur als grondgebruik. Dat vraagtekens bij de resultaten van STONE kunnen worden geplaatst wordt veroorzaakt doordat de resultaten worden gebruikt voor steeds verdergaande vragen (waar het instrument feitelijk niet voor is gebouwd dan wel aangepast) zonder dat tegelijkertijd gericht data worden verzameld op 1) perceelsschaal om de processen en parameterwaarden te onderbouwen/toetsen en op 2) regionale en nationale schaal om op een verantwoorde manier te toetsen aan metingen in grond- en oppervlaktewater. Omdat de grondwaterlichamen groot zijn zullen deze problemen echter vaak niet zichtbaar zijn. STONE is ontwikkeld voor toepassing op nationale schaal, onderscheiden van kleine waterlichamen is daarom oneigenlijk. Voor het doel van deze studie (verkenning, zichtbaar maken uitwerking KRW op landelijke schaal) is gebruik van deze werkwijze verantwoord.

Validatie van STONE is noodzakelijk om de vragen van de KRW op regionale schaal te kunnen beantwoorden.

Zware metalen

De berekende concentraties zink die uitspoelen naar het oppervlaktewater zijn in veengronden hoger dan gemeten. Het gebruikte model (Römkens et al., 2004) is ontwikkeld voor aërobe omstandigheden waardoor anaërobe vastlegging in de bodem en de daardoor lagere uitspoeling niet wordt gesimuleerd. Zink blijkt in laag-Nederland de opgave te bepalen. Een betere voorspelling van de uitspoeling kan tot andere inzichten leiden. Maar ook is geconstateerd dat de streefwaarden en de MTR voor zink vergeleken met de andere metalen op dit moment laag zijn.

De resultaten voor zink en andere zware metalen in veengebieden kunnen mogelijk worden verbeterd door anaërobe vastlegging te modelleren.

Kennisvragen

In de verkenning, de scenariostudie en de discussie zijn vragen benoemd die niet of moeilijk kunnen worden beantwoord omdat de kennis daarover nog niet voorhanden is. Deze vragen zijn kort samengevat. Daarbij is aangesloten bij stappen die nodig zijn bij de implementatie van de KRW.

Doelen/normen

- Voor stoffen kunnen in de regelgeving verschillende normen bestaan. Inzicht in de samenhang tussen deze doelen/normen voor grond- en oppervlaktewater is noodzakelijk.
- De achtergrondconcentraties moeten bekend zijn om drempelwaarden te bepalen en om soms overschrijdingen van normen te kunnen verklaren.
- Het vaststellen van drempelwaarden vraagt om een politieke keuze hoe je hiermee om wilt gaan, als een soort norm of als een richtgetal, nationaal of per (groep van) waterlichamen, en daaraan verbonden de vraag hoe je drempelwaarden afleid op basis van de achtergrondconcentraties.

Bronnen:

- In het landelijke gebied bestaan verschillende diffuse bronnen. Om maatregelen te kunnen selecteren is het nodig de herkomst van stoffen goed te kennen. Het is bijvoorbeeld nodig de bijdrage van de bron landbouw te kennen en te weten in welke mate de landbouw zorgt voor verdere oplading van de bodem om het effect van maatregelen in de landbouw te kunnen bepalen.
- De bijdrage van de bodem is voor zware metalen en fosfaat groot; om de waterkwaliteit goed te kunnen bepalen is het noodzakelijk de (oplading van) de voorraad in de bodem op regionale schaal te kennen.
- Achtergrondconcentraties kunnen door autonome ontwikkelingen veranderen (denk bijv. aan verzilting door bodemdaling/zeespiegelrijzing). Het is zaak dergelijke ontwikkelingen te schatten omdat opwaartse trends voor een aantal stoffen misschien niet omgebogen kunnen worden. Dit kan gevolgen hebben voor de drempelwaarden.

Opgave

- Er is een instrument voor integrale scenarioanalyses op nationale schaal nodig om de grootte van de opgave (verschil tussen doel en toestand) te schatten en om oplossingsrichtingen te verkennen. De beschikbare (deel)instrumenten moeten daartoe worden getoetst aan metingen in zowel grond- als oppervlaktewater en waar nodig moeten de procesbeschrijvingen worden aangepast.

Maatregelen

- Om de maatregelen te kunnen selecteren en het lokale/regionale effect te kunnen bepalen moet de relatie tussen bronnen, belasting en waterkwaliteit bekend zijn. Processen en eigenschappen tav de uitspoeling van P en zware metalen naar grond- en oppervlaktewater zijn niet altijd evengoed bekend.
- Wanneer deze kennis beschikbaar komt kan deze worden gebruikt als voeding voor instrumenten om de effecten van maatregelen en autonome ontwikkelingen op grond- en oppervlaktewater in samenhang te verkennen en keuzes te onderbouwen (regionale schaal). Aanbevolen wordt methoden te ontwikkelen en te operationaliseren om metingen en modellen gekoppeld te gebruiken ten behoeve van monitoren en voorspellen.

Kennisvragen voor realisatie van de KRW–doelstellingen in grondwaterlichamen bestaan ten aanzien van de data, processen en integrale instrumenten. Beantwoorden van deze kennisvragen draagt bij aan formuleren van de doelen, het bepalen van de opgave, het selecteren van maatregelen, het bepalen van effecten van maatregelen en het toetsen van stroomgebiedbeheersplannen.

5 Conclusies

Probleemstoffen uit diffuse belasting

- De nutriënten stikstof, fosfaat en kalium en zware metalen (koper, zink, cadmium en lood) zijn de voornaamste aan diffuse bronnen gerelateerde probleemstoffen voor de kwaliteit van het grondwater.
- Op een diepte van 10 m-mv worden voor de meeste stoffen de normen gemiddeld niet overschreden.
- Nitraat vormt in het bovenste grondwater de uitzondering wanneer in droge zandgebieden kleine grondwaterlichamen worden onderscheiden.
- Op lange termijn wordt voor zink een toenemende concentratie op grotere diepte verwacht. In het bovenste grondwater wordt volgens de rekenresultaten de norm voor zink nu al overschreden.

Grootte van grondwaterlichamen

- Grotere waterlichamen zullen minder snel tot overschrijding van normen leiden c.q. tot lagere overschrijdingen van normen leiden omdat 'lokale' overschrijdingen onzichtbaar zijn.
- Kleine grondwaterlichamen leiden tot meer onderscheid en kunnen daardoor enerzijds makkelijker tot overschrijdingen leiden. Aan de andere kant kan het onderscheiden van kleine grondwaterlichamen er juist voor zorgen dat voor sommige stoffen de overschrijding wordt verlaagd.
- Het onderscheiden van waterlichamen die voor gebruik van drinkwaterwinning zijn aangewezen als kleine, aparte waterlichamen leidt voor deze kleine waterlichamen in droge zandgronden regelmatig tot overschrijding van de nitraatnorm in het bovenste grondwater. Voor zware metalen leiden drinkwaterwingebieden als grondwaterlichaam zowel tot hogere als tot lagere reductiedoelstellingen dan de omringende waterlichamen.

Probleemgebieden, bronnen en maatregelen

- De grondwaterlichamen met droge zandgronden in Brabant en Limburg hebben de grootste risico's voor overschrijding van de nitraatnorm.
- Concentraties ammonium en fosfor zijn hoog in het grondwater onder droogmakerijen en diepe polders. Of dit tot overschrijdingen zal leiden wordt bepaald door de nog toe te kennen drempelwaarden.
- De grondwaterlichamen met overschrijdingen van de streefwaarden voor zware metalen in het bovenste grondwater liggen in laag-Nederland.
- Atmosferische depositie, landbouw, natuurgebieden, de bodemvoorraad, mineralisatie van veen en kwel zijn diffuse bronnen in het landelijke gebied. De bijdrage van de verschillende bronnen is niet overal en voor alle stoffen gelijk. De bijdrage van de bronnen bepaalt de mogelijkheden om via maatregelen een verandering in de waterkwaliteit te bereiken.

- Achtergrondconcentraties kunnen door autonome ontwikkelingen veranderen (denk bijv. aan verzilting door bodemdaling/zeespiegelrijzing). Het is zaak dergelijke ontwikkelingen te schatten omdat opwaartse trends voor een aantal stoffen misschien niet omgebogen kunnen worden. Deze ontwikkelingen kunnen gevolgen hebben voor de drempelwaarden. Bij de vaststelling van de drempelwaarden dient rekening te worden gehouden met de (veranderingen in) achtergrondconcentraties.
- Maatregelen om de diffuse belasting van het grondwatersysteem terug te dringen moeten worden gezocht in brongerichte maatregelen. Effecten op de waterkwaliteit kunnen beperkt zijn wanneer de betreffende stof in de bodem is vastgelegd. In dat geval moeten maatregelen worden genomen om de voorraad in de bodem te reduceren. Deze maatregelen zullen vaak niet op korte termijn tot resultaten leiden.

Samenhang (normen) in grond- en oppervlaktewater

- De kwaliteit van middeldiep grondwater en oppervlaktewater is binnen de watersystemen in Nederland gerelateerd aan de kwaliteit van het bovenste grondwater (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand; het GLG-vlak). Of water dat het GLG-vlak passeert uitspoelt naar het diepere grondwater of wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater wordt bepaald door geohydrologie en de aanwezigheid van de ontwateringmiddelen.
- In gebieden waar weinig ontwateringmiddelen voorkomen zal het regionale grondwatersysteem worden gevoed. In gebieden waar de dichtheid aan ontwateringmiddelen groot is wordt het water ondiep afgevoerd naar het oppervlaktewatersysteem. Wanneer kwel optreedt, zal de grondwaterkwaliteit uit de diepe grondwatersystemen de oppervlaktewaterkwaliteit mee bepalen.
- De stroming tussen intrekgebieden en kwelzones kent een tijdschaal die ordes groter is dan de tijdschaal voor de realisatie van de KRW.
- Gegeven het tijdschema voor de implementatie van de KRW is het gewenst te meten op een diepte waar effecten van veranderingen (als gevolg van maatregelen of autonome ontwikkelingen) snel zichtbaar zijn, i.e. vlak bij de bron. Aanbevolen wordt en op wat grotere diepte te meten om de toestand van de grondwaterlichamen te monitoren en om in het bovenste grondwater te meten om effecten van maatregelen zo snel mogelijk te kunnen aantonen.
- Wanneer voor de grondwaterlichamen aan de doelen voor grond- en oppervlaktewater op GLG-niveau wordt getoetst blijken de in deze studie gebruikte doelen voor het oppervlaktewater tot de grootste opgave te leiden.

Kennisvragen

Om voor de KRW maatregelen te kunnen selecteren en het lokale/regionale effect te kunnen bepalen moet de relatie tussen bronnen, belasting en waterkwaliteit bekend zijn. Processen en eigenschappen van stoffen naar grond- en oppervlaktewater zijn niet altijd even goed bekend. Concrete kennisvragen die in deze studie zijn gebleken zijn:

- De samenhang tussen verschillende normen voor grond en oppervlaktewater.

- Achtergrondconcentraties en veranderingen hierin door autonome ontwikkelingen.
- Hoe drempelwaarden af te leiden op basis van achtergrondconcentraties.
- De bijdrage van de verschillende bronnen in het landelijke gebied.
- Effecten en bijdrage van maatregelen voor deze bronnen.
- De voorraad fosfaat en zware metalen in de bodem.
- De relatie tussen bronnen, belasting en concentraties in grond- en oppervlaktewater.
- Monitoren door gecombineerd meten en modelleren.

Wanneer deze kennis beschikbaar komt kan deze worden gebruikt als voeding voor instrumenten om de effecten van maatregelen en autonome ontwikkelingen op grond- en oppervlaktewater in samenhang te verkennen en keuzes te onderbouwen (regionale schaal). Aanbevolen wordt methoden te ontwikkelen en operationaliseren om metingen en modellen gekoppeld te gebruiken ten behoeve van monitoren en voorspellen.

Literatuur

Bolt, F.J.E. van der, H. van den Bosch, Th.C.M. Brock, P.J.G.J. Hellegers, C. Kwakernaak, T.P. Leenders, O.F. Schoumans, P.F.M. Verdonshot, 2003. *AQUAREIN; Gevolgen van de Europese Kaderrichtlijn Water voor landbouw, natuur, recreatie en visserij*. Wageningen, Alterra-Rapportage krw-grondwater v5.doc.

Bonten, L.T.C., P.F.A.M. Römkens en G.B.M. Heuvelink 2004. *Uitspoeling van zware metalen in het landelijk gebied. Modelleren van uitspoeling op regionale schaal: modelaanpak, resultaten modelberekeningen en modevaluatie*. ALTERRA rapport 1044.

European Commission, 2000. *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Official Journal of the European Communities 22/12/2000 L327 (1-72).

European Commission, 2003. *Proposal for a Directive of the European Parliament and the Council on the protection of groundwater against pollution*. COM(2003) 550 final. Commission of European Communities, Brussels. 2003/0210 (COD).

Meinardi C.R., G.J. Born, L.J.M. Boumans, B. Fraters, J.P.A. Lijzen, A.M.A. van der Linden, P.F.M. Otte, H.F. Reijnders, C.G.J. Schotten, C.W. Versluijs (2004), *Grondwaterkwaliteit in grondwaterlichamen voor de Kaderrichtlijn Water in Meinardi et al. (2005), Basisdocument Grondwater voor de Kaderrichtlijn Water*, RIVM rapport in prep).

Römkens, P.F.A.M., L.T.C. Bonten, R.P.J.J. Rietra, J.E. Groenenberg, A.C.C. Plette, J. Bril, 2003. *Uitspoeling van zware metalen uit landbouwgronden*. ALTERRA rapport 791, RIZA rapport 2003.018

Schoumans, O.F., R. van den Bert, A.H.W. Beusen, G.J. van den Born. L. Renaud, J. Roelsma en P. Groenendijk, 2004. *Quick scan van de milieukundige effecten van een aantal voorstellen voor gebruiksnormen*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 730.6.

Vierde Nota waterhuishouding, Staatscourant 16 juni 2000 nr. 114.

Vries, W. de, P.F.A.M. Römkens en J.C.H. Voogd, 2004. *Prediction of the long term accumulation and leaching of zinc in Dutch agricultural soils: a risk assessment study*. Wageningen, Alterra rapport 1030.

Bijlage 1 Werkwijze nutriënten

De diffuse belasting van het oppervlaktewater door de landbouw is geschat met behulp van de uitkomsten van de STONE-berekeningen die in het kader van de Evaluatie Mestwetgeving 2004 (EMW 2004) zijn uitgevoerd (RIVM 2004, Schoumans *et al.*, 2004) en de berekeningen voor de uitspoeling van zware metalen in het landelijk gebied (Bonten *et al.*, 2004). Bij deze berekeningen wordt gebruik gemaakt van de schematisering van Nederland in plots. Een plot is een unieke combinatie van bodem, gewas, hydrologische omstandigheden en bemesting. De aannamen die bij de schematisering naar plotindeling zijn gemaakt, geven aan dat de resultaten alleen geschikt zijn voor landelijke toepassingen, wat betekent dat de resultaten geclusterd weergegeven moeten worden. Als hydrologische ondergrens wordt 2500 ha genoemd (Kroon *et al.*, 2001). Bij de onderhavige toepassing vindt presentatie op nationale schaal plaats, waarbij Nederland is opgedeeld in 20 of 200 grondwaterlichamen en/of 90 deelstroomgebieden. Hiermee is ruimschoots aan deze voorwaarde voldaan.

De ‘gewasgroepen’ die in de Evaluatie Mestwetgeving worden onderscheiden zijn: permanent grasland, maïs, overig bouwland en natuur. Overig bouwland wordt binnen STONE gemodelleerd voor een ‘gemiddeld gewasrotatie’ van aardappelen, bieten en twee granen. Bollen, glastuinbouw, overig tuinbouw, fruitteelt, boomteelt e.d. zijn dus niet specifiek doorgerekend, noch verdisconteerd in de ‘gemiddelde gewasrotatie’. Deze teelten zijn daardoor ook in deze studie niet onderscheiden. Bekend is dat de nutriëntenverliezen bij deze intensieve systemen beduidend hoger kunnen zijn (uiteraard uitgezonderd volledig gesloten glastuinbouwsystemen).

De emissies van nutriënten en waterafvoer zijn per stroomgebied afgeleid uit de STONE-berekeningen. Op basis hiervan is de gemiddelde concentratie die uit de landbouwgronden uitspoelt voor elk stroomgebied berekend. Hierbij wordt opgemerkt dat de uitspoeling uit landbouwgronden niet altijd alleen wordt veroorzaakt door bemesting maar ook wordt veroorzaakt door de kwaliteit van het kwelwater dat in bepaalde gebieden door de landbouwgrond uiteindelijk in het oppervlaktewater terechtkomt. Ook de voorraden zware metalen, fosfaat en de voorraad organische stof in de bodem (al dan niet door de bemestingshistorie) dragen bij aan de emissie.

Omdat in deze studie wordt vooruitgekeken in de tijd, omdat de STONE-resultaten sterk klimaat- en weerafhankelijk zijn en omdat we het weer en klimaat in de toekomst niet kennen zijn de STONE uitkomsten voor periodes van 15 jaar gemiddeld (dit is de duur van de cyclus in STONE waarmee weergegevens worden herhaald). De gemiddelden van de rekenperiode 2008-2022 zijn gebruikt om de referentie en de scenario’s voor het jaar 2015, de einddatum van de KRW, te schatten.

Bijlage 2 Werkwijze zware metalen

Römkens et al., (2003) hebben berekend dat de uitspoeling van metalen naar het grond- en oppervlaktewater een belangrijke bijdrage levert aan de belasting van het oppervlaktewater. Veldmetingen van het bovenste grondwater in zandgebieden (Bonten et al., 2004) laten zien dat regionale verschillen in uitspoeling groot kunnen zijn tengevolge van verschillen in bodemgehalten en landgebruik. Om de invloed van deze variatie tot uitdrukking te laten komen is een schatting van de uitspoeling op nationale schaal uitgevoerd volgens de 'STONE'-schematiseringen – methodiek (Bonten et al., 2004).

De STONE-schematisering voor het hydrologische systeem (250x250 m) is gecombineerd met de landsdekkende gridkaarten van zware metalengehalten in de bovengrond (500x500 m). De metaalconcentraties in het bodemvocht zijn berekend met transferfuncties voor de verdeling van zware metalen over de grond- en waterfase. Voor zand- en kleigronden komen de berekende concentraties redelijk overeen met metingen in het oppervlaktewater. Voor veengronden zijn gemiddeld hogere concentraties berekend dan gemeten.

Berekening van jaarlijkse waterbalansen voor alle afzonderlijke STONE eenheden gebeurt voor de gemiddelde hydrologie voor de periode 1971 tot en met 2000. De berekende hydrologie voor deze periode is voor alle STONE-plots omgerekend naar een jaarlijkse waterbalans.

Voor de berekening van de laterale uitspoeling van zware metalen zijn per bodemlaag de berekende concentraties van zware metalen in het bodemvocht vermenigvuldigd met de hydrologische laterale fluxen. De metaalfluxen per bodemlaag zijn vervolgens gesommeerd tot een metaalflux per drainage-eenheid (d.w.z. kanalen, sloten en greppels). Voor de berekening van de verticale uitspoeling zijn de berekende concentraties van zware metalen in de onderste bodemlaag vermenigvuldigd met de verticale uitspoeling van grondwater. In geval van kwel (verticale inspoeling van grondwater) is de metaaluitspoeling op nul gesteld. De concentraties van zware metalen per drainage-eenheid zijn berekend door de metaalfluxen per drainage-eenheid te delen door de hydrologische fluxen per drainage-eenheid. De totale uitspoeling van zware metalen is berekend door voor iedere STONE-eenheid de zware metaal-fluxen te vermenigvuldigen met het oppervlak van de betreffende STONE-eenheid.