

Basisdocument karakterisering grondwaterkwaliteit voor de Kaderrichtlijn Water

Beleidsstudies

Basisdocument karakterisering grondwaterkwaliteit voor de Kaderrichtlijn Water

Basisdocument karakterisering grondwaterkwaliteit voor de Kaderrichtlijn Water

© Planbureau voor de Leefomgeving (PBL), Bilthoven, 2008
PBL-publicatienummer 500003006

C.R. Meinardi¹ en R. van den Berg¹ (redactie),
A.H.W. Beusen¹, G.J. van den Born¹, L.J.M. Boumans²,
B. Fraters², J.P.A. Lijzen², A.M.A. van der Linden²,
P.F. Otte², H.F.R. Reijnders², C.G.J. Schotten¹,
C.W. Versluijs², W.J. Willems¹

¹ Planbureau voor de Leefomgeving

² RIVM - Sector Milieu en Veiligheid

Contact

W.J. Willems; jaap.willems@mnp.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht en ten laste van het Directoraat-Generaal Milieubeheer van het ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieubeheer, Directie Bodem, Water en Landelijk Gebied, project Monitoring en Diagnose grondwater (nummer 714801) en het project Duurzaam Nutriëntenbeheer (nummer 500003)

U kunt de publicatie downloaden van de website www.pbl.nl of opvragen via reports@mnp.nl onder vermelding van het PBL-publicatienummer.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Planbureau voor de Leefomgeving, de titel van de publicatie en het jaartal.'

Het Planbureau voor de Leefomgeving analyseert en agendeert ruimtelijke en maatschappelijke ontwikkelingen in (inter)nationale context, die van belang zijn voor de leefomgeving van mens, plant en dier. Gevraagd en ongevraagd brengt het planbureau wetenschappelijke verkenningen en beleidsevaluaties uit die relevant zijn voor het kabinetsbeleid.

Planbureau voor de Leefomgeving

Postbus 303

3720 AH Bilthoven

T: 030 274 274 5

F: 030 274 4479

E: info@pbl.nl

www.pbl.nl

Abstract

Considerations of Groundwater Quality Characterisation for the Water Framework Directive

By order of the Netherlands Ministry of Housing, Spatial Planning and the Environment, a characterisation of the groundwater situation in the Netherlands is elaborated, as is required under the Water Framework Directive (WFD). This first characterisation implies defining the groundwater bodies, followed by an explanation of the choice for the twenty major groundwater bodies, that were distinguished. The groundwater quality (regarding main components, heavy metals and pesticides) is described for different depths, corresponding to ‘compliance checking levels’. The quality of the shallow groundwater is used as an ‘early warning level’. The relationship between groundwater and surface water was elaborated, to determine the groundwater input of nutrients to surface water. Due to a lack of data, it is not possible to obtain a general picture of the groundwater quality in urban areas. This hampers a good comparison with rural areas. However, in urban areas point sources of pollution may exert a great influence on the quality of shallow groundwater. The groundwater quality evaluation and the risk assessment, as required by the WFD, were based on the EU limit values for groundwater and national limit values for surface water quality, regarding the drainage of nitrogen and phosphates into surface waters. Average nitrate concentrations are concluded to be below EU limit values, except for the region of south Limburg, covered by loamy soils, where nitrate concentrations are too high. All groundwater bodies are ‘at risk’ of not complying with the WFD requirements, in 2015, due to exceeding concentrations in the groundwater, or because of exceeding nutrient levels in groundwater, draining to surface waters.

Key words: Water Framework Directive, groundwater body, groundwater quality

Voorwoord

De EU heeft in 2000 de Kaderrichtlijn Water (KRW) vastgesteld die vereist dat de lidstaten voor 2005 een eerste en een nadere karakterisering geven van de toestand van het grondwater in hun grondgebied. Nederland heeft daartoe een organisatie ingericht die op twee pijlers rust. De verantwoordelijkheid ligt bij Regionale Werkgroepen die zijn gevormd voor de verschillende (deel)stroomgebieden van Nederland. De Werkgroep Grondwater (wGW) functioneert op nationaal niveau bij de opzet van de karakterisering. De wGW heeft een project begeleid dat is voorgesteld en uitgevoerd door het RIVM en het RIZA voor een eerste en nadere karakterisering van het grondwater. Het RIZA was vooral verantwoordelijk voor de kwantitatieve en het RIVM voor de kwalitatieve aspecten. De resultaten zijn beschreven in rapporten voor de zeven (deel)stroomgebieden Eems, Rijn-Noord, -Oost, -Midden en -West, Maas en Schelde) die te vinden zijn op de website (www.kaderrichtlijnwater.nl).

Bij de uitwerking moesten keuzes worden gemaakt, omdat de KRW de rapportage niet in detail beschrijft. De overwegingen die tot die keuzes hebben geleid zijn mondeling en schriftelijk voorgelegd aan de wGW en daar besproken. Het voorliggende rapport bevat de uitkomsten van discussies over de uitgangspunten bij de eerste en de nadere karakterisering van het grondwater op landelijk niveau, zoals die is uitgevoerd in de genoemde rapporten. De nadruk ligt op de kwalitatieve aspecten. Hoewel de besproken onderwerpen alle aan de orde zijn geweest binnen de wGW en in overige bijeenkomsten en de daar gemaakte opmerkingen zijn verwerkt, mag niet zonder meer worden gesteld dat het onderhavige rapport steeds de standpunten van de wGW vertegenwoordigt. De uitvoering van de KRW is een omvangrijke en doorgaande activiteit met grote consequenties, waarbij de uitgangspunten steeds weer ter discussie dienen te worden gesteld. Het onderhavige rapport pretendeert niet meer dan een eerste voorzet te geven.

Nadat het rapport in 2005 door Kees Meinardi was afgerond en in 2004 de informatie al was gebruikt in de deelstroomgebiedsrapportages, is het gewenst gebleken de informatie aan te vullen, met name ten aanzien van de concentraties van hoofdcomponenten en sporenelementen in het grondwater. Bovendien werd bij een kwaliteitscontrole een aantal afwijkingen in gepresenteerde cijfers geconstateerd. Dit had met name ook betrekking op de berekeningen van de belasting van het oppervlaktewater (model NPKRUN). Verificatie hiervan heeft de nodige tijd gekost, waardoor dit rapport niet eerder dan in mei 2008 afgerond kon worden.

Reinier van den Berg

Inhoud

| | |
|---|----|
| Rapport in het kort | 11 |
| 1. Inleiding | 13 |
| 2. Onderscheiden grondwaterlichamen (GWL) | 15 |
| 2.1 Bepaling van de grenzen van GWL | 15 |
| 2.2 Grondwaterlichamen en deelgebieden | 18 |
| 3. Kwaliteitsbeoordeling van het grondwater in de GWL | 23 |
| 3.1 Compliance Checking Levels (toetsdiepten) | 23 |
| 3.2 Relevante parameters | 24 |
| 3.3 Toetsingscriteria | 25 |
| 4. Belasting van het grondwater in het landelijk gebied | 27 |
| 4.1 Stikstof en fosfor | 27 |
| 4.2 Belasting van landbouwgronden en natuurlijke vegetaties met zware metalen | 29 |
| 4.3 Belasting landbouwgrond met gewasbeschermingsmiddelen | 31 |
| 5. Kwaliteit van grondwater in het landelijk gebied | 35 |
| 5.1 Stikstofverbindingen | 35 |
| 5.2 Overzicht van hoofdcomponenten en sporelementen in het grondwater | 41 |
| 5.3 Gewasbeschermingsmiddelen | 48 |
| 6. Relatie van grondwater met oppervlaktewater in het landelijk gebied | 53 |
| 6.1 Probleemstelling en werkwijze | 53 |
| 6.2 Afvoercomponenten voor het grondwater | 54 |
| 6.3 Benadering voor stikstofverbindingen | 54 |
| 6.4 Benadering voor fosforverbindingen | 55 |
| 6.5 Uitgevoerde berekeningen | 55 |
| 6.6 Resultaten voor de ecodistricten | 56 |
| 6.7 Resultaten per grondwaterlichaam | 57 |
| 7. Karakterisering grondwaterkwaliteit in het stedelijk gebied | 61 |
| 7.1 Inleiding | 61 |
| 7.2 Beschrijving bronnen van grondwaterverontreiniging | 61 |
| 7.3 Omvang van de grondwaterverontreiniging | 64 |
| 7.4 Meetgegevens van drie gemeenten | 65 |
| 7.5 Kwaliteitsgegevens uit het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) | 72 |
| 7.6 Conclusies | 73 |
| 8. Risicoanalyse voor het bereiken van de KRW-doelen | 75 |
| 8.1 Probleemstelling | 75 |
| 8.2 Uitwerking van de risicoanalyse | 76 |
| 8.3 Discussie en conclusies | 77 |

Literatuur 81

Lijst van afkortingen 83

Bijlage 1 MTR, streef- en interventiewaarden voor grondwater 85

Bijlage 2 Verdeling van zoet en brak/zout grondwater 87

Rapport in het kort

Basisdocument Karakterisering Grondwaterkwaliteit voor de Kaderrichtlijn Water

In opdracht van het ministerie van VROM is ten behoeve van de verplichting krachtens de Kaderrichtlijn Water (KRW) een beschrijving gemaakt van het grondwater in Nederland. De grondslagen voor de eerste en nadere karakterisering worden gegeven, waarna de keuze voor twintig grote grondwaterlichamen (GWL) wordt toegelicht.

De kwaliteit van het grondwater in de grondwaterlichamen (voor hoofdcomponenten, zware metalen en waar mogelijk gewasbeschermingsmiddelen) wordt gegeven voor een aantal toetsdiepten. Daarnaast worden gegevens gepresenteerd voor het bovenste grondwater, dat gebruikt wordt als 'early warning level'.

De relatie tussen grondwater en oppervlaktewater is uitgewerkt voor nutriënten (stikstof en fosfor) waarbij de toevoer hiervan naar het oppervlaktewater is bepaald.

Voor stedelijk grondwater ontbreekt een landsdekkend beeld. Hier kunnen vooral puntbronnen van verontreiniging een grote invloed hebben op de kwaliteit van het bovenste grondwater. Een vergelijking met het landelijk gebied is hierdoor niet goed mogelijk.

De beoordeling van de kwaliteit en de door de KRW gevraagde risicoanalyse zijn gebaseerd op vergelijking met de door de EU bepaalde grenswaarden en nationale doelstellingen. Deze beoordeling leidt tot de conclusie dat de grondwaterkwaliteit van alle grondwaterlichamen in Nederland slecht is. Het criterium hiervoor is dat de toestroming van stikstof en/of fosfaat uit het grondwater naar het drainerende oppervlaktewater niet voldoet aan de eisen die aan het oppervlaktewater zijn gesteld in de Vierde Nota Waterhuishouding. De EU-grenswaarden voor het grondwater voor nitraat worden gemiddeld niet overschreden, behalve in het grondwaterlichaam onder Zuid-Limburg.

Trefwoorden: Kaderrichtlijn Water, grondwaterlichaam, grondwaterkwaliteit

I. Inleiding

Sinds december 2000 is de Europese Kaderrichtlijn Water (Richtlijn 2000/60/EG, KRW) van kracht in de Europese Unie (EU). De doelen van de KRW zijn geformuleerd in Artikel 1 en in resoluties van het Europese parlement die in het Voorwoord aan de tekst zijn toegevoegd:

1. Vaststelling van een kader voor de bescherming van oppervlaktewater op land, overgangswateren, kustwateren en grondwater;
2. Instandhouding van aquatische-, mariene- en terrestrische ecosystemen, voor zover ze van milieukeurmerken van het water afhankelijk zijn;
3. Bevordering van het duurzaam gebruik van water, met name wordt de veiligstelling van de watervoorziening genoemd;
4. Bescherming van mariene en territoriale wateren tegen verontreiniging.

De KRW wil de genoemde doelen bereiken door regeling van het beheer van oppervlakte- en grondwater. De beheerseenheden die de KRW voorziet, zijn stroomgebieden voor het oppervlaktewater en grondwaterlichamen voor het grondwater in die stroomgebieden. In enkele artikelen (zoals Art.2, Definities, Art.4, Milieudoelstellingen en Art.17, Strategieën ter voorkoming en beheersing van grondwaterverontreiniging) wordt nader ingegaan op de technische uitvoering wat betreft grondwater. Artikel 17 draagt de Europese Commissie (EC) op om een nadere invulling te geven aan de bewerking van de grondwaterkwaliteit. Bijlagen II en V geven aanwijzingen over de waarnemingen aan het grondwater en hun bewerking.

De EC heeft voor de verdere uitwerking van de KRW een Strategische Coördinatiegroep ingesteld (Common Implementation Strategy) en drie adviesgroepen (Expert Advisory Forum), waaronder de 'Expert Advisory Forum on Groundwater'. De EC heeft in deze adviesgroep een voorstel gedaan voor een aparte richtlijn betreffende de bescherming van grondwater tegen verontreiniging. Op dit moment (najaar 2005) ligt een voorstel voor een desbetreffende richtlijn bij het Europese Parlement. Het is nog niet duidelijk of en wanneer die door het Parlement zal worden aangenomen. De eisen die de KRW stelt aan het grondwater moeten echter in ieder geval worden vervuld.

De Nederlandse overheid had een groep Implementatie Kaderrichtlijn Water (IKW) ingesteld van vertegenwoordigers van (overheids)instellingen voor de uitwerking van de KRW voor Nederland. Onder de IKW vielen tien werkgroepen die verschillende aspecten van de KRW behandelen. De taken van de IKW zijn per oktober 2003 grotendeels overgenomen door het Landelijk Bestuurs-overleg Water (LBOW), waarin vertegenwoordigers van de nationale en van lagere overheden deelnemen. Het LBOW coördineert de werkzaamheden van Regionale Werkgroepen ten behoeve van de uitvoering van de KRW.

Onder LBOW valt ook de door IKW ingestelde Werkgroep Grondwater (wgw), die de taak op zich heeft genomen om de werkzaamheden voor de eerste en nadere karakterisering van het grondwater te coördineren en om het grondwater toe te delen aan beheerseenheden binnen de stroomgebieden waarvan Nederland deel uitmaakt. In Nederland zijn zeven deelstroomgebieden onderscheiden, te weten Eems, Rijn-Noord, Rijn-Oost, Rijn-Midden, Rijn-West, Maas en Schelde. Artikel 5 van de KRW schrijft voor dat de eerste karakterisering van grondwaterlichamen in 2004 gereed moet zijn. Rijkswaterstaat/ RIZA en RIVM hebben een projectvoorstel gemaakt om de technische aspecten nader uit te werken. De doelstellingen daarvan zijn in een projectvoorstel geformuleerd, dat is geaccepteerd door de wgw voor verdere uitwerking. De resultaten zijn gerapporteerd voor de deelstroomgebieden en voorgelegd aan het Regionaal Bestuurlijk Overleg en gepubliceerd op de LBOW-website (www.kaderrichtlijnwater.nl).

De doelstellingen van het RIVM/ RIZA-project voor de eerste karakterisering van het grondwater zijn:

1. Indeling in grondwaterlichamen (GWL)

Het geven van een beredeneerde beschrijving van de indeling van bodem en grondwater van Nederland in grote hydrologische eenheden, die voldoet aan de Kaderrichtlijn Water. Het toedelen van die eenheden aan de (deel-)stroomgebieden en de benoeming van grondwaterlichamen (GWL) waartoe het volledige Nederlandse grondwater behoort.

2. Karakterisering van de grondwatersituatie

Het opstellen van een eerste karakterisering van de kwalitatieve en de kwantitatieve toestand van het grondwater met de nadruk op de effecten van menselijke invloeden.

3. Uitwerking van een risicoanalyse voor het grondwater

De KRW onderscheidt kwantitatieve en kwalitatieve aspecten aan de hoedanigheid van het grondwater in GWL. Voor beide kan de toestand 'goed' of 'slecht' zijn. Daarnaast vraagt de KRW aan lidstaten om een risicoanalyse (risk assessment) uit te voeren met als doel een inschatting te maken of de voor 2015 gestelde doelen gehaald kunnen worden.

4. Communicatie met nationale en Europese instellingen

Het verzorgen van tijdige en interactieve communicatie met Nederlandse (rijk, provincies, waterschappen) en Europese instellingen (EC groepen, buurlanden) die betrokken zijn bij invoering van de Kaderrichtlijn Water.

Leeswijzer

In de volgende hoofdstukken komt een aantal aspecten aan de orde die ten grondslag liggen aan de indeling in grondwaterlichamen (GWL) en aan de eerste karakterisering van het grondwater voor de KRW. Dit Basisdocument geeft een toelichting op de voor Nederland gekozen indeling in GWL (hoofdstuk 2). Hoofdstuk 3 gaat in op de toetsniveaus voor de kwaliteit van het grondwater. Een landelijk overzicht van de diffuse belasting van het grondwater wordt gegeven in hoofdstuk 4. Hoofdstuk 5 gaat in op de kwaliteit van het grondwater, met name op basis van monitoring, hoofdstuk 6 op de relatie tussen het grondwater en het drainerende oppervlaktewater; de situatie van het stedelijk grondwater komt in hoofdstuk 7 aan de orde. Tenslotte wordt in hoofdstuk 8 de benadering besproken die is gevolgd voor de door de KRW gevraagde risicoanalyse ten aanzien van het grondwater.

Tot eerste publicatie van deelgegevens uit dit rapport (2004/2005) waren door de Europese Commissie alleen grenswaarden gesteld voor het voorkomen van nitraat en bestrijdingsmiddelen in het grondwater van de GWL. De Commissie had in een voorstel voor een Dochterrichtlijn Grondwater (DGW) gesteld dat ook voor andere stoffen grenswaarden moeten worden vastgesteld, maar de DGW was op dat moment nog in procedure en over de uiteindelijke redactie bestond nog geen zekerheid.

Daarom is er in dit rapport veel aandacht voor nitraat. Daarnaast wordt veel aandacht besteed aan fosfor. Fosfor is een belangrijke factor naast stikstof voor de eutrofiëring van oppervlaktewater en bestrijding van eutrofiëring is een belangrijke doelstelling van de KRW.

Deze stoffen kunnen samen ook als belangrijke indicator gezien worden voor de kwaliteit van grondwater of het daarmee verbonden oppervlaktewater. Bovendien is er zowel qua belasting als qua waarnemingen vooral over stikstof veel bekend.

2. Onderscheiden grondwaterlichamen (GWL)

2.1 Bepaling van de grenzen van GWL

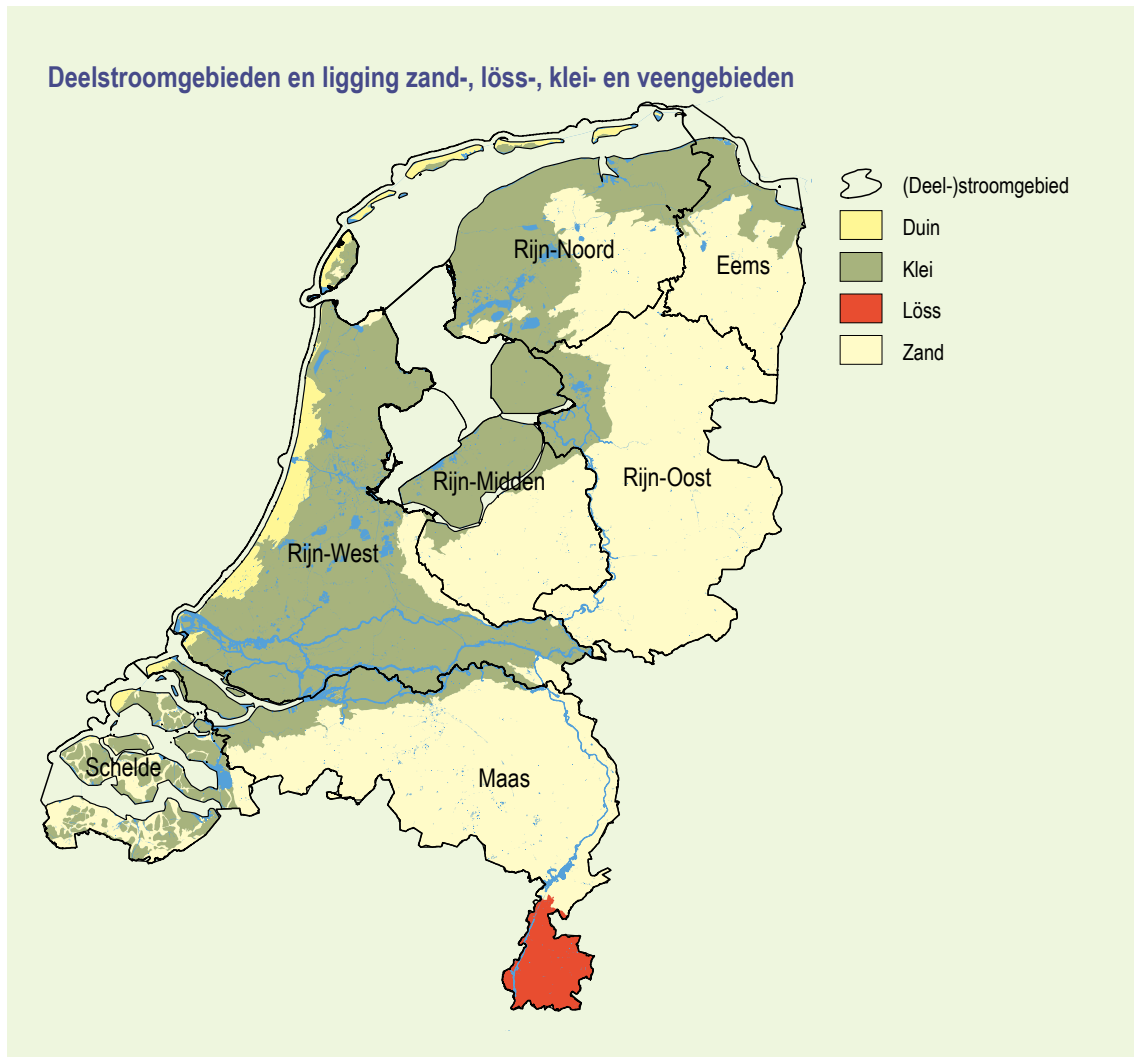
De Engelstalige versie van de KRW geeft in Artikel 2 als definitie voor een Groundwater Body (GWL): 'a distinct volume of groundwater in one or more aquifers'. In de Nederlandse versie is 'distinct' vertaald met 'afzonderlijk' en niet met het minder strenge 'onderscheiden'. De 'Horizontal guidance on the application of the term water body in the context of the Water Framework Directive' (EC, 2002) geeft nadere aanduidingen, maar die zijn niet altijd eenduidig. De volgende aspecten spelen een rol bij de bepaling van de begrenzingen van GWL:

1. Beheersmatige overwegingen: een GWL dient tenminste in een stroomgebied te liggen; in geval van twijfel moet een GWL aan één bepaald stroomgebied worden toegekend. Verder is de aansluiting bij de opzet in de buurlanden van belang;
2. Hydrogeologische grenzen: duidelijke hydrogeologische barrières vormen een grens;
3. Hoedanigheid en bescherming: een duidelijk onderscheid in de kwantitatieve of kwalitatieve hoedanigheid van het grondwater kan een onderscheid in GWL nodig maken. Verder stelt Art.7 van de KRW dat GWL die voor de winning van grondwater gebruikt (gaan) worden eveneens een apart GWL moeten vormen;
4. Eenduidigheid in relatie tot de doelstellingen van de KRW: de relaties van grondwater met aquatische en terrestrische ecosystemen en het (duurzaam) gebruik van grondwater vormen criteria voor de bepaling van GWL.

Vrijwel nergens in de Nederlandse ondergrond zijn hydrologische grenzen aanwezig die als basis voor de grenzen van GWL kunnen dienen. Ook de aanwezige verschillen in de hoedanigheid van het grondwater kunnen niet als onderscheidend criterium worden gebruikt, zoals hierna zal worden uiteengezet. Voor de aangewezen GWL wordt uitgegaan van de stroomgebieden voor het oppervlaktewater, zoals die in Nederland zijn onderscheiden. Dit zijn de deelstroomgebieden van Rijn, Maas, Eems en Schelde, waarbij dat van de Rijn verder is onderverdeeld in Noord, Oost, Midden en West (Figuur 2.1). Deelstroomgebieden als basis voor de indeling in GWL leveren ook problemen op, zoals blijkt uit het grondwater van Drenthe dat geohydrologisch gezien één geheel vormt. Het gebied behoort echter tot drie verschillende deelstroomgebieden, met dus drie verschillende GWL. Het grondwater onder de duinen en in Zuid-Limburg is wel in aparte GWL ingedeeld vanwege de afwijkende kenmerken van het grondwater.

Bij het grondwater in de zandgebieden wordt geen onderscheid gemaakt in de verticaal. De bodem van de zandgebieden bestaat veelal uit honderden meters dikke zandlagen waarin echter slecht-doorlatende kleilagen aanwezig kunnen zijn. Voor lokale problemen mogen dergelijke kleilagen soms als ondoorlatend worden beschouwd, maar voor nationale en regionale studies zijn ze dat vrijwel nooit. De GWL in de zandgebieden reiken daarom van de grondwaterstand tot de praktisch ondoorlatende basis. Deze basis bestaat vaak uit kleilagen van tertiaire ouderdom.

Voor gebieden met dikke klei- en veenlagen is het wel nodig om onderscheid te maken in de vertikaal. Het grondwater in de toplagen van klei- en veen staat nauwelijks in het verband met het diepere grondwater in de aquifers onder de afdekkende lagen. Als gevolg hiervan komt het lokale neerslagoverschot vooral via het oppervlak of via drains tot afvoer. Dat diepe grondwater kwelt lokaal wel op, maar vrijwel uitsluitend naar de sloten en watergangen van de polders in dat gebied. Het grondwater in de toplagen heeft geen of nauwelijks verband met het diepere grondwater en het beweegt in een apart systeem. Het is niet aanwezig in een aquifer in de klas-



Figuur 2.1 (Deel-)stroomgebieden en de ligging van zand-, löss-, klei- en veengebieden

sieke betekenis (winning is onmogelijk), maar wel in de zin van de Horizontale Guidance on Water Bodies (EC, 2002). Op grond van de overweging dat dit grondwater van belang is voor de aquatische ecosystemen in het polderland die ermee in verband staan, is het in aparte GWL onderscheiden voor de verschillende deelstroomgebieden.

Op plaatsen waar de kleilagen dun zijn, kan een aanzienlijke voeding plaatsvinden van diepere aquifers door de lokale neerslag. In dergelijke gebieden is er geen scheiding tussen het grondwater in de toplagen en in de zandlagen eronder, zodat het geheel één GWL vormt. Voorbeelden zijn het Vechtdal, het dal van de Oude IJssel (de Lijmers), het IJsseldal en het Maasdal in Noord-Limburg. In de overige kleigebieden zijn echter ook vroegere kreekruggen of oeverwallen aanwezig met een zelfde situatie (Betuwe en Zeeland). In al deze gevallen is geen onderscheid te maken tussen het grondwater in de toplagen en het diepere grondwater in de zandlagen eronder. Voor dergelijke gebieden met een dun kleidek ligt het voor de hand om het grondwater in te delen bij het onderliggende zandige grondwaterlichaam.

Een belangrijk verschil in de chemische toestand van het Nederlandse grondwater is het verschil tussen zoet en brak of zelfs zout grondwater. In grote delen van Nederland komt brak- of zelfs zout grondwater voor in de bodem. Zelden is al het grondwater brak, tenminste de teeltlaag en

vaak ook diepere lagen bevatten (deels) zoet water. De hoedanigheden van brak grondwater en zoet grondwater verschillen zo sterk dat er goede redenen zijn om aparte GWL te bepalen voor brak grondwater. Anderzijds zijn echter vaak nauwelijks fysieke barrières aanwezig tussen zoet en brak grondwater, zodat het begrenzen van onderscheiden GWL's vrijwel ondoenlijk is. In Bijlage 2 is dit verder uitgewerkt. De conclusie is dat de overgang van zoet naar steeds brakker grondwater geleidelijk is en deze verloopt in de richting van de grondwaterstroming. Op grond van verschillen in zoutconcentraties kunnen geen grondwaterlichamen worden onderscheiden.

De aanvulling van het grondwater in de delen van de zandige GWL onder de klei- en veengebieden zal veelal bestaan uit horizontaal uit de zandgebieden toestromend grondwater. Voor een ander deel is het zoete grondwater onder de Holocene deklagen echter afkomstig van infiltrerend oppervlaktewater uit het gebied zelf. Voorbeelden zijn de randmeren rond Flevoland en de infiltratie van rivierwater vanuit de armen van de Rijn. Verder zijn ook de reacties op ingrepen verschillend voor het grondwater in de zandgebieden en dat onder klei- en veenlagen. De genoemde verschillen moeten aan de orde komen bij de beschrijving van de toestand van het grondwater in de GWL. Hoewel dus geen aparte GWL worden onderscheiden voor de zandgebieden en voor dezelfde aquifers in de klei- en veengebieden zal bij de beschrijving wel rekening moeten worden gehouden met verschillen in de toestand van het grondwater.

Het brakke grondwater in lagen onder een relatief hoog gelegen tertiaire kleilaag (Boomse klei) in Zeeland wijkt af van de situatie elders in Nederland. Dit grondwater ligt relatief ondiep, maar het staat nauwelijks in contact met de lagen erboven. Het wordt in Vlaanderen als een apart GWL beschouwd. Aansluitend is het grondwater onder de Boomse klei in Zeeland als een apart GWL behandeld. De Boomse klei is ook in andere gebieden van Nederland aanwezig, met daaronder zoet grondwater in veelal dunne watervoerende lagen. Deze lagen liggen echter zo diep dat het desbetreffende grondwater praktisch niet deelneemt aan de hydrologische kringloop van de afvoer van het neerslagoverschot en ook niet wordt gewonnen voor de drinkwatervoorziening. De Boomse klei is buiten Zeeland opgevat als een onderdeel van de praktisch ondoorlatende basis die de ondergrens van de GWL vormt. Dit geldt ook voor diepe lagen onder de Centrale Slenk in Noord-Brabant. NITG-TNO (Stuurman en Vermeulen, 1996) heeft met onderzoek aannemelijk gemaakt dat in de watervoerende lagen onder de Boomse klei relatief grote verlagingen van de stijghoogten optreden als gevolg van de winning van bruinkool in de Duitse grensstreek. Hetzelfde onderzoek heeft echter geen aanwijzingen opgeleverd dat ook in ondiepe lagen sprake is van verlagingen. Het is zaak om de hydrologische veranderingen als gevolg van de bruinkoolwinning nauwlettend te volgen, maar vooreerst geven die geen aanleiding om een apart GWL te benoemen.

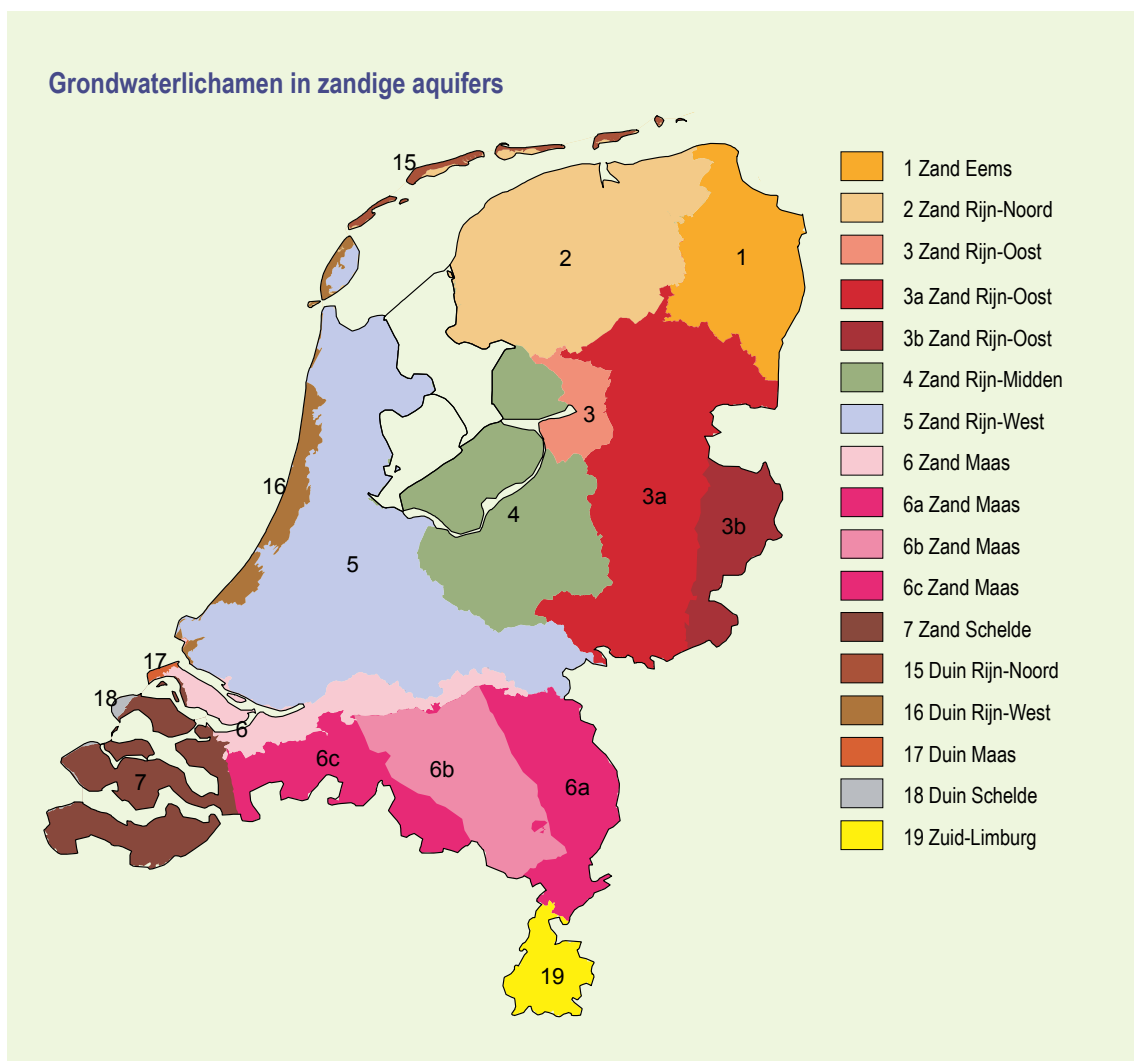
Een punt van discussie is dat de KRW in Art.7 stelt dat GWL die gebruikt worden voor de winning van grondwater ten behoeve van de drinkwatervoorziening aparte bescherming vereisen zodanig dat het grondwater met de gangbare methoden tot drinkwater kan worden bereid. Winning van grondwater vindt plaats op vele punten binnen de hiervoor aangeduide grote GWL. Dit betekent dat het volledige grondwater in die GWL bescherming behoeft. Deze situatie gaf aanleiding voor de regionale werkgroepen om kleinere GWL te onderscheiden die begrensd worden door de eerder vastgestelde beschermingszones rond de winplaatsen voor de openbare watervoorziening. Het Landelijk Bestuursoverleg Water (LBOW) heeft besloten om de rapportage naar de EU volgens deze lijn samen te stellen.

Het is moeilijk in te zien hoe de kleine GWL, zoals voorgesteld door de RW, opgevat kunnen worden als afzonderlijke, of zelfs als onderscheiden massa's grondwater, omdat in kwantitatieve zin geen barrière aanwezig is naar het grondwater in de omringende gebieden. De waterbalans

van dergelijke GWL moet structureel een meer of minder grote post bevatten van grondwater dat over de grenzen toestroomt, aangezien de beschermingszone van een winning veelal kleiner is dan het intrekgebied. Een moeilijkheid is tevens dat veel particuliere winningen geen specifieke beschermingszone kennen. De Wet Bodembescherming stelt bovendien dat al het zoete grondwater in beginsel geschikt moet zijn om er drinkwater uit te bereiden. Verder staat vrijwel alle grondwater van Nederland in verband met aquatische ecosystemen in het drainerende oppervlaktewater, wat ook inhoudt dat het moet worden beschermd. Het heeft om deze redenen weinig zin om kleinere GWL rond waterwinplaatsen te bepalen, zoals de RW voorstellen.

2.2 Grondwaterlichamen en deelgebieden

De KRW benadrukt dat overleg nodig is om een goede aansluiting van GWL aan beide zijden van nationale grenzen te realiseren. Nederland grenst van zuidwest naar noordoost vooral aan Vlaanderen, voor een klein deel aan Wallonië en aan de Duitse deelstaten Niedersachsen en Nordrhein-Westfalen. Vlaanderen onderscheidt in het stroomgebied van de Maas GWL die overeenkomen met de gebieden Noordwest-Brabant (6c in Figuur 2.2), Centrale Slenk (6b) en Peelhorst plus Midden- en Noord-Limburg (6a). Nederland kan hier goed bij aansluiten want dit zijn duidelijk onderscheiden gebieden, die ook apart zullen worden beschreven, maar wel binnen één



Figuur 2.2 Grondwaterlichamen in zandige aquifers

GWL (namelijk GWL6). De GWL die Wallonië onderscheidt, zijn kleiner en daar is moeilijker bij aan te sluiten. Voor deze kleine gebieden is aansluiting gezocht in de beschrijving van kleinere gebieden binnen een groter GWL.

De deelstaat Nordrhein-Westfalen onderscheidt vele tientallen GWL doordat aan de stroomgebieden van relatief kleine waterlopen steeds een apart GWL is toegekend. Een aantal van die GWL hebben een logische voortzetting op Nederlands gebied. Nederlandse en Duitse vertegenwoordigers uit Nordrhein-Westfalen hebben afgesproken dat de beschrijving van deze GWL vooral door Nordrhein-Westfalen zal worden uitgevoerd terwijl Nederland zich zal beperken tot een beschrijving van de grotere eenheden die aan deze kleine GWL grenzen. In het stroomgebied van de Maas betreft dat de Peelhorst plus het aangrenzende Limburgse gebied. Nederland heeft in Overijssel en oostelijk Gelderland een apart gebied in Twente en de Achterhoek (3b in Figuur 2.2) bepaald en beschreven om een zo goed mogelijke aansluiting bij Nordrhein-Westfalen te realiseren. Een goede aansluiting bij de deelstaat Niedersachsen kon met geringe aanpassingen worden bereikt omdat Niedersachsen ook vrij grote GWL onderscheidt.

De volgende Grondwaterlichamen zijn onderscheiden in Nederland:

- 1 Zoet grondwater in de zandgebieden van het stroomgebied van de Eems, samen met zoet- en brak grondwater onder de klei- en veenlagen voor de Eems.
- 2 Zoet grondwater in de zandgebieden van Rijn-Noord, samen met zoet- en brak grondwater onder de klei- en veenlagen voor Rijn-Noord.
- 3 Zoet grondwater in de zandgebieden van het stroomgebied van Rijn-Oost, samen met zoet- en brak grondwater onder de klei- en veenlagen voor Rijn-Oost (regio's 3a, 3b onderscheiden).
- 4 Zoet grondwater in de zandgebieden van het stroomgebied van Rijn-Midden, samen met zoet en brak grondwater onder de klei- en veenlagen voor Rijn-Midden.
- 5 Zoet grondwater in de zandgebieden van het stroomgebied van Rijn-West, samen met zoet- en brak grondwater onder de klei- en veenlagen voor Rijn-West.
- 6 Zoet grondwater in in de zandgebieden van het stroomgebied van de Maas samen met zoet- en brak grondwater onder de klei- en veenlagen voor de Maas (regio's 6a-c onderscheiden).
- 7 Zoet grondwater in de zandgebieden van het stroomgebied van de Schelde, samen met zoet- en brak grondwater onder de klei- en veenlagen voor de Schelde.
- 8 Zoet grondwater in de toplagen van de klei/veengebieden voor de Eems.
- 9 Zoet grondwater in de toplagen van de klei/veengebieden voor Rijn-Noord.
- 10 Zoet grondwater in de toplagen van de klei/veengebieden voor Rijn-Oost.
- 11 Zoet grondwater in de toplagen van de klei/veengebieden voor Rijn-Midden.
- 12 Zoet grondwater in de toplagen van de klei/veengebieden voor Rijn-West.
- 13 Zoet grondwater in de toplagen van de klei/veengebieden voor de Maas.
- 14 Zoet grondwater in de toplagen van de klei/veengebieden voor de Schelde.
- 15 Zoet- en brak grondwater onder de duinen, voor Rijn-Noord.
- 16 Zoet- en brak grondwater onder de duinen, voor Rijn-West.
- 17 Zoet- en brak grondwater onder de duinen, voor de Maas.
- 18 Zoet- en brak grondwater onder de duinen, voor de Schelde.
- 19 Zoet grondwater van Zuid-Limburg.
- 20 Zoet- en brak grondwater onder de Boomse klei, voor de Schelde.

Een speciale positie nemen de grondwaterlichamen in die betrekking hebben op de toplagen van de klei en veengebieden (GWL 8 t/m 14).



Figuur 2.3 Grondwaterlichamen in Nederland

De ligging van de onderscheiden grondwaterlichamen is weergegeven in Figuur 2.3.

De indeling in deelstroomgebieden is voor Nederland niet steeds eenduidig omdat duidelijke waterscheidingen in het oppervlaktewater ontbreken. Dit heeft ertoe geleid dat de grenzen tussen grote waterschappen als stroomgebiedgrenzen zijn aangehouden en dus als grenzen voor GWL. De indeling wijkt daardoor af van de geohydrologische beheerseenheden die de Technische Commissie Bodembescherming (Griffioen en Van der Aa, 2002) voorstelt als basis voor de GWL. Het grondwater in de door TCB onderscheiden gebieden vormt uiteraard duidelijker eenheden dan het grondwater in de voornoemde GWL. Het voordeel van de hier gekozen GWL is echter dat ze aansluiten bij stroomgebieddistricten voor het oppervlaktewater, zodat grond- en oppervlaktewater als één geheel kunnen worden beschouwd in het op te stellen programma voor stroomgebiedbeheer, zoals vereist door de KRW.

Een voorbeeld van een niet logische toewijzing is het eiland Texel. Het zou voor de hand liggen om het grondwater onder dat eiland samen te beschouwen met het grondwater onder de overige Waddeneilanden, maar voor het oppervlaktewater ligt Texel in Rijn-West en daarmee ook het GWL. In dezelfde zin is het ook onlogisch, vanuit het grondwater gezien, om het gebied ten noordoosten van Arnhem tot het stroomgebied Rijn-Oost te rekenen. Het grondwater in dat gebied maakt deel uit van het grondwater van de Veluwe. Het heeft dezelfde kenmerken en is er duidelijk mee verbonden, meer dan met het overige grondwater in Rijn-Oost.

Een tweede punt van discussie vormen de mogelijke scheidingen in verticale zin. De Pleistocene sedimenten waarin het grondwater van Nederland hoofdzakelijk stroomt, zijn opgebouwd uit een afwisseling van klei- en zandlagen. Over het algemeen zijn de kleilagen betrekkelijk dun en zeker niet ondoorlatend. Om deze reden is geen scheiding in de vertikaal aangebracht en reiken de GWL van de top van de overwegend zandige afzettingen tot de basis. Er zijn echter gevallen aan te wijzen waarbij de scheidende kleilagen dik en vrijwel ondoorlatend zijn. In zulke gevallen ligt het voor de hand om regionaal wel een onderscheid te maken in meerdere GWL, hoewel dat op nationale schaal niet gebeurt.

3. Kwaliteitsbeoordeling van het grondwater in de GWL

3.1 Compliance Checking Levels (toetsdiepten)

De KRW geeft regels voor de beschrijving van de kwaliteit van het grondwater in de gekozen GWL. Bijlage V geeft aan dat alle waarnemingen van de kwaliteit van het grondwater zonder nader onderscheid moeten worden samengevoegd. Het rekenkundig gemiddelde van de waarden voor een aantal bij name genoemde parameters vormt de rapportage van de eerste karakterisering van de kwaliteit van het grondwater. Deze benadering miskent echter belangrijke factoren die een rol spelen bij de samenstelling van het Nederlandse grondwater. Het ondiepe grondwater staat onder invloed van vervuiling aan maaiveld die vooral na de Tweede Wereldoorlog in toenemende mate heeft plaatsgevonden. Dit maakt dat de kwaliteit van het grondwater verandert in de tijd en bovendien dat een stratificatie aanwezig is in de kwaliteit naar de diepte. De diverse meetnetten voor de kwaliteit van het grondwater hebben daarom filters op verschillende diepten.

De kwaliteit van het grondwater in de zandige GWL wordt in Nederland bepaald in punten op tenminste vier verschillende diepten in de putten van het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM), het Trendmeetnet Verzuring (TMV), het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) en de Provinciale Meetnetten Grondwaterkwaliteit (PMG), het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB) en de Provinciale Meetnetten Bodemkwaliteit (PMB) en in putten nabij waterwinplaatsen. Voor de klei-veen GWL worden geen verschillende niveaus onderscheiden. De niveaus in zandige GWL zijn:

1. Het niveau van grondwaterstand tot 1 m daaronder (LMM, TMV, LMB, PMB);
2. Het niveau van circa 10 m min maaiveld (LMG, PMG);
3. Het niveau van circa 25 m min maaiveld (LMG, PMG);
4. Het niveau van de windiepten voor de openbare drinkwatervoorziening (KIWA);
5. Eventueel een nog dieper niveau dan de windiepten (gegevens bij TNO-NITG).

Bij de beschrijving van de grondwaterkwaliteit heeft Nederland een aangepaste benadering gevolgd die voldoet aan de KRW, Bijlage V. Gezien de stratificatie in het grondwater naar de diepte, vooral als gevolg van de invloed van toenemende reistijden in de bodem, heeft Nederland drie compliance checking levels (CCL) gebruikt bij de onderscheiden zandige GWL waarvoor de gemiddelde concentraties per niveau (CCL) moeten voldoen aan de eisen van de KRW:

- Het niveau van circa 10 m min maaiveld (LMG, PMG);
- Het niveau van circa 25 m min maaiveld (LMG, PMG);
- Het variabele niveau van de windiepten voor de openbare drinkwatervoorziening.

Voor de diverse CCL in zandige GWL geldt de regel die in de KRW wordt aangegeven als ‘one out, all out’, een overschrijding van een CCL voor één van meerdere eigenschappen is dus al maatgevend. Voor dezelfde GWL is verder een ‘early warning level’ (EWL) onderscheiden dat bestaat uit het bovenste grondwater in de toplaag van de verzadigde zone. Voor de grote zandige GWL is dit bovenste grondwater uitsluitend aanwezig in de zandgebieden die het intrekgebied vormen van dat zandige GWL. Het ligt voor de hand om dit EWL te beschouwen voor de risicoanalyse van het grondwater in deze GWL. Belasting en kwetsbaarheid komen in Nederland samen tot uiting in de metingen die worden gedaan in het bovenste grondwater.

Het grondwater in de bovenste GWL van de klei- en veengebieden wordt niet gebruikt voor winning van drinkwater, maar heeft wel effecten op de kwaliteit van het drainerende open water. Voor de toplagen in klei- en veengebieden zijn de waarnemingen uit het LMM en het LMB gebruikt om de chemische toestand van het grondwater in de desbetreffende GWL te bepalen. Daar vormt het bovenste grondwater zowel het 'early warning level' (EWL) als het 'compliance checking level' (CCL). In het algemeen zal moeten gelden dat de gestelde grenswaarden niet worden overschreden in het grondwater van de bovenste GWL in de klei- en veengebieden. Daarnaast is de betekenis van EWL dat het GWL 'at risk' is als de voor het EWL gemiddelde concentraties hoger zijn dan 75% van de grenswaarde (zie KRW, Art.17).

3.2 Relevante parameters

De tekst van de KRW noemt de volgende parameters van de kwaliteit van het grondwater: zuurstofconcentratie, pH-waarde, geleidbaarheid, nitraat, ammonium, verontreinigende stoffen (met name bestrijdingsmiddelen).

Het voorstel voor de toekomstige Grondwaterrichtlijn noemt de volgende stoffen met name, maar geeft aan dat andere naar behoefte kunnen worden toegevoegd door de lidstaten: arseen, cadmium, chloride, lood, kwik, sulfaat, trichlooretheen en tetrachlooretheen.

Daarnaast zou ook aandacht moeten worden gegeven aan de volgende parameters die van belang zijn voor de kwaliteit van het drinkwater, maar ook voor aquatische ecosystemen: fosfor, totale hardheid, aluminium, koper, nikkel, zink en eventueel ijzer en mangaan.

De KRW, Bijlage V, geeft aanwijzingen hoe de kwaliteit van het grondwater dient te worden gerapporteerd. De eerste karakterisering mag gebruikmaken van bestaande gegevens. Daarop gebaseerd moet een nadere karakterisering worden gemaakt voor de gebieden die 'gevaar lopen' dat ze niet voldoen aan de eisen van de KRW. Deze nadere karakterisering moet de situatie van het grondwater verder verduidelijken, met inbegrip van de relatie tussen de chemische samenstelling en de bijdragen van menselijke activiteiten. In de Nederlandse situatie zijn voldoende gegevens aanwezig om de eerste en de nadere karakterisering te combineren. De operationele monitoring moet gebruikmaken van daarvoor ingerichte monitoringnetwerken. Bij zandige GWL in Nederland zijn drie CCL onderscheiden, waarvoor de rekenkundig gemiddelden per CCL moeten voldoen aan de eisen die de KRW stelt.

De situatie in Nederland maakt mogelijk dat voor de eerste en de nadere karakterisering gebruik kan (en zal) worden gemaakt van bestaande meetnetten, zoals LMG en de PMG. Deze meetnetten kunnen later de kern vormen van het door de KRW gevraagde meetnet. Dit is minder het geval bij de meetnetten die ingericht zijn voor LMM en LMB. LMM volgt de effecten van het Nederlandse mestbeleid. Het mist kenmerken van monitoring zoals de aanwezigheid van vaste meetpunten waarin met een zekere frequentie de toestand wordt bepaald. Het LMB is ingericht voor het vastleggen van de toestand van de bodem en van het bovenste grondwater. Het gevolg is dat de frequentie van de metingen niet steeds zal voldoen aan de eisen van de KRW. De metingen aan de winputten van diverse waterwinplaatsen lijden aan het manco dat de resultaten meer of minder sterk zijn beïnvloed door de bedrijfsvoering van het puttenveld. De gegevens van NITG-TNO bevatten overwegend eenmalige metingen in waarnemingsputten op verschillende diepten.

De gegevens van de genoemde meetnetten zullen niet alle op gelijkwaardige basis worden gebruikt. De chemische toestand van het bovenste grondwater in de zandgebieden zal worden bepaald voor de risicoanalyse en zal dus dienen als een 'early warning system'. Deze gegevens zijn echter niet maatgevend voor de chemische toestand van het grondwater in de desbetreffende GWL. Als referentiedatum voor de beschrijving van de kwaliteit is het jaar 2000 genomen. Het is echter wel gewenst om eerdere en eventuele latere waarnemingen in de beschouwing mee te nemen zodat mogelijke fluctuaties in de tijd herkenbaar zijn.

3.3 Toetsingscriteria

De grondwaterkwaliteit kan aan de hand van verschillende toetsingscriteria worden getoetst.

Grenswaarden in het kader van de Kaderrichtlijn Water zijn alleen nog voor nitraat (50 mg/l) en gewasbeschermingsmiddelen (0,1 µg/l) vastgesteld. Voor de overige stoffen in grondwater zouden de volgende criteria gebruikt kunnen worden:

- Streefwaarde grondwater
- Maximaal toelaatbaar risico voor water (ter bescherming van ecosystemen, MTR_{eco})
- Interventiewaarde grondwater.

In Bijlage 1 zijn voor een aantal relevante stoffen de huidige streef- en interventiewaarden voor grondwater opgenomen (VROM, 2000).

4. Belasting van het grondwater in het landelijk gebied

In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de belasting van de bodem voor stikstof, fosfor en enkele zware metalen.

4.1 Stikstof en fosfor

Uitgangspunt bij de berekening van de nettobelasting van landbouwgronden is dat de som van de regionale totalen (van de intrekgebieden van GWL) gelijk is aan het totaal voor Nederland zoals het CBS dat geeft voor 2000. De CBS-cijfers voor de maaiveldbelasting zijn gebaseerd op een belasting met dierlijke mest, kunstmest, atmosferische depositie en overige bronnen. Bij berekening van de nettobodembelasting zijn de onttrekking door het gewas, de export en vervluchtiging daarvan afgetrokken.

CBS-gegevens voor het jaar 2000 zijn gebruikt (bron: CBS-statline):

| | |
|-------------------------------|---|
| Maaiveldbelasting stikstof: | 967 miljoen kg N |
| Maaiveldbelasting fosfaat : | 261 miljoen kg P ₂ O ₅ |
| Totaal areaal landbouwgrond : | 2.094.162 ha |
| Gemiddeld per ha: | 462 kg N/ha en 125 kg P ₂ O ₅ /ha |
| Nettobodembelasting stikstof: | 408 miljoen kg N |
| Nettobodembelasting fosfaat : | 115 miljoen kg P ₂ O ₅ |
| Totaal areaal landbouwgrond : | 2.094.162 ha |
| Gemiddeld per ha: | 195 kg N/ha en 55 kg P ₂ O ₅ /ha. |

Voor de intrekgebieden van elk onderscheiden GWL is een specifieke schatting gemaakt van de gemiddelde maaiveldbelasting en de nettobodembelasting. Bij die berekening is uitgegaan van de aanwezige landbouwarealen en van de mate waarin mest wordt geproduceerd in een gebied (concentratie-, overgangs- of tekortgebied). In de praktijk wordt mest geëxporteerd van concentratiegebieden naar de tekortgebieden. De met het model MAM berekende bodembelasting laat zien dat die in de concentratiegebieden hoger zijn dan in tekortgebieden ondanks transporten. Bij de berekening is uitgegaan van een hogere maaiveldbelasting en een hogere nettobodembelasting in concentratiegebieden van ongeveer 20% meer dan in een overgangsgebied. Nader onderzoek zou kunnen leiden tot een iets preciezer cijfer, maar vooralsnog is uitgegaan van dit percentage. De over de landbouwgronden van Nederland gemiddelde nettobelasting bij toepassing van het genoemd percentage is in Tabel 4.1 gegeven.

Tabel 4.1 Maaiveldbelasting en nettobodembelasting met stikstof en fosfaat in 2000 voor de drie onderscheiden mestgebieden

| Mestgebied | Maaiveldbelasting (kg/ha/a) | | Nettobodembelasting (kg/ha/a) | |
|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | N | P ₂ O ₅ |
| Concentratiegebied | 554 | 150 | 234 | 66 |
| Overgangsgebied | 462 | 125 | 195 | 55 |
| Tekortgebied | 403 | 109 | 170 | 48 |

De maaiveld- en de nettobelasting (kg/ha) van de landbouwgronden in de intrekgebieden voor de GWL zijn in Tabel 4.2 gegeven. Deze belasting is inclusief de atmosferische depositie, die de enige bron vormt voor natuurlijke vegetaties. Tabel 4.3 geeft de atmosferische depositie voor stikstof separaat en waarden voor de atmosferische depositie van fosfaat, ingeschat op basis van concentraties in natuurlijk water, en voor de potentiële zuurdepositie, afgeleid uit figuur D3.7 van het Milieucompendium (RIVM, 2001). De depositie van stikstofverbindingen levert een belangrijke bijdrage aan de potentieel-zuurdepositie.

Tabel 4.2 Maaiveldbelasting en nettobodembelasting met stikstof en fosfaat van de landbouwgronden in de intrekgebieden van de onderscheiden GWL, jaar 2000

| GWL-nr | Naam | Maaiveldbelasting (kg/ha/a) | | Nettobelasting (kg/ha/a) | |
|--------|-----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | N | P ₂ O ₅ | N | P ₂ O ₅ |
| 1 | zand Eems (intrekgebieden) | 408 | 110 | 172 | 49 |
| 2 | zand Rijn-Noord (intrekgebieden) | 453 | 123 | 191 | 54 |
| 3 | zand Rijn-Oost (intrekgebieden) | 517 | 140 | 218 | 62 |
| 4 | zand Rijn-Midden (intrekgebieden) | 551 | 149 | 233 | 66 |
| 5 | zand Rijn-West (intrekgebieden) | 463 | 125 | 195 | 55 |
| 6 | zand Maas (intrekgebieden) | 535 | 145 | 226 | 64 |
| 7 | zand Schelde (intrekgebieden) | 407 | 110 | 172 | 48 |
| 8 | klei/veen Eems | 403 | 109 | 170 | 48 |
| 9 | klei/veen Rijn-Noord | 433 | 117 | 183 | 52 |
| 10 | klei/veen Rijn-Oost | 462 | 125 | 195 | 55 |
| 11 | klei/veen Rijn-Midden | 423 | 114 | 179 | 50 |
| 12 | klei/veen Rijn-West | 437 | 118 | 185 | 52 |
| 13 | klei/veen Maas | 461 | 125 | 195 | 55 |
| 14 | klei/veen Schelde | 406 | 110 | 171 | 48 |
| 15 | duin Rijn-Noord | 403 | 109 | 170 | 48 |
| 16 | duin Rijn-West | 427 | 115 | 180 | 51 |
| 17 | duin Maas | 403 | 109 | 170 | 48 |
| 18 | duin Schelde | 403 | 109 | 170 | 48 |
| 19 | krijt Zuid-Limburg | 462 | 125 | 195 | 55 |

Tabel 4.3 Atmosferische depositie van N, P en de potentieelzuurdepositie voor de intrekgebieden van de onderscheiden GWL

| GWL-nr | Naam | N (kg/ha/a) | P (kg/ha/a) | Zuur (zr-eq/ha/a) |
|--------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------------|
| 1 | zand Eems (intrekgebieden) | 24 | 0,5 | 2000 |
| 2 | zand Rijn-Noord (intrekgebieden) | 35 | 0,5 | 2000 |
| 3 | zand Rijn-Oost (intrekgebieden) | 42 | 0,5 | 3000 |
| 4 | zand Rijn-Midden (intrekgebieden) | 46 | 0,5 | 3500 |
| 5 | zand Rijn-West (intrekgebieden) | 35 | 0,5 | 3000 |
| 6 | zand Maas (intrekgebieden) | 44 | 0,5 | 4000 |
| 7 | zand Schelde (intrekgebieden) | 23 | 0,5 | 2500 |
| 8 | klei/veen Eems | 22 | 0,5 | 2000 |
| 9 | klei/veen Rijn-Noord | 28 | 0,5 | 2000 |
| 10 | klei/veen Rijn-Oost | 37 | 0,5 | 3000 |
| 11 | klei/veen Rijn-Midden | 30 | 0,5 | 3500 |
| 12 | klei/veen Rijn-West | 31 | 0,5 | 3000 |
| 13 | klei/veen Maas | 35 | 0,5 | 4000 |
| 14 | klei/veen Schelde | 23 | 0,5 | 2500 |
| 15 | duin Rijn-Noord | 22 | 0,5 | 2000 |
| 16 | duin Rijn-West | 29 | 0,5 | 3000 |
| 17 | duin Maas | 22 | 0,5 | 2000 |
| 18 | duin Schelde | 22 | 0,5 | 2500 |
| 19 | krijt Zuid-Limburg | 37 | 0,5 | 3000 |

4.2 Belasting van landbouwgronden en natuurlijke vegetaties met zware metalen

Behalve stikstof en fosfor worden de intrekgebieden van de diverse GWL ook belast met andere stoffen uit de mest en is sprake van belasting uit andere bronnen, zoals overige landbouwchemicaliën en atmosferische depositie. De belasting aan maaiveld met de metalen cadmium, koper, nikkel en zink, volgens gegevens van het CBS, is in Tabel 4.4 tot en met Tabel 4.7 gegeven. Er is onderscheid gemaakt in de belasting in de landbouwgebieden en de overige gebieden (alleen belasting via atmosferische depositie) en daaruit is een gebiedsgemiddelde berekend.

Tabel 4.5 De maaiveldbelasting koper (Cu) voor de intrekgebieden van de onderscheiden GWL, situatie 2000

| GWL-nr | Naam | Landbouw (g/ha/a) | Overig (g/ha/a) | Gemiddeld (g/ha/a) |
|--------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| 1 | zand Eems (intrekgebieden) | 161 | 10 | 109 |
| 2 | zand Rijn-Noord (intrekgebieden) | 126 | 10 | 91 |
| 3 | zand Rijn-Oost (intrekgebieden) | 267 | 10 | 181 |
| 4 | zand Rijn-Midden (intrekgebieden) | 238 | 10 | 91 |
| 5 | zand Rijn-West (intrekgebieden) | 235 | 10 | 67 |
| 6 | zand Maas (intrekgebieden) | 423 | 10 | 233 |
| 7 | zand Schelde (intrekgebieden) | 195 | 10 | 132 |
| 8 | klei/veen Eems | 119 | 10 | 93 |
| 9 | klei/veen Rijn-Noord | 109 | 10 | 86 |
| 10 | klei/veen Rijn-Oost | 191 | 10 | 134 |
| 11 | klei/veen Rijn-Midden | 299 | 10 | 202 |
| 12 | klei/veen Rijn-West | 203 | 10 | 119 |
| 13 | klei/veen Maas | 419 | 10 | 290 |
| 14 | klei/veen Schelde | 160 | 10 | 115 |
| 15 | duin Rijn-Noord | 94 | 10 | 11 |
| 16 | duin Rijn-West | 152 | 10 | 37 |
| 17 | duin Maas | 562 | 10 | 151 |
| 18 | duin Schelde | 119 | 10 | 23 |
| 19 | Zuid-Limburg | 358 | 10 | 183 |

Tabel 4.4 De maaiveldbelasting met cadmium (Cd) voor de intrekgebieden van de onderscheiden GWL, situatie 2000

| GWL-nr | Naam | Landbouw (g/ha/a) | Overig (g/ha/a) | Gemiddeld (g/ha/a) |
|--------|-----------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| 1 | zand Eems (intrekgebieden) | 2,38 | 0,30 | 1,67 |
| 2 | zand Rijn-Noord (intrekgebieden) | 2,65 | 0,30 | 1,94 |
| 3 | zand Rijn-Oost (intrekgebieden) | 3,03 | 0,30 | 2,12 |
| 4 | zand Rijn-Midden (intrekgebieden) | 3,23 | 0,30 | 1,34 |
| 5 | zand Rijn-West (intrekgebieden) | 2,71 | 0,30 | 0,91 |
| 6 | zand Maas (intrekgebieden) | 3,13 | 0,30 | 1,83 |
| 7 | zand Schelde (intrekgebieden) | 2,38 | 0,30 | 1,67 |
| 8 | klei/veen Eems | 2,36 | 0,30 | 1,88 |
| 9 | klei/veen Rijn-Noord | 2,53 | 0,30 | 2,01 |
| 10 | klei/veen Rijn-Oost | 2,70 | 0,30 | 1,95 |
| 11 | klei/veen Rijn-Midden | 2,47 | 0,30 | 1,75 |
| 12 | klei/veen Rijn-West | 2,56 | 0,30 | 1,57 |
| 13 | klei/veen Maas | 2,70 | 0,30 | 1,94 |
| 14 | klei/veen Schelde | 2,37 | 0,30 | 1,74 |
| 15 | duin Rijn-Noord | 2,36 | 0,30 | 0,33 |
| 16 | duin Rijn-West | 2,50 | 0,30 | 0,71 |
| 17 | duin Maas | 2,36 | 0,30 | 0,82 |
| 18 | duin Schelde | 2,36 | 0,30 | 0,55 |
| 19 | Zuid-Limburg | 2,70 | 0,30 | 1,49 |

Ondanks het feit dat de gebieden met natuurlijke vegetatie meestal aanzienlijk lager belast worden dan de landbouwgebieden, kunnen de concentraties zware metalen in het grondwater in natuurgebieden hoger zijn als gevolg van een lagere zuurgraad van de bodem, aangezien landbouwgronden zonnig bekalking krijgen toegediend.

Tabel 4.6 De maaiveldbelasting met nikkel (Ni) voor de intrekgebieden van de onderscheiden GWL, situatie 2000

| GWL-nr | Naam | Landbouw (g/ha/a) | Overig (g/ha/a) | Gemiddeld (g/ha/a) |
|--------|-----------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | zand Eems (intrekgebieden) | 65 | 31 | 54 |
| 2 | zand Rijn-Noord (intrekgebieden) | 73 | 31 | 60 |
| 3 | zand Rijn-Oost (intrekgebieden) | 83 | 31 | 66 |
| 4 | zand Rijn-Midden (intrekgebieden) | 88 | 31 | 51 |
| 5 | zand Rijn-West (intrekgebieden) | 74 | 31 | 42 |
| 6 | zand Maas (intrekgebieden) | 86 | 31 | 61 |
| 7 | zand Schelde (intrekgebieden) | 65 | 31 | 54 |
| 8 | klei/veen Eems | 65 | 31 | 57 |
| 9 | klei/veen Rijn-Noord | 69 | 31 | 60 |
| 10 | klei/veen Rijn-Oost | 74 | 31 | 52 |
| 11 | klei/veen Rijn-Midden | 68 | 31 | 52 |
| 12 | klei/veen Rijn-West | 70 | 31 | 52 |
| 13 | klei/veen Maas | 74 | 31 | 52 |
| 14 | klei/veen Schelde | 65 | 31 | 52 |
| 15 | duin Rijn-Noord | 65 | 31 | 52 |
| 16 | duin Rijn-West | 68 | 31 | 52 |
| 17 | duin Maas | 65 | 31 | 52 |
| 18 | duin Schelde | 65 | 31 | 52 |
| 19 | Zuid-Limburg | 74 | 31 | 52 |

Tabel 4.7 De maaiveldbelasting met zink (Zn) voor de intrekgebieden van de onderscheiden GWL, situatie 2000

| GWL-nr | Naam | Landbouw (g/ha/a) | Overig (g/ha/a) | Gemiddeld (g/ha/a) |
|--------|-----------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|
| 1 | zand Eems (intrekgebieden) | 736 | 45 | 500 |
| 2 | zand Rijn-Noord (intrekgebieden) | 818 | 45 | 585 |
| 3 | zand Rijn-Oost (intrekgebieden) | 935 | 45 | 638 |
| 4 | zand Rijn-Midden (intrekgebieden) | 996 | 45 | 382 |
| 5 | zand Rijn-West (intrekgebieden) | 837 | 45 | 245 |
| 6 | zand Maas (intrekgebieden) | 967 | 45 | 544 |
| 7 | zand Schelde (intrekgebieden) | 735 | 45 | 500 |
| 8 | klei/veen Eems | 728 | 45 | 569 |
| 9 | klei/veen Rijn-Noord | 782 | 45 | 610 |
| 10 | klei/veen Rijn-Oost | 835 | 45 | 588 |
| 11 | klei/veen Rijn-Midden | 764 | 45 | 523 |
| 12 | klei/veen Rijn-West | 790 | 45 | 465 |
| 13 | klei/veen Maas | 833 | 45 | 585 |
| 14 | klei/veen Schelde | 733 | 45 | 524 |
| 15 | duin Rijn-Noord | 728 | 45 | 55 |
| 16 | duin Rijn-West | 771 | 45 | 182 |
| 17 | duin Maas | 728 | 45 | 219 |
| 18 | duin Schelde | 728 | 45 | 128 |
| 19 | Zuid-Limburg | 835 | 45 | 437 |

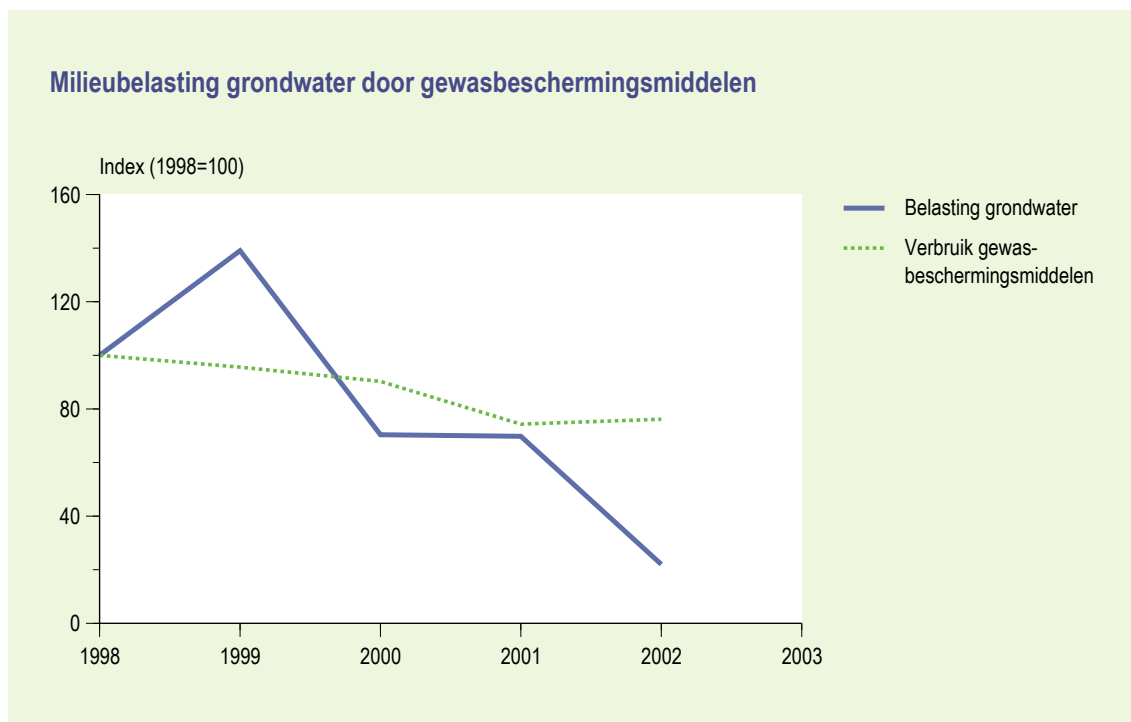
4.3 Belasting landbouwgrond met gewasbeschermingsmiddelen

In Nederland zijn per 1 mei 2004 ruim 200 werkzame stoffen toegelaten voor gebruik in gewasbeschermingsmiddelen. Gegevens over de belasting van landbouwgronden, regionaal gedifferentieerd, zijn niet beschikbaar. Alleen op basis van gegevens over middelenverkoop, geteelde gewassen, weer, middelentoeleding en landelijk gemiddelde cijfers over het gebruik per gewas is een beeld te schetsen van het geregionaliseerde gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en dus de belasting van de bodem daarmee. Om een indruk te krijgen van het mogelijk voorkomen van deze stoffen in het bovenste grondwater worden berekeningen uitgevoerd met het model GeoPEARL (Tiktak et al., 2003). Op basis van het gedrag in de bodem wordt voor stoffen met uiteenlopende fysisch-chemische eigenschappen en uiteenlopende gewassen waarin de stoffen worden gebruikt, de uitspoeling naar het grondwater berekend.

Milieubelasting van het bovenste grondwater

De belasting van het bovenste grondwater met gewasbeschermingsmiddelen is de afgelopen jaren afgenomen. Figuur 4.1 geeft de trend in de berekende grondwaterbelasting voor de periode 1998 – 2002 weer. De trend is berekend met de Nationale MilieuIndicator (NMI) voor Bestrijdingsmiddelen (Deneer et al., 2003). Dit instrument bevat een metamodel (benaderend model) van GeoPEARL; voor de berekening is gebruik gemaakt van gegevens uit de toelatingsdossiers. De grafiek geeft de relatieve milieubelasting ten opzichte van het jaar 1998, het referentiejaar voor de huidige periode van het gewasbeschermingsbeleid.

Tabel 4.8 geeft een indicatie van het totale gebruik in Nederland. Uit de cijfers over diverse perioden voor Nederland wordt duidelijk dat het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen in de afgelopen 20 jaar is afgenomen. Deze daling heeft zich ook in 2001 doorgezet en is in de jaren 2002 en 2003 gestabiliseerd (MNP, 2004).



Figuur 4.1 Trend in het verbruik van gewasbeschermingsmiddelen en in de belasting van het bovenste grondwater in de periode 1998 – 2002. Bron: Milieubalans 2004 (MNP, 2004)

Tabel 4.8 Afzet en belasting van grond- en oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen in Nederland, 1984-2000

| Gewasbeschermingsmiddel | Afzet [1.000 kg actieve stof] | | | Belasting oppervlaktewater ¹ [kg] | | | Belasting grondwater [kg] | | |
|---------------------------------|-------------------------------|--------|-------|--|-----------|-------|---------------------------|-------|-----------|
| | 1985-1990 | 1995 | 2000 | 1984-1988 | 1995-1998 | 2000 | 1984-1988 | 1995 | 1998-2000 |
| Totaal | 19.980 | 10.990 | 9.680 | | | | | | |
| Insecticiden | 680 | 500 | 260 | | | | | | |
| Carbofuran | | | | 8 | 6 | 3 | 5 | 3 | 2 |
| Oxamyl ² | | | | 380 | 170 | 0 | 290 | 130 | 0 |
| Propoxur | | | | 440 | 1.200 | 260 | 300 | 820 | 180 |
| Fungiciden | 4.300 | 4.000 | 4.500 | | | | | | |
| Carbendazim | | | | 130 | 270 | 440 | 48 | 100 | 160 |
| Chloorthalonil | | | | 1.200 | 1.700 | 5.200 | 380 | 550 | 1.600 |
| Metalaxyl ² | | | | 400 | 220 | 0 | 290 | 160 | 0 |
| Tolyfluanide | | | | 250 | 700 | 790 | 120 | 320 | 340 |
| Herbiciden | 3.700 | 3.100 | 2.600 | | | | | | |
| Asulam | | | | 150 | 510 | 730 | 18 | 63 | 89 |
| Atrazine ² | | | | 820 | 870 | 0 | 570 | 610 | 0 |
| Bentazon | | | | 830 | 690 | 290 | 570 | 480 | 200 |
| Chloridazon | | | | 400 | 500 | 320 | 130 | 170 | 100 |
| Dalapon ² | | | | 1.300 | 0 | 0 | 400 | 0 | 0 |
| Dicamba | | | | 78 | 170 | 230 | 62 | 120 | 180 |
| Dichlobenil | | | | 44 | 33 | 29 | 3 | 2 | 2 |
| Dinoseb (-acetaat) ² | | | | 6.400 | 0 | 0 | 3.600 | 0 | 0 |
| Lenacil ² | | | | 490 | 1.000 | 0 | 510 | 1.040 | 0 |
| MCPA | | | | 380 | 470 | 560 | 58 | 72 | 84 |
| Mecoprop ³ | | | | 500 | 180 | 170 | 12 | 4 | 4 |
| Metribuzin | | | | 180 | 150 | 150 | 64 | 54 | 53 |
| Propachloor | | | | 6.300 | 12.000 | 9.000 | 6.700 | 4.700 | 8.600 |
| TCA ^{2,4} | | | | 36.000 | 0 | 0 | 30.000 | 0 | 0 |
| Grondontsmettings-middelen | 9.900 | 2.400 | 1.400 | | | | | | |
| Aldicarb | | | | 2.800 | 2.700 | 2.300 | 4.500 | 4.300 | 3.700 |
| Dichloor-propeen | | | | 14.000 | 2.700 | 1.800 | 3.500 | 650 | 390 |
| Ethoprophos | | | | 420 | 120 | 150 | 110 | 33 | 40 |
| Metam-natrium ⁵ | | | | 3.300 | 900 | 470 | 1.500 | 420 | 240 |
| Overige middelen | 1.400 | 990 | 920 | | | | | | |
| Ziram | | | | 230 | 170 | 120 | 110 | 78 | 49 |

¹ Belasting van het oppervlaktewater als gevolg van de route drainage; de route drift is niet meegenomen.

² Dalapon, dinoseb en TCA zijn sinds 1995 en atrazin, lenacil, metalaxyl en oxamyl sinds 2000 niet meer op de markt

³ Mecoprop omvat ook mecoprop-p

⁴ TCA omvat ook chloralhydraat

⁵ Metam-natrium omvat ook dazomet

Tabel 4.9 Werkzame stoffen met de hoogste bijdrage aan de berekende belasting van het grondwater in de periode 1998 - 2002

| 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| CHLOORTHALONIL | PROPACHLOOR | CHLOORTHALONIL | PROPACHLOOR | CHLOORTHALONIL |
| PROPACHLOOR | CHLOORTHALONIL | PROPACHLOOR | CIS-DICHOORPROPEEN | CARBENDAZIM |
| CIS-DICHOORPROPEEN | CIS-DICHOORPROPEEN | CIS-DICHOORPROPEEN | CARBENDAZIM | ALDICARB |
| CARBENDAZIM | CARBENDAZIM | CARBENDAZIM | ALDICARB | TOLYLFLUANIDE |
| ALDICARB | ALDICARB | ALDICARB | CHLOORTHALONIL | MCPA |
| TOLYLFLUANIDE | LENACIL | TOLYLFLUANIDE | TOLYLFLUANIDE | ASULAM |
| LENACIL | TOLYLFLUANIDE | MCPA | MCPA | DICAMBA |
| METALAXYL | ATRAZIN | ASULAM | ASULAM | CIS-DICHOORPROPEEN |
| ATRAZIN | DICAMBA | DICAMBA | DICAMBA | CHLORIDAZON |
| PROPOXUR | CHLORIDAZON | METRIBUZIN | ZIRAM | ZIRAM |

Tevens geeft Tabel 4.8 inzicht in de belasting van het grond- en het oppervlaktewater. De vermindering in verbruik van grondontsmettingsmiddelen draagt sterk bij aan de reductie in uitspoeling en drainage; meer dan 50% (uitspoeling) respectievelijk 70% (drainage) van de reductie is veroorzaakt door het uit de markt halen van middelen.

Tabel 4.9 geeft voor de periode 1998-2002 de tien werkzame stoffen die gezamenlijk ongeveer 80 tot 95% van de berekende jaarlijkse belasting van het bovenste grondwater voor hun rekening nemen, zoals berekend door het model NMI (Nationale MilieuIndicator) met gegevens uit het basisdossier als invoer. De grootste verschuivingen worden veroorzaakt door het niet langer op de markt zijn van een bepaalde stof, waardoor andere stoffen relatief belangrijker worden. In vergelijking met voorgaande jaren is vooral de bijdrage van chloorthalonil in 2002 groter geworden. Dit is vooral het gevolg van de verminderde beschikbaarheid van klassieke fungiciden (de bisdithiocarbamaten).

Op basis van de verdeling van teelten over Nederland en het bodemtype kan deelstroom-gebiedsgewijs enige inschatting van de belasting van grond- en oppervlaktewater gegeven worden.

De aardappelteelt in de (vroegere) veenontginningen (Rijn-Noord), de Veenkoloniën (deelstroomgebied Eems) en de kleigebieden (Schelde) gebruikt nog steeds relatief grote hoeveelheden grondontsmettingsmiddelen. De akkerbouw in de zeekleigebieden van Zeeland (Schelde) en Groningen (Eems) gebruikt relatief veel gewasbeschermingsmiddelen. Dit geldt ook voor de bollenteelt op de geestgronden maar tegenwoordig ook elders in Rijn-West. In de akkerbouwgebieden, met name in de Wieringermeerpolder, maar ook in de gebieden met (grove) tuinbouw (Westfriesland, Westland), worden ook relatief veel van deze middelen toegepast.

De belasting zal wisselend zijn voor Rijn-Midden. De natuurlijke vegetatie op de Veluwe ontvangt weinig van deze stoffen, maar in de landbouwgebieden zullen ze worden toegepast.

5. Kwaliteit van grondwater in het landelijk gebied

Achtereenvolgens wordt in dit hoofdstuk uitwerking gegeven aan de kwaliteit van het grondwater op diverse niveaus voor stikstofverbindingen, macroparameters, sporelementen en gewasbeschermingsmiddelen.

5.1 Stikstofverbindingen

Bij de uitwerking van de kwaliteit van het grondwater voor de KRW is extra aandacht besteed aan de stikstofverbinding nitraat, aangezien van deze parameter overschrijdingen bekend zijn van de grenswaarde (50 mg/l) zoals door de EU gesteld. Gemiddelde waarden zijn bepaald voor de diverse meetniveaus (hoofdstuk 3). Het bovenste grondwater is 'early warning level' (EWL) en voor de GWL in klei- en veenlagen is dit ook het 'compliance checking level' (CCL). In de zandlagen zijn diepere CCL aanwezig. De overige stikstofverbindingen zijn eveneens relevant: de concentraties van N_{totaal} die vanuit ondiepe GWL in de afdekkende klei- en veenlagen naar het oppervlaktewater stromen, mogen de richtinggevende waarde voor dat water niet overschrijden.

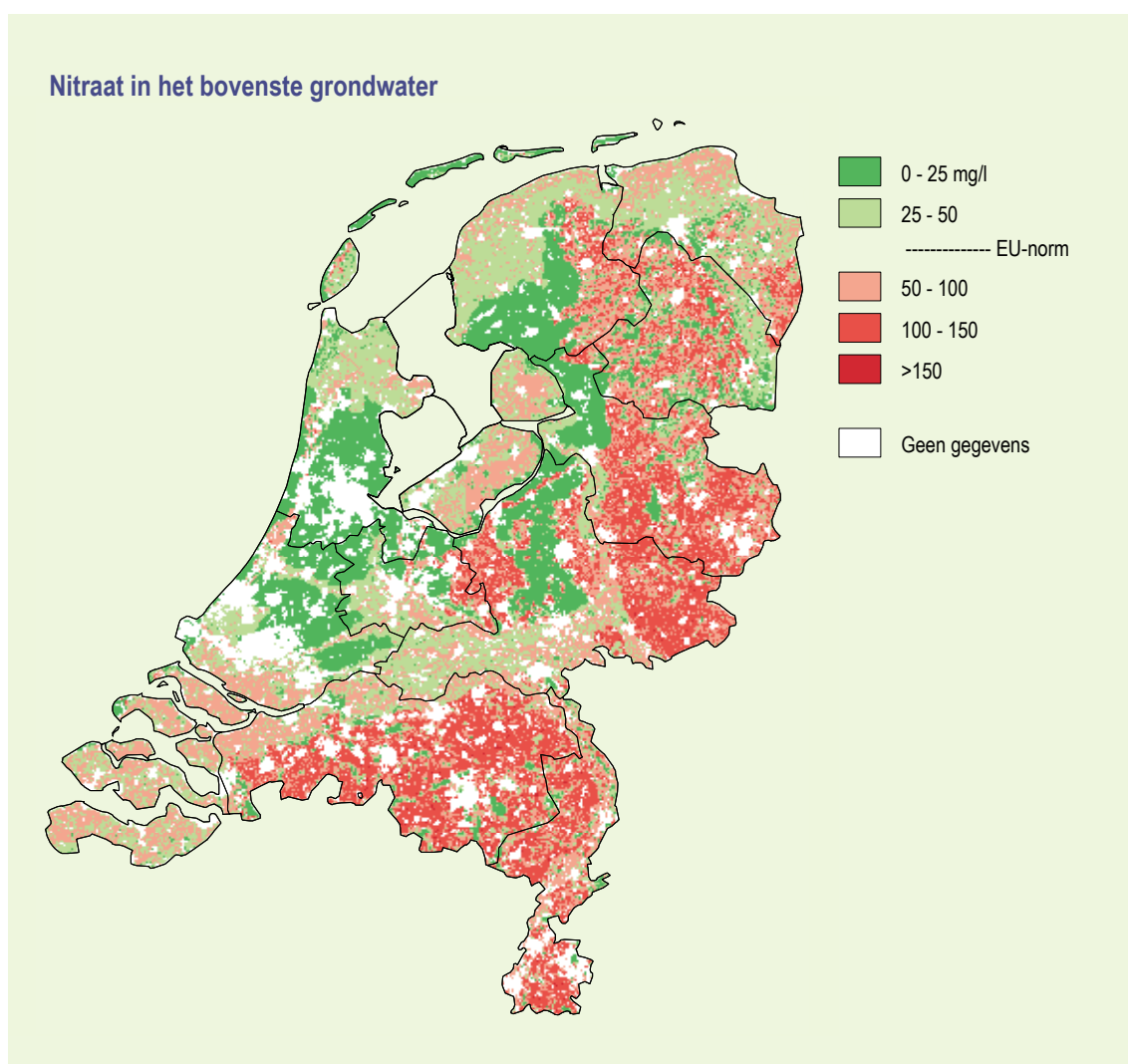
5.1.1 Het bovenste grondwater

In het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) en het Trendmeetnet Verzuring (TMV) worden de effecten de uit de bovengrond uitspoelende stikstof gemeten van respectievelijk landbouwgronden en bos/natuurterreinen in het landelijk gebied van Nederland. De resultaten hebben niet voor alle gebieden betrekking op hetzelfde watertype. Voor de zandgebieden zijn de waarden bepaald in het grondwater op minder dan één meter onder de grondwaterstand. In het lössgebied geven de waarden de kwaliteit aan van het bodemvocht in de onverzadigde zone. Bodemvocht is geen grondwater, maar de waarden voor het lössgebied geven wel aan hoeveel nitraat er uitspoelt en dit meetnet is daarom een 'early warning' voor het onderliggende (diepe) grondwater. Bij de GWL, die bestaan uit de toplaag in klei- en veengebieden, is vooral drain- en slootwater bemonsterd; de concentraties hierin representeren de kwaliteit van het naar het oppervlaktewater drainerende grondwater in die GWL.

De gemiddelde nitraatconcentraties van het uit de bodem spoelende water voor de periode 1997-2003 zijn weergegeven in Figuur 5.1. De waarden die gelden voor gebieden van 25 ha (gridcellen), zijn op verschillende manieren verkregen. In de zandgebieden zijn voor het LMM tijdelijke putten gemaakt op 160 landbouwbedrijven in de periode 1997-2003. Voor elk bedrijf is een gemiddelde nitraatconcentratie bepaald in het bovenste grondwater en zijn de kenmerkende eigenschappen van het bedrijf vastgesteld door middel van overlays met GIS-gegevens. Vervolgens is een statistische relatie geformuleerd tussen de gemiddelde nitraatconcentratie en de eigenschappen van het bedrijf. De statistische relatie is gebruikt om voor het landbouwgebied in gridcellen van 25 ha in het zandgebied de gemiddelde nitraatconcentratie te schatten. De kenmerkende eigenschappen hebben betrekking op het neerslagoverschot, de mestgift, de verdeling van de grondsoorten, de verdeling van het grondgebruik en de stand van het grondwater (Gt) in die gebieden (Boumans et al., 2005). Voor gebieden met bos en natuurlijke vegetatie is in circa 130 gridcellen van 25 ha de gemiddelde nitraatconcentratie in het bovenste grondwater bepaald. Ook deze waarden zijn geëxtrapoléerd naar overige gebieden van 25 ha op basis van de verdeling van de grondsoorten en landbedekking.

Voorts is in afwijking van de methode in Boumans et al. (2004) niet gerekend met depositiegegevens maar is gebruik gemaakt van gegevens over het gebruik van dierlijke mest in het omringende gebied.

De provincie Limburg heeft het bodemvocht bemonsterd op 130 percelen van boomgaarden en landbouwbedrijven in het lössgebied. RIVM heeft de resultaten geëxtrapoleerd. LMM omvatte tevens circa 55 bedrijven in de kleigebieden waarvan drainwater is bemonsterd als indicatie voor het bovenste grondwater en circa 20 bedrijven in de veengebieden waar het water uit sloten is bemonsterd. De resultaten zijn weer geëxtrapoleerd naar gebieden van 25 ha. Overigens zijn in de klei- en veengebieden ook putten bemonsterd, die voor de weergegeven extrapolatie niet zijn gebruikt. Samen met de gegevens voor de zandgebieden is hiermee het landsdekkende beeld voor Nederland in Figuur 5.1 samengesteld (landelijk gebied).



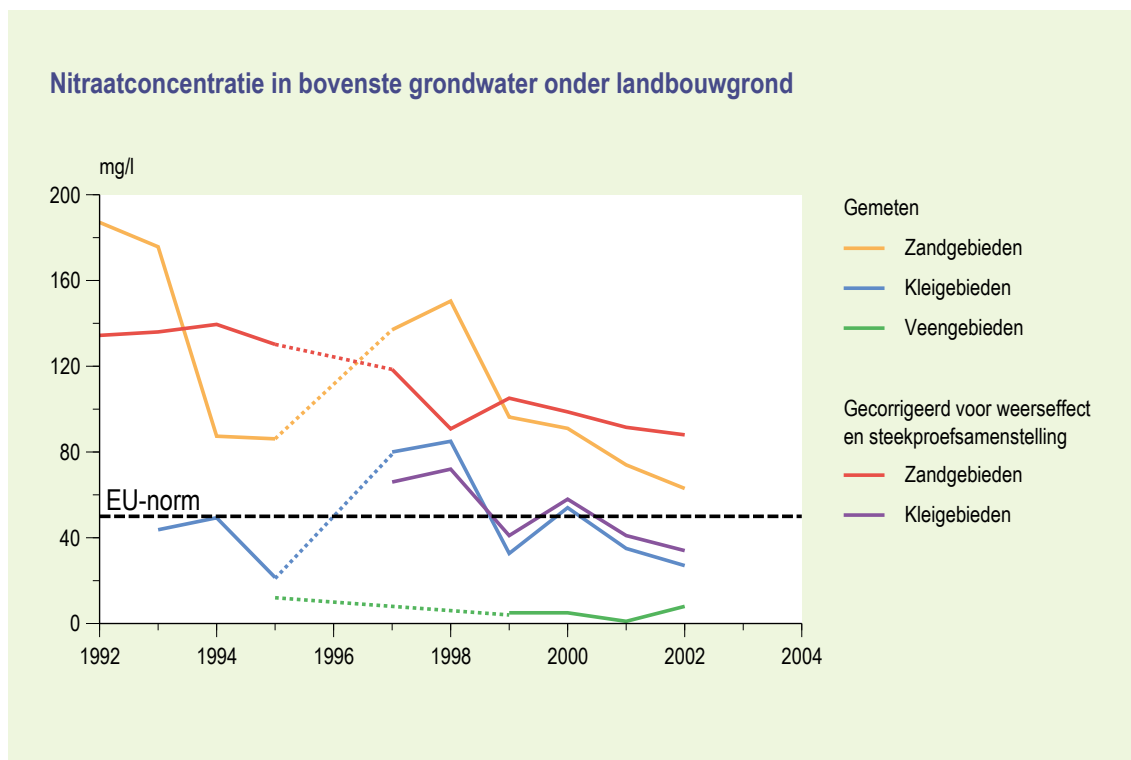
Figuur 5.1 Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van zandgronden (bos/natuur/landbouw), in het drainwater van kleigronden (landbouw), in het bodemvocht van lössgronden (landbouw) en in slotwater van veengronden (landbouw) in de periode 1997-2003 (naar Boumans et al., 2004 en Boumans et al., 2005)

Het beeld van Figuur 5.1 geeft aanleiding tot de volgende opmerkingen:

1. De resultaten van de 'early warning' voor de zandgebieden zijn verontrustend in de zin dat de nitraatconcentraties van het bovenste grondwater in grote gebieden hoger zijn dan 100 mg/l. Hetzelfde geldt voor het bodemvocht in het lössgebied van Zuid-Limburg. Voor de zandgebieden is het aannemelijk dat de concentraties in het bovenste grondwater op veel plaatsen verder zullen afnemen tijdens het transport naar het grondwater in diepere lagen. De lösslagen van Zuid-Limburg bezitten die eigenschap veel minder. In de bronnen langs de plateaus zijn in grote gebieden relatief hoge concentraties van circa 80 mg/l gemeten (Meinardi, 2004).
2. Nitraatconcentraties van het drainwater in de kleigebieden zijn in recent bedijkte zeekleigebieden op veel plaatsen hoger dan 50 mg/l. Dit betekent dat de ondiepe GWL in de met klei- en veenlagen afgedekte gebieden voor een deel 'at risk' zijn. Dit geldt met name voor de GWL waar het aandeel van de gebieden met veenbodems relatief gering is, zoals in de stroomgebieden van de Schelde en van Rijn-Midden (Flevopolders).
3. De nitraatconcentraties van het bovenste grondwater in de veengebieden, die afgeleid zijn van drainerende perceelssloten zijn meest relatief laag en vaak vrijwel nul. Deze situatie maakt dat het gemiddelde voor de betrokken GWL omlaag gaat. Daarentegen kunnen de vanuit de bodem toestromende concentraties van ammonium (NH_4) en totaal-N aanzienlijk zijn. Dat kan gevolgen hebben voor aquatische ecosystemen die afhankelijk zijn van het toestromende grondwater.

Overigens is, onder invloed van het mestbeleid, de laatste jaren sprake van een trend waarbij de concentraties in het bovenste grondwater dalen (Figuur 5.2; Fraters et al., 2004).

In Tabel 5.1 zijn voor de onderscheiden GWL en een aantal deelgebieden daarin de gemiddelde nitraatconcentraties voor de periode 1997-2003 gegeven.



Figuur 5.2 Trend in nitraatconcentratie (mg/l) in het bovenste grondwater per grondsoortgebied (Bron: Fraters et al., 2004)

Tabel 5.1 Concentraties nitraat (mg/l) in de diverse grondwaterlichamen en op verschillende diepten (bronnen: Boumans et al. (2005), Reijnders et al. (2004) en KIWA (2004))

| GWL Nr. | Naam | | Bovenste grondwater | Ondiep grondwater (ca. 10 m-mv) | Ondiep (alleen zoet) ca. 10 m-mv | Middeldiep grondwater ca. 25 m-mv | Middeldiep (alleen zoet) ca. 25 m-mv | Grondwater waterwinplaatsen |
|---------|------------------------|--------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | zand | Eems | 52 | 5,1 | 5,9 | 1,3 | 1,4 | 0,4 |
| 2 | zand | Rijn-Noord | 59 | 7,7 | 12,5 | 2,4 | 3,7 | 0,4 |
| 3 | zand | Rijn-Oost | 56 | 21,9 | 22,1 | 4,1 | 4,2 | 6,4 |
| 3a | Salland | Rijn-Oost | 56 | 18,6 | | 4,9 | | |
| 3b | Twente+Achterhoek | Rijn-Oost | 60 | 37 | | 0,4 | | |
| 4 | zand | Rijn-Midden | 42 | 15 | 24,4 | 19 | 31 | 4,1 |
| 5 | zand | Rijn-West | 34 | 6,3 | 10,4 | 4,5 | 7,3 | 3,5 |
| 5 | zand; oeverinfiltratie | Rijn-West | | | | | | 0,9 |
| 6 | zand | Maas | 96 | 38 | 42,8 | 2,9 | 3,2 | 2,0 |
| 6a | Peel+Midden-Limburg | Maas | 92 | 65 | | 0,4 | | |
| 6b | Centrale Slenk | Maas | 96 | 25 | | 0,8 | | |
| 6c | Noord-West-Brabant | Maas | 103 | 55 | | 9,7 | | |
| 7 | zand | Schelde | 64 | 3,8 | 55,4 | 1,6 | 9,7 | 0,4 |
| 8 | klei/veen | Eems | 41 | | | | | |
| 9 | klei/veen | Rijn-Noord | 35 | | | | | |
| 10 | klei/veen | Rijn-Oost | 28 | | | | | |
| 11 | klei/veen | Rijn-Midden | 42 | | | | | |
| 12 | klei/veen | Rijn-West | 33 | | | | | |
| 13 | klei/veen | Maas | 57 | | | | | |
| 14 | klei/veen | Schelde | 54 | | | | | |
| 15 | duinen | Rijn-Noord | 12 | 0,2 | | 0,3 | | 0,4 |
| 16 | duinen | Rijn-West | 14 | 0,2 | | 0,3 | | 2,3 |
| 16 | duinen; infiltratie | Rijn-West | | | | | | 4,9 |
| 17 | duinen | Maas | 18 | 0,2 | | 0,3 | | 4,0 |
| 18 | duinen | Schelde | 18 | 0,2 | | 0,3 | | 7,1 |
| 19 | krijt | Zuid-Limburg | 84 | 55 | | 39 | | 11,9 |

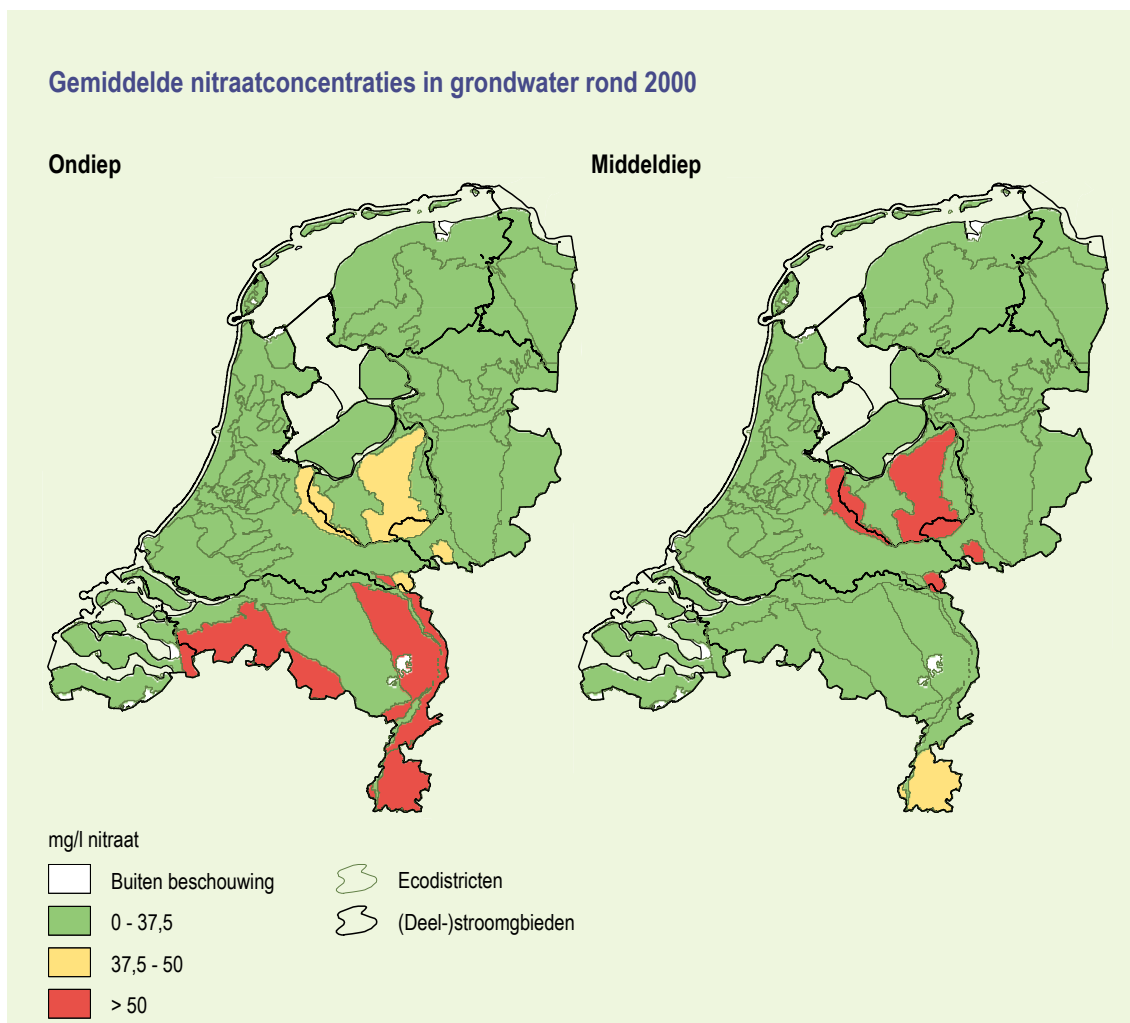
5.1.2 Nitraatconcentraties in het ondiepe en middeldiepe grondwater

De resultaten van het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) zijn op twee diepten gedefinieerd. Het ondiepe niveau van grondwaterstand 5 tot 15 m-mv betreft vooral het bovenste (eerste) van de drie filters in de putten. Het middeldiepe niveau omvat de filters dieper dan 15 m-mv, dit zijn meestal de diepste (derde) filters. Het overgrote deel van de eerste filters ligt op een diepte van circa 10 m-mv en van de derde filters op circa 25 m-mv. In gebieden met diepe grondwaterstanden, vooral de Veluwe en Zuid-Limburg, kan het bovenste filter al in het middeldiepe niveau vallen. Na optimalisatie van het LMG wordt nu per jaar een wisselend aantal parameters bepaald in de monsters. Voor het weergeven van de toestand van het grondwater is gekozen voor de gemiddelde waarden over de periode 1998-2002.

Figuur 5.3 geeft de situatie in een gemiddeld weerjaar omstreeks het jaar 2000 weer.

Het LMG bestaat uit circa 400 putten die regelmatig over Nederland verspreid zijn. Gemiddelde waarden voor de gekozen niveaus zijn bepaald voor ecodistrictsgroepen¹⁾ waarin Nederland kan worden verdeeld. Deze gebieden liggen overwegend binnen één bepaald GWL en bovendien is hun

1) Ecodistrictsgroepen zijn samenvoegingen van de 27 ecodistricten zoals ze door Klijn (1988) zijn afgeleid. Deze samenvoegingen hebben plaatsgevonden om een voldoende aantal waarnemingspunten te hebben binnen een gebied en op deze wijze betrouwbaardere kengetallen te krijgen (Reijnders et al., 2004). De ecodistrictsgroepen in deze studie zijn overigens licht afwijkend van die in Reijnders et al., 2004. Dat geldt met name voor de nieuw geïntroduceerde groep Twente-Achterhoek en de groepen Oost-Groningen en Vecht en Zuid-Drenthe.



Figuur 5.3 Gemiddelde nitraatconcentraties in ondiep en middeldiep grondwater rond 2000 (Reijnders et al., 2004)

oppervlakte bekend, zodat het mogelijk is om een naar grootte gewogen gemiddelde voor ieder GWL te bepalen. Het stroomgebied van de Eems scheidt echter wel delen van ecodistrictsgroepen. Bij Figuur 5.3 moet tevens worden bedacht dat de ecodistrictsgroepen niet steeds aaneengesloten gebieden zijn. Zo bestaat de groep van de grote stuwwallen uit het geheel van Veluwe heuvels, Utrechtse Heuvelrug, Montferland en de heuvels van het Rijk van Nijmegen. Verder geldt dat het aantal putten per groep verschillend zal zijn en soms klein, zodat individuele putten relatief zwaar meetellen in het gemiddelde. In Tabel 5.2 zijn de grootten van de gebieden en de aantallen waarnemingen weergegeven, evenals de berekende gemiddelde nitraatconcentraties op de twee diepteniveaus. Dit is een nadere onderverdeling van de in Tabel 5.1 gegeven waarden.

Naast het LMG zijn door diverse provincies Provinciale Meetnetten Grondwaterkwaliteit (PMG) ingericht. De waarnemingen uit die PMG zijn niet gebruikt voor de eerste karakterisering ten behoeve van de KRW. Daarvoor zijn de volgende redenen:

1. Niet voor alle provincies zijn gegevens uit een PMG bekend, het beeld is niet landsdekkend;
2. De opzet van de PMG verschilt voor sommige provincies van het LMG (filterdiepten);
3. Bemonstering en analyse zijn deels verschillend van die van het LMG.

In een later stadium zal nagegaan moeten worden of het mogelijk is de PMG-gegevens te combineren met die van LMG.

Tabel 5.2 Gemiddelde nitraatconcentraties in de aangegeven ecodistrictsgroepen en in de onderscheiden GWL over de periode 1998-2000. Ondiep betreft vooral het eerste filter (circa 10 m-mv) en middeldiep het derde filter (circa 25 m-mv)

| Stroom-gebied | Eco-districtgroep | Oppervlakte (ha) | Ondiep | | | Middeldiep | | |
|---------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|---|--|-----------------------|---|--|
| | | | Aantal wrn. 1998-2002 | Gemidd. conc. NO ₃ -periode 1998-2002 (mg/l) | Gemidd. conc. NO ₃ -gewogen naar oppervlakte (mg/l) | Aantal wrn. 1998-2002 | Gemidd. conc. NO ₃ -periode 1998-2002 (mg/l) | Gemidd. conc. NO ₃ -gewogen naar oppervlakte (mg/l) |
| 1 Eems | Keileem | 48300 | 148 | 18,5 | 5,1 | 60 | 4,8 | 1,3 |
| | Oost-Groningen | 132400 | 68 | 1,3 | | 21 | 0,2 | |
| | Vecht en Zuid-Drenthe | 2675 | 35 | 5,2 | | 11 | 0,2 | |
| | Nrd. zeekleigebieden | 49050 | 29 | 2,2 | | 21 | 0,9 | |
| 2 Rijn-Noord | Keileem | 158275 | 148 | 18,5 | 7,7 | 60 | 4,8 | 2,4 |
| | Nrd. zeekleigebieden | 208225 | 29 | 2,2 | | 21 | 0,9 | |
| | polders en droogmakerijen | 350 | 29 | 0,1 | | 21 | 0,1 | |
| | Laagveengebieden | 79250 | 63 | 0,4 | | 31 | 1,6 | |
| 3 Rijn-Oost | Stuwwallen | 23300 | 88 | 38,6 | 21,9 | 33 | 56,2 | 4,1 |
| | Keileem | 112975 | 148 | 18,5 | | 60 | 4,8 | |
| | Oostelijk dekzandgebied | 224275 | 132 | 27,8 | | 46 | 2,6 | |
| | Gelderse-Vallei en Veluwezoom | 200 | 48 | 9,7 | | 17 | 2,4 | |
| | Oost-Groningen | 25 | 68 | 1,3 | | 21 | 0,2 | |
| | Vecht en zuid-drenthe | 82825 | 35 | 5,2 | | 11 | 0,2 | |
| | Twente en Achterhoek | 120225 | 30 | 36,8 | | 8 | 0,4 | |
| | Rivierengebied | 54400 | 79 | 12,7 | | 50 | 4,0 | |
| | Nrd. zeekleigebieden | 6950 | 29 | 2,2 | | 21 | 0,9 | |
| | polders en droogmakerijen | 500 | 29 | 0,1 | | 21 | 0,1 | |
| | Laagveengebieden | 51575 | 63 | 0,4 | | 31 | 1,6 | |
| 4 Rijn-Midden | Stuwwallen | 126300 | 88 | 38,6 | 15,0 | 33 | 56,2 | 19,0 |
| | Keileem | 50 | 148 | 18,5 | | 60 | 4,8 | |
| | Gelderse-Vallei en Veluwezoom | 83200 | 48 | 9,7 | | 17 | 2,4 | |
| | Rivierengebied | 9150 | 79 | 12,7 | | 50 | 4,0 | |
| | Nrd. zeekleigebieden | 2175 | 29 | 2,2 | | 21 | 0,9 | |
| | polders en droogmakerijen | 148700 | 29 | 0,1 | | 21 | 0,1 | |
| | Laagveengebieden | 19050 | 63 | 0,4 | | 31 | 1,6 | |
| 5 Rijn-West | Peelhorst en Maasterrassen | 3675 | 87 | 65,1 | 6,3 | 29 | 0,4 | 4,5 |
| | Stuwwallen | 34275 | 88 | 38,6 | | 33 | 56,2 | |
| | Gelderse-Vallei en Veluwezoom | 75 | 48 | 9,7 | | 17 | 2,4 | |
| | Rivierengebied | 210850 | 79 | 12,7 | | 50 | 4,0 | |
| | Nrd. zeekleigebieden | 80675 | 29 | 2,2 | | 21 | 0,9 | |
| | polders en droogmakerijen | 114825 | 29 | 0,1 | | 21 | 0,1 | |
| | Laagveengebieden | 165700 | 63 | 0,4 | | 31 | 1,6 | |
| | Zdl. zeekleigebieden | 111700 | 38 | 0,6 | | 21 | 1,1 | |
| 6 Maas | Peelhorst en Maasterrassen | 174100 | 87 | 65,1 | 37,9 | 29 | 0,4 | 2,9 |
| | Zuid-West-zandgeb. | 137525 | 62 | 55,4 | | 27 | 9,7 | |
| | Centrale Slenk | 218550 | 103 | 25,3 | | 42 | 0,8 | |
| | Stuwwallen | 1150 | 88 | 38,6 | | 33 | 56,2 | |
| | Rivierengebied | 58125 | 79 | 12,7 | | 50 | 4,0 | |
| | Zdl. zeekleigebieden | 77750 | 38 | 0,6 | | 21 | 1,1 | |
| 7 Schelde | Zuid-West-zandgeb. | 10800 | 62 | 55,4 | 3,8 | 27 | 9,7 | 1,6 |
| | Zdl. zeekleigebieden | 175350 | 38 | 0,6 | | 21 | 1,1 | |
| 15 Rijn-Noord | Duinen en Strandwallen | 18425 | 72 | 0,2 | 0,2 | 16 | 0,3 | 0,3 |
| 16 Rijn-West | Duinen en Strandwallen | 65125 | 72 | 0,2 | 0,2 | 16 | 0,3 | 0,3 |
| 17 Maas | Duinen en Strandwallen | 2900 | 72 | 0,2 | 0,2 | 16 | 0,3 | 0,3 |
| 18 Schelde | Duinen en Strandwallen | 5600 | 72 | 0,2 | 0,2 | 16 | 0,3 | 0,3 |
| 19 Maas | Zuid-Limburg | 61025 | 9 | 54,9 | 54,9 | 9 | 38,9 | 38,9 |

De volgende opmerkingen kunnen worden gemaakt bij Figuur 5.3:

1. In Figuur 5.3 zijn vooral de zandgebieden interessant. De nitraatconcentraties in zandige GWL onder klei- en veenlagen zijn gering om twee redenen. De eerste is dat de reistijden in de bodem van dat grondwater vaak relatief lang zijn en de tweede dat de nitraatconcentratie eveneens zal verminderen bij infiltratie door veenlagen als gevolg van omzetting. Andere componenten, zoals totaal-N en totaal-P kunnen wel relatief hoge waarden aannemen (deels door natuurlijke oorzaken). Ook de chlorideconcentraties kunnen hoog zijn in de GWL van de kustgebieden.
2. De waarden gegeven voor de Veluwe en voor Zuid-Limburg vertegenwoordigen niet de werkelijke situatie. Door de diepe grondwaterstanden in die gebieden zijn de LMG-putten vooral in lagere delen geplaatst (relatief veel landbouw), zodat de berekende gemiddelde waarden niet representatief (te hoog) zijn. Bij de eerste karakterisering voor de KRW is rekening gehouden met de door beken (sprengen) en bronnen afgevoerde concentraties. De gemiddelde nitraatconcentratie voor de Veluwe neemt daardoor af en die voor Zuid-Limburg neemt toe (tot circa 50 mg/l) ten opzichte van de waarnemingen in het LMG.
3. In delen van het zuidelijk zandgebied (deelgebieden 6a en 6c) zijn nitraatconcentraties in het ondiepe grondwater (circa 10 m-mv) bepaald van meer dan 50 mg/l. Dit houdt in dat de gemiddelde waarde voor de zandige GWL in het stroomgebied van de Maas ook relatief hoog zijn en dat het GWL ook voor dit aspect 'at risk' is. De gemiddelde waarde blijft beneden de grenswaarde in de zandige aquifers onder de klei- en veenlagen in het westen.

5.1.3 Het diepere grondwater van grondwaterwinplaatsen

In het algemeen zal het grondwater dat voor de openbare watervoorziening wordt gewonnen, afkomstig zijn van lagen onder het middeldiepe niveau waarop het derde filter van LMG ligt. Dat is echter niet altijd het geval. In gebieden met relatief dunne watervoerende lagen zullen de winputten ook een relatief geringe diepte hebben, zoals in het oosten van Gelderland en in de Peel. De reistijden in de bodem van het opgepompte water zijn in die gevallen relatief kort, waardoor het water de kenmerken van recente verontreinigingen kan dragen. De gemiddelde concentraties zijn inderdaad enigszins hoger dan in de rest van Nederland. Eenzelfde situatie geldt voor de oeverwaterwinplaatsen langs de Lek, waarbij het lokale grondwater bovendien niet afkomstig is van het lokale neerslagoverschot, maar grotendeels uit de rivier.

De kwaliteit van het door de winplaatsen van de openbare watervoorziening opgepompte grondwater is door KIWA (2004) gerapporteerd. Hieruit volgen de waarden van Tabel 5.3. Deze waarden zijn ook beschikbaar per winplaats.

5.2 Overzicht van hoofdcomponenten en sporelementen in het grondwater

Vrijwel alle stoffen die in de natuur voorkomen, zijn in opgeloste vorm ook aanwezig in het grondwater, maar wel in sterk wisselende concentraties. De chemische verbindingen die het meest voorkomen (meestal in concentraties met een orde van grootte van mg/l) worden de hoofdcomponenten genoemd. In de Nederlandse situatie zijn dat calcium, chloride, biocarbonaat, kalium, magnesium, natrium, nitraat, ammonium en sulfaat en eventueel ook ijzer en mangaan.

Spoorelementen, met name zware metalen zoals aluminium, koper, nikkel, zink enzovoort, komen in de regel in (veel) lagere concentraties voor. Dit geldt ook voor de organische verbindingen.

Tabel 5.3 Per GWL gemiddelde nitraatconcentraties in winputten van de waterleiding-bedrijven (wvp= waterwinplaatsen, bkf-okf= bovenkant filter tot onderkant filter)

| GWL-nr | Naam | Aantal wvp | Gem. filterdiepten bkf-okf (mv-m) | Gem. conc. nitraat (mg/l) |
|--------|-----------------|------------|--------------------------------------|------------------------------|
| GWL1 | Eems | 9 | 46-86 | 0,4 |
| GWL2 | Rijn-Noord | 5 | 44-90 | 0,4 |
| GWL3 | Rijn-Oost | 55 | 27-56 | 6,4 |
| GWL4 | Rijn-Midden | 27 | 43-81 | 4,1 |
| GWL5 | Rijn-West | 46 | 41-81 | 2,4 |
| GWL6 | Maas | 49 | 54-118 | 2,0 |
| GWL7 | Schelde | 5 | 46-98 | 0,4 |
| GWL15 | Rijn-Noord-duin | 5 | 20-32 | 0,4 |
| GWL16 | Rijn-West-duin | 3 | 13-42 | 4,0 |
| GWL17 | Maas-duin | 1 | 5-21 | 4,0 |
| GWL18 | Schelde-duin | 1 | 5-20 | 7,1 |
| GWL19 | Zuid-Limburg | 16 | 31-73 | 11,9 |

dingen, waarvan er duizenden zijn die in het algemeen geen natuurlijke oorsprong hebben. Voor de KRW relevante organische stoffen zijn trichlooretheen ('tri'), tetrachlooretheen ('tetra') en de gewasbeschermingsmiddelen.

De hoofdcomponenten en ook veel anorganische spoorelementen zijn voor een deel van natuurlijke oorsprong, het andere deel is een gevolg van menselijke activiteiten. Het is echter niet eenvoudig beide componenten van elkaar te onderscheiden aangezien de natuurlijke factoren die een rol spelen relatief complex zijn. De belangrijkste versturende factor in Nederland is de aanwezigheid van zout (zee)water dat in diverse mengverhoudingen met zoet grondwater aanwezig is in de bodem.

Voor zoet grondwater heeft Meinardi (2003) basiswaarden afgeleid voor de hoofdcomponenten en circa 50 spoorelementen, die bij benadering gelijk zijn aan de natuurlijke achtergrondconcentraties in grondwater dat afkomstig is uit de lokale neerslag. Dergelijk grondwater is vooral aanwezig in de zandgebieden op diepten van 25 m-mv en meer tot de diepte waar invloed merkbaar is van brak grondwater op grotere diepte dat in vrijwel de hele Nederland bodem is aangetroffen. Het ondiepere, maar wel zoete, grondwater draagt vrijwel overal de sporen van menselijke invloed die in het landelijk gebied vooral bemesting betreft. Een bijzonder geval zijn de relatief hoge concentraties van zware metalen onder natuurlijke vegetatie die een gevolg zijn van atmosferische depositie en een toegenomen verzuring van het grondwater. De metalen worden meer mobiel bij een lagere zuurgraad.

De kwaliteit van het bovenste grondwater in de zandgebieden (Early Warning Level) en in de klei- en veengebieden (Early Warning en Compliance Checking Level) zoals gerapporteerd voor de KRW is afgeleid uit de gemiddelde waarnemingen over 1998-2002 in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) en het Trendmeetnet Verzuring (TMV).

Voor de hoofdcomponenten, met uitzondering van nitraat, en de spoorelementen is een eenvoudigere methode gebruikt om de concentraties te berekenen per grondwaterlichaam dan de extrapolatie zoals voor nitraat beschreven in paragraaf 5.1.1. De waarden voor heel Nederland uit de genoemde meetnetten zijn verdeeld in zes categorieën: Landbouw op zand; Landbouw op klei; Landbouw op veen; Natuur op zand; Natuur op klei; Natuur op veen. Verder is een onderscheid naar noord en zuid Nederland gemaakt. Met behulp van gegevens over het landgebruik in het betreffende stroomgebied zijn de gemiddelden voor de gekozen categorieën daarna toegeedeeld

aan het bovenste grondwater in de desbetreffende gebieden voor de zand- (intrekgebieden) en klei/veengebieden. De naar oppervlakte gewogen gemiddelden zijn opgenomen in Tabellen 5.4 en 5.5. Voor het Zuid-Limburgse kalkgebied zijn gegevens gebruikt uit het onderzoek naar bronnen en beken (Meinardi, 2004).

De kwaliteit van het grondwater op diepten van 10 m-mv en 25 m-mv (compliance checking levels), zoals waargenomen in het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit, is beschreven in Reijnders et al. (2004). De basiseenheden voor die beschrijving zijn de ecodistrictgroepgebieden van Nederland, waarin een relatief homogene situatie van het grondwater heerst en waarvoor gemiddelde waarden voor het grondwater op de aangegeven diepten zijn bepaald. Het aldus verkregen beeld is landsdekkend. De waarden voor die gebieden over de periode 1998-2002 zijn gebruikt voor de eerste karakterisering voor de KRW. Hiertoe is voor elk van de aangehouden GWL bepaald welke delen tot de beschreven ecodistrictgroepgebieden behoren (zoals voor nitraat toegepast in Tabel 5.2). De gemiddelde waarde voor het gehele GWL is daarna gelijkgesteld aan het naar oppervlakte gewogen gemiddelde van de waarden voor de diverse delen.

In de Tabellen 5.4 en 5.5 (bovenste grondwater), 5.6 en 5.7 (grondwater op een diepte van circa 10 m-mv), 5.8 en 5.9 (grondwater op een diepte van circa 25 m-mv) en 5.10 en 5.11 (grondwater in winningen) zijn de gemiddelde concentraties voor de verschillende hoofdcomponenten en spoorelementen gegeven.

Tabel 5.4 Gemiddelde concentraties van hoofdcomponenten in het bovenste grondwater van de grondwaterlichamen (circa 1-2 m-mv)

| GWL Nr. | Naam | | Cl g/m ³ | Ca g/m ³ | Mg g/m ³ | NH ₄ g/m ³ | NO ₃ g/m ³ | t-N g/m ³ | o-P g/m ³ | t-P g/m ³ | SO ₄ g/m ³ | O ₂ g/m ³ | EC mS/m | pH | Hardheid mol/m ³ |
|---------|---------------------|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------|-----|--------------------------------|
| 1 | zand (ig) | Eems | 57 | 67 | 15 | 2,2 | 52 | 16 | 0,2 | 0,3 | 83 | | 83 | 5,6 | |
| 2 | zand (ig) | Rijn-Noord | 49 | 65 | 14 | 1,9 | 59 | 17 | 0,2 | 0,2 | 74 | | 78 | 5,7 | |
| 3 | zand (ig) | Rijn-Oost | 59 | 71 | 14 | 1,3 | 56 | 16 | 0,1 | 0,2 | 78 | | 106 | 5,7 | |
| 3a | Salland | Rijn-Oost | 62 | 74 | 15 | 1,4 | 56 | 16 | 0,1 | 0,2 | 82 | | 108 | 5,7 | |
| 3b | Twente+Achterhoek | Rijn-Oost | 45 | 61 | 12 | 1,1 | 60 | 16 | 0,1 | 0,2 | 62 | | 99 | 5,5 | |
| 4 | zand (ig) | Rijn-Midden | 39 | 44 | 9 | 0,7 | 42 | 12 | 0,1 | 0,1 | 53 | | 184 | 5,3 | |
| 5 | zand (ig) | Rijn-West | 53 | 52 | 11 | 0,6 | 34 | 10 | 0,1 | 0,1 | 64 | | 196 | 5,0 | |
| 6 | zand (ig) | Maas | 79 | 64 | 17 | 0,7 | 96 | 25 | 0,1 | 0,1 | 86 | | 155 | 5,1 | |
| 6a | Peel+Midden-Limburg | Maas | 141 | 80 | 22 | 0,8 | 92 | 24 | 0,1 | 0,1 | 99 | | 184 | 5,4 | |
| 6b | Centrale Slenk | Maas | 47 | 54 | 14 | 0,6 | 96 | 25 | 0,1 | 0,1 | 78 | | 143 | 5,0 | |
| 6c | Noord-West-Brabant | Maas | 41 | 55 | 14 | 0,6 | 103 | 26 | 0,1 | 0,1 | 78 | | 134 | 5,0 | |
| 7 | zand (ig) | Schelde | 481 | 161 | 50 | 1,1 | 64 | 17 | 0,1 | 0,2 | 160 | | 327 | 6,3 | |
| 8 | klei/veen | Eems | 229 | 212 | 38 | 1,0 | 41 | 12 | 0,2 | 0,3 | 242 | | 167 | 7,0 | |
| 9 | klei/veen | Rijn-Noord | 203 | 186 | 36 | 2,0 | 35 | 11 | 0,3 | 0,4 | 225 | | 149 | 6,7 | |
| 10 | klei/veen | Rijn-Oost | 138 | 123 | 29 | 3,9 | 28 | 12 | 0,4 | 0,5 | 177 | | 105 | 6,1 | |
| 11 | klei/veen | Rijn-Midden | 196 | 183 | 34 | 1,2 | 42 | 12 | 0,2 | 0,3 | 212 | | 160 | 6,7 | |
| 12 | klei/veen | Rijn-West | 186 | 170 | 33 | 1,8 | 33 | 11 | 0,2 | 0,3 | 207 | | 147 | 6,3 | |
| 13 | klei/veen | Maas | 636 | 202 | 63 | 1,4 | 57 | 15 | 0,2 | 0,3 | 193 | | 388 | 6,9 | |
| 14 | klei/veen | Schelde | 613 | 194 | 61 | 1,3 | 54 | 15 | 0,2 | 0,2 | 186 | | 376 | 6,7 | |
| 15 | duinen | Rijn-Noord | 244 | 172 | 30 | 0,3 | 12 | 4 | 0,1 | 0,1 | 142 | | 174 | 7,1 | |
| 16 | duinen | Rijn-West | 244 | 172 | 30 | 1,4 | 14 | 6 | 1,5 | 1,6 | 142 | | 174 | 7,1 | |
| 17 | duinen | Maas | 244 | 172 | 30 | 1,3 | 18 | 7 | 1,5 | 1,5 | 142 | | 174 | 7,1 | |
| 18 | duinen | Schelde | 244 | 172 | 30 | 0,8 | 18 | 6 | 0,6 | 0,7 | 142 | | 174 | 7,1 | |
| 19 | krijt | Zuid-Limburg | 40 | 140 | 12 | 0,0 | 84 | 19 | 0,1 | 0,1 | 70 | | 80 | 7,1 | |

Tabel 5.5 Gemiddelde concentraties van sporelementen in het bovenste grondwater van de grondwaterlichamen (1-2 m-mv)

| GWL Nr. | Naam | | Al mg/m ³ | As mg/m ³ | Cd mg/m ³ | Cu mg/m ³ | Fe g/m ³ | Hg mg/m ³ | Mn g/m ³ | Ni mg/m ³ | Pb mg/m ³ | Zn mg/m ³ |
|---------|---------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | zand | Eems | - | 2,6 | 0,22 | 8,9 | 4,5 | | | 12 | 1,7 | 49 |
| 2 | zand | Rijn-Noord | - | 2,7 | 0,24 | 9,8 | 4,4 | | | 13 | 1,7 | 50 |
| 3 | zand (ig) | Rijn-Oost | - | 2,7 | 0,25 | 8,8 | 3,5 | | | 12 | 1,4 | 57 |
| 3a | Salland | Rijn-Oost | - | 2,7 | 0,25 | 8,7 | 3,5 | | | 12 | 1,4 | 56 |
| 3b | Twente+Achterhoek | Rijn-Oost | - | 2,6 | 0,27 | 9,4 | 3,4 | | | 13 | 1,4 | 59 |
| 4 | zand | Rijn-Midden | - | 1,9 | 0,33 | 6,9 | 2,3 | | | 11 | 1,2 | 96 |
| 5 | zand | Rijn-West | - | 1,8 | 0,31 | 5,4 | 1,7 | | | 10 | 1,0 | 93 |
| 6 | zand | Maas | - | 2,0 | 1,51 | 11,9 | 2,6 | | | 29 | 2,0 | 186 |
| 6a | Peel+Midden-Limburg | Maas | - | 2,1 | 1,41 | 11,1 | 2,5 | | | 27 | 1,9 | 172 |
| 6b | Centrale Slenk | Maas | - | 1,9 | 1,60 | 12,1 | 2,7 | | | 30 | 2,1 | 197 |
| 6c | NW Brabant | Maas | - | 1,9 | 1,52 | 12,8 | 2,8 | | | 31 | 2,1 | 188 |
| 7 | zand | Schelde | - | 2,6 | 0,68 | 5,8 | 0,9 | | | 12 | 0,7 | 75 |
| 8 | klei/veen | Eems | - | 4,2 | 0,05 | 3,6 | 0,7 | | | 8 | 0,3 | 12 |
| 9 | klei/veen | Rijn-Noord | - | 3,7 | 0,06 | 3,9 | 2,1 | | | 8 | 0,8 | 15 |
| 10 | klei/veen | Rijn-Oost | - | 2,8 | 0,09 | 5,3 | 5,3 | | | 10 | 1,9 | 26 |
| 11 | klei/veen | Rijn-Midden | - | 3,8 | 0,09 | 4,3 | 1,4 | | | 8 | 0,5 | 23 |
| 12 | klei/veen | Rijn-West | - | 3,4 | 0,07 | 3,7 | 2,0 | | | 8 | 0,7 | 19 |
| 13 | klei/veen | Maas | - | 2,9 | 0,29 | 4,0 | 0,4 | | | 6 | 0,3 | 25 |
| 14 | klei/veen | Schelde | - | 2,8 | 0,31 | 3,8 | 0,3 | | | 6 | 0,3 | 27 |
| 15 | duinen | Rijn-Noord | - | 0,8 | 0,01 | 0,9 | 0,8 | | | 4 | 0,0 | 5 |
| 16 | duinen | Rijn-West | - | 5,0 | 0,01 | 0,9 | 1,8 | | | 4 | 0,0 | 5 |
| 17 | duinen | Maas | - | 5,3 | 0,01 | 0,9 | 1,5 | | | 4 | 0,0 | 5 |
| 18 | duinen | Schelde | - | 2,8 | 0,01 | 0,9 | 1,3 | | | 4 | 0,0 | 5 |
| 19 | krijt | Zuid-Limburg | 22 | 1,0 | 0,04 | 2,3 | 0,4 | | | 2 | 0,4 | 11 |

Tabel 5.6 Gemiddelde concentraties van hoofdcomponenten in het ondiepe grondwater van de grondwaterlichamen (circa 10 m-mv). Het onderste deel van de tabel betreft concentraties in uitsluitend zoet grondwater

| GWL Nr. | Naam | | Cl g/m ³ | Ca g/m ³ | Mg g/m ³ | NH ₄ g/m ³ | NO ₃ g/m ³ | t-N g/m ³ | o-PO ₄ g/m ³ | t-PO ₄ g/m ³ | SO ₄ g/m ³ | O ₂ g/m ³ | EC mS/m | pH | Hardheid mol/m ³ |
|------------------------|---------------------|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------|-----|--------------------------------|
| 1 | zand | Eems | 779 | | | 7,3 | 5,1 | | 2,1 | 3,1 | 64 | 0,4 | 323 | 6,3 | 4,7 |
| 2 | zand | Rijn-Noord | 1723 | | | 12,5 | 7,7 | | 5,5 | 7,1 | 101 | 0,6 | 689 | 6,5 | 9,5 |
| 3 | zand | Rijn-Oost | 103 | | | 2,2 | 21,9 | | 1,0 | 1,2 | 55 | 0,8 | 79 | 6,6 | 2,6 |
| 3a | Salland | Rijn-Oost | 112 | | | 2,5 | 18,6 | | 1,2 | 1,4 | 51 | 1,0 | 80 | 6,5 | 2,5 |
| 3b | Twente+Achterhoek | Rijn-Oost | 60 | | | 1,0 | 36,8 | | 0,2 | 0,4 | 75 | 0,3 | 72 | 6,7 | 2,9 |
| 4 | zand | Rijn-Midden | 351 | | | 8,1 | 15,0 | | 2,4 | 2,9 | 61 | 1,4 | 157 | 6,7 | 4,3 |
| 5 | zand | Rijn-West | 844 | | | 9,9 | 6,3 | | 4,5 | 5,4 | 81 | 0,7 | 337 | 6,9 | 6,6 |
| 6 | zand | Maas | 226 | | | 1,8 | 37,9 | | 0,8 | 1,0 | 89 | 1,5 | 105 | 6,0 | 2,8 |
| 6a | Peel+Midden-Limburg | Maas | 26 | | | 0,2 | 65,1 | | 0,2 | 0,3 | 105 | 2,6 | 47 | 5,3 | 1,7 |
| 6b | Centrale Slenk | Maas | 39 | | | 0,5 | 25,3 | | 0,3 | 0,5 | 60 | 1,2 | 49 | 6,2 | 1,9 |
| 6c | NW Brabant | Maas | 35 | | | 0,6 | 55,4 | | 0,1 | 0,2 | 91 | 1,4 | 48 | 5,4 | 1,5 |
| 7 | zand | Schelde | 1575 | | | 10,7 | 3,8 | | 4,3 | 1,6 | 151 | 0,2 | 490 | 6,9 | 8,6 |
| 15 | duinen | Rijn-Noord | 183 | | | 2,7 | 0,2 | | 2,0 | 4,7 | 51 | 0,3 | 134 | 7,5 | 3,3 |
| 16 | duinen | Rijn-West | 183 | | | 2,7 | 0,2 | | 2,0 | 4,7 | 51 | 0,3 | 134 | 7,5 | 3,3 |
| 17 | duinen | Maas | 183 | | | 2,7 | 0,2 | | 2,0 | 4,7 | 51 | 0,3 | 134 | 7,5 | 3,3 |
| 18 | duinen | Schelde | 183 | | | 2,7 | 0,2 | | 2,0 | 4,7 | 51 | 0,3 | 134 | 7,5 | 3,3 |
| 19 | krijt | Zuid-Limburg | 30 | | | 0,0 | 54,9 | | 0,3 | 0,3 | 58 | 2,1 | 75 | 7,0 | 4,3 |
| alleen zoet grondwater | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | zand | Eems | 40 | | | 3,7 | 5,9 | | 0,4 | 0,8 | 33 | 0,5 | 38 | 6,1 | 1,0 |
| 2 | zand | Rijn-Noord | 132 | | | 5,3 | 12,5 | | 2,8 | 3,0 | 31 | 1,1 | 75 | 6,1 | 1,8 |
| 3 | zand | Rijn-Oost | 67 | | | 2,0 | 22,1 | | 0,9 | 1,1 | 54 | 0,8 | 65 | 6,6 | 2,4 |
| 4 | zand | Rijn-Midden | 100 | | | 2,5 | 24,4 | | 0,9 | 1,0 | 42 | 2,2 | 72 | 6,4 | 2,3 |
| 5 | zand | Rijn-West | 135 | | | 5,6 | 10,4 | | 3,7 | 4,1 | 39 | 1,1 | 101 | 6,9 | 3,5 |
| 6 | zand | Maas | 35 | | | 0,5 | 42,8 | | 0,3 | 0,5 | 81 | 1,7 | 51 | 5,8 | 1,9 |
| 7 | zand | Schelde | 35 | | | 0,6 | 55,4 | | 0,1 | 0,2 | 91 | 1,4 | 48 | 5,4 | 1,5 |

Het eerste deel van de Tabellen 5.6 t/m 5.9 betreft het gehele zandige GWL, dus met inbegrip van de zandlagen die onder de klei- en veenlagen liggen. Voor diverse parameters leidt dit tot verhoogde waarden (bijvoorbeeld chloride en fosfor). Voor het grondwater op circa 10 m-mv en 25 m-mv is daarom ook een analyse uitgevoerd op uitsluitend het zoete grondwater van de zandgebieden. Hiertoe zijn berekeningen gemaakt met uitsluiting van de gebieden met gemiddeld hoge chlorideconcentraties (concentraties hoger dan 300 mg/l: noordelijk zeelei, zuidelijk zeelei en polders en droogmakerijen). Deze waarden zijn opgenomen in het tweede deel van de tabellen. Uit vergelijking van de gemiddelden blijkt dat de verschillen vooral groot zijn bij de hoofdcomponenten, maar minder bij de spoorelementen.

De bepaling van organische spoorelementen gebeurt niet op reguliere basis in de landelijke meetnetten, behalve in de putten voor de openbare watervoorziening. Gegevens hierover zijn derhalve niet opgenomen.

Tabel 5.7 Gemiddelde concentraties van spoorelementen in het ondiepe grondwater van de grondwaterlichamen (circa 10 m-mv). Het onderste deel van de tabel betreft concentraties in uitsluitend zoet grondwater

| GWL Nr. | Naam | | Al mg/m ³ | As mg/m ³ | Cd mg/m ³ | Cu mg/m ³ | Fe g/m ³ | Hg mg/m ³ | Mn g/m ³ | Ni mg/m ³ | Pb mg/m ³ | Zn mg/m ³ |
|-------------------------------|---------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | zand | Eems | 110 | 0,9 | 0,20 | 1,8 | 10 | 0,01 | 0,46 | 3,7 | 0,3 | 21 |
| 2 | zand | Rijn-Noord | 113 | 0,6 | 0,21 | 1,8 | 11 | 0,01 | 0,75 | 3,7 | 0,3 | 32 |
| 3 | zand | Rijn-Oost | 169 | 2,4 | 0,24 | 2,4 | 9 | 0,01 | 0,52 | 8,5 | 0,4 | 18 |
| 3a | Salland | Rijn-Oost | 185 | 2,8 | 0,29 | 2,7 | 9 | 0,01 | 0,54 | 9,8 | 0,5 | 19 |
| 3b | Twente+Achterhoek | Rijn-Oost | 92 | 0,7 | 0,05 | 1,1 | 8 | - | 0,40 | 2,1 | 0,2 | 12 |
| 4 | zand | Rijn-Midden | 262 | 1,6 | 0,12 | 1,2 | 7 | 0,01 | 1,39 | 2,9 | 0,3 | 17 |
| 5 | zand | Rijn-West | 99 | 5,0 | 0,09 | 1,3 | 11 | 0,01 | 1,05 | 1,9 | 0,3 | 19 |
| 6 | zand | Maas | 974 | 3,4 | 0,87 | 5,4 | 8 | 0,02 | 0,50 | 35,4 | 1,9 | 132 |
| 6a | Peel+Midden-Limburg | Maas | 1750 | 1,8 | 1,58 | 14,3 | 5 | 0,03 | 0,51 | 61,5 | 5,5 | 149 |
| 6b | Centrale Slenk | Maas | 238 | 1,3 | 0,33 | 1,8 | 7 | 0,02 | 0,41 | 5,1 | 0,6 | 175 |
| 6c | NW Brabant | Maas | 2050 | 3,6 | 1,63 | 4,2 | 10 | 0,02 | 0,26 | 84,2 | 0,9 | 162 |
| 7 | zand | Schelde | 213 | 6,4 | 0,14 | 1,4 | 10 | 0,02 | 0,69 | 5,8 | 0,2 | 24 |
| 15 | duinen | Rijn-Noord | 55 | 9,0 | 0,05 | 1,1 | 3 | 0,03 | 0,25 | 1,4 | 0,2 | 12 |
| 16 | duinen | Rijn-West | 55 | 9,0 | 0,05 | 1,1 | 3 | 0,03 | 0,25 | 1,4 | 0,2 | 12 |
| 17 | duinen | Maas | 55 | 9,0 | 0,05 | 1,1 | 3 | 0,03 | 0,25 | 1,4 | 0,2 | 12 |
| 18 | duinen | Schelde | 55 | 9,0 | 0,05 | 1,1 | 3 | 0,03 | 0,25 | 1,4 | 0,2 | 12 |
| 19 | krijt | Zuid-Limburg | 99 | 0,4 | 0,05 | 1,1 | 1 | - | 0,05 | 1,7 | 0,3 | 14 |
| alleen zoet grondwater | | | | | | | | | | | | |
| 1 | zand | Eems | 112 | 1,1 | 0,17 | 2,0 | 9 | 0,01 | 0,26 | 4,3 | 0,3 | 15 |
| 2 | zand | Rijn-Noord | 123 | 0,8 | 0,14 | 2,4 | 11 | 0,02 | 0,38 | 5,8 | 0,3 | 23 |
| 3 | zand | Rijn-Oost | 169 | 2,5 | 0,24 | 2,4 | 9 | 0,01 | 0,51 | 8,5 | 0,4 | 18 |
| 4 | zand | Rijn-Midden | 401 | 1,3 | 0,17 | 1,3 | 4 | 0,00 | 1,17 | 4,0 | 0,3 | 17 |
| 5 | zand | Rijn-West | 114 | 6,2 | 0,08 | 1,4 | 10 | 0,02 | 0,92 | 2,5 | 0,3 | 15 |
| 6 | zand | Maas | 1089 | 3,0 | 0,97 | 6,0 | 8 | 0,02 | 0,47 | 39,9 | 2,1 | 148 |
| 7 | zand | Schelde | 2050 | 3,6 | 1,63 | 4,2 | 10 | 0,02 | 0,26 | 84,2 | 0,9 | 162 |

Tabel 5.8 Gemiddelde concentraties van hoofdc componenten in het middeldiepe grondwater van de grondwaterlichamen (circa 25 m-mv). Het onderste deel van de tabel betreft concentraties in uitsluitend zoet grondwater

| GWL Nr. | Naam | | Cl g/m ³ | Ca g/m ³ | Mg g/m ³ | NH ₄ g/m ³ | NO ₃ g/m ³ | t-N g/m ³ | o-PO ₄ g/m ³ | t-PO ₄ g/m ³ | SO ₄ g/m ³ | O ₂ g/m ³ | EC mS/m | pH | Hardheid mol/m ³ |
|------------------------|---------------------|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------|-----|--------------------------------|
| 1 | zand | Eems | 925 | | | 5,1 | 1,3 | | 1,6 | 2,1 | 68 | 0,3 | 287 | 6,5 | 6,0 |
| 2 | zand | Rijn-Noord | 2062 | | | 8,9 | 2,4 | | 2,8 | 3,3 | 124 | 0,6 | 593 | 6,6 | 11,5 |
| 3 | zand | Rijn-Oost | 139 | | | 1,9 | 4,1 | | 0,5 | 0,9 | 47 | 0,6 | 73 | 6,8 | 2,5 |
| 3a | Salland | Rijn-Oost | 133 | | | 1,8 | 4,9 | | 0,5 | 0,9 | 40 | 0,7 | 71 | 6,8 | 2,4 |
| 3b | Twente+Achterhoek | Rijn-Oost | 170 | | | 2,4 | 0,4 | | 0,4 | 1,0 | 83 | 0,1 | 84 | 7,0 | 2,8 |
| 4 | zand | Rijn-Midden | 404 | | | 5,7 | 19,0 | | 2,2 | 2,7 | 25 | 1,5 | 165 | 7,1 | 3,8 |
| 5 | zand | Rijn-West | 1330 | | | 7,0 | 4,5 | | 2,6 | 3,5 | 106 | 0,7 | 336 | 7,0 | 8,6 |
| 6 | zand | Maas | 487 | | | 1,4 | 2,9 | | 0,9 | 1,3 | 106 | 0,1 | 104 | 6,4 | 3,6 |
| 6a | Peel+Midden-Limburg | Maas | 25 | | | 0,4 | 0,4 | | 0,3 | 0,5 | 87 | 0,1 | 34 | 6,2 | 1,2 |
| 6b | Centrale Slenk | Maas | 30 | | | 0,6 | 0,8 | | 0,3 | 0,4 | 63 | - | 36 | 6,3 | 1,3 |
| 6c | NW Brabant | Maas | 31 | | | 0,4 | 9,7 | | 0,2 | 0,3 | 73 | - | 37 | 6,0 | 1,4 |
| 7 | zand | Schelde | 3713 | | | 7,9 | 1,6 | | 4,9 | 6,8 | 357 | 0,1 | 557 | 7,0 | 18,3 |
| 15 | duinen | Rijn-Noord | 1290 | | | 5,9 | 0,3 | | 4,5 | 4,8 | 191 | 0,1 | 591 | 7,6 | 7,3 |
| 16 | duinen | Rijn-West | 1290 | | | 5,9 | 0,3 | | 4,5 | 4,8 | 191 | 0,1 | 591 | 7,6 | 7,3 |
| 17 | duinen | Maas | 1290 | | | 5,9 | 0,3 | | 4,5 | 4,8 | 191 | 0,1 | 591 | 7,6 | 7,3 |
| 18 | duinen | Schelde | 1290 | | | 5,9 | 0,3 | | 4,5 | 4,8 | 191 | 0,1 | 591 | 7,6 | 7,3 |
| 19 | Zd-Limburg | Zuid-Limburg | 24 | | | 0,0 | 38,9 | | 0,3 | 0,3 | 32 | 5,4 | 65 | 7,0 | 3,9 |
| alleen zoet grondwater | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | zand | Eems | 49 | | | 2,5 | 1,4 | | 0,7 | 1,1 | 22 | 0,4 | 48 | 6,5 | 1,6 |
| 2 | zand | Rijn-Noord | 191 | | | 3,5 | 3,7 | | 0,8 | 1,1 | 22 | 1,0 | 79 | 6,3 | 2,2 |
| 3 | zand | Rijn-Oost | 97 | | | 1,7 | 4,2 | | 0,4 | 0,8 | 45 | 0,6 | 62 | 6,8 | 2,3 |
| 4 | zand | Rijn-Midden | 144 | | | 2,4 | 31,0 | | 0,8 | 1,0 | 31 | 2,3 | 71 | 7,1 | 2,2 |
| 5 | zand | Rijn-West | 226 | | | 3,9 | 7,3 | | 1,0 | 1,6 | 34 | 1,2 | 113 | 7,1 | 3,8 |
| 6 | zand | Maas | 32 | | | 0,5 | 3,2 | | 0,3 | 0,5 | 71 | 0,1 | 40 | 6,3 | 1,5 |
| 7 | zand | Schelde | 31 | | | 0,4 | 9,7 | | 0,2 | 0,3 | 73 | - | 37 | 6,0 | 1,4 |

Tabel 5.9 Gemiddelde concentraties van sporelementen in het middeldiepe grondwater van de grondwaterlichamen (circa 25 m-mv). Het onderste deel van de tabel betreft concentraties in uitsluitend zoet grondwater

| GWL Nr. | Naam | | Al mg/m ³ | As mg/m ³ | Cd mg/m ³ | Cu mg/m ³ | Fe g/m ³ | Hg mg/m ³ | Mn g/m ³ | Ni mg/m ³ | Pb mg/m ³ | Zn mg/m ³ |
|------------------------|---------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | zand | Eems | 49 | 0,7 | 0,07 | 1,2 | 19 | 0,02 | 0,52 | 4,0 | 0,5 | 23 |
| 2 | zand | Rijn-Noord | 56 | 1,2 | 0,10 | 1,3 | 17 | 0,02 | 0,64 | 2,8 | 0,8 | 31 |
| 3 | zand | Rijn-Oost | 49 | 3,2 | 0,06 | 1,1 | 10 | 0,01 | 0,41 | 2,4 | 0,3 | 17 |
| 3a | Salland | Rijn-Oost | 48 | 3,5 | 0,07 | 1,1 | 9 | 0,02 | 0,42 | 2,7 | 0,3 | 18 |
| 3b | Twente+Achterhoek | Rijn-Oost | 52 | 1,7 | 0,05 | 1,2 | 14 | - | 0,38 | 1,2 | 0,2 | 14 |
| 4 | zand | Rijn-Midden | 49 | 2,6 | 0,09 | 1,1 | 6 | 0,01 | 0,45 | 2,1 | 0,3 | 16 |
| 5 | zand | Rijn-West | 77 | 3,8 | 0,06 | 1,2 | 12 | 0,02 | 0,76 | 1,6 | 0,5 | 32 |
| 6 | zand | Maas | 356 | 3,4 | 0,19 | 1,5 | 11 | 0,02 | 0,47 | 18,2 | 0,4 | 42 |
| 6a | Peel+Midden-Limburg | Maas | 53 | 8,3 | 0,05 | 1,1 | 19 | 0,01 | 0,53 | 43,9 | 0,4 | 53 |
| 6b | Centrale Slenk | Maas | 38 | 0,8 | 0,05 | 1,1 | 7 | 0,02 | 0,32 | 1,9 | 0,2 | 11 |
| 6c | NW Brabant | Maas | 1450 | 1,3 | 0,74 | 2,7 | 7 | 0,02 | 0,23 | 28,5 | 0,5 | 81 |
| 7 | zand | Schelde | 310 | 0,6 | 0,11 | 1,9 | 13 | 0,01 | 0,87 | 2,7 | 1,0 | 64 |
| 15 | duinen | Rijn-Noord | 261 | 1,0 | 0,06 | 2,4 | 2 | 0,02 | 0,27 | 2,1 | 1,7 | 19 |
| 16 | duinen | Rijn-West | 261 | 1,0 | 0,06 | 2,4 | 2 | 0,02 | 0,27 | 2,1 | 1,7 | 19 |
| 17 | duinen | Maas | 261 | 1,0 | 0,06 | 2,4 | 2 | 0,02 | 0,27 | 2,1 | 1,7 | 19 |
| 18 | duinen | Schelde | 261 | 1,0 | 0,06 | 2,4 | 2 | 0,02 | 0,27 | 2,1 | 1,7 | 19 |
| 19 | Zd-Limburg | Zuid-Limburg | 34 | 0,3 | 0,05 | 0,9 | 1 | - | 0,02 | 2,8 | 0,2 | 15 |
| alleen zoet grondwater | | | | | | | | | | | | |
| 1 | zand | Eems | 47 | 0,8 | 0,07 | 1,1 | 18 | 0,02 | 0,40 | 4,8 | 0,2 | 20 |
| 2 | zand | Rijn-Noord | 55 | 1,8 | 0,08 | 1,1 | 10 | 0,02 | 0,33 | 4,4 | 0,3 | 29 |
| 3 | zand | Rijn-Oost | 49 | 3,2 | 0,06 | 1,1 | 10 | 0,01 | 0,41 | 2,4 | 0,3 | 17 |
| 4 | zand | Rijn-Midden | 54 | 1,5 | 0,11 | 1,2 | 3 | 0,00 | 0,29 | 2,8 | 0,4 | 18 |
| 5 | zand | Rijn-West | 48 | 5,1 | 0,05 | 1,0 | 9 | 0,02 | 0,70 | 1,9 | 0,3 | 29 |
| 6 | zand | Maas | 371 | 3,7 | 0,21 | 1,4 | 11 | 0,02 | 0,42 | 20,5 | 0,3 | 40 |
| 7 | zand | Schelde | 1450 | 1,3 | 0,74 | 2,7 | 7 | 0,02 | 0,23 | 28,5 | 0,5 | 81 |

Tabel 5.10 Gemiddelde concentraties van hoofdcomponenten in het grondwater gewonnen op winplaatsen per grondwaterlichaam

| GWL Nr. | Naam | Cl g/m ³ | Ca g/m ³ | Mg g/m ³ | NH ₄ -N g/m ³ | NO ₃ g/m ³ | t-N g/m ³ | o-P g/m ³ | t-P g/m ³ | SO ₄ g/m ³ | O ₂ g/m ³ | EC mS/m | pH | Hardheid mol/m ³ |
|---------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------|-----|--------------------------------|
| 1 | winpl. Eems | 45 | 59 | 5,6 | 0,2 | 0,4 | | | 0,2 | 13 | 0,3 | 42 | 7,1 | 1,6 |
| 2 | winpl. Rijn-Noord | 40 | 80 | 7,8 | 1,1 | 0,4 | | | 0,3 | 5 | 0,2 | 53 | 7,0 | 2,3 |
| 3 | winpl. Rijn-Oost | 42 | 74 | 7,2 | 0,5 | 6,4 | | | 0,1 | 48 | 1,2 | 50 | 7,0 | 2,1 |
| 4 | winpl. Rijn-Midden | 20 | 32 | 3,3 | 0,1 | 4,1 | | | 0,0 | 14 | 2,5 | 24 | 7,5 | 0,9 |
| 5 | gw-wincl. Rijn-West | 18 | 54 | 5,7 | 0,2 | 3,5 | | | 0,1 | 13 | 1,2 | 34 | 7,4 | 1,6 |
| 5 | oeverinf. Rijn-West | 101 | 87 | 11,9 | 2,0 | 0,9 | | | 0,4 | 44 | 0,6 | 70 | 7,3 | 2,7 |
| 6 | winpl. Maas | 24 | 62 | 7,7 | 0,5 | 2,0 | | | | 22 | 0,1 | 38 | 7,0 | 1,9 |
| 7 | winpl. Schelde | 24 | 57 | 3,3 | 0,4 | 0,4 | | | | 39 | 0,1 | 35 | 6,9 | 1,6 |
| 15 | winpl. Rijn-Noord | 70 | 68 | 11,7 | 0,5 | 0,4 | | | 0,3 | 21 | 0,4 | 56 | 8,0 | 2,2 |
| 16 | gw-wincl. Rijn-West | 89 | 78 | 9,4 | 0,2 | 2,3 | | | 0,0 | 72 | 0,9 | 64 | 7,7 | 2,3 |
| 16 | duininf. Rijn-West | 97 | 78 | 10,9 | 0,1 | 4,9 | | | 0,0 | 72 | 5,0 | 68 | 7,7 | 2,4 |
| 17 | winpl. duin Maas | 93 | 80 | 9,5 | 0,1 | 4,0 | | | | 51 | 4,3 | 66 | 7,4 | 2,4 |
| 18 | winpl. duin Schelde | 101 | 85 | 8,5 | 0,1 | 7,1 | | | | 63 | 3,5 | 69 | 7,4 | 2,5 |
| 19 | winpl. Zuid-Limburg | 29 | 119 | 12,3 | 0,1 | 11,9 | | | | 68 | | 58 | 7,0 | 3,5 |

Tabel 5.11 Gemiddelde concentraties van sporelementen in het grondwater gewonnen op winplaatsen per grondwaterlichaam

| GWL Nr. | Naam | Al mg/m ³ | As mg/m ³ | Cd mg/m ³ | Cu mg/m ³ | Fe g/m ³ | Hg mg/m ³ | Mn g/m ³ | Ni mg/m ³ | Pb mg/m ³ | Zn mg/m ³ |
|---------|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | winpl. Eems | 3 | 0,7 | 0,10 | 0,8 | 6,9 | 0,03 | 0,25 | | 1,0 | |
| 2 | winpl. Rijn-Noord | 11 | 1,7 | 1,22a | 8,1 | 9,5 | 0,21 | 0,31 | | 1,8 | |
| 3 | winpl. Rijn-Oost | 6 | 1,7 | 0,08 | 2,0 | 4,4 | 0,03 | 0,28 | | 1,4 | |
| 4 | winpl. Rijn-Midden | 18 | 1,8 | 0,08 | 15,6 | 0,5 | 0,02 | 0,07 | | 1,7 | |
| 5 | gw-wincl. Rijn-West | 4 | 2,8 | 0,07 | 3,7 | 1,3 | 0,01 | 0,15 | | 1,3 | |
| 5 | oeverinf. Rijn-West | 4 | 2,0 | 0,05 | 2,1 | 3,7 | 0,02 | 0,55 | | 1,2 | |
| 6 | winpl. Maas | 98 | 5,4 | 0,10 | 2,5 | 4,6 | 0,05 | 0,23 | | 0,5 | |
| 7 | winpl. Schelde | 29 | 3,5 | 0,10 | 2,5 | 9,6 | 0,05 | 0,15 | | 0,5 | |
| 15 | winpl. Rijn-Noord | 14 | 2,0 | 1,50a | 10,0 | 0,4 | 0,25 ^a | 0,10 | | 2,0 | |
| 16 | gw-wincl. Rijn-West | 3 | 0,6 | 0,05 | 1,5 | 0,5 | 0,01 | 0,08 | | 0,2 | |
| 16 | duininf. Rijn-West | 3 | 1,4 | 0,05 | 4,5 | 0,4 | 0,01 | 0,09 | | 0,4 | |
| 17 | winpl. duin Maas | | | 0,10 | 2,5 | 0,3 | 0,03 | 0,07 | | 1,0 | |
| 18 | winpl. duin Schelde | | | | | 0,7 | | 0,04 | | | |
| 19 | winpl. Zuid-Limburg | 2 | 0,8 | 0,08 | 1,7 | 0,8 | 0,08 | 0,02 | | 0,5 | |

a Sterk beïnvloed door hoge minimum detectielimiet

5.3 Gewasbeschermingsmiddelen

5.3.1 Inleiding

Er zijn betrekkelijk weinig meetgegevens over het voorkomen van gewasbeschermingsmiddelen in het grondwater in Nederland. Op basis van het gebruik van deze middelen en de eigenschappen ervan kan de grondwaterbelasting berekend worden (Deneer et al., 2003).

Overigens is het gewasbeschermingsbeleid in de Europese Unie en met name het toelatingsbeleid (Richtlijn 91/414/EEC; EU, 1991) zo ingericht dat de maximale concentratie in het grondwater 0,1 µg/l mag zijn of nog lager indien daar om toxicologische redenen aanleiding toe is.

Nederland heeft deze norm verwerkt in de Bestrijdingsmiddelenwet, waarin is opgenomen dat grondwater op een diepte van 10 m beneden maaiveld moet voldoen aan het criterium. Bij de toelating wordt hierop beoordeeld.

5.3.2 Metingen in het bovenste grondwater

Zoals eerder gesteld, zijn relatief weinig meetgegevens over het voorkomen in het bovenste grondwater voorhanden. Een uitzondering is er voor de stof bentazon, die in de afgelopen jaren door VEWIN is gekenschetst als een probleemstof, hoewel andere stoffen een hogere bijdrage leveren (Tabel 4.8). Figuur 5.4 geeft een histogram van de metingen over afgelopen jaren (periode vanaf 1988) tot op een diepte van 7,5 m beneden maaiveld. De gegevens zijn afkomstig uit waarnemingsfilters van waterleidingbedrijven. Op de beschikbaar gestelde gegevens zijn geen selecties uitgevoerd, behalve op de diepte van het filter. Dit betekent dat er meerdere resultaten van een filter in de database (kunnen) zitten.

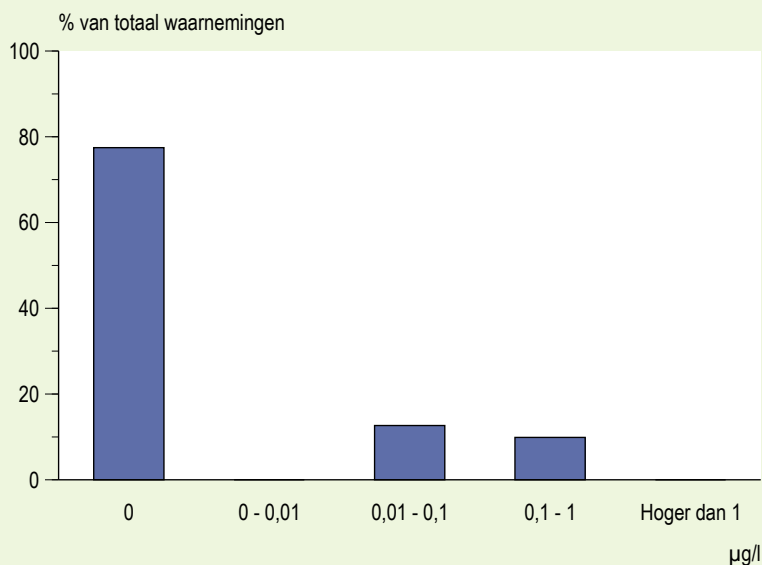
In ongeveer 80% van de monsters werd geen bentazon aangetroffen (resultaten beneden de detectielimiet). In circa 10% van de monsters werd een concentratie tussen 0,01 en 0,1 µg/l gevonden, terwijl ook in circa 10% concentraties tussen 0,1 en 1 µg/l werden bepaald. De metingen geven een signaal dat bentazon onder bepaalde omstandigheden kan uitspoelen naar het bovenste grondwater. Voor de filters is niet bekend of op de bovenliggende percelen bentazon is gebruikt en, zo ja, of dat volgens het voorschrift is gebeurd.

5.3.3 Metingen in het grondwater op circa 10 m diepte

Figuur 5.5 geeft resultaten van concentratiemetingen van bentazon door waterleidingbedrijven in Nederland in waarnemingsfilters met een gemiddelde diepte tussen 7,5 en 12,5 m. Ook hier is geen verdere selectie van de gegevens toegepast.

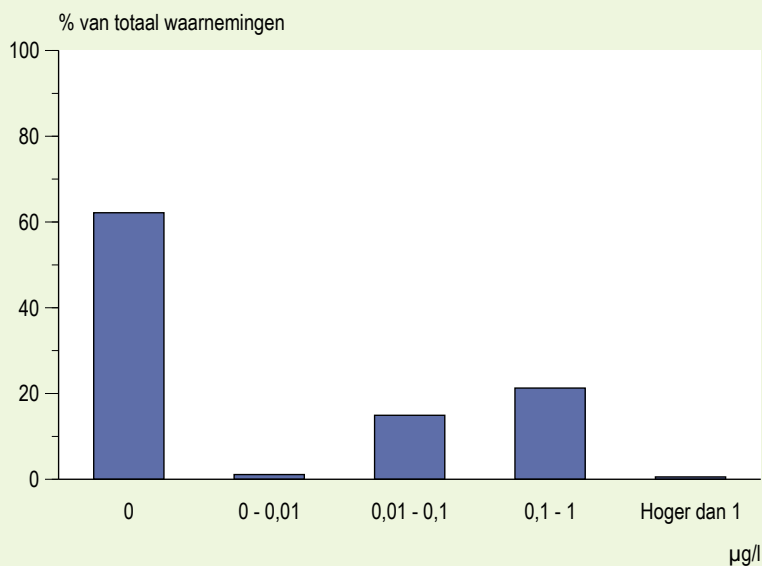
Ongeveer 20 % van de gemeten concentraties ligt boven de waarde van 0,1 µg/l. Het valt op dat de concentraties op een diepte van ongeveer 10 m hoger zijn dan de concentraties op geringere diepte (Figuur 5.4). Oorzaken voor deze constatering kunnen liggen in het labelvoorschrift: in de loop der tijd is de voorgeschreven dosering verlaagd en vanaf ongeveer 1995 zijn najaarstoepassingen van bentazon niet meer toegestaan. Beide veranderingen veroorzaken lagere concentratie in het bovenste grondwater en bijgevolg op termijn ook in het diepere grondwater. De veranderingen op een diepte van 10 m zullen pas op termijn optreden.

Bentazonconcentratie in grondwater tot 7,5 meter onder maaiveld 1988 - 2003



Figuur 5.4 Gemeten bentazonconcentraties in het grondwater tot 7,5 meter onder maaiveld in de periode 1988-2003. Gegevens van waterleidingbedrijven, beschikbaar gesteld door VEWIN. Aantal waarnemingen 324

Bentazonconcentratie in grondwater 7,5 - 12,5 meter onder maaiveld 1988 - 2003



Figuur 5.5 Gemeten bentazonconcentraties op ongeveer 10 m diepte in de periode 1988 – 2003. Gegevens waterleidingbedrijven, verstrekt door VEWIN. Aantal waarnemingen 362

**Tabel 5.12 Concentraties van gewasbeschermingsmiddelen in het diepe grondwater op pompstations. Gegeven zijn het aantal waarnemingen [N], de gemiddelde concentratie en de waargenomen maximumconcentratie (in µg/l).
Bron: KIWA (2004)**

| GWB nr. | spec. | Naam | MCPB | | | monuron | | | methabenzthiazuron | | | terbutylazin | | |
|---------|-----------|--------------|------|-------|------|---------|-------|------|--------------------|-------|------|--------------|-------|------|
| | | | N | Gem. | Max. | N | Gem. | Max. | N | Gem. | Max. | N | Gem. | Max. |
| 1 | winpl. | Eems | | | | | | | 33 | 0,000 | | 57 | 0,000 | |
| 2 | winpl. | Rijn-Noord | | | | | | | | | | 20 | 0,000 | |
| 3 | winpl. | Rijn-Oost | 750 | 0,000 | | 1220 | 0,001 | 0,27 | 1220 | 0,000 | 0,03 | 1542 | 0,000 | 0,01 |
| 4 | winpl. | Rijn-Midden | 35 | 0,000 | | 283 | 0,000 | 0,15 | 283 | 0,000 | | 372 | 0,000 | |
| 5 | gw-wwp | Rijn-West | 156 | 0,001 | | 335 | 0,002 | 0,11 | 333 | 0,000 | | 372 | 0,000 | 0,07 |
| 5 | oeverinf. | Rijn-West | 12 | 0,000 | | 73 | 0,000 | | 73 | 0,000 | | 107 | 0,000 | |
| 6 | winpl. | Maas | 162 | 0,001 | 0,27 | 125 | 0,000 | | 125 | 0,001 | 0,09 | 414 | 0,000 | |
| 7 | zand | Schelde | 1 | 0,000 | | 1 | 0,000 | | 1 | 0,000 | | 12 | 0,000 | |
| 15 | gw duin | Rijn-Noord | | | | | | | | | | | | |
| 16 | gw duin | Rijn-West | 11 | 0,012 | | 11 | 0,033 | 0,03 | 12 | 0,010 | | 8 | 0,005 | |
| 16 | duininf. | Rijn-West | 112 | 0,011 | | 156 | 0,010 | 0,03 | 152 | 0,005 | | 122 | 0,003 | |
| 17 | gw duin | Maas | | | | | | | 71 | 0,000 | 0,16 | | | |
| 18 | gw duin | Schelde | | | | | | | | | | | | |
| 19 | winpl. | Zuid-Limburg | 35 | 0,000 | | 13 | 0,000 | | 13 | 0,000 | | 87 | 0,000 | 0,00 |

| GWB nr. | spec. | Naam | BAM | | | 1,2-DCPa | | | bentazon | | | bromacil | | |
|---------|-----------|--------------|-----|-------|------|----------|-------|------|----------|--------|------|----------|-------|------|
| | | | N | Gem. | Max. | N | Gem. | Max. | N | Gem. | Max. | N | Gem. | Max. |
| 1 | winpl. | Eems | 16 | 0,000 | | 115 | 0,092 | 1,40 | 33 | 0,000 | | 90 | 0,000 | |
| 2 | winpl. | Rijn-Noord | 5 | 0,000 | | 119 | 0,000 | 0,03 | | | | 20 | 0,000 | |
| 3 | winpl. | Rijn-Oost | 343 | 0,011 | 0,34 | 3986 | 0,059 | 6,00 | 1591 | 0,013 | 1,20 | 2031 | 0,003 | 2,70 |
| 4 | winpl. | Rijn-Midden | 319 | 0,014 | 1,20 | 364 | 0,000 | | 357 | 0,000 | 0,05 | 404 | 0,000 | 0,17 |
| 5 | gw-wwp | Rijn-West | 180 | 0,008 | 0,43 | 317 | 0,005 | 0,13 | 949 | 0,025 | 0,75 | 379 | 0,005 | 0,17 |
| 5 | oeverinf. | Rijn-West | 42 | 0,000 | | 108 | 0,027 | 0,27 | 877 | 0,118 | 1,10 | 118 | 0,064 | 1,10 |
| 6 | winpl. | Maas | 93 | 0,016 | 0,36 | 1006 | 0,007 | 1,10 | 155 | 0,008 | 0,26 | 46 | 0,001 | 0,02 |
| 7 | zand | Schelde | 1 | 0,030 | 0,03 | 15 | 0,000 | | 17 | 0,042a | 0,22 | 2 | 0,000 | |
| 15 | gw duin | Rijn-Noord | | | | 35 | 0,000 | | | | | | | |
| 16 | gw duin | Rijn-West | | | | 1 | 0,010 | | 14 | 0,013 | | 24 | 0,009 | 0,00 |
| 16 | duininf. | Rijn-West | | | | 110 | 0,003 | | 114 | 0,015 | 0,10 | 40 | 0,008 | |
| 17 | gw duin | Maas | | | | 1 | 0,000 | | 114 | 0,000 | 0,10 | | | |
| 18 | gw duin | Schelde | | | | | | | 42 | 0,000 | 0,08 | | | |
| 19 | winpl. | Zuid-Limburg | 14 | 0,011 | 0,12 | 116 | 0,000 | | 35 | 0,000 | | 12 | 0,000 | |

| GWB nr. | spec. | Naam | linuron | | | MCPP | | | parathion-ethyl | | | cyanazin | | | SOM |
|---------|-----------|--------------|---------|-------|------|------|--------|------|-----------------|-------|------|----------|-------|------|-------|
| | | | N | Gem. | Max. | N | Gem. | Max. | N | Gem. | Max. | N | Gem. | Max. | |
| 1 | winpl. | Eems | 49 | 0,000 | | 33 | 0,000 | | 57 | 0,000 | | 57 | 0,000 | | 0,092 |
| 2 | winpl. | Rijn-Noord | 5 | 0,000 | | | | | 20 | 0,000 | | 20 | 0,000 | | 0,000 |
| 3 | winpl. | Rijn-Oost | 1249 | 0,000 | 0,05 | 1310 | 0,002 | 0,57 | 652 | 0,000 | | 1542 | 0,000 | | 0,090 |
| 4 | winpl. | Rijn-Midden | 283 | 0,000 | | 233 | 0,000 | 0,07 | 362 | 0,000 | 0,02 | 372 | 0,000 | 0,00 | 0,015 |
| 5 | gw-wwp | Rijn-West | 334 | 0,000 | | 331 | 0,003 | 0,31 | 404 | 0,001 | 0,02 | 345 | 0,001 | 0,03 | 0,052 |
| 5 | oeverinf. | Rijn-West | 73 | 0,000 | | 74 | 0,000 | | 118 | 0,000 | | 107 | 0,000 | 0,02 | 0,209 |
| 6 | winpl. | Maas | 131 | 0,000 | | 162 | 0,000 | 0,05 | 413 | 0,000 | | 415 | 0,000 | | 0,035 |
| 7 | zand | Schelde | 1 | 0,000 | | 18 | 0,293a | 8,32 | 14 | 0,000 | | 12 | 0,000 | | 0,365 |
| 15 | gw duin | Rijn-Noord | | | | | | | | | | | | | 0,000 |
| 16 | gw duin | Rijn-West | 12 | 0,010 | 0,02 | 11 | 0,013 | | 5 | 0,020 | | 13 | 0,008 | | 0,144 |
| 16 | duininf. | Rijn-West | 154 | 0,005 | 0,02 | 106 | 0,016 | 0,18 | 117 | 0,007 | | 27 | 0,006 | 0,03 | 0,087 |
| 17 | gw duin | Maas | 71 | 0,000 | | 124 | 0,021 | 0,16 | 24 | 0,001 | | | | | 0,022 |
| 18 | gw duin | Schelde | | | | 41 | 0,000 | 0,04 | | | | | | | 0,000 |
| 19 | winpl. | Zuid-Limburg | 13 | 0,000 | | 35 | 0,002 | | 88 | 0,000 | | 88 | 0,000 | | 0,013 |

MCPB: 4-(4-chloor-2-methylfenoxy)boterzuur 1,2-DCPa: 1,2-dichloorpropan

BAM: 2,6-dichloorbenzamide MCPP: mecoprop

a Sterk beïnvloed door een nu gesloten pompstation

5.3.4 Diepere grondwater op waterwinplaatsen

Door KIWA (2004) zijn meetgegevens over het voorkomen (over de periode 1995-2001) van gewasbeschermingsmiddelen in het grondwater op de waterwinplaatsen verzameld en geanalyseerd.

Tabel 5.12 geeft een overzicht van de resultaten voor 12 middelen.

In een aantal deelstroomgebieden worden overschrijdingen van de norm (0,1 µg/l) geconstateerd voor de gemiddelde concentratie: voor bentazon in GWL Rijn-West -oeverinfiltratie en mecoprop (MCP) in GWL Schelde, waarbij aangetekend moet worden dat in het geval van mecoprop het betreffende pompstation niet meer gebruikt wordt voor drinkwaterwinning. In GWL Eems-zand ligt het gemiddelde voor 1,2-dichloorpropan maar net onder de norm. Zoals ook uit de tabel blijkt, treden individuele overschrijdingen van de norm vaker op.

Verder valt op dat slechts een zeer beperkt pakket aan middelen wordt gemeten en dat slechts een enkele stof uit Tabel 4.9, of een daaraan geassocieerde stof (zoals 1,2-dichloorpropan bij cis-dichloorpropeen), wordt gemeten.

Voor de som van de gewasbeschermingsmiddelen wordt de norm (0,5 µg/l) nergens overschreden.

5.3.5 Conclusies

Met de beschikbare monitoringgegevens over gewasbeschermingsmiddelen is het niet mogelijk om voor de KRW een volledig overzicht te schetsen van het voorkomen daarvan in de diverse GWL. Voor slechts een beperkt aantal stoffen) zijn meetgegevens voorhanden.

Wat betreft de waterwinningen worden overschrijdingen van de norm voor gemiddelde concentraties van individuele stoffen (0,1 µg/l) geconstateerd in GWL Rijn-West voor oeverinfiltratie (bentazon) en GWL Schelde (bentazon en mecoprop). In GWL Eems-zand ligt het gemiddelde voor 1,2-dichloorpropan maar net onder de norm. Ook treden overschrijdingen van de norm op voor individuele metingen. Overschrijding van de norm voor de som van gewasbeschermingsmiddelen (0,5 µg/l) is niet waargenomen.

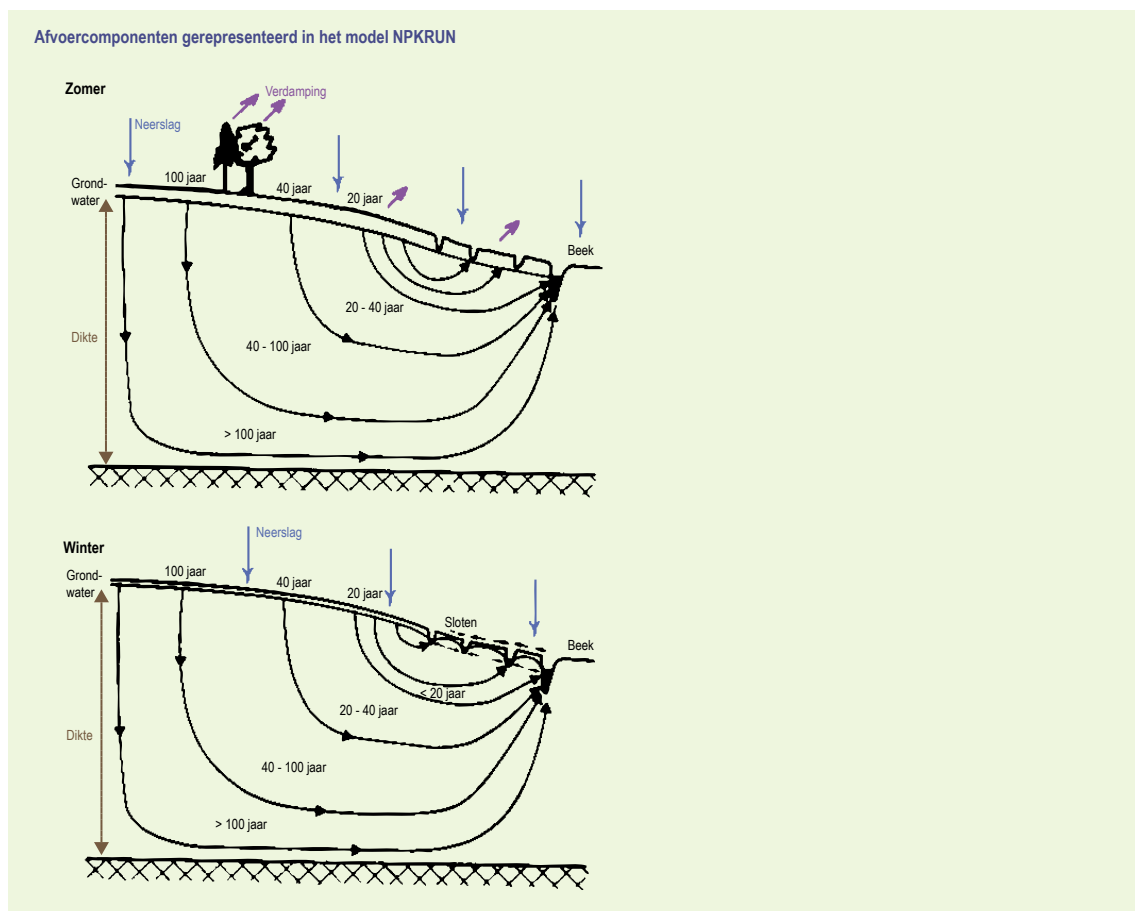
6. Relatie van grondwater met oppervlaktewater in het landelijk gebied

6.1 Probleemstelling en werkwijze

De eutrofiëring van het oppervlaktewater, onder andere als gevolg van diffuse belasting met meststoffen aan landoppervlak, is een belangrijk milieuprobleem. Bronnen van de belasting zijn de bemesting van landbouwgronden en de atmosferische depositie. Om die reden is de relatie tussen de belasting van de bodem, de kwaliteit van grondwater en de kwaliteit van oppervlaktewater van groot belang. De bijdrage van grondwater aan de belasting van het oppervlaktewater is uit metingen niet goed af te leiden en moet modelmatig worden benaderd. Aspecten die hierbij een rol spelen zijn: neerslagoverschot, reistijden en processen in bodem en oppervlaktewater. Daarom zijn voor deze modelmatige benadering nodig:

- een regionaal gedifferentieerd beeld van de reistijden van het water in de bodem;
- een regionaal gedifferentieerd beeld van de processen in de bodem;
- een regionaal gedifferentieerd model voor het transport van nitraat in bodem en water.

De basis voor de beschouwingen over het transport van nutriënten is de stroming van het (grond)water. Het grondwater wordt gevoed (Figuur 6.1) door een aanvulling die afhankelijk is van neerslag en verdamping. Voor neerslag en verdamping zijn langjarige gemiddelden over de periode



Figuur 6.1 Afvoercomponenten gerepresenteerd in het model NPKRUN

1961-1990 genomen, die regionaal gedifferentieerd zijn (Meinardi, 1994). De belasting met nutriënten van het maaiveld in het landelijk gebied bestaat uit bemesting en atmosferische depositie. Effecten van de huidige belasting en van processen in de onverzadigde zone komen tot uiting in de uitspoeling bij het freatisch vlak, die wordt gemeten in het Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM) en het Trendmeetnet Verzuring (TMV). Voor stikstof is gebruikgemaakt van die gegevens. Daarna is het nodig om het transport door de verzadigde zone en eventuele veranderingen in het grondwater te bepalen. Voor fosfaat zijn berekeningen gemaakt op basis van de gemeten concentraties op diverse diepten. Met het model NPKRUN (Meinardi en Van den Eertwegh, 1995) is de actuele stroming van het grondwater gemodelleerd, met inbegrip van de reistijden in de bodem.

6.2 Afvoercomponenten voor het grondwater

Het model NPKRUN geeft gemiddelde waarden over langjarige perioden van het af te voeren neerslagoverschot, de aanvulling van het grondwater en verdeling van de reistijden in het grondwater. Het gebruikt als invoergegevens de langjarige waarden over 1961-1990 voor neerslag (P) en Referentiegewasverdamping (E_r), zoals bepaald door het KNMI. De potentiële verdamping per gewastype (E_p) volgt uit de gewasfactoren die door CHO-TNO (1988) zijn gegeven. Hieruit volgt een waarde voor het af te voeren neerslagoverschot. De reductie van de verdamping (RED) is bepaald op grond van gewas, grondwaterstand (Gt), bodemtype en de HELP-tabellen (Werkgroep HELP, 1987). In NPKRUN zijn relaties ingevoerd waarmee een verdeling kan worden gemaakt van de oppervlakkige afvoer (R_{opp}) en de aanvulling (I) van het grondwater op basis van gewastype en bodemeigenschappen. Hieruit volgt:

$$I = P - E_p + RED - R_{opp} \quad (\text{mm.jaar}^{-1}).$$

Uit neerslagoverschot en gebiedseigenschappen volgen de grondwateraanvulling (I) en de reistijd (t) in de bodem. Op een bepaalde diepte (z) is deze verder afhankelijk van de dikte van het watervoerende pakket (D) en de porositeit (p) volgens de vergelijking:

$$t = (p \cdot D / I) \cdot \ln D / (D - z) \quad (\text{jaar}) \quad \text{en ook}$$

$$z = D \cdot (1 - \exp(-I \cdot t / (p \cdot D))) \quad (\text{meter})$$

N.B.: de afstand tot de drainerende waterlopen komt niet voor in de vergelijkingen.

NPKRUN aggregeert de berekende resultaten per modelcel, want de resultaten zijn pas zinvol voor grote gebieden. Ecodistrictsgroepen zijn genomen voor een eerste benadering en verder de stroomgebieden die horen bij de grondwaterlichamen (GWL) voor de KRW. Voor de bodem zijn de ecodistrictsgroepen geschikt om de resultaten samen te vatten omdat die hydrologisch gezien een eenheid vormen. Voor het oppervlaktewater ligt de indeling in stroomgebieden meer voor de hand.

6.3 Benadering voor stikstofverbindingen

De huidige belasting aan maaiveld met stikstof komt tot uiting in de gemeten concentraties van nitraat bij het freatisch vlak (Boumans et al. 2004). De concentraties op die diepte (circa 1 m-mv) zijn eveneens toegekend aan oppervlakkige componenten van de afvoer, zoals afvoer door greppels, door drainbuizen en via interflow (tussenstroming). Voor ondiepe GWL in klei- en

veenlagen zijn dit ook de concentraties die in het drainerende open water terecht komen. Concentraties in het diepere grondwater van de zandgebieden zijn een gevolg van de historische belasting.

De uiteindelijke concentraties in het drainerende water volgen uit de menging van water met verschillende reistijden op en in de bodem (en daarmee ook met verschillende concentraties), die in het oppervlaktewater bij elkaar komen.

Een eerste benadering gaat uit van historische mestgiften en de bijbehorende uitspoeling naar de bodem. De historische mestgiften verschillen voor bouwland en grasland. Voor 1900 zijn de giften aan kunstmest verwaarloosbaar geweest, de giften aan dierlijke mest op bouwland relatief laag en die op grasland hoger door beweiding. De bemesting van grasland met N uit kunstmest en dierlijke mest heeft ongeveer 400 kg/ha bedragen in 1970, 300 kg/ha in 1960 en 225 kg/ha in 1950. De gemiddelde bemesting van bouwland was ongeveer 160 kg/ha in 1970, 100 kg/ha in 1960 en 60 kg/ha in 1950. Op basis hiervan is de bemesting vanaf 1890 (introductie kunstmest) benaderd middels een exponentiële functie.

De uitspoeling nabij het freatisch vlak voor perioden voor 1970 is afgeleid uit de ontwikkelingen in het gebruik van mest door de uitspoeling evenredig te stellen met de mestgift. Hiermee berekende uitspoelingen vormen de basis voor de huidige concentraties van grondwater in diepere stroombanen in de bodem.

6.4 Benadering voor fosforverbindingen

De benadering voor fosforverbindingen die voor de karakterisering is gevolgd, is om uit te gaan van de gemeten concentraties op diverse diepten in de bodem. Dergelijke beschouwingen gelden vooral voor zandige aquifers. In de klei- en veengebieden zijn de reistijden in de ondiepe toplagen in het algemeen slechts enkele jaren. Voor de oppervlakkige afvoer zijn de concentraties gelijk gesteld aan die van het bovenste grondwater. Aangehouden is verder dat de concentraties in grondwater met reistijden tussen 0 en 20 jaar in een zandige bodem gelijk zijn aan de gemeten concentraties op een diepte van 10 m-mv (het eerste filter van LMG, Tabel 5.1). Evenzo is de concentratie in het grondwater met reistijden tussen 20 en 50 jaar in de bodem gelijk gesteld aan de gemiddelde waarneming in het derde filter van LMG (Tabel 5.1). De concentraties met langere reistijden dan 50 jaar zijn gelijk gesteld aan de concentraties die gemeten zijn in de waarnemingen in de putten van de winplaatsen voor de openbare watervoorziening (Tabel 5.2). Voor de diepere lagen is, indien geen gegevens beschikbaar waren, de concentratie van 0,1 mg/l (basiswaarde) gehanteerd. De volumestromen, die de aangegeven reistijden over en in de bodem doorlopen, volgen uit het model NPKRUN. Voor de klei-veengebieden zijn de meetgegevens (vaak uit drains) voor totaal-P aangehouden. Een bijdrage van mogelijk P-rijke kwel is niet beschouwd.

Voor Zuid-Limburg zijn de waarden uit het onderzoek 'Bronnen en bronbeken' (Meinardi, 2004) overgenomen.

6.5 Uitgevoerde berekeningen

De basisberekeningen voor NPKRUN worden gedaan op gridniveau (500*500m) en de resultaten worden geaggregeerd naar (veel) grotere gebieden zodat horizontale stroming naar aangrenzende gebieden kan worden verwaarloosd. Voor de huidige vraagstelling zijn de resultaten op gridniveau op twee manieren geaggregeerd, namelijk naar ecodistrictsgroepen en naar de stroomgebieden waarin

de onderscheiden GWL liggen. Voor de actuele toestroming naar het drainerende open water wordt uitgegaan van de waterstromen die met NPKRUN zijn bepaald en daarmee de stroombanen met een gegeven reistijdverdeling in het verzadigde grondwater. In dit geval is de volgende selectie gekozen:

- Reistijden van 0 tot 20 jaar;
- Reistijden van 20 tot 50 jaar;
- Reistijden van 50 tot 110 jaar;
- Reistijden van meer dan 110 jaar.

De basis voor de selectie van de reistijdperioden is de historie van de bemesting van de landbouwgronden in Nederland. De toepassing van kunstmest begon omstreeks 1890.

6.6 Resultaten voor de ecodistricten

Het overzicht van de resultaten voor de ecodistrictgebieden is gegeven in Tabel 6.1 en Tabel 6.2. Uit de in Tabel 6.1 opgenomen waarden is de reistijd naar iedere bepaalde diepte (bij bekende dikte D en porositeit p van de aquifer) af te leiden.

Tabel 6.2 geeft de berekende concentraties in het grondwater en de daaruit volgende toestroming naar het drainerende oppervlaktewater. Rekening moet worden gehouden met processen in diepere lagen. De denitrificatie is geschat op basis van een vergelijking van met NPKRUN berekende waarden en in LMG gemeten waarden (Meinardi en Schotten, in prep.).

Tabel 6.1 Gemiddelde waarden van waterstromen in ecodistricten

(P =neerslag; E_a = verdamping; I =grondwateraanvulling; R_{opp} = oppervlakkige afvoer)

| Naam ecodistrict | Opp. ha | P mm/a | E_a mm/a | $P-E_a$ mm/a | I mm/a | R_{opp} mm/a |
|----------------------|------------|-----------|---------------|-----------------|-----------|-------------------|
| Krijtgebied | 21725 | 878 | 481 | 397 | 290 | 107 |
| Lössgebied* | 20725 | 795 | 479 | 315 | 248 | 67 |
| Stuwwallen | 144775 | 856 | 506 | 350 | 335 | 16 |
| Kleistuwwallen | 43975 | 757 | 478 | 279 | 210 | 70 |
| Keileemplateau | 276675 | 830 | 486 | 344 | 184 | 160 |
| Donken | 32275 | 783 | 467 | 316 | 150 | 166 |
| Rest keileem | 65900 | 765 | 469 | 296 | 223 | 73 |
| Horsten | 103450 | 743 | 473 | 270 | 219 | 51 |
| Oude rivierterrassen | 56775 | 746 | 478 | 268 | 214 | 54 |
| Zuidelijk zand | 137675 | 803 | 501 | 302 | 248 | 54 |
| Oostelijk zand | 205400 | 775 | 476 | 299 | 237 | 62 |
| Glaciaal bekken | 50625 | 814 | 510 | 304 | 161 | 144 |
| Puinwaaier | 25450 | 869 | 492 | 378 | 254 | 124 |
| Hoogveen | 130625 | 774 | 423 | 351 | 247 | 104 |
| Beekdalen | 59275 | 764 | 458 | 306 | 220 | 85 |
| Centrale Slenk | 184475 | 758 | 490 | 268 | 206 | 61 |
| Kalkrijke duinen | 18750 | 797 | 546 | 251 | 237 | 15 |
| Kalkarme duinen | 15900 | 789 | 588 | 201 | 151 | 50 |
| Strandwallen | 19425 | 809 | 527 | 281 | 152 | 129 |
| Rivierengebied | 263050 | 790 | 500 | 290 | 116 | 174 |
| Indijkingen | 290450 | 786 | 461 | 325 | 153 | 173 |
| Zeekleigebied | 278650 | 798 | 517 | 281 | 98 | 183 |
| Laagveengebied | 247325 | 819 | 533 | 285 | 26 | 259 |
| Droogmakerij | 72325 | 835 | 517 | 318 | 104 | 214 |
| Polders | 146075 | 788 | 440 | 348 | 192 | 156 |
| Deltagebied | 6700 | 798 | 525 | 273 | 89 | 184 |

6.7 Resultaten per grondwaterlichaam

De resultaten van de berekeningen die zijn uitgevoerd om de toe- en de uitstroming van water en nutriënten te simuleren, zijn voor de grondwaterlichamen (GWL) samengevat in Tabel 6.3 en Tabel 6.4. De in Tabel 6.3 aangegeven oppervlakten betreffen uitsluitend het aan maaiveld gelegen deel van de bovengrens van de GWL. Alleen in de delen van het GWL, die in direct contact staan met maaiveld en het open water, is sprake van een rechtstreekse drainage van grondwater door oppervlaktewater. De waarden van de waterstromen in mm/a hebben betrekking op het in Tabel 6.3 aangegeven oppervlak. Voor zandige GWL is het werkelijke bovenvlak steeds groter en zijn de bijbehorende waterstromen geringer dan volgens Tabel 6.3 en Tabel 6.4. In Tabel 6.4 zijn de reistijden voor de ondergrondse afstroming weergegeven.

Bovendien geeft Tabel 6.4 de resultaten voor stikstof- en fosforconcentraties in het naar het oppervlaktewater toestromende grondwater.

Tabel 6.2 Afstromende water- en nutriëntstromen voor de ecodistricten

(I_{0-20a} = grondwater, reistijd <20 jaar; I_{20-50a} = grondwater, reistijd van 20 jaar tot 50 jaar; $I_{>50a}$ = grondwater reistijd >50 jaar; N_{uitsp} = concentratie op freatisch vlak; N_{miner} = stikstofconcentratie door mineralisatie van bodemmateriaal; N_{winter} = toevoer van nitraat naar open water in de winter; N_{zomer} = toevoer van nitraat in de zomer)

| Naam ecodistrict | I_{0-20a} mm/a | I_{20-50a} mm/a | $I_{>50a}$ mm/a | Kwel mm/a | NO_3 uitsp. mg/l (N) | N_{miner} ² mg/l (N) | N_{winter} mg/l (N) | N_{zomer} mg/l (N) |
|--------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|--------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Krijtgebied ¹ | 97 | 31 | 162 | 0 | 22 | - | 9 ³ | 9 ³ |
| Lössgebied ¹ | 248 | | | 0 | 18 | - | 18 ³ | 18 ³ |
| Stuwwallen ¹ | 37 | 46 | 251 | 1 | 8 | - | 2 | 1 |
| Kleistuwwallen | 52 | 43 | 115 | 8 | 17 | - | 10 | 5 |
| Keileemplateau | 23 | 22 | 139 | 3 | 16 | 3 | 9 | 2 |
| Donken | 37 | 16 | 97 | 1 | 7 | - | 4 | 1 |
| Rest keileem | 112 | 59 | 51 | 0 | 23 | 3 | 12 | 7 |
| Horsten | 57 | 50 | 113 | 1 | 21 | 5 | 11 | 7 |
| Oude rivierterrassen | 85 | 47 | 82 | 10 | 15 | 5 | 6 | 4 |
| Zuidelijk zand | 68 | 59 | 121 | 1 | 19 | 5 | 8 | 4 |
| Oostelijk zand | 61 | 54 | 122 | 0 | 22 | - | 8 | 3 |
| Glaciaal bekken | 54 | 39 | 67 | 49 | 19 | 3 | 11 | 2 |
| Puinwaaier | 91 | 60 | 102 | 21 | 19 | - | 10 | 4 |
| Hoogveen | 111 | 44 | 92 | 17 | 9 | 5 | 4 | 1 |
| Beekdalen | 51 | 35 | 135 | 0 | 17 | 5 | 6 | 1 |
| Centrale Slenk | 123 | 27 | 56 | 0 | 20 | 3 | 10 | 5 |
| Kalkrijke duinen | 49 | 51 | 136 | 0 | 1 | - | 0 | 0 |
| Kalkarme duinen | 17 | 19 | 114 | 4 | 4 | - | 1 | 0 |
| Strandwallen | 31 | 22 | 99 | 1 | 11 | - | 7 | 1 |
| Rivierengebied | 86 | 13 | 16 | 47 | 10 | 5 | 8 | 2 |
| Indijkingen | 129 | 11 | 12 | 18 | 11 | 3 | 8 | 2 |
| Zeekleigebied | 68 | 14 | 16 | 12 | 10 | 3 | 8 | 2 |
| Laagveengebied | 3 | 1 | 22 | 27 | 0 | 10 | 3 | 2 |
| Droogmakerij | 68 | 8 | 28 | 48 | 0 | 8 | 1 | 2 |
| Polders | 159 | 11 | 22 | 50 | 11 | 3 | 7 | 2 |
| Deltagebied | 58 | 12 | 18 | 97 | 8 | 5 | 5 | 1 |

1) in deze gebieden ligt de gws dieper dan globaal 1 m-mv (referentievlaak=bovenkant aquifer)

2) De waarde van N_{miner} . (N als gevolg van mineralisatie van een venige bodem) is gelijk gesteld aan het verschil tussen de gemiddelde waarden van de concentraties van N_{tot} en NO_3 (beide in mg/l als N) in het bovenste grondwater.

3) Voor het Zuid-Limburgse kalk- en lössgebied zijn de meetgegevens uit het Bronnen en bekenonderzoek Zuid- Limburg genomen (Meinardi, 2004).

Tabel 6.3 Inkomende waterstromen voor de GWL (intrekgebieden)

(P=neerslag; Ea= verdamping; I=grondwateraanvulling; Ropp= oppervlakkige afvoer)

| GWL nr. | Naam | Opp. ha | P mm/a | E _a mm/a | P-E _a mm/a | I mm/a | R _{opp} mm/a | Kwel mm/a |
|---------|------------------------------|---------|--------|---------------------|-----------------------|--------|-----------------------|-----------|
| 1 | Eems; zand | 153225 | 781 | 422 | 358 | 242 | 117 | -- |
| 2 | Rijn-Noord; zand | 147650 | 837 | 500 | 336 | 168 | 168 | -- |
| 3a | Rijn-Oost, Salland | 449075 | 790 | 475 | 316 | 220 | 96 | -- |
| 3b | Rijn-Oost, Twente+Achterhoek | 103600 | 764 | 472 | 292 | 210 | 83 | -- |
| 4 | Rijn-Midden, zand | 197750 | 847 | 504 | 343 | 276 | 66 | -- |
| 5 | Rijn-West, zand | 30350 | 794 | 509 | 285 | 240 | 45 | -- |
| 6a | Nrd-Limburg en Peel | 174400 | 745 | 477 | 267 | 209 | 58 | -- |
| 6b | Centrale Slenk | 184375 | 758 | 490 | 268 | 206 | 61 | -- |
| 6c | NWBrabant | 119775 | 804 | 502 | 303 | 248 | 55 | -- |
| 7 | Schelde; zand | 67700 | 765 | 456 | 309 | 180 | 130 | -- |
| 8 | Eems, klei-veen | 53600 | 785 | 447 | 337 | 139 | 198 | 10 |
| 9 | Rijn-Noord, klei-veen | 256675 | 811 | 522 | 289 | 70 | 219 | 12 |
| 10 | Rijn-Oost, klei-veen | 53275 | 805 | 520 | 285 | 69 | 216 | 34 |
| 11 | Rijn-Midden, klei-veen | 144325 | 793 | 449 | 344 | 178 | 166 | 53 |
| 12 | Rijn-West, klei-veen | 507350 | 809 | 515 | 294 | 90 | 204 | 39 |
| 13 | Maas, klei-veen | 87900 | 780 | 478 | 301 | 141 | 161 | 29 |
| 14 | Schelde, klei-veen | 93000 | 767 | 454 | 313 | 163 | 150 | 11 |
| 15 | Rijn-Noord, duinen | 7575 | 799 | 620 | 179 | 97 | 82 | -- |
| 16 | Rijn-West, duinen | 41425 | 805 | 537 | 268 | 205 | 63 | -- |
| 17 | Maas, duinen | 2175 | 756 | 528 | 229 | 130 | 99 | -- |
| 18 | Schelde, duinen | 3425 | 749 | 587 | 162 | 128 | 35 | -- |
| 19 | Zuid-Limburg | 48800 | 829 | 479 | 350 | 257 | 93 | -- |

Tabel 6.4 Inkomende water- en nutriëntstromen in het open water, huidige situatie met historische belasting voor diepe stroming (I_{0-20a}= grondwater, reistijd <20 jaar; I_{20-50a}= grondwater, reistijd 20 jaar tot 50 jaar; I_{>50a}= grondwater reistijd >50 jaar; N_{uitsp} = concentratie op freatisch vlak; N_{miner} = stikstofconcentratie door mineralisatie van bodem; N_{winter} = toevoer van nitraat naar open water in de winter; N_{zomer} = toevoer van nitraat in de zomer; P_{jaar}=gemiddelde concentratie van P in de totale afvoer)

| GWL nr. | Naam | I _{0-20a} mm/a | I _{20-50a} mm/a | I _{>50a} mm/a | NO ₃ _{uitsp.} mg/l (N) | N _{miner} ² mg/l (N) | N _{winter} ³ mg/l (N) | N _{zomer} ³ mg/l (N) | t-P _{jaar} mg/l (P) |
|---------|------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|---|---|--|---|---------------------------------|
| 1 | Eems, zand | 78 | 42 | 121 | 13 | 3 | 6 | 1 | 0,45 |
| 2 | Rijn-Noord, zand | 18 | 16 | 134 | 14 | 3 | 8 | 1 | 0,39 |
| 3a | R-O, Salland | 62 | 39 | 119 | 17 | - | 7 | 2 | 0,20 |
| 3b | R-O, Twente+Achterh. | 98 | 54 | 58 | 22 | - | 10 | 4 | 0,14 |
| 4 | Rijn-Midden, zand | 62 | 48 | 166 | 12 | - | 6 | 2 | 0,33 |
| 5 | Rijn-West, zand | 45 | 38 | 157 | 9 | 1 | 4 | 2 | 0,50 |
| 6a | Nrd-Limburg en Peel | 67 | 46 | 96 | 19 | 5 | 9 | 6 | 0,12 |
| 6b | Centrale Slenk | 123 | 27 | 56 | 20 | 5 | 10 | 5 | 0,13 |
| 6c | NWBrabant | 64 | 60 | 124 | 21 | 5 | 8 | 4 | 0,10 |
| 7 | Schelde, zand | 133 | 18 | 28 | 11 | 6 | 8 | 3 | 0,44 |
| 8 | Eems, klei-veen | 139 | -- | -- | 11 | 1 | 8 (12) ¹ | 3 (12) ¹ | 0,28 ⁴ |
| 9 | Rijn-Noord, klei-veen | 69 | -- | -- | 7 | 4 | 7 (11) ¹ | 2 (11) ¹ | 0,36 ⁴ |
| 10 | Rijn-Oost, klei-veen | 69 | -- | -- | 1 | 11 | 3 (12) ¹ | 1 (12) ¹ | 0,51 ⁴ |
| 11 | Rijn-Midden, klei-veen | 177 | -- | -- | 10 | 2 | 6 (12) ¹ | 2 (12) ¹ | 0,28 ⁴ |
| 12 | Rijn-West, klei-veen | 90 | -- | -- | 6 | 5 | 5 (11) ¹ | 3 (11) ¹ | 0,33 ⁴ |
| 13 | Maas, klei-veen | 141 | -- | -- | 11 | 4 | 8 (15) ¹ | 3 (15) ¹ | 0,25 ⁴ |
| 14 | Schelde, klei-veen | 163 | -- | -- | 11 | 4 | 8 (15) ¹ | 3 (15) ¹ | 0,24 ⁴ |
| 15 | Rijn-Noord, duinen | 9 | 10 | 78 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0,32 |
| 16 | Rijn-West, duinen | 38 | 38 | 129 | 6 | - | 4 | 0 | 0,82 |
| 17 | Maas, duinen | 36 | 15 | 79 | 8 | - | 5 | 1 | 1,04 |
| 18 | Schelde, duinen | 19 | 17 | 91 | 3 | - | 1 | 0 | 0,54 |
| 19 | Zuid-Limburg | 78 | 29 | 150 | 19 | - | 19 ⁵ | 19 ⁵ | 0,07 ⁵ |

¹⁾ Tussen haakjes de totaal afgevoerde stikstof, uitgedrukt als N-totaal, dus met inbegrip van de concentraties van NH₄ en organisch gebonden stikstof; hiervoor zijn de meetgegevens bovenste grondwater genomen (Tabel 5.4).

²⁾ De waarde van N_{miner} (N als gevolg van mineralisatie van de bodem) is gelijk genomen aan het verschil tussen de gemiddelde waarden van de concentraties van N_{tot} (Tabel 5.4) en NO₃ (deze tabel).

³⁾ Bij de berekeningen met NPKRUN waarvan de resultaten zijn samengevat in deze tabel is uitgegaan van een denitrificatie in het verzadigde grondwater die varieert over de verschillende Nederlandse regio's (Meinardi en Schotten, in prep.).

⁴⁾ Voor de klei-veengebieden zijn de t-P-concentraties van het bovenste grondwater genomen (Tabel 5.4).

⁵⁾ Voor GWL Zuid-Limburg zijn de meetgegevens uit het Bronnen en bekenonderzoek Zuid-Limburg (Meinardi, 2004) genomen.

7. Karakterisering grondwaterkwaliteit in het stedelijk gebied

7.1 Inleiding

De situatie van het grondwater onder stedelijke bebouwing kan verschillen van de toestand in het landelijk gebied. Vanouds is de verontreiniging van de bodem en daarmee het grondwater in stedelijk gebied relatief groot geweest. Industrieën vormden in vroeger tijden puntbronnen van vervuiling, die thans met veel moeite en tegen hoge kosten moeten worden gesaneerd.

Dit hoofdstuk geeft een eerste verkenning naar de toestand van het grondwater onder stedelijk gebied. Eerst worden de bronnen van grondwaterverontreiniging in het stedelijk gebied beschreven en wordt ingegaan op de karakteristieken van bodemverontreinigende activiteiten en het mogelijk effect op de kwaliteit van het grondwater.

Op basis van informatie uit het landsdekkend beeld bodemverontreiniging en de monitoring van de bodemsaneringsoperatie wordt een schatting gemaakt van de omvang en aard van de bodem- en grondwaterverontreiniging. Het ministerie van VROM heeft in de afgelopen jaren een landelijk project uitgevoerd, gericht op bodembescherming en bodemsanering, met inbegrip van een inventarisatie van alle (potentieel) verontreinigde locaties. Dit overzicht kan in samenhang met meer algemene gegevens worden gebruikt voor een beschrijving van de kwaliteit van het stedelijk grondwater.

Voor een verkenning naar beschikbare informatie over grondwaterkwaliteit zijn de gegevens van enkele grote steden verzameld (uit bijvoorbeeld milieuverslagen en gegevens van monitoring). Voor drie steden wordt een beeld geschetst van de grondwaterkwaliteit. Gegevens uit het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) zijn bewerkt om het landelijke en het stedelijke gebied met elkaar te vergelijken. Tot slot volgen conclusies en aanbevelingen.

7.2 Beschrijving bronnen van grondwaterverontreiniging

Er zijn veel activiteiten in het stedelijk gebied die direct of indirect de kwaliteit van het grondwater beïnvloeden. Dit kan een lichte verhoging ten opzichte van de achtergrond zijn, maar ze kunnen ook leiden tot ernstige verontreiniging van het grondwater (volgens de Wet bodembescherming).

In 1987 is de Wet bodembescherming van kracht geworden. In het kader van deze wet worden de gevallen die veroorzaakt zijn vóór 1987 geïdentificeerd als historische gevallen van bodemverontreiniging. Volgens de Wet bodembescherming zullen alle verontreinigingen die na 1987 zijn ontstaan, volledig verwijderd moeten worden. Ook de Nederlandse Richtlijn Bodembescherming bedrijfsmatige activiteiten (NRB, beleidsregel) heeft bijgedragen aan het opnemen van bodembeschermende voorzieningen (bijvoorbeeld vloeistofdichte verhardingen, anti-corrosie maatregelen, directe opvang) en dus het voorkomen van emissies, binnen vergunningen in het kader van de Wet milieubeheer. Andere maatregelen die genomen zijn, zijn procesmaatregelen (bijvoorbeeld andere processen, gesloten processen, spuitvrije zones).

Tabel 7.1 Overzicht van bronnen van grondwaterverontreinigingen en bodem in stedelijk gebied

| Bronnen | Gebiedstype | | Belasting van | | Wijzen van belasten bodem/grondwater | | | | | |
|--|-------------|-----------|---------------|-------|--------------------------------------|-----------|-----------------------|----------|--------|-------|
| | stedelijk | landelijk | grond-water | bodem | depositie | toedienen | uitlogen/ corrosie | slijtage | lekken | lozen |
| Industrie/inrichtingen/bedrijfsterreinen | X | X | X | X | X | | X | | X | X |
| Directe bodemlozingen (lozingenbesluit, Wbb) | X | X | X | X | | | | | | X |
| Stortplaatsen (stortbesluit, WM) | X | X | X | | | | | | X | |
| Ondergrondse infrastructuur | | | | | | | | | | |
| Ondergrondse riolering | X | | X | | | | | | X | |
| Ondergrondse transportleidingen | X | X | X | X | | | | | X | |
| Ondergrondse tanks (BOOT, Wbb) | X | | X | | | | | | X | |
| Verkeer (wegen), spoorwegen en trambanen | | | | | | | | | | |
| Autoverkeer | X | (X) | X | X | X | | | X | X | |
| Wegen (incl. vangrails) | X | (X) | | X | | | | X | | |
| Strooizout | X | (X) | X | X | | X | | | | |
| Spoorwegen/trambanen | X | (X) | | X | X | | X | X | | |
| Bouwstoffen/bouwactiviteiten | | | | | | | | | | |
| Oppervlaktebehandeling stralen, verven | X | | X | X | | | | X | X | X |
| Zinken dakgoten, loodslibben en verzinkt straatmeubilair | X | (X) | (X) | X | | | X | | | |
| Uitloging verduurzaamd hout, dakbedekking | X | (X) | (X) | X | | | X | | | |
| Hoogspanningsmasten | | X | | X | | | X | | | |
| Bestrijdingsmiddelen | | | | | | | | | | |
| Landbouwbestrijdingsmiddelen | | X | X | X | X | X | | | X | |
| Onkruidbestrijding ed | X | | X | X | | X | | | X | |
| Meststoffen | | | | | | | | | | |
| Zuiveringslib | | X | | X | | X | | | | |
| GFT(ompost) / zwarte grond | | X | | X | | X | | | | |
| Baggerspecie | (X) | X | (x) | X | | X | | | | |
| Dierlijke mest | | X | X | X | | X | | | | |
| Kunstmest | X | X | X | X | | X | | | | |
| Overige activiteiten | | | | | | | | | | |
| Jachtsport | | X | | X | | X | X | | | |

Tabel 7.1 geeft een overzicht van de potentiële bronnen, zowel voor het heden als het verleden. Kwalitatief wordt in de tabel aangegeven of de bodembelasting speelt in het stedelijk gebied, op welke wijze eventuele bronnen de bodem belasten en of de verontreinigende stoffen in het grondwater aangetroffen kunnen worden (mobiliteit). Deze informatie is gebaseerd op basis van studies naar lokale en diffuse bodembelasting (Lijzen en Franken, 1994; Lijzen en Ekelenkamp, 1995; VROM, 1990).

Zoals Tabel 7.1 aangeeft, zijn de belangrijkste vormen van bodembelasting:

- atmosferische depositie (als gevolg van verkeer, gewasbeschermingsmiddelen, bedrijven);
- opzettelijke toediening (strooizout, gewasbeschermingsmiddelen, onkruidbestrijding, meststoffen e.d., jachtsport);
- corrosie en uitloging (spoorwegen, zinken dakgoten, hoogspanningsmasten, oppervlaktebehandeling (stralen), uitloging hout);
- slijtage van materialen (autoverkeer, wegen, spoorwegen);
- lekkages (bedrijven, stortplaatsen, riolering, ondergrondse tanks en transport);
- lozingen (bedrijven, directe bodemlozingen, oppervlaktebehandeling).

In het kader van het onderzoek Landsdekkend Beeld Bodemverontreiniging moeten aan deze opsomming ook nog dempingen (sloten e.d.) toegevoegd worden.

Tabel 7.2 Potentieel bodemverontreinigende bedrijfsmatige activiteiten* van vóór 1987

| | Omschrijving verontreinigende activiteit | Aantal locaties in % van totaal | % kosten sanering van totaal |
|----|---|---------------------------------|------------------------------|
| 1 | Benzineservicestations | 15 % | 5 % |
| 2 | Textielreiniging | 1,8 % | 0,5 % |
| 3 | Brandstofpompen en tanks | 18 % | 5 % |
| 4 | Metaal en apparaten | 17 % | 30 % |
| 5 | Hout | 7 % | 18 % |
| 6 | Gasfabrieken | 0,4 % | 5 % |
| 7 | Reparatie en onderhoud motorvoertuigen | 8 % | 5 % |
| 8 | Chemische industrie | 3 % | 19 % |
| 9 | Erfverhardingen | 0,9 % | 1,0 % |
| 10 | Bouwnijverheid | 13 % | 3 % |
| 11 | Textiel en leder | 3 % | 4 % |
| 12 | Grafische industrie | 3 % | 0,7 % |
| 13 | Milieu en afval | 3 % | 2,3 % |
| 14 | Handel vloeibare brandstoffen, olie en teer | 8 % | 4 % |

Uit: Kostenmodel Landsdekkend beeld Eindrapportage 31-10-2003, rapport nr. 11051/ZC3/5B0/200825/001 (Arcadis en ReGister, 2004).

* Het betreft alleen de activiteiten waaraan een dominante UBI-code (Uniforme BronIndeling potentieel bodemvervuilende activiteiten, ReGister en Arcadis (2001)) is toegekend. Er kan sprake zijn van enige overlap.

De categorie bedrijven is een grote categorie met een verscheidenheid aan processen en kansen op bodembelasting.

In het kader van studies naar het landsdekkend beeld bodemverontreiniging is informatie verzameld over potentiële bodemverontreiniging. Tabel 7.2 geeft een overzicht van potentieel bodemverontreinigende bedrijfsmatige activiteiten van vóór 1987. Dit betreft veelal, maar niet uitsluitend, inrichtingen of bedrijven die zich in het stedelijk gebied bevinden. In de tabel is het voorkomen ingeschat als percentage van het totaal (naar schatting 660.000) en een schatting van het relatieve aandeel in de kosten van eventuele sanering. Samen geeft dit een indruk van de omvang en complexiteit van de locaties.

In de beschikbare databases van provincies en gemeenten voor management van de bodemsaneringsoperatie zijn geen gegevens over stoffen opgenomen. Deze gegevens zijn natuurlijk wel bekend en geregistreerd, maar in minder toegankelijke (minder gestandaardiseerde) systemen.

Daarom moet een andere benaderingswijze gekozen worden om inzicht te krijgen in het voorkomen van stoffen als gevolg van bodemverontreiniging.

Op basis van de verschillende activiteiten uit Tabel 7.2, deels nog verder onderverdeeld, is met een inschatting van het aantal locaties, de omvang (verhouding kosten-aantal locaties), relatief aandeel in de activiteit, de verwachte emissie, mobiliteit en afbreekbaarheid, een schatting gemaakt van het voorkomen in het grondwater (Lijzen et al, 2004).

Uit deze analyse, een ruwe inschatting, volgen als drie grote groepen, die samen ongeveer 85% van het totaal uitmaken:

1. olieproducten;
2. metalen;
3. sulfiden, organische zuren en gechloreerde koolwaterstoffen.

Drijfslaagvormende olieproducten zoals huisbrandolie, petroleum, benzine, dieselolie, BTEX, mengsmearbrandstof (bromfietsbenzine), afgewerkte olie staan hoog in de lijst. Deze producten zijn onder andere afkomstig van: brandstofpompen en tanks, handel vloeibare brandstoffen olie en teer, benzineservicestations en reparatie en onderhoud motorvoertuigen. De lichtere fracties in deze producten zijn meer gevoelig voor verspreiding.

Metalen zijn afkomstig uit verschillende bronnen, zoals zeefzand (bouw), stortplaatsen, puin-afval, AVI-slakken, jarosiet (van zinkbereiding), hoogovenslakken en chroomzouten uit onder andere uit leerlooierijen. Op basis van onderzoek naar de mobiliteit van metalen uit secundaire materialen zoals zeefzand, puinafval, AVI-slakken, hoogovenslakken, blijkt dat de volgende metalen uit lokale bodemverontreiniging in het grondwater onder stedelijk gebied te verwachten zijn:

- koper en molybdeen onder andere uit AVI-slakken/bodemas;
- cadmium en zink onder andere uit toepassing van jarosiet;
- arseen, antimoon, seleen en vanadium uit overige materialen;
- chroom (met name uit leerlooierijen);
- kwik en lood.

Sulfiden worden met name gevonden bij gasfabrieken en rubberverwerking, organische zuren bij stortplaatsen en gechloreerde koolwaterstoffen met name door gebruik in een reeks van industrietakken waarvan de voornaamste zijn: reparatie en onderhoud motorvoertuigen, machine-industrie, textielreiniging.

7.3 Omvang van de grondwaterverontreiniging

Over de hoeveelheid (licht) verontreinigd grondwater boven de streefwaarde grondwater onder stedelijk gebied is maar beperkte informatie voorhanden. Er zijn vaak wel (veel) gegevens van grondwater aanwezig als gevolg van bodemsaneringen en bij gemeenten, maar deze zijn maar gedeeltelijk direct beschikbaar en slechts in enkele gevallen systematisch geïnterpreteerd. Bij de monitoring voor de bodemsanering wordt namelijk vooral gekeken naar de overschrijding van de interventiewaarden voor grondwater en worden interventiewaardencontouren voor grond- en grondwaterverontreiniging vastgelegd, ook in de diepte. Het volume 'ernstig verontreinigd' grondwater is hiermee ruwweg vastgelegd.

Op basis van de hoeveelheden grondwater met een saneringsbeschikking over de jaren 2001 t/m 2003, die jaarlijks gerapporteerd worden in het Jaarverslag Monitoring Bodemsanering (VROM/RIVM, 2002, 2003 en 2004), is voor het stedelijk gebied een grove inschatting gemaakt van de hoeveelheid verontreinigd grondwater boven interventiewaarden (Lijzen et al., 2004). Op basis van gegevens als: de omvang zoals gerapporteerd 2001-2003, de intensiteit sinds 1980, correctie voor verontreiniging zonder saneringsplicht, nog niet onderzochte locaties en het aandeel van stedelijke locaties, wordt het volume bodem met ernstig verontreinigd grondwater geschat op $0,5 \cdot 10^9$ m³. Naar schatting is dit minder dan 1% van het totaal in stedelijk gebied.

In het landelijk gebied wordt het volume bodem met ernstig verontreinigd grondwater geschat op $1,0 \cdot 10^9$ m³ wat een nog veel kleiner deel is van het totale grondwater in het landelijke gebied.

Uit een eerste grove benadering (Lijzen et al., 2004; analyse gegevens Nader Onderzoeken 2003 en voor zover gerapporteerd (15% van het aantal NO's) volgt dat het volume bodem met grondwater met concentraties boven de streefwaarde een factor 20 groter is dan het volume bodem met ernstig verontreinigd grondwater.

Een correcte vaststelling van deze hoeveelheden (boven streef- en interventiewaarde) zal echter nog veel nader onderzoek vergen.

7.4 Meetgegevens van drie gemeenten

7.4.1 Inleiding

De kenmerken van de grondwaterkwaliteit ten gevolge van historisch verontreinigende activiteiten in het stedelijk gebied en de schaal (of omvang van de verontreiniging) kan worden beschreven op basis van informatie uit het landsdekkende beeld en de monitoring van de bodemsaneringsoperatie (zie hoofdstuk 3) (VROM/RIVM, 2002, 2003 en 2004). Echter, hieruit is slechts een globaal beeld te vormen. Om meer specifiek informatie te krijgen, is aan enkele grote steden verzocht een beeld te schetsen van de kwaliteit van het stedelijk grondwater waarbij gevraagd is te putten uit direct beschikbare informatie. Concreet werden de volgende vragen gesteld:

- Wat zijn de belangrijkste verontreinigingen en concentraties?
- Geef een schatting van het totaal volume ernstig verontreinigd stedelijk grondwater.
- Geef een schatting van het totaal volume verontreinigd grondwater met één of meerdere stoffen met concentraties hoger dan de streefwaarde (SW) of meer dan het maximaal toelaatbaar risico (MTR) voor oppervlaktewater.
- Welke gegevens zijn beschikbaar of kunnen op termijn beschikbaar komen?
- Welke indicaties zijn er voor antropogene invloeden (zoals: chlorideconcentraties in stedelijk gebied, grondwateronttrekkingen)?
- Wat is de beschikbaarheid van bodemkwaliteitskaarten?

7.4.2 Resultaten gemeente Den Haag

De gemeente Den Haag heeft in 1993 een onderzoek naar de grondwaterkwaliteit laten uitvoeren (Diependaal et al., 1993). Het betreft gegevens van 153 geïnventariseerde locaties en het betreffende bodemtype is zand. De locaties waarvan de gegevens over de grondwaterkwaliteit zijn verzameld, betreffen 71 ondiepe putten of buizen nabij locaties van bodemverontreiniging. Conclusies uit dit onderzoek:

- de verontreinigingen in het ondiepe grondwater (tot 3 m-mv) zijn voornamelijk de aromatische koolwaterstoffen (benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen) en minerale olie. Ook komen op een aantal locaties trichlooretheen, zink en cyanide voor;
- in ongeveer 30% van de onderzochte meetpunten wordt de interventiewaarde voor één of meerdere organische contaminanten overschreden;
- in ongeveer 10 % van de onderzochte meetpunten wordt de interventiewaarde voor sporenelementen overschreden (nikkel, koper, zink, arseen en cadmium);
- gechloreerde koolwaterstoffen zijn onderzocht op 20 locaties voor bodemsanering. In acht gevallen werden concentraties boven de streefwaarde aangetroffen.

Van 65 nooddrinkwaterputten zijn gegevens geïnventariseerd van de grondwaterkwaliteit in het diepe watervoerend pakket (dieper dan 20 m-mv) met de volgende conclusies:

- organische verontreinigingen komen boven de streefwaarde voor in alle watertypen in het diepe watervoerend pakket. Opgemerkt moet worden dat dit zelfs het geval is bij grondwatertypen die, op grond van de hoofdelementen, niet als antropogeen beïnvloed beschouwd worden. Tetrachlooretheen komt voor in lage concentraties, maar wel diffuus verspreid over de gehele gemeente;
- barium komt voor op 17 locaties (tot boven de interventiewaarde) waarbij echter aannemelijk is dat het voorkomen een natuurlijk fenomeen is. Andere sporenelementen die incidenteel (enkele malen) worden aangetroffen boven de streefwaarde maar lager dan de tussenwaarde zijn chroom, broom, arseen, koper en kwik;
- het diepe grondwater heeft op enkele plaatsen hoge chloride-, ammonium- en sulfaatconcentraties;
- in het ondiepe grondwater worden op veel plaatsen verontreinigingen aangetroffen met concentraties boven de interventiewaarden;
- de kwaliteit van het grondwater waaruit de noodvoorraad drinkwatervoorziening bestaat, is niet overal voldoende voor consumptie.

Uit de rapportage volgt dat het verkregen beeld op de schaal van de gemeente Den Haag redelijk dekkend is. Voor een gedetailleerd beeld, dat als basis kan dienen voor curatief en preventief beleid, zijn echter meer gegevens noodzakelijk. Kennisleemten aangaande de kwaliteit van het grondwater en mogelijke bedreigingen daarvan zijn in beeld gebracht.

Een schatting van het percentage verontreinigd grondwater is, op basis van de beschikbare gegevens, niet te maken omdat de omvang van de verontreinigingen niet goed in beeld is gebracht.

7.4.3 Resultaten gemeente Utrecht

De gemeente Utrecht (bodemtype: klei-veen) heeft een verkenning van de grondwaterkwaliteit gedaan aan de hand van het gemeentelijke bodeminformatiesysteem (STRABIS, BOBIS en GLOBIS) en de gegevens die daar op dit moment op een globale, snelle en eenvoudige wijze uit te selecteren zijn (Wiegiers en Langenhoff, 2004). Het totaal oppervlak van de gemeente Utrecht is 99,3 km². Hiervan is het grootste deel korter of langer stedelijk gebied. In het voormalig landbouwgebied Leidsche Rijn spelen andere chemische processen en zijn andere verontreinigingen aanwezig (bijvoorbeeld nikkel en arseen) dan in het stedelijk gebied (bijvoorbeeld Vluchtige Organische Chloorverbindingen (VOCl)).

Voor de schatting van het totaal volume stedelijk grondwater gaat men er vanuit dat de gemiddelde grondwaterstand op NAP-2m ligt en dat de scheidende laag tussen het eerste en tweede watervoerende pakket op NAP-50 tot -70 m-mv zit. Over circa 10% van de oppervlakte is deze scheidende laag zandig en alleen hier kunnen verontreinigingen zich verder verspreiden tot 10 meter dieper dan de scheidende laag. Op basis van bovenstaande wordt de totale hoeveelheid stedelijk grondwater geschat op $5 \cdot 10^9$ m³.

De schatting van het totaal volume ernstig verontreinigd stedelijk grondwater is gebaseerd op de hoeveelheden zoals tot nu toe gemeten. De schatting betreft dus een minimum. Het gebied met concentraties boven de interventiewaarde van de onderzochte verontreinigingen met VOCl (26 vlekken) heeft een gezamenlijke oppervlakte van 804.000 m². Bij een gemiddelde dikte van de verontreinigingen van 25 m, is dit circa $20 \cdot 10^6$ m³. Tevens zijn 53 gebieden bekend met veront-

reinigingen die de afgelopen twee jaar in beschikkingen zijn vastgelegd. Hiervan horen er 40 niet tot de bovengenoemde VOCl-verontreinigingen en dit betreft dan met name olieverontreinigingen. De oppervlakte van deze 40 vlekken bedraagt 52.500 m². Bij een gemiddelde dikte van vier m is dit $0,21 \cdot 10^6$ m³.

Uit het systeem van bodeminformatie blijkt dat verontreiniging met VOCl verreweg de grootste bron van vervuiling in de gemeente Utrecht is. In totaal wordt geschat dat minimaal 0,5 tot 1 % van het stedelijk grondwater verontreinigd is met VOCl en minerale olie in concentraties boven de interventiewaarde. Dit deel kan nog toenemen bij voortgaand onderzoek.

Een schatting van het totaal volume licht verontreinigd stedelijk grondwater (concentraties boven streefwaarde en onder de interventiewaarde) is moeilijk te geven. Slechts incidenteel worden streefwaardecontouren bepaald.

In de Kaderrichtlijn water worden ook parameters zoals zuurstof, zuurgraad (pH), nitraat en ammonium e.d. genoemd. Voor deze parameters zijn geen gegevens opgenomen in het gemeentelijke informatiesysteem van de gemeente Utrecht.

De gemeente Utrecht heeft geen kwaliteitsgegevens uit eigen meetnetten. Wel is er een meetnet met grondwaterstanden (bij Dienst Stadsbeheer). Bodemkwaliteitskaarten kunnen in de nabije toekomst (zo is de verwachting) een belangrijke rol spelen bij het in beeld brengen van de bodemkwaliteit en de kwaliteit van het stedelijke grondwater. Met name wordt het dan mogelijk om deelgebieden in te delen op basis van historische activiteiten (ophooglagen, gedempte sloten, eventuele puntbronnen) en eventueel bodemopbouw.

7.4.4 Resultaten gemeente Rotterdam

De gemeente Rotterdam heeft een verkenning van de grondwaterkwaliteit gedaan aan de hand van direct beschikbare gegevens en kennis (Roeloffzen, 2004). Deze verkenning betreft het Rotterdamse stedelijke grondgebied (inclusief het havengebied) en dus niet alle (deel)gemeenten van de regio Rijnmond. In Rotterdam zijn veel meetgegevens van verontreinigingen beschikbaar (Van Leeuwen, 1993 en 2003; Pepels et al., 1994; Alkema en Van der Tooren, 1997; Streng et al., 1999; Roeloffzen, 2003; Groenenboom, 2004). Op basis daarvan is het mogelijk een gedegen beeld te schetsen over de grondwaterkwaliteit. Het Rotterdamse grondgebied is ongeveer 400 km² groot, waarvan circa 45% benut wordt voor wonen, winkels, etc., ook circa 45% bestaat uit haven- en bedrijventerreinen, en de overige 10% uit grote groengebieden (stadsparken) en landbouwgebied.

Rotterdam is gelegen in vijf verschillende bodemkundige landschappen:

1. Het westelijke deel van het havengebied (Maasvlakte en Europoort) en Hoek van Holland behoren tot het (haak)duinlandschap. Hier ontbreekt een Holocene laag van klei en veen; het Holocene pakket bestaat vooral uit zandlagen, met hiertussen discontinu dunne kleilaagjes.
2. Grote delen van het stedelijke gebied ten noorden van de Nieuwe Maas behoren tot het oude klei- en veenlandschap. De Holocene laag is opgebouwd uit relatief dikke klei- en veenlagen.
3. De noord- en ooststranden van de stedelijke (en landelijke) gebied ten noorden van de Nieuwe Maas behoren tot een droogmakerij, die is ontstaan door het leegmalen van veenplassen. De Holocene lagen zijn hier weliswaar dunner, maar nog steeds goed ontwikkeld en opgebouwd uit klei- en veenlagen.

4. Rotterdam ten zuiden van de Nieuwe Maas behoort tot het jonge zeeleilandschap. Ook hier zijn goed ontwikkelde Holocene klei- en veenlagen aanwezig.
5. De (voormalige) buitendijkse gebieden langs de Nieuwe en Oude Maas worden gekenmerkt door een Holocene deklaag. Die doorsneden is met zandige kreekopvullingen. Ze worden hydrologisch gezien als 'overgangszone' tussen de rivier(mond) en het venige- en kleiige achterland.

In het algemeen zijn de volgende watervoerende pakketten van belang:

- het freatische watervoerende pakket, waarvan de hydrologische en chemische eigenschappen sterk worden bepaald door de opbouw van de 'antropogene ophooglaag' op het Holoceen, die per wijk zeer verschillend is qua dikte (1 tot 12 meter), textuur (zandig tot sterk kleiig/venig) en chemische kwaliteit (schoon tot integraal zeer sterk verontreinigd);
- het eerste watervoerende pakket begint op NAP-14 tot -18m en wordt begrensd door een leemlaag op circa NAP-40m. Het bestaat uit goed doorlatend Pleistoceen zand, en staat via een diepe zandige rivierbedinsnijding in verbinding met de Nieuwe en Oude Maas, die infiltrerend zijn. In de binnendijkse diepe polders kwelt dit water weer langzaam op; dit vanwege de veelal hoge weerstand van de Holocene deklaag;
- beneden NAP-42m begint het tweede watervoerende pakket. Het grondwater daarin is waarschijnlijk hydrologisch geïsoleerd van het eerste watervoerende pakket en daardoor zout.

Als uitvloeisel van de Kaderrichtlijn Water en de Grondwaterrichtlijn is Nederland ingedeeld in stroomgebiedsdistricten en geohydrologische beheereenheden. Het grondgebied van Rotterdam valt geheel binnen de invloedssfeer van Rijn-West. Regionaal gezien valt Rotterdam echter binnen twee beheerseenheden:

- ten noorden van de Nieuwe Maas binnen eenheid I: Midden-Holland;
- ten zuiden van de Nieuwe Maas binnen eenheid XI: Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden.

Wat het diepe grondwater betreft, ligt de waterscheiding net ten zuiden van de Nieuwe Maas. Dit omdat de 'aanzuigende werking' van de diepe droogmakerijen aanzienlijk groter is dan die van de veel ondiepere polders in het eilandengebied. Bovendien vinden er ten noorden van de Nieuwe Maas veel meer grondwateronttrekkingen plaats.

Vanaf circa 1990 is er veel onderzoek gedaan naar de kwaliteit van het grondwater in het eerste watervoerende pakket en de rol van belastende bronnen. Daarnaast is op basis van beschikbare data uit regulier bodemonderzoek gepoogd een grondwaterkwaliteitskaart op te stellen voor de stad. In het kader van het landsdekkend beeld van de bodemkwaliteit is voor het havengebied meer specifiek nagegaan hoe groot de omvang is van de verontreiniging in het freatische en diepe watervoerende pakket. Verder is aanvullend onderzoek gedaan naar de effecten en potenties van 'natuurlijke afbraak' tijdens het transport van verontreinigingen door de Holocene deklaag en het eerste watervoerende pakket. Op basis van deze studies kan een goed onderbouwd globaal beeld worden geschetst van de kwaliteit van en belastende bronnen voor het grondwater binnen Rotterdam. Bij de beschrijving wordt enerzijds onderscheid gemaakt tussen het freatische en eerste watervoerende pakket en anderzijds tussen het havengebied en het stedelijke gebied (inclusief hierbinnen/ nabijgelegen bedrijventerreinen).

Toestand freatische grondwater

In 1998 is een kwaliteitskaart gemaakt van het freatische grondwater binnen Rotterdam. Hiervoor is het Rotterdamse grondgebied op grond van de bemalingdistricten, wijkindeling en bodemgebruik een eerste indeling gemaakt in 'grondwaterzones'. Per zone zijn alle gegevens

over grondwaterkwaliteit (van maaiveld tot 5 m-mv) over de periode 1995-1997 verzameld en vergeleken met streef- en grenswaarden. Hoewel er geen goed interpreteerbaar kaartbeeld ontstond en om die reden het project (vooralnog) is stopgezet, levert het wél een beeld op van de freatische grondwaterkwaliteit van de stad als geheel.

Overschrijding van de streefwaarde voor metalen komt veel voor in het freatische grondwater. Daardoor voldoet dit grondwater voor de meeste zware metalen gemiddeld niet aan het criterium voor schoon grondwater. Wel wordt gemiddeld voldaan aan de tussenwaarden. Opvallend is dat zelfs geregeld sprake is van overschrijding van de interventiewaarden. Een relatie met de kwaliteit van de grond in de antropogene laag is echter niet te leggen. Ook is opvallend dat overschrijding van tussen- en interventiewaarden vooral voorkomt voor de metalen arseen, cadmium, koper en lood. Het gaat hierbij ook om wijken met een schone antropogene laag. Als oorzaken hiervoor kunnen worden genoemd:

- de versturende werking van peilbuizen in humeuze zware kleigrondprofielen;
- de aanwezigheid van katekleiprofielen direct onder de antropogene laag (Ommoord, Overschie, Noordrand);
- denitrificatie van opgelost nitraat bij aanwezigheid van sulfiden, die veel voorkomen in perimariene bodems in Rotterdam (voormalige glastuinbouwlocaties);
- de aanwezigheid van met arseen verontreinigde onderhoudsbagger in de antropogene laag.

De bovenstaande vermoedens worden versterkt door het feit dat in de diepte (in de Holocene deklaag) het aantal overschrijdingen van de streefwaarden sterk afneemt.

Voor minerale olie wordt in vrijwel alle waarnemingen de streefwaarde overschreden. Dit hangt samen met het gegeven dat metingen op locaties van puntbronnen sterk oververtegenwoordigd zijn, maar anderzijds blijkt veen sterk verhogend te werken op de achtergrondconcentraties. Het duidelijkst is dit in Ommoord en Schieveen, waar het tachtigpercentiel zelfs de interventiewaarde overschrijdt. Daarnaast is op oude loswallen voor onderhoudsbagger veelal sprake van diffuse verontreiniging met zware oliecomponenten, zodat het tachtigpercentiel rond de tussenwaarde ligt.

Voor het Landsdekkend Beeld is een inventarisatie gemaakt van de potentiële puntbronnen in het stedelijk gebied. Binnen Rotterdam gaat het om circa 29.000 locaties, waarvan een beperkt deel ook tot grondwaterverontreiniging heeft geleid. Het meest voorkomend in het grondwater zijn de volgende stoffen:

1. minerale olie en vluchtige aromaten;
2. chlooroplosmiddelen;
3. cyaniden.

Zware metalen lijken zelden in het grondwater voor te komen als gevolg van puntbronnen.

Verder is maar een beperkt deel van het freatische grondwater verontreinigd, naar schatting: havengebied: 11%; en stedelijk gebied: <5%.

De verontreiniging verspreidt zich nog wel, maar in beperkte mate (onder andere) als gevolg van natuurlijke afbraak.

Toestand en gebruik diepe grondwater

Het grondwater onder de Holocene deklaag is uitgebreid onderzocht in de jaren 1990-1998 en daarna, zowel in het havengebied als voor stedelijk gebied. Hoewel tijdens de verschillende fasen van het onderzoek de resultaten niet altijd vergelijkbaar waren, kan globaal het beeld van Tabel 7.3 worden geschetst. Er is een beperkte mate van overschrijding van streefwaarden in het grondwater van het eerste watervoerende pakket direct onder de deklaag.

Tabel 7.3 Concentraties van stoffen in het ondiepe en middeldiepe grondwater in Rotterdam en percentage streefwaardeoverschrijding (%>SW)

| Parameter | Mediaan µg/l | Gem. µg/l | Max. µg/l | % > SW* | Aantal data | Opmerkingen |
|----------------|-----------------|--------------|--------------|---------|----------------|--------------------|
| Arseen | 2,2 | 3,3 | 24 | 8 | 138 | |
| Chroom | 1,3 | 1,7 | 8,4 | | 51 | |
| Koper | 0,6 | 2,0 | 41 | | 51 | |
| Kwik | 0,1 | 0,1 | 0,1 | | 41 | |
| Lood | 1,6 | 5,3 | 86 | 8 | 59 | |
| Nikkel | 2,0 | 3,1 | 21 | | 97 | |
| Zink | 100 | 40,4 | 960 | 30 | 121 | hoog in noodwetten |
| Benzo(a)pyreen | 0,026 | | 17 | 84 | | hoog in noodwetten |
| Naftaleen | 0,08 | 0,9 | 11 | 30 | 20 | |
| Benzeen | 0,1 | 0,1 | 0,4 | 5 | 20 | |
| Tolueen | 0,1 | 0,2 | 0,4 | | 20 | |
| Minerale olie | 30 | | 770 | 10 | | hoog in noodwetten |
| Cyanide | 0,5 | 1,5 | 8,7 | | 42 | |

* In Bijlage 1 wordt een overzicht gegeven van de Nederlandse streef- en interventiewaarden en overige kwaliteitsnormen voor grondwater (VROM, 2000).

Uit de studies naar verontreinigende bronnen blijkt geen duidelijke antropogene belasting:

- de invloed van infiltrerend verontreinigd rivierwater is beperkt tot minder dan 100 meter, zelfs in situaties van oeverwaterwinning voor de bereiding van drinkwater;
- uit tritummetingen bleek geen invloed aantoonbaar van freatisch infiltrerend grondwater;
- uit studies van de gemeente wordt duidelijk dat de reistijden in de Holocene deklaag dermate lang zijn dat een geringe natuurlijke afbraak al tot resultaat heeft dat verontreinigende stoffen het eerste watervoerende pakket niet kunnen bereiken;
- puntbronverontreinigingen hebben slechts lokaal gevolgen; het gaat hierbij steeds om cyaniden en/of organische stoffen, die dichtheidsstroming vertonen (tri, per, creosoot).

Voor alle niet in Tabel 7.3 opgenomen microverontreinigingen (onder andere cadmium, tri, per, en andere gechloreerde stoffen) werden geen waarden boven de detectiegrens gemeten en is daarmee ook geen overschrijding van de streefwaarden aan de orde.

De waarden voor de macroparameters zijn onderling zeer sterk verschillend als gevolg van het feit dat van oost naar west de mariene invloed steeds groter wordt. De grens tussen het zoet en zout grondwater ligt ongeveer ter hoogte van de Waalhaven en de Delfshavense Schie. De verschillen tussen de data in het zoute westelijke gebied en het zoete achterland zijn groot, met name voor chloride, sulfaat, fosfaat ammonium of calcium. Omdat de voor het maken van Tabel 7.4 beschikbare dataset voor circa tweederde in het zoete gebied is gesitueerd, terwijl de eerdere data waarschijnlijk meer in het zoute westelijke deel zijn verzameld, zijn deze verschillen zeer manifest.

Uit een studie van DCMR (2003) bleek dat vrijwel overal het diepe grondwater in een methanogene of sulfaatreducerende toestand verkeert. Dit bevestigt het beeld dat al werd verwacht op grond van de metingen uit eerder onderzoek van 1994.

Het diepe grondwater wordt beperkt benut voor specifieke doeleinden, en dat alleen binnen het stedelijke gebied: als koelwater, zwemwater en proceswater. Er wordt geen openbaar drinkwater uit stedelijk grondwater bereid; dit komt uit de Maas (spaarbekkens Biesbosch).

Tabel 7.4 Concentraties van macroparameters in het ondiepe en middeldiepe grondwater van Rijnmond, meeste resultaten uit 1994, waarden tussen haakjes uit (DCMR, 2003)

| Parameter | Mediaan mg/l | Gem. mg/l | Max. mg/l | Criterium anaerobie | Aantal data |
|-----------------------|-----------------|--------------|----------------|------------------------|----------------|
| Zuurgraad (pH) | 7,1 | 7,1 | 9,7 | | 282 |
| Geleidbaarheid (mS/m) | 3.017 | 2.959 | 37.500 | | 448 |
| Redoxpotentiaal (mV) | (-141) | | (-69) | | (48) |
| Chloride | 3.017 (300) | 3.421 | 16.580 (3.700) | | 3.924 (65) |
| Bicarbonaat | (735) | | (2.600) | | (28) |
| Sulfaat | 3 (1,6) | 51 | 910 (1080) | <20 | 328 (63) |
| Fosfaat | 5,3 (0,7) | 6,2 | 25 (6,8) | | 265 (59) |
| Nitraat | 0,4 (0,16) | 0,7 | 53 (74) | <1 | 258 (61) |
| Ammonium | 26,3 (16) | 27,1 | 194 (86) | | 305 (63) |
| Calcium | 150 | 176 | 1.040 | | 308 |
| Kalium | 21 | 32 | 94 | | 91 |
| IJzer (II) | (13) | | (10.108) | >2 | (65) |
| Zuurstof | (0,44) | | (4,8) | < 1 | (46) |
| Methaan | (20) | | (170) | >1 | (58) |

Overigens is het diepe grondwater zonder fysisch-chemische zuivering niet geschikt als drinkwater; dit vooral vanwege de van nature hoge ammonium- en ijzerconcentraties. Daarnaast is chloride in het westelijke deel van het gebied ver boven de drinkwaternorm gelegen en zijn ook de fosfaatconcentraties van nature erg hoog.

7.4.5 Hiaten in kennis en eventueel benodigd onderzoek

Macroparameters freatische grondwater

De gegevens van het freatische grondwater beperken zich vooral tot verontreinigende stoffen, relevant in het kader van de Wet bodembescherming. Van vermestende stoffen (nitraat, fosfaat) en verziltingsparameters (chloride, sulfaat, natrium) zijn nauwelijks data voorhanden. Met betrekking tot vermesting worden in stedelijke gebieden weinig problemen verwacht. Eventueel zijn er restproblemen in voormalige glastuinbouwgebieden (Prinsenland). Anders is dit wat betreft verzilting. Dit probleem is eventueel afkomstig uit verzilt inlaatwater en/of zoute kwel in de diepe droogmakerijen.

Redoxtoestand freatisch water

Anders dan voor het diepe grondwater is de redoxtoestand van het freatische grondwater nog niet onderzocht. Als voldoende middelen beschikbaar komen, wordt dit onderzoek alsnog uitgevoerd. Hiermee wordt tevens gegevens over macroparameters verkregen. Naar verwachting zullen aard en opbouw van de antropogene laag grote invloed hebben op de redoxtoestand van het grondwater.

7.5 Kwaliteitsgegevens uit het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG)

Het LMG bevat zowel meetpunten die liggen in het landelijk gebied als in het stedelijk gebied. In deze paragraaf worden beide gebieden vergeleken. Behalve dat onderscheid is gemaakt in stedelijk gebied (bebouwd en urbaan) en landelijk gebied (niet-bebouwd, niet-urbaan) is er ook onderscheid gemaakt in grondsoort. Zandgebieden en klei- en veengebieden worden vergeleken aangezien er grote verschillen zouden kunnen bestaan tussen de concentraties in het grondwater. Daarnaast is voor zandgebieden ook nog een onderverdeling gemaakt in middeldiep grondwater (circa 10 m-mv) en diep grondwater (circa 25 m-mv). Voor kleigebieden is echter alleen naar de concentraties op mv-10m gekeken, omdat de eerste beïnvloeding hier in het ondiepe grondwater te verwachten is.

Voor de verschillende stoffen is vooral gekeken naar de gemiddelde concentraties in het grondwater. Wanneer de betrouwbaarheidsintervallen van het gemiddelde (bijna) niet overlappen, is dit geïnterpreteerd als een aantoonbaar verschil. De resultaten zijn verder niet statistisch getoetst op verschillen.

In Tabel 7.5 zijn voor de verschillende categorieën de gemiddelde concentraties in het grondwater gegeven. Voor een groot aantal stoffen is weinig verschil waarneembaar tussen de concentraties onder stedelijk en landelijk gebied. Voor de macroparameters valt op dat in kleigebieden onder landelijk gebied de concentraties hoger zijn dan onder stedelijk gebied. Hiervoor is niet direct een verklaring te geven. Sulfaat is de enige stof die op zandgronden onder stedelijk gebied een hogere concentratie heeft dan onder landelijk gebied. Dit duidt op een antropogene invloed.

Voor cadmium koper, nikkel en zink in zandgronden is de concentratie in het landelijk gebied juist hoger dan onder stedelijk gebied. Dit is mogelijk toe te schrijven aan belasting vanuit de landbouw (via (kunst)mest).

De conclusie is dat op het landelijk schaalniveau voor de stoffen waarvoor gegevens aanwezig zijn alleen de sulfaatconcentraties onder stedelijk gebieden verhoogd lijken ten opzichte van

Tabel 7.5 Gemiddelde concentraties in grondwater onder bebouwd en landelijk gebied
(in vet concentraties waarvan de betrouwbaarheidsintervallen niet overlappen)

| Stof | Eenheid | zand middeldiep | | zand diep | | klei middeldiep | |
|-------------------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|
| | | Bebouwd gebied (n=12) | Landelijk gebied (n=152) | Bebouwd gebied (n=12) | Landelijk gebied (n=150) | Bebouwd gebied (n=5) | Landelijk gebied (n=67) |
| EC | mS/m | 77 | 117 | 64 | 65 | 98 | 346 |
| pH | | 6,4 | 6,2 | 6,7 | 6,6 | 7,2 | 6,9 |
| NH ₄ ⁺ | g/m ³ | 0,6 | 1,1 | 2,1 | 0,8 | 3,8 | 9,6 |
| NO ₃ -N | g/m ³ | 5,2 | 7,9 | 1,8 | 1,6 | 0,27 | 0,19 |
| P-tot | g/m ³ | 0,17 | 0,21 | 0,15 | 0,24 | 0,77 | 1,4 |
| SO ₄ ²⁻ | g/m ³ | 87 | 59 | 86 | 52 | 40 | 108 |
| Al | mg/m ³ | 380 | 632 | 23 | 165 | 17 | 36 |
| As | mg/m ³ | 4,6 | 2,03 | 1,75 | 2,42 | 6,52 | 2,35 |
| Cd | mg/m ³ | 0,11 | 0,47 | 0,18 | 0,09 | 0,03 | 0,05 |
| Cl | mg/m ³ | 99 | 50 | 59 | 122 | 129 | 1.147 |
| Cu | mg/m ³ | 1,29 | 3,22 | 1,04 | 0,83 | 0,45 | 0,55 |
| Ni | mg/m ³ | 9,79 | 19,2 | 4,97 | 11,20 | 0,78 | 0,75 |
| Pb | mg/m ³ | 0,98 | 0,97 | 0,17 | 0,27 | 0,10 | 0,11 |
| Zn | mg/m ³ | 10,2 | 47,5 | 7,9 | 31,0 | 5,6 | 17,3 |

het landelijk gebied. Een belangrijke beperking is dat de hoeveelheid meetpunten in het stedelijk gebied gering is en dat een groot aantal in het kader van bodemverontreiniging genoemde stoffen niet gemeten wordt binnen dit meetnet.

7.6 Conclusies

Er is een groot aantal bronnen die momenteel, maar vooral in het verleden hebben gezorgd voor bodembelasting in het stedelijk gebied. Afhankelijk van de hoeveelheden, mobiliteit en afbreekbaarheid van deze stoffen kunnen lokaal of over een groter gebied verhoogde concentraties in het grondwater voorkomen. Afgezien van de historische bodemverontreiniging die nog voor toename van concentraties in het grondwater kan leiden, is niet zonder meer aan te geven welke bronnen het grondwater in het stedelijk gebied momenteel het meeste belasten. Bij een verdere inventarisatie is het belangrijk onderscheid te maken tussen bewuste toepassingen (bijvoorbeeld bestrijdingsmiddelen), ongewenste emissies en ‘calamiteiten’.

Hoeveelheid verontreinigd grondwater

Over de hoeveelheid (licht) verontreinigd grondwater boven de streefwaarde grondwater onder stedelijk gebied is maar beperkte informatie voorhanden. Op basis van gegevens beschikbaar uit het Landsdekkend beeld bodemverontreiniging wordt de hoeveelheid verontreinigd grondwater boven interventiewaarden in het stedelijk gebied geschat op $0,5 \cdot 10^9$ m³. Naar schatting is dit minder dan 1% van het totaal in stedelijk gebied. In het landelijk gebied wordt dit geschat op $1 \cdot 10^9$ m³ wat een nog veel kleiner deel is van de totale hoeveelheid grondwater in het landelijke gebied.

Over de hoeveelheid grondwater verontreinigd boven de streefwaarden is geen schatting te geven.

Verontreinigende stoffen in grondwater

Op basis van de landelijke monitoring van de bodemsanering is een eerste grove analyse gemaakt van de stoffen die vanuit de verschillende typen activiteiten in het grondwater terecht zijn gekomen. Daarnaast geven de eerste resultaten van de monitoring van het grondwater in Utrecht, Den Haag en Rotterdam inzicht in de stoffen die het meest aangetroffen worden boven streef- of interventiewaarden. Het blijkt vooral te gaan om verontreiniging met aromatische en alifatische koolwaterstoffen, (sporen)metalen afkomstig uit diverse soorten afvalstoffen, sulfaten en fluoriden (uit puinafval), sulfiden (bij gasfabrieken en rubberverwerking) en gechloreerde koolwaterstoffen (textielreiniging en andere industrietakken).

Op basis van de beschikbare gegevens wordt duidelijk dat er een verschil is tussen het bovenste/freatische grondwater en het diepere grondwater. In het bovenste grondwater overschrijden in veel gevallen de concentraties aan metalen, aromatische koolwaterstoffen en minerale olie de streefwaarden en voor een aantal metalen zelfs frequent de interventiewaarden. In het diepere grondwater zijn vooral stoffen aangetroffen die dichtheidsstroming vertonen (chloorkoolwaterstoffen, creosoot), maar ook sommige metalen hebben soms (licht) verhoogde concentraties. In zandgronden (Utrecht) worden chloorkoolwaterstoffen als de belangrijkste bron van verontreiniging van het diepere grondwater beschouwd.

Vergelijking stedelijk en landelijk gebied (ondiepe en middeldiepe grondwater)

Uit gegevens van het Landelijke Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) blijkt dat er voor de meeste stoffen geen duidelijke verschillen zijn tussen het grondwater in het stedelijk gebied en het landelijk gebied. Opvallend is dat in zandgronden onder landelijk gebied de concentraties van cadmium, koper, nikkel en zink hoger zijn dan onder stedelijk gebied. Dit kan veroorzaakt worden door een hogere belasting en/of een verschillende zuurgraad van de bodem. Onder stedelijk gebied op zandgronden is alleen de concentratie aan sulfaat hoger dan onder landelijk gebied. Dit kan een gevolg zijn van antropogene invloeden (uitloging bouwmaterialen) en natuurlijke invloed (afbraak organisch materiaal in de bodem). De gemiddelden van de macroparameters die in Rotterdam zijn gemeten (zuurgraad, chloride, sulfaat, ammonium nitraat en fosfaat) zijn hoger dan in het LMG. De LMG-waarnemingen voor het stedelijk gebied vormen slechts een beperkte steekproef.

Aanbeveling

Om meer inzicht te krijgen in de grondwaterkwaliteit onder stedelijk gebied (en de verschillen met de kwaliteit van het omliggende landelijk gebied) is het aan te bevelen een uitgebreidere studie uit te voeren waarbij meer gemeenten zijn betrokken. Daarbij zouden de reeds aanwezige gegevens volgens een zoveel mogelijk uniforme methodiek geanalyseerd moeten worden.

Slotconclusie

De kwaliteit van het stedelijke grondwater is complex van aard en wordt sterk beïnvloed door lokale puntbronnen, met name vanuit het verleden. In het bovenste grondwater komen regelmatig overschrijdingen van streefwaarden en interventiewaarden voor. Tezamen met het gebrek aan gegevens maakt dit dat een landsdekkend of gemiddeld beeld van de stedelijke grondwaterkwaliteit niet te geven is.

Een betrouwbare kartering van de puntbronnen van verontreiniging kan pas in een later stadium gemaakt worden.

Hoewel het aantal waarnemingen in bebouwd gebied beperkt is, lijkt met toenemende diepte (10-25 m) het verschil tussen de kwaliteit van het grondwater in het landelijk en stedelijke gebied af te nemen (Tabel 7.5).

Dit betekent dat de gemiddelde waarden van de verschillende parameters in de GWL niet veel zullen veranderen als de stedelijke grondwaterkwaliteit wordt meegewogen. Daarom is besloten om voor de kwaliteit van de GWL en het stroomgebied het gemiddelde te nemen van de kwaliteit in het landelijk gebied.

8. Risicoanalyse voor het bereiken van de KRW-doelen

8.1 Probleemstelling

De risicoanalyse of de grondwaterkwaliteit zal voldoen aan de doelstelling van de KRW dat in 2015 een goede kwaliteit moet zijn bereikt, valt uiteen in drie vragen:

Vraag 1: Wat is het risico dat de kwaliteit van het grondwater niet voldoet aan de grenswaarden zoals die uit de KRW naar voren komen?

Vraag 2: Wat is het risico dat de grondwaterkwaliteit een verslechtering oplevert voor aquatische ecosystemen die afhankelijk zijn van de toestroming van grondwater?

Vraag 3: Wat is het risico dat de kwaliteit van het grondwater een verslechtering oplevert voor terrestrische ecosystemen die afhankelijk zijn van het grondwater?

De beantwoording van Vraag 1 heeft op dit moment uitsluitend betrekking op de gemiddelde concentraties van nitraat en van bestrijdingsmiddelen in het grondwater van de GWL. De Europese Commissie heeft in een voorstel voor een dochterrichtlijn grondwater (DGW) gesteld dat ook voor andere stoffen grenswaarden moeten worden vastgesteld, maar de DGW is op dit moment nog in procedure en over de uiteindelijke redactie bestaat geen zekerheid. Bovendien stelt de KRW dat de lidstaten desgewenst strengere bepalingen kunnen vaststellen ten aanzien van de kwaliteit van het grondwater op hun grondgebied. Nederland heeft echter (nog) geen gebruik gemaakt van die mogelijkheid. In het volgende worden uitsluitend de concentraties van nitraat nader beschouwd aangezien voor nitraat kan worden beschikt over landelijke metingen en voor bestrijdingsmiddelen niet.

Voor de bovenste GWL in klei- en veengebieden is geen apart 'early warning level' (EWL) onderscheiden. Het bovenste grondwater in de klei- en veengebieden vormt tegelijkertijd het early warning level en het (enige) 'compliance checking level' (CCL). Het grondwater wordt niet gebruikt voor de winning van drinkwater, maar heeft wel effecten op de kwaliteit van het drainerende open water. Dit aspect is uitgewerkt voor de karakterisering van het grondwater.

Bij het antwoord op Vraag 2 kan worden uitgegaan van waarden die voor het drainerende oppervlaktewater zijn vastgesteld. De Vierde Nota Waterhuishouding noemt als richtinggevende waarden dat het water niet meer dan 2,2 mg/l aan stikstof (N) mag bevatten en niet meer dan 0,15 mg/l aan fosfaat (als P). Ook zijn de in het oppervlaktewater aanwezige ecosystemen gevoelig voor toxische stoffen, maar dat verband is (nog) niet uitgewerkt.

Voor de beantwoording van Vraag 3 ontbreken op dit moment de benodigde gegevens, met name wat betreft de gevoeligheid van (nog aan te geven) waardevolle terrestrische ecosystemen voor een verslechtering van de grondwaterkwaliteit. Toch moet dit aspect een rol spelen bij de uiteindelijke beoordeling. Natuurlijke vegetaties in Nederland zijn in veel gevallen afhankelijk van de kwantitatieve en kwalitatieve hoedanigheden van het grondwater en dus ook de terrestrische ecosystemen waar ze deel van uitmaken. Een voorbeeld is de depositie van verzurende en vermestende stoffen door de neerslag. Het effect daarvan is dat het grondwater onder gebieden

met natuurlijke vegetatie zuurder en voedselrijker wordt waardoor de vegetatie van karakter kan veranderen.

8.2 Uitwerking van de risicoanalyse

De karakterisering van de grondwaterkwaliteit in de onderscheiden GWL en de bepaling van de risicoanalyse voor de GWL zijn twee gescheiden zaken. De karakterisering geeft de huidige toestand weer en de risicoanalyse het gevaar voor de toekomst van het niet bereiken van de goede toestand. De risicoanalyse gaat op voor alle kenmerken van het grondwater, maar daarbij geldt het beginsel 'one out, all out'. Dit houdt in dat de gehele toestand als risicodragend wordt beoordeeld indien één stof niet voldoet aan de eisen. In eerste instantie zal het risico alleen op de waarden voor nitraat en totaal-stikstof en totaal-fosfor worden gebaseerd.

Bij de risicoanalyse is ook 75% van de grenswaarde van belang. KRW, Artikel 17 stelt dat het beginpunt van een ombuigende trend in de kwaliteit moet liggen bij een concentratie van maximaal 75% van de grenswaarde. Hieruit volgt dat de KRW een concentratie van nitraat van 37,5 mg/l beschouwt als een minimale waarde waarbij het grondwater 'at risk' is.

Bij de uitwerking van de risicoanalyse kunnen verschillende keuzes worden gemaakt waarvoor de KRW geen eenduidige oplossing geeft. Het is zinvol om onderscheid te maken tussen de löss en zandgebieden enerzijds en de klei- en veengebieden anderzijds.

De zandgebieden vormen in het algemeen de intrekgebieden voor het grondwater in de GWL van de zandige lagen onder het gebied en in de aansluitende zandige lagen onder klei- en veengebieden. Het ligt daarom voor de hand om bij de risicoanalyse eisen te stellen aan de nitraatconcentraties in het bovenste grondwater (EWL) van de zandgebieden (= de intrekgebieden). De meest eenvoudige oplossing is om te stellen dat de gemiddelde concentratie van nitraat op het EWL niet hoger mag zijn dan 37,5 mg/l. Dit hoeft echter niet te betekenen dat het gehele GWL daarmee gevaar loopt om in 2015 niet aan de goede toestand te voldoen. Een situatie is denkbaar dat de gemiddelde waarde voor de EWL tot stand komt door relatief hoge waarden in een klein gebied en veel lagere in de rest van het EWL.

De mate waarin het grondwater in de zandgebieden bijdraagt aan de concentraties in het oppervlaktewater is sterk afhankelijk van de lokale situatie. Het model NPKRUN levert een schatting van de bijdrage van het grondwater aan het oppervlaktewater (Vraag 2 van de risico-analyse).

De stikstofconcentraties in het grondwater van de klei- en veengebieden moeten aan twee eisen voldoen. Het bovenste grondwater in die gebieden representeert ook de kwaliteit van het grondwater in het gehele GWL. Als de gemiddelde nitraatconcentratie een waarde van 37,5 mg/l overschrijdt kan het grondwater als 'at risk' worden beschouwd. Daarnaast geldt de eis dat het grondwater geen stoffen mag afvoeren naar het oppervlaktewater die nadelig zijn voor de toestand daarvan. Het grondwater in klei- en veenlagen zal in het algemeen relatief snel naar het open water worden afgevoerd, zodat de kwaliteit van dat grondwater gelijk is aan de toevoer naar het oppervlaktewater. Dit betekent dat het grondwater 'at risk' is als de concentratie in de toevoer hoger is dan 75% van de grenswaarden, 2,2 mg/l voor totaal-stikstof en 0,15 mg/l voor totaal-fosfor.

**Tabel 8.1 Gegevens van GWL voor een risicoanalyse op grond van stikstof (N) en fosfor (P).
In rood overschrijding grenswaarde en in geel overschrijding 75% van de grenswaarde**

| GWL | | gem. NO ₃ conc. op EWL mg/l (als NO ₃) | gem. NO ₃ conc. op CCL1 mg/l (als NO ₃) | gem. N conc. ¹ naar drainage mg/l (als N) | gem. P-tot conc. naar drainage mg/l (als P) |
|-----|------------------------|---|--|--|---|
| 1 | Eems, zand | 52 | 5,1 | 4 | 0,45 |
| 2 | Rijn-Noord, zand | 59 | 7,7 | 7 | 0,39 |
| 3 | Rijn-Oost, zand | 56 | 21,9 | 7 | 0,21 |
| 4 | Rijn-Midden, zand | 42 | 15,0 | 4 | 0,33 |
| 5 | Rijn-West, zand | 34 | 6,3 | 3 | 0,50 |
| 6 | Maas, zand | 96 | 37,9 | 8 | 0,23 |
| 7 | Schelde, zand | 64 | 3,8 | 7 | 0,77 |
| 8 | Eems, klei-veen | 41 | = EWL | 12 | 0,28 |
| 9 | Rijn-Noord, klei-veen | 35 | = EWL | 11 | 0,36 |
| 10 | Rijn-Oost, klei-veen | 28 | = EWL | 12 | 0,51 |
| 11 | Rijn-Midden, klei-veen | 42 | = EWL | 12 | 0,28 |
| 12 | Rijn-West, klei-veen | 33 | = EWL | 11 | 0,33 |
| 13 | Maas, klei-veen | 57 | = EWL | 15 | 0,25 |
| 14 | Schelde, klei-veen | 54 | = EWL | 15 | 0,24 |
| 15 | Rijn-Noord, duinen | 12 | 0,2 | 1 | 0,32 |
| 16 | Rijn-West, duinen | 14 | 0,2 | 3 | 0,82 |
| 17 | Maas, duinen | 18 | 0,2 | 4 | 1,04 |
| 18 | Schelde, duinen | 18 | 0,2 | 1 | 0,54 |
| 19 | Zuid-Limburg | 84 | 54,9 | 19 ² | 0,07 ² |
| 20 | Onder Boomse, klei | pm | | pm | pm |

1) Gemiddelde van de winter- en zomerconcentratie; gewogen naar volumina waterafvoer (Tabel 6.5).

2) Meetgegevens uit het Bronnen en bekenonderzoek Zuid Limburg (Meinardi, 2004).

8.3 Discussie en conclusies

Uit Tabel 8.1 komt naar voren dat de begrenzing van de grondwaterlichamen grote invloed heeft op de mate van het gevaar dat ze lopen om in 2015 niet aan de goede toestand te voldoen. Een voorbeeld is GWL6 in het stroomgebied van de Maas. De relatief hoge gemiddelde nitraatconcentraties op het niveau van 10 m-mv (Tabel 5.2) zijn een gevolg van hoge waarden in de zandgebieden en lage in het deel van het GWL onder klei- en veen. Het klei- en veendeel is relatief klein, zodat het gemiddelde relatief hoog is. Verder is uiteraard van belang dat gekozen is voor meerdere 'compliance checking levels' in de zandige GWL. De gemiddelde waarde voor het GWL6 zou (veel) lager uitkomen bij gebruik van alle meetwaarden op de verschillende diepten waar gemeten is bij GWL6.

Een ander voorbeeld van de invloed van de gemaakte keuzen op de waarden van Tabel 8.1 betreft de concentraties van de GWL in klei- en veenlagen. De klei- en veenlagen in GWL11, Rijn-midden, liggen vooral in de Flevopolders. Het zijn overwegend goed ontwaterde zavellagen met relatief hoge nitraatconcentraties in het grondwater. Een min of meer vergelijkbare situatie met relatief weinig veen is aanwezig in GWL 8, 13 en 14 (Eems, Maas en Schelde). De gemiddelde waarden voor de nitraatconcentraties in de genoemde GWL overschrijden de waarde van 37,5 mg/l. In de andere GWL met klei- en veenlagen komen ook gebieden voor met relatief hoge nitraatconcentraties, maar daar zijn de gemiddelde concentraties minder hoog. Dit is het gevolg

van het relatief grote aandeel veenlagen, waarin het grondwater lage nitraatconcentraties heeft (GWL 9, 10, 11 en 12). Overigens is het weer wel zo dat de overschrijding van de aangehouden grenswaarden vaak zodanig groot is dat ook bij andere keuzen de onderscheiden GWL vermoedelijk 'at risk' zouden zijn.

Conclusie: De begrenzingen van de onderscheiden GWL en de keuze van de toetsdiepten hebben invloed op de mate waarin de GWL 'at risk' zijn.

Voor de Nederlandse GWL gelden de volgende conclusies op basis van Tabel 8.1 en rekening houdend met het principe 'one out, all out'.

De beoordeling van de grondwaterkwaliteit (CCLI-toetsing) mondt uit in de conclusie dat grenswaarden voor het grondwater gemiddeld niet worden overschreden, behalve bij GWL19 in Zuid-Limburg (te hoge nitraatconcentraties). In Zuid-Limburg wordt wel op het CCL2-niveau aan de grenswaarde voldaan, hoewel de concentratie wel hoger is dan 75%-waarde.

De gemiddelde nitraatconcentraties in het bovenste grondwater van de zandgebieden, die het EWL vormen van de bijbehorende GWL, zijn hoger dan 37,5 mg/l, behalve voor Rijn-West en de duinen. Het zandgebied in de duinen heeft grotendeels een natuurlijke vegetatie, de GWL zijn wat dit aspect betreft niet 'at risk'.

Conclusie: De zandige GWL, behalve Rijn-West en die onder de duinen, zijn 'at risk' vanwege te hoge nitraatconcentraties op het EWL.

Alle zandige GWL zijn 'at risk' vanwege een hoge toevoer van stikstof en fosfor uit het grondwater naar het oppervlaktewater. De grenswaarde voor N_{totaal} en P_{totaal} wordt overschreden.

Conclusie: Alle zandige GWL zijn 'at risk' wat betreft de toevoer van N_{totaal} en P_{totaal} naar het oppervlaktewater.

De vier GWL in de Nederlandse duinen zijn niet 'at risk' op basis van de concentraties van stikstof maar wel wat betreft die van fosfaat. Het grondwater onder de duinen bevat hoge fosfaatconcentraties, vermoedelijk als gevolg van mariene invloed. Dit houdt in dat de toestroming naar het drainerende oppervlaktewater (aan de duinvoet en in de geestgronden) ook relatief hoge concentraties zal bezitten. De verdeling van brak en zoet grondwater vereist extra aandacht voor de GWL onder de duinen vanwege het preciaire evenwicht tussen zoet en brak grondwater. Vrijwel alle hydrologische ingrepen in de duingebieden zullen leiden tot een verandering in de ligging van het grensvlak tussen zoet en brak grondwater. Wat dit aspect betreft zijn de GWL onder de duinen eigenlijk ook 'at risk'.

Conclusie: GWL 15, 16, 17 en 18 onder de duinen zijn 'at risk' door te hoge waarden van de gemiddelde fosfaatconcentraties (P) in het grondwater.

In de klei-veen GWL die rijk zijn aan klei maar relatief weinig veen hebben, heeft het bovenste grondwater veelal vrij hoge nitraatconcentraties. Gemiddelde waarden van meer dan 37,5 mg/l komen voor in het grondwater van GWL8 Eems, GWL11 Rijn-Midden, GWL13 Maas en GWL14 Schelde.

In GWL met relatief veel veen (GWL9 Rijn-noord, GWL10 Rijn-Oost en GWL12 Rijn-West) zijn in dit opzicht niet 'at risk'. Grondwater in de veenlagen van de GWL heeft meestal lage nitraatconcentraties.

Conclusie: De GWL met klei-veen 8, 11, 13 en 14 die rijk zijn aan klei (Eems, Rijn-midden, Maas, Schelde) zijn 'at risk' vanwege te hoge gemiddelde nitraatconcentraties in de GWL.

Alle GWL in de klei- en veengebieden zijn 'at risk' aangezien ze niet voldoen aan de eisen dat de gemiddelde stikstofconcentratie van het in het oppervlaktewater uitstromende grondwater lager moet zijn dan 1,65 mg/l (Vraag 2). Een tweede reden waarom deze GWL 'at risk' zijn, is dat ook de gemiddelde concentratie van fosfor in het naar het open water toestromende grondwater (meestal veel) hoger is dan 0,15 mg/l (als P).

Conclusie: Alle klei-veen GWL zijn 'at risk' vanwege te hoge concentraties van N_{totaal} en P_{totaal} in de afvoer naar het oppervlaktewater.

De gemiddelde nitraatconcentraties overstijgen een waarde van 50 mg/l in het bovenste en ook in het ondiepe grondwater van Zuid-Limburg. GWL19 is 'at risk' en bovendien nu al van slechte kwaliteit. Het ondiepe niveau bevat relatief weinig meetnetputten, maar deze conclusie wordt ondersteund door waarnemingen aan de bronnen en bronbeken in dat gebied, die gemiddeld nog hogere waarden aangeven dan het LMG.

Conclusie: GWL19 in Zuid-Limburg is 'at risk' wat betreft het EWL en ook het eerste CCL door te hoge waarden van de gemiddelde nitraatconcentraties in het grondwater.

Slotconclusie:

Op grond van de beperkte risicoanalyse (alleen nutriënten zijn beschouwd) zijn alle grondwaterlichamen in Nederland 'at risk' met name door de interactie met het oppervlaktewater.

Literatuur

- Alkema D., C. van der Tooren (juli 1997) Voorlopige rapportage project grondwater-kwaliteitskaart Rotterdam. Gemeentewerken Rotterdam, Rotterdam (niet gepubliceerd).
- Arcadis en ReGister (2004) Kosten model Landsdekkend beeld Eindrapportage 31-10-2003. Arcadis en ReGister 11051/ZC3/5Bo/200825/001.
- Boumans, L.J.M., B. Fraters, G. van Drecht (2004) Nitrate leaching by atmospheric N deposition to upper groundwater in the sandy regions of The Netherlands in 1990. Environmental Monitoring and Assessment, 93(1-3): 1-15.
- Boumans, L.J.M., B. Fraters, G. van Drecht (2005) Nitrate leaching in agriculture to upper groundwater in the sandy regions of the Netherlands during the 1992-1995 period. Environmental Monitoring and Assessment, 102(1-3): 225-241.
- CHO-TNO, Commissie Hydrologisch Onderzoek TNO (1988) Evaporation and Weather. Proceedings and Information no.39 (ed. J.C. Hooghart), 's Gravenhage.
- DCMR, Milieudienst Rijnmond, (2003) Het milieu in de regio Rotterdam. Schiedam.
- Deneer, J.W., A.M.A. van der Linden, R. Luttik, R.A. Smid (2003) Development of an environmental indicator, which can be used on national and regional scales for evaluating pesticide emissions in the Netherlands. In: A.A.M. del Re, E. Capri, L. Padovani and M. Trevisan (eds.). Pesticide in air, plant, soil and water systems. Proceedings of the XII Intern. Symposium on Pesticide Chemistry, June 4-6, 2003, Piacenza, Italy, pp. 641-648.
- Diependaal M.J., P.B.J.M. Oude Boerrigter, H.P. Broers, A.C. Leget, J.L. vd Mey (1993). Integrale benadering grondwaterkwaliteit gemeente Den Haag. Een strategisch beleidsvoorbereidend onderzoek. TNO-rapport R93/171, TNO-SCMO, Delft.
- Dufour F.C. (1998) Grondwater in Nederland, Geologie van Nederland, deel 3. NITG-TNO.
- EC (2002) Horizontal guidance on the application of the term 'water body' in the context of the Water Framework Directive.
- EU (1991) Richtlijn 91/414/EEC, concerning the placing of plant protection product on the market. OJ No L 230, 19.8.1991.
- Fraters, B., P.H. Hotsma, V.T. Langenberg, T.C. van Leeuwen, A.P.A. Mol, C.S.M. Olsthoorn, C.G.J. Schotten, W.J. Willems (2004) Agricultural practice and water quality in the Netherlands in the 1992-2002 period. Background information for the third EU Nitrates Directive Member States report. RIVM report 500003002.
- Griffioen, J., N.G.F.M. van der Aa (2002) Argumentatie voor opdeling van Nederland in geohydrologische beheereenheden. TNO-NITG in opdracht van de TCB, Den Haag (TCB R16[2002]).
- Groenboom, M. (maart 2004) Landsdekkend beeld bodemverontreiniging in Rotterdam. DCMR/Milieudienst Rijnmond, Schiedam.
- Klijn, F. (1988) Milieubeheergebieden; Deel A: Indeling van Nederland in ecoregio's en ecodistricten, Deel B: gevoeligheid van ecodistricten voor verzuring, vermisting, verontreiniging en verdroging. RIVM-rapport 758702001.
- KIWA (2004) Kwaliteit van de KRW grondwaterlichamen op de diepte van de Nederlandse grondwaterwinningen. KIWA rapport KWR 04.014.
- Leeuwen J. van, (10 februari 1993) De kwaliteit van het diepe grondwater in Rotterdam; tussenrapportage. Gemeentewerken Rotterdam, Ingenieursbureau Geotechniek en Milieu, Rotterdam.
- Leeuwen J. van, (18 november 2003) Beeld diepe ondergrond; potenties voor natuurlijke afbraak in Rotterdam. Gemeentewerken Rotterdam, Ingenieursbureau Geotechniek en Milieu, Rotterdam.
- Lijzen J.P.A., A.J. Baars, P.F. Otte, M.G.J. Rikken, F.A. Swartjes, E.M.J. Verbruggen, A.P. van Wezel (2001) Technical evaluation of the Intervention Values for Soil/sediment and Groundwater. RIVM report 711701023.
- Lijzen, J.P.A., A. Ekelenkamp (1995) Bronnen van diffuse bodembelasting. RIVM-rapport 950011007.
- Lijzen, J.P.A., R.O.G. Franken (1994) Bronnen van lokale bodembelasting. RIVM-rapport 950011002.
- Lijzen, J.P.A., P.F. Otte, C.W. Versluys (2004) Verkenning grondwaterkwaliteit onder het stedelijk gebied (voor de Kaderrichtlijn Water). RIVM-notitie.
- Meinardi C.R. (1991) The origin of brackish groundwater in the lower parts of The Netherlands, in: *W. de Breuck (ed.), Hydrogeology of Salt Water Intrusion. IAH contributions to Hydrogeology*, 11, 271-290.
- Meinardi C.R. (1994) Groundwater recharge and travel times in the sandy regions of the Netherlands. RIVM-rapport 715501004.
- Meinardi C.R., G.A.P.H. van den Eertwegh (1995) Nitrate flows from the soil to draining surface water. Acta Universitatis Carolinae Geologica 39, 337-350.
- Meinardi C.R., C.G.J. Schotten (in prep.) Stroom van water en nutriënten vanaf en door de bodem naar het open water in Nederland. RIVM-rapport in voorbereiding.
- Meinardi, C.R. (2003) Basiswaarden voor spoorelementen in het zoete grondwater van Nederland. RIVM-rapport 714801028.
- Meinardi C.R. (2004) Bronnen en bronbekken van Zuid-Limburg; Kwaliteit van grondwater, bronwater en beekwater. RIVM-rapport 500003003.
- MNP (2004) Milieubalans 2004. MNP-rapport 251701057.
- Pepels A., J. van Leeuwen (8 juni 1994) De kwaliteit van het diepe grondwater in Rotterdam; eindrapportage. Gemeentewerken Rotterdam, Ingenieursbureau Geotechniek en Milieu, Rotterdam.
- ReGister en Arcadis (2001) Uniforme bronindeling potentieel bodemvervuilende activiteiten.
- Reijnders, H.F.R., G. van Drecht, H.F. Prins, J.J.B. Bronswijk, L.J.M. Boumans (2004) De kwaliteit van ondiep en middeldiep grondwater in Nederland in het jaar 2000 en verandering daarvan in de periode 1984-2000. RIVM-rapport 714801030.
- RIVM (2001) Milieucompendium 2001. Het milieu in cijfers. RIVM rapport 25170105
- Roeloffzen, A. (2004) Vragen van het RIVM met betrekking tot de kwaliteit stedelijk grondwater (Persoonlijke communicatie, e-mail 19-04-2004). DCMR Milieudienst Rijnmond.
- Roeloffzen A.B. (2003) Heroverweging beleid beheer en sanering van de bodem in het Rotterdamse havengebied. Gemeentewerken Rotterdam, afdeling Milieubeleid, Rotterdam, 15 december 2003.
- Streng J.M.A., A. Pepels, de Heer (8 januari 1999) Integrale grondwaterverkenning stadsregio Rotterdam; fase 1: inventarisatie en karakterisatie. Gemeentewerken Rotterdam, Ingenieursbureau Geotechniek en Milieu, Rotterdam.
- Stuurman, R.J., P. Vermeulen (1996). Grensoverschrijdende grondwaterstromen in de Centrale en Roerdal Slenk. Spraakwater Nr 4, (december 1996). Periodiek van TNO Grondwater en Geo-Energie.
- Tiktak A., A.M.A. van der Linden, J.J.T.I. Boesten (2003) The GeoPEARL model. Model description, applications and manual. RIVM report 716601007.
- Verbruggen, E.M.J., R. Posthumus, A.P. van Wezel (2001). Ecotoxicological Serious Risk Concentrations for soil, sediment and water: updated proposals for first series of compounds. RIVM report 711701020.
- VROM (1990) Bodembescherming in de jaren '90 ('Tienjarenszenario'). TK vergaderjaar 1989-1990, 21557, nr 1. Den Haag, mei 1990.
- VROM (1999) Stoffen en normen. Overzicht van belangrijke stoffen en normen in het milieubeleid. ISBN 90 6092 802 4. Alphen aan den Rijn.
- VROM (2000) Circulaire Streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering. Referentie DBO/1999226863. Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden 39, 1-8.
- VROM/RIVM (2002) Jaarverslag Bodemsanering 2001; de monitoringsrapportage.
- VROM/RIVM (2003) Jaarverslag bodemsanering over 2002.
- VROM/RIVM, (2004) Jaarverslag Bodemsanering Monitoring-rapportage 2003.
- Werkgroep HELP (1987) De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige productie. Rapport Werkgroep HELP-tabel, Mededelingen Landinrichtingsdienst no 176.
- Wiegiers H, M. Langenhoff (2004) Vragen van het RIVM met betrekking tot de kwaliteit stedelijk grondwater (Persoonlijke communicatie, e-mail 5-04-2004). Gemeente Utrecht, Dienst Stadsontwikkeling, Afdeling Milieu en Duurzaamheid.

Lijst van afkortingen

| | |
|----------|---|
| AC | Achtergrondconcentratie |
| AVI | Afvalverbrandingsinstallatie |
| BTEX | Benzeen, toluen, ethylbenzeen en xyleen |
| CCL | Compliance checking level |
| DGW | Dochterrichtlijn grondwater |
| EC | Europese Commissie |
| EU | Europese Unie |
| EWL | Early warning level |
| GeoPEARL | model voor berekening uitspoeling gewasbeschermingsmiddelen |
| Gt | Grondwatertrap |
| GWL | Grondwaterlichaam |
| IKW | Implementatie Kaderrichtlijn Water |
| IW | Interventiewaarde |
| KRW | Kaderrichtlijn Water |
| LBB | Landelijk beeld bodemverontreiniging |
| LBOW | Landelijk bestuursoverleg water |
| LMB | Landelijk meetnet bodemkwaliteit |
| LMG | Landelijk meetnet grondwaterkwaliteit |
| LMM | Landelijk meetnet effecten mestbeleid |
| MAM | Mest- en ammoniakmodel, berekent productie en verdeling van mest en ammoniakemissies |
| MTR | Maximaal toelaatbaar risico |
| NMI | Nationale milieuideicator, berekent belasting van het milieu met gewasbeschermingsmiddelen |
| NPKRUN | Model dat de concentraties aan stikstof en fosfor in het regionale oppervlaktewater berekent als gevolg van na af- en uitspoeling |
| PMB | Provinciaal meetnet bodemkwaliteit |
| PMG | Provinciaal meetnet grondwaterkwaliteit |
| SW | Streefwaarde |
| TMV | Trendmeetnet verzuring |
| UBI | Uniforme BronIndeling potentieel bodemvervuilende activiteiten |
| VOCI | Vluchtige organische chloorverbindingen |
| WFD | Water Framework Directive |
| WGW | Werkgroep grondwater |
| WHO | World Health Organization |
| WLB | Waterleidingbesluit |

Bijlage I MTR, streef- en interventiewaarden voor grondwater

Definities

MTR: Maximaal toelaatbaar risiconiveau voor oppervlaktewater. Het MTR oppervlaktewater (opgelost) wordt thans ook gebruikt als kwaliteitscriterium voor grondwater. Het MTR wordt afgeleid op grond van ecotoxicologische risicobeoordeling en geeft aan bij welke concentratie in het ecosysteem geen als nadelig te waarden effect is te verwachten.

SW: Streefwaarde. De streefwaarde geeft aan wanneer er sprake is van verwaarloosbare effecten op het milieu. Voor metalen is de streefwaarde de som het van nature aanwezige achtergrondconcentratie plus de verwaarloosbare toevoeging.

AC: Achtergrondconcentraties, zoals gedefinieerd in het kader van de Circulaire Streef- en interventiewaarden (VROM, 2000).

Basiswaarden: Achtergrondconcentraties zoals vastgesteld door (Meinardi, 2003).

IW: Interventiewaarde. De interventiewaarden geven het concentratieniveau aan waarboven sprake is van ernstige grondwaterverontreiniging.

Ondiep: betreft het ondiepe grondwater: standaard tot 10 m diepte.

Diep: betreft het diepe grondwater: standaard vanaf 10 m diepte.

De verschillende normen worden op wetenschappelijke gronden vastgesteld en nationaal afgesteld, waarbij indien wenselijke, rekening wordt gehouden met internationale normenkaders. De normen worden periodiek bijgesteld indien er nieuwe wetenschappelijke inzichten zijn. Recentelijk zijn er voorstellen gedaan voor herziening van Interventiewaarden en MTR waarden (Lijzen et al., 2001; Verbruggen et al., 2001). In deze bijlage worden de vigerende normen gegeven (VROM, 1999; VROM, 2000).

Tabel B1 Overzicht van normwaarden voor concentraties van stoffen in grond- en oppervlaktewater

| Stofnaam | Oppervlaktewater ¹ | | | | Grondwater ² | | | | | Grenswaarden drinkwater | | |
|-----------|-------------------------------|----------------|------------------|------------------|-------------------------|---------------|-------------------|------|-------------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|
| | MTR | SW | MTR | SW | SW ondiep | SW diep | AC diep | IW | Basis- waarde ⁶ | WHO ³ | EC ⁴ | WLB ⁵ |
| | Totaal mg/l | Totaal mg/l | Opgelost mg/l | Opgelost mg/l | < 10m mg/l | >10 m mg/l | >10 m mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| Aluminium | | | | | | | | | | 200 ^a | 200 ^b | 200 ^c |
| Antimoon | 7,2 | 0,4 | 6,5 | 0,4 | - | 0,15 | 0,09 | 20 | 0,045 | 20 | 5 | 5 |
| Arseen | 32 | 1,3 | 25 | 1 | 10 | 7,2 | 7 | 60 | 1,0 | 10 | 10 | 10 |
| Barium | 230 | 78 | 220 | 75 | 50 | 200 | 200 | 625 | 40 | 700 | - | 500 ⁷ |
| Cadmium | 2 | 0,4 | 0,4 | 0,08 | 0,4 | 0,06 | 0,06 | 6 | 0,05 | 3 | 5 | 5 |
| Chroom | 84 | 2,4 | 8,7 | 0,3 | 1 | 2,5 | 2,4 | 30 | 0,85 | 50 | 50 | 50 |
| IJzer | | | | | | | | | | 300 ^a | 200 ^b | 200 ^c |
| Kobalt | 3,1 | 0,2 | 2,8 | 0,2 | 20 | 0,7 | 0,6 | 100 | 0,6 | - | - | - |
| Koper | 3,8 | 1,1 | 1,5 | 0,5 | 15 | 1,3 | 1,3 | 75 | 0,85 | 2000 | 2000 | 2000 |
| Kwik | 1,2 | 0,07 | 0,2 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,05 ⁷ | 0,3 | - | 1 | 1 | 1 |
| Lood | 220 | 5,3 | 11 | 0,3 | 15 | 1,7 | 1,6 | 75 | 0,25 | 10 | 10 | 10 ^d |
| Mangaan | | | | | | | | | | 400 | 50 ^b | 50 ^d |
| Molybdeen | 300 | 4,4 | 290 | 4,3 | 5 | 3,6 | 0,7 | 300 | 0,12 | 70 | - | - |
| Nikkel | 6,3 | 4,1 | 5,1 | 3,3 | 15 | 2,1 | 2,1 | 75 | 2,6 | 20 | 20 | 20 |
| Zink | 40 | 12 | 9,4 | 2,9 | 65 | 24 | 24 | 800 | 8 | 3000 ^a | - | 3000 ^d |

Tabel B1 vervolg

| Stofnaam | Oppervlaktewater ¹ | | Grondwater ² | | IW | Grenswaarden drinkwater | | |
|----------------------------|-------------------------------|-------|-------------------------|-------|------|-------------------------|-----------------|------------------|
| | MTR | SW | MTR | SW | | WHO ³ | EC ⁴ | WLB ⁵ |
| | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l |
| Trichlooretheen (tri) | 2400 | 24 | 2400 | 24 | 500 | 70 | 10 ^e | 1 ^e |
| Tetrachloormethaan (tetra) | 1100 | 11 | 1100 | 0,01 | 10 | 4 | - | 1,7 |
| Tetrachlooretheen (per) | 330 | 3 | 330 | 0,01 | 40 | 40 | 10 ^e | 1 ^e |
| Minerale olie | - | - | - | 50 | 600 | - | - | 10 ⁷ |
| Benzeen | 240 | 2 | 240 | 0,2 | 30 | 10 | 1 | 1 ^f |
| Tolueen | 730 | 7 | 730 | 7 | 1000 | 700 | - | 1 ^f |
| Ethylbenzeen | 370 | 4 | 370 | 4 | 150 | 300 | - | 1 ^f |
| Xylenen (som) | 380 | 4 | 380 | 0,2 | 70 | 500 | - | 1 ^f |
| Atrazine | 2,9 | 0,029 | 2,9 | 0,029 | 150 | 2 | 0,1 | 0,1 |

| Stofnaam | Oppervlaktewater ¹ | | Grondwater ² | | | IW | Grenswaarden drinkwater | | |
|------------------|-------------------------------|------|-------------------------|---------|-----------------|-----------|-------------------------|------------------|------------------|
| | MTR | SW | SW | SW zand | SW klei veen | | WHO ³ | EC ⁴ | WLB ⁵ |
| | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | mg/l | |
| Nitraat | 50 | | 25 | | | | 50 | 50 | 50 |
| Ammonium (als N) | | | | 2 | 10 | | (0,4) | 0,5 ^b | 0,2 ^a |
| Totaal-stikstof | 2,2 ⁱ | 1 | | | | | (11,3) | | |
| Calcium | | | | | | | | | 150 ⁷ |
| Chlorideh | 200 | | 100 | | | | 250 ^a | 250 ^b | 150 ^a |
| Fluorideh | 1,5 | | 0,5 | | | | 1,5 | 1,5 | 1,1 |
| Totaal-fosfor | 0,15 ⁱ | 0,05 | | 0,4 | 3 | | (2,2) | | 2 ⁷ |
| Magnesium | | | | | | | | | 50 ⁷ |
| Sulfaat | 100 | | 150 | | | | 250 ^a | 250 ^b | 150 ^c |
| Cyaniden totaal | | | | | | | | | 50 mg/l |
| Cyaniden vrij | | | 5 mg/l | | | 1500 mg/l | 70 mg/l | 50 mg/l | |

- Bronnen
- 1 Vierde Nota Waterhuishouding, de Regeringsbeslissing (1998)
 - 2 Circulaire Streefwaarden en interventiewaarden bodemsanering (2000)
 - 3 WHO Guidelines for Drinking-Water Quality - Third Edition (2004)
 - 4 EU-DrinkwaterRichtlijn 98/83/EG
 - 5 Waterleidingbesluit; Stb. 2001, 58 (bijlage A)
 - 6 Basiswaarden voor spoorelementen in het zoete grondwater in Nederland (2003)
 - 7 Stoffen en Normen, 1999
- Noten
- a WHO Guidelines for Drinking-Water Quality - Second Edition (1993) Tabel A2.5
 - b indicators
 - c indicatoren, organoleptische/esthetische parameters (cat. IIIb)
 - d tot 1-1-2006 25 mg/l
 - e samen
 - f indicatoren, signaleringsparameters (cat. IIIc)
 - g indicatoren bedrijfstechnische parameters (cat. IIIa)
 - h chloriden en fluoriden: in gebieden met mariene invloeden komen van nature hogere waarden voor
 - i voor totaal-N en totaal-P gelden geen MTR-waarden, maar richtinggevende waarden

Bijlage 2 Verdeling van zoet en brak/zout grondwater

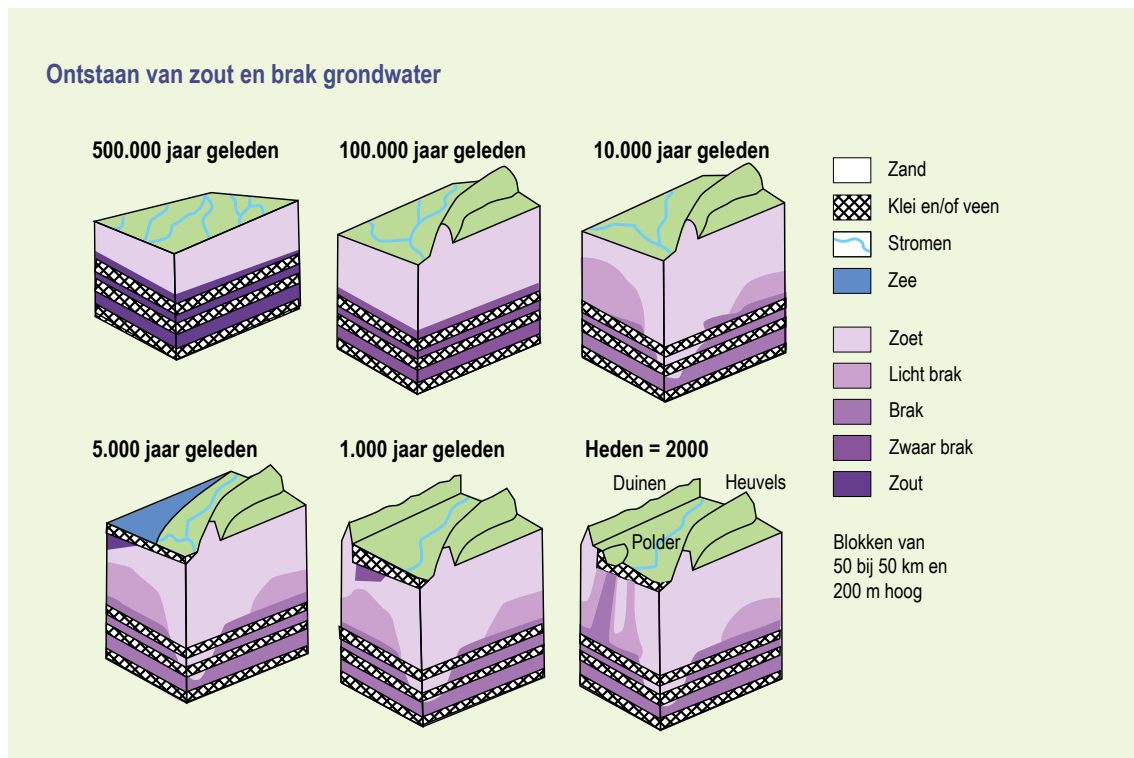
Het ontstaan van zout en brak grondwater

Brak grondwater is een mengvorm van zoet water en zout water met chloride concentraties tussen 200 mg/l en 10.000 mg/l. Zout grondwater heeft hogere concentraties die in sommige gevallen zelfs hoger kunnen zijn dan die van zeewater (circa 20.000 mg/l). Brak grondwater is meestal minder geschikt voor menselijk gebruik. Drinkwater voor mens en dier is moeilijk te bereiden uit zulk grondwater en landbouwgewassen groeien slecht op bodems met brak grondwater. Brak grondwater kan echter leiden tot bijzondere vegetaties en daarmee samenhangende ecosystemen.

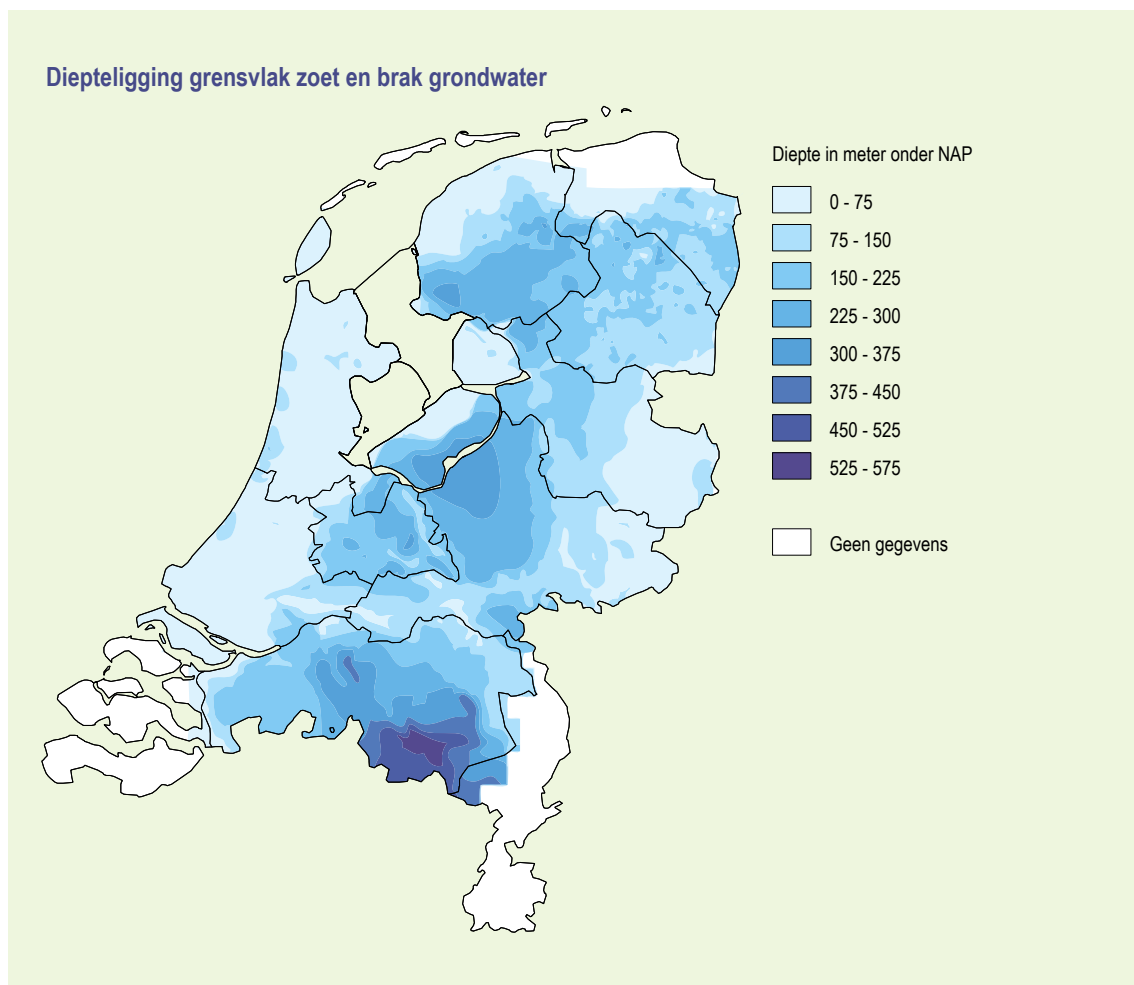
De ligging van Nederland heeft tot gevolg dat bodem en diepere ondergrond diverse kenmerken dragen van mariene invloeden. Dikke lagen in de bodem zijn vaak in de vorm van kleilagen door de zee afgezet, maar soms ook als zandige afzettingen. Mariene sedimenten hebben van oorsprong zout zeewater bevat dat als grondwater achterbleef na het terugtrekken van de zee. Onder invloed van een zoete omgeving namen de concentraties van het ingesloten grondwater geleidelijk af, zodat brak grondwater ontstond. Brak grondwater ontstaat echter ook als in zoet water afgezette sedimenten onder invloed van een toestroming van zout grondwater geraken. Stroming van grondwater vindt onder andere plaats door verschillen in dichtheid. Zowel de doorstroming van mariene sedimenten met zoet grondwater als het omgekeerde zijn echter niet de enige processen die brak grondwater veroorzaken. Tussen zoute en zoete lagen kan uitwisseling van zout optreden als gevolg van moleculaire diffusie door verschillen in concentraties. Het meevoeren van zoutionen door stromend grondwater gebeurt vaak in de vorm van dispersie.

Hoewel de verdeling van zoet en brak grondwater in de bodem ingewikkeld is, zit er toch een algemene lijn in. De zoutconcentraties in diepere lagen zijn veelal afkomstig van uitloging door uitspoeling en diffusie van zout dat na mariene transgressies in het vroeg-Pleistoceen en daarvoor (langer dan 1,6 miljoen jaar geleden) is achtergebleven. Het uitgeloopte zout komt aan de basis van de Pleistocene aquifers naar boven en in die aquifers wordt het door de stroming van het grondwater verder meegevoerd (Meinardi, 1991). Door dispersie ontstaat er in deze van oorsprong in zoet water afgezette lagen een zoutverdeling met toenemende concentraties naar de diepte en in de richting van de stroming (Figuur B.2.1) boven de praktisch ondoorlatende basis. Van belang is dat de zoete en brakke stroming plaats vindt in dezelfde aquifer (of grondwaterlichaam, GWL).

Het brakke grondwater in ondiepe lagen van de kustzone is ontstaan tijdens Holocene transgressies. Grote delen van Nederland zijn voor lange of korte tijd door de zee bedekt in de afgelopen 10 000 jaar. De verzilting van het grondwater tijdens transgressies is in de regel het sterkst in de bovenste delen van de Pleistocene aquifer en in gebieden waar de zee het langst aanwezig was. Het in de mariene kleilagen aanwezige zout verdwijnt na inpolderingen weer door uitspoeling en diffusie naar de zoete teeltlaag. Het naar drainbuizen en sloten afgevoerde water krijgt daardoor verhoogde zoutconcentraties. Het zoutbezwaar van het oppervlaktewater is het grootst in de meest recente inpolderingen. Ook een grotere drooglegging van het land kan (tijdelijk) tot meer zout in de sloten leiden door een diepere ontwatering van de bodem.



Figuur B.2.1 Ontstaan van het zoute en brakke grondwater; blokken 50*50 km en 200m hoog



Figuur B.2.2 Overgang van zoet naar brak en zout grondwater (bron: NITG-TNO; REGIS versie 3)

De Pleistocene aquifers in de zeekelegebieden nabij de kust kunnen van boven tot beneden volledig brak grondwater bevatten door de genoemde factoren. Het grondwater is slechts zoet op plaatsen waar later een verticale infiltratie van zoet water plaats vond (en vindt). Dit betreft vaak langgerekte zones, zoals onder een duinenrij of een rivierbedding (Figuur B.2.1).

Lenzen van zoet grondwater en wiggen van zout grondwater


Het patroon van een regelmatige verzilting van het grondwater van beneden door uitloging van diepe mariene lagen en van boven als gevolg van transgressies is op vele plaatsen gewijzigd door natuurlijke en door menselijke invloeden. De duinenrij langs de Hollandse en Zeeuwse kust en op de Waddeneilanden heeft bijvoorbeeld een situatie gevormd waarbij infiltratie van een aanzienlijk neerslagoverschot optreedt. Onder de duinen bevindt zich een soms tientallen meters diepe lens van zoet grondwater die van grote betekenis is voor de drinkwatervoorziening. In de afgelopen anderhalve eeuw zijn echter aanzienlijke hoeveelheden grondwater aan de duinen onttrokken waardoor de zoete lens plaatselijk weer sterk in omvang is afgenomen.

De ondiepe bodem is vaak zandig onder de stroombeddingen van rivieren. Van nature ligt het rivierpeil relatief hoog ten opzichte van de oeverlanden, maar de peilverschillen zijn nog groter geworden na de bedijkingen en ontginningen, waardoor de infiltratie van rivierwater naar de bodem en een van de rivier af gerichte stroming in het grondwater aanzienlijk zijn toegenomen. Het gevolg is dat langs de armen van de grote rivieren tientallen meters diepe lenzen met zoet grondwater zijn ontstaan (bijvoorbeeld ook langs de Oude Rijn tot Leiden). Een opmerkelijk verschijnsel is het zoete grondwater onder voormalige kreekkruggen in Zeeland. De zandige bodems ervan bestaan vaak uit mariene afzettingen. Na de inpolderingen zijn die bodems verzoet en zijn peilverschillen ontstaan door inklinking van de veengronden ernaast. Deze kreekkruggen zijn de bron van relatief kleine lenzen met zoet grondwater, die van belang zijn voor de lokale watervoorziening van mens en dier en thans ook voor beregening.

Het grondwater onder de diepe droogmakerijen in het Hollandse poldergebied is vaak brak en soms zout evenals de kwel naar het oppervlaktewater. Dit grondwater is veelal niet afkomstig uit de huidige Noordzee. Grote peilverschillen zijn ontstaan na de diepe bemalingen, die in Noord-Holland vooral vanaf de zeventiende eeuw zijn geïnstalleerd en in Zuid-Holland vanaf de achttiende. Voor die bemalingen waren de peilverschillen met het zeeniveau zo gering dat nauwelijks een landinwaartse stroming van zeewater is opgetreden. De huidige landinwaartse stroming kan de diepe polders nog niet hebben bereikt in de periode na de diepe bemalingen door de relatief geringe snelheid van de stroming. De brakke kwel in de diepe droogmakerijen is afkomstig uit het reeds aanwezige brakke grondwater in de omgeving en in diepere lagen.

De beperkte rol van een rijzing van de zeespiegel op de aard en grootte van de kwel in de Nederlandse polders houdt niet in dat daarin geen veranderingen zullen optreden in de toekomst. In de eerste plaats is het de vraag of de huidige situatie al een evenwicht representeert wat betreft de kwaliteit van het toestromende grondwater. Ook een andere factor speelt een rol. Sinds de ontginning van land met een venige bodem zijn dalingen opgetreden van het maaiveld met als gevolg dat de polderpeilen moesten worden aangepast. De stroming van het grondwater zal daarmee ook veranderen en daarmee de herkomst en de aard van het opkwellende grondwater.

De verdeling van zoet en brak of zout grondwater is bepaald door TNO-NITG. (Dufour, 1998). Uit Figuur B.2.2 blijkt dat de overgang van zoet naar brak en/ of zout grondwater zeker in de kustgebieden ondiep ligt, maar in Oost-Nederland is dat plaatselijk ook het geval door de relatief hoge ligging van hier voorkomende mariene sedimenten.



Grondwaterkwaliteit in alle Nederlandse grondwaterlichamen 'at risk'

In opdracht van het ministerie van VROM is, ten behoeve van een verplichting krachtens de Kaderrichtlijn Water, een beschrijving gemaakt van het grondwater in Nederland.

Beschreven worden de grondslagen voor de keuze van de twintig grote grondwaterlichamen en de huidige kwaliteit van het grondwater op diverse toetsingsniveaus. Tevens wordt ingegaan op de relatie met oppervlaktewaterkwaliteit.

De beoordeling van de kwaliteit in het licht van de door de EU bepaalde grenswaarden en nationale doelstellingen, leidt tot de conclusie dat alle grondwaterlichamen slecht scoren ('at risk' zijn), met name vanuit het oogpunt van de interactie met het oppervlaktewater. De EU-grenswaarden voor nitraat in grondwater worden gemiddeld niet overschreden, behalve in het grondwaterlichaam onder Zuid-Limburg.