

De kwaliteit van het grondwater in Nederland

Inleiding

Het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit (LMG) is ingericht in de periode 1979-1984 en wordt gebruikt om i) de kwaliteit van het grondwater per grondgebruik en grondsoort vast te stellen en ruimtelijk weer te geven en ii) om vast te stellen of zich daarin veranderingen voordoen. Vanaf 1984 wordt grondwater jaarlijks op circa 400 locaties op diepten van circa 10 en 25 m -mv bemonsterd. De monsters worden geanalyseerd op chloride, nitraat, sulfaat, waterstofcarbonaat, ammonium, kalium, natrium, magnesium,

Nitraat

De intensivering van het landbouwkundig grondgebruik gedurende de laatste decennia heeft in grote delen van het land geleid tot toename van de N-gift via mest van $180 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ in 1950 tot $550 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ in 1980. Samenhangend hiermee nam de NH_3 -emissie naar de atmosfeer toe. Door de groei van het verkeer nam de NO_x -emissie toe. De toegenomen N-emissie leidde tot een grotere atmosferische N-depositie. De gemiddelde atmosferische N-depositie via de neerslag te De Bilt in de periode

Samenvatting

Het Landelijk Meetnet Grondwaterkwaliteit is ingericht in de periode 1979-1984. Vanaf 1984 is ieder jaar grondwater op diepten van circa 10 en 25 m op 400 punten bemonsterd. Vanaf 1989 zijn Provinciale Meetnetten Grondwaterkwaliteit tot stand gekomen. De resultaten van de metingen zijn gecombineerd met die van het landelijk meetnet. In 1992 is grondwater op ongeveer 600 plaatsen bemonsterd. Circa 25 stoffen en enige fysische eigenschappen zijn gemeten. Metingen zijn gegroepeerd naar bemonsteringsdiepte, grondsoort, grondgebruik en regionale classificatie in Nederland.

In grafieken is per groep weergegeven de gemiddelde grondwaterkwaliteit en het percentage oppervlakte boven de streefwaarde. In kaarten is per fysisch-geografisch gebied het percentage oppervlakte boven de streefwaarde weergegeven. De verandering van de grondwaterkwaliteit in de periode 1984-1993 per groep en regio is onderzocht.

Correlatie-berekeningen zijn gebruikt om het verband tussen concentratie en tijd te onderzoeken. Als voorbeeld zijn resultaten voor nitraat en aluminium in dit artikel behandeld.

bemest wordt verwacht dat de nitraatconcentraties zullen stijgen omdat de stikstofbelasting in de afgelopen decennia is toegenomen. Tegelijkertijd zijn de grondwaterstanden door grondwateronttrekkingen en drainage gedaald waardoor de denitrificatiecapaciteit is afgenomen.

Aluminium

Aluminium is een veel voorkomend element. De aardkorst bestaat voor 8% uit aluminium. De oplosbaarheid van aluminium wordt door de pH bepaald. Bij een pH hoger dan 5 komt opgelost aluminium nauwelijks voor. Door onder andere de atmosferische N-depositie (afkomstig van vermesting en verkeer) daalt de pH in de bodem en neemt de aluminiumconcentratie toe. In de zandgebieden wordt verzuring voornamelijk vanuit de aluminiumbuffer geneutraliseerd. Het is gebleken, dat in gebieden waarin alleen de aluminiumbuffer werkzaam is, het ondiepe grondwater zuurder is dan het diepe grondwater [Van Drecht *et al.*, 1996]. Daarom worden bij lage pH's in het ondiepe grondwater hoge aluminiumconcentraties verwacht. Hoge concentraties zijn toxisch voor flora en fauna.



H. F. R. REIJNDERS
RIVM



H. F. PRINS
RIVM



G. VAN DRECHT
RIVM



L. J. M. BOUMANS
RIVM

calcium, ijzer, mangaan, totaal-fosfor, opgelost organisch koolstof, pH, elektrisch geleidingsvermogen (EC) en de anorganische microcomponenten barium, strontium, zink, aluminium, cadmium, nikkel, chroom, koper, arseen en lood. Incidenteel zijn ook bestrijdingsmiddelen, organische (chloor)-verbindingen en lanthaniden geanalyseerd [Boland *et al.*, 1994].

Vanaf 1989 zijn Provinciale Meetnetten Grondwaterkwaliteit (PMG) ingericht en de resultaten zijn gecombineerd met het landelijk meetnetbestand bij het RIVM. De doelstelling, inrichting en gebruik van de provinciale meetnetten komen overeen met het LMG. De meetpuntdichtheid van de PMG is echter in bijvoorbeeld zandgebieden of in gebieden met potentieel gevaar voor grondwaterverontreiniging hoger dan gemiddeld.

In 1992 zijn op ongeveer 600 locaties van het LMG en PMG grondwatermonsters genomen. Van Drecht *et al.* [1996] hebben in een overzicht de grondwaterkwaliteit van Nederland beschreven. De grondwaterkwaliteit is getoetst aan de hand van grenswaarden voor grondwater (streefwaarden) of drinkwater (normen). Het onderzoek heeft betrekking op metingen van het LMG en de PMG's uit de periode 1984-1993. De bedoeling van dit artikel is om de resultaten van het onderzoek breder bekend te maken. Vanwege de omvang van het onderzoek is dit artikel beperkt tot nitraat en aluminium.

1983-1987 bedroeg $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$.

In gebieden met intensieve veehouderij kan de atmosferische N-depositie oplopen tot meer dan $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$. Op bossen kan de atmosferische N-depositie 1,5 tot 2 keer zo hoog zijn dan gemiddeld.

De aanvoer van stikstof door bemesting en atmosferische N-depositie leidt tot uitspoeling van nitraat. Onder bossen op hoger gelegen zandgronden komen hoge nitraatconcentraties in het grondwater voor [Boumans, 1994] door uitspoeling van atmosferische N-depositie. Landbouwgewassen kunnen niet zonder extra N-bemesting op economisch verantwoorde wijze worden geproduceerd. De extra N-bemesting leidt tot een grotere uitspoeling van nitraat. Daarom worden in het bovenste grondwater hoge nitraatconcentraties waargenomen [Boumans *et al.*, 1989]. In diep grondwater komt zelden nitraat voor. Aangenomen wordt dat het uitspoelde nitraat tijdens het transport naar diepere lagen door denitrificatie wordt omgezet naar gasvormige verbindingen. Denitrificatie treedt op door de aanwezigheid van reducerende verbindingen (pyriet, organische stof, enz.). Reducerende verbindingen komen meer voor bij ondiepe grondwaterstanden waardoor de nitraatconcentratie lager is [Boumans *et al.*, 1989]. Door de samenhang van de nitraatconcentratie met de diepte van de grondwaterspiegel, is de hoogteligging van een gebied een belangrijke factor voor het al of niet optreden van denitrificatie. Voor zandgronden die hoog zijn gelegen en zwaar zijn

Methoden

Selectie van waarnemingen

Voor het onderzoek zijn waarnemingsputten geselecteerd op basis van filterdiepte, grondgebruik, grondsoort en gebied.

De meeste filters zijn geplaatst op **diepten** van circa 10 en 25 m -mv en hebben een lengte van 2 meter. Er zijn twee dieptetrajecten onderscheiden: 5-15 m -mv (*ondiep* grondwater) en 15-30 m -mv (*diep* grondwater)

Het **grondgebruik** is afgeleid uit de Landgebruiks-classificatie van Nederland [Thunnissen *et al.*, 1992] van LANDSAT-satelliet-opnamen uit de periode 1986-1988. Uit 17 gewastypen zijn 6 groepen gevormd. Onderscheiden zijn: bos en natuur, tuinbouw, akkerbouw, grasland, maïs en stedelijk gebied.

De **grondsoort** is bepaald aan de hand van een geografisch bestand van de bodemkaart 1:250000 [Steur *et al.*, 1985]. Onderscheiden zijn de grondsoorten (laag-) veen, zand, dalgrond, zeeklei, rivierklei, löss/leem en oude klei.

Het **gebied** is vastgesteld op basis van een gebiedsindeling in negen fysisch-geografische gebieden. De kaart van de fysisch-geografische gebieden [Van Drecht *et al.*, 1994] lijkt veel op een grondsoortencarta. Het zandgebied is gesplitst in het zuidelijk, centraal, oostelijk en noordelijk zandgebied. Verder zijn onderscheiden het zeekleigebied, het laagveengebied, het rivierengebied, het lössgebied en de duinen.

Groeperen van waarnemingen

Na selectie bleven voor 1992 circa 607 meetpunten van het bestand over (zie afb. 1). Waarnemingen zijn verdeeld over **groepen** op basis van combinaties van grondgebruik, grondsoort en fysisch-geografisch gebied. Er is een groep ondiep en een groep diep grondwater. Onderzocht is of de grondwaterkwaliteit per groep is te kenmerken. Een groeps-grootte van minimaal 10 waarnemingen is nagestreefd. Bij het schatten van de grondwaterkwaliteit per groep neemt in het algemeen de nauwkeurigheid toe met het aantal waarnemingen.

De waarnemingen in het zeekleigebied en het laagveengebied zijn samengenomen, omdat bleek dat de grondwaterkwaliteit in deze gebieden overeenkomt. Bij de indeling in groepen zijn de waarnemingen in de vier zandgebieden samengenomen. Van de beschikbare meetpunten is 78% gebruikt voor de groepenindeling. Ongeveer 66% van het grondoppervlakte van Nederland (2,3 miljoen ha) is in deze groepen vertegenwoordigd.

Gemiddelde waarden

De gemiddelde grondwaterkwaliteit wordt geschat door de waarnemingen op te vatten als aselechte en onafhankelijke metingen van de gemiddelde kwaliteit van het grondwater per combinatie grondgebruik, grondsoort en gebied. Per combinatie is de gemiddelde grondwaterkwaliteit berekend.

De onzekerheid in het gemiddelde is uitgedrukt in betrouwbaarheidsintervallen ($P = 0,95$).

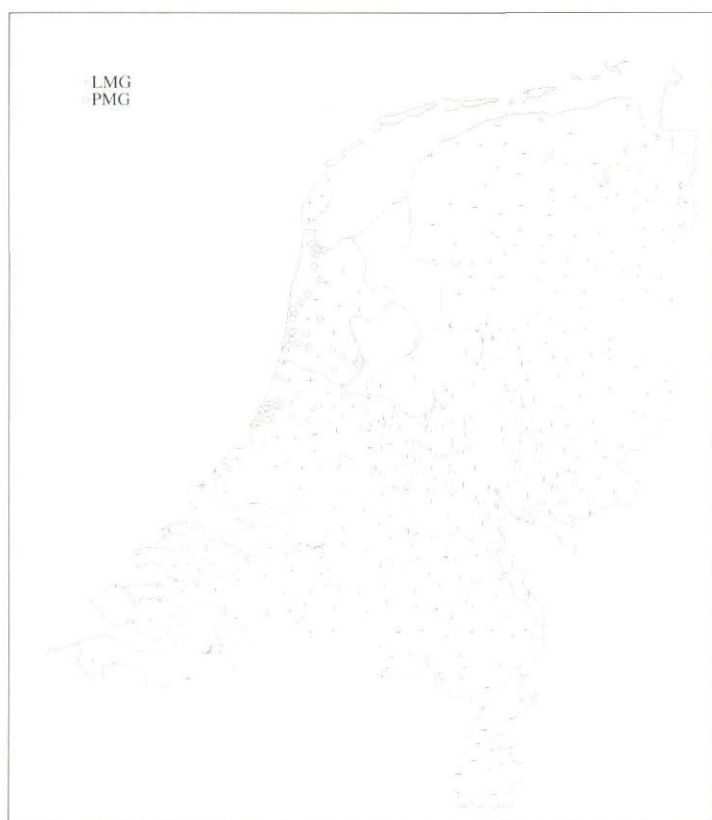
Percentage oppervlakte boven de streefwaarde/norm

Voor deze berekening zijn de waarnemingen opgevat als individuen van een verdeling met een aantal eigenschappen, zoals het percentage waarnemingen boven de streefwaarde. Het percentage waarnemingen dat in een gebied een streefwaarde overschrijdt is geïnterpreteerd als een schatting van het percentage oppervlakte met een concentratie in het grondwater hoger dan de streefwaarde/norm. De percentages oppervlakte per combinatie van grondgebruik, grondsoort en gebied zijn ook geschat. De onzekerheid in het percentage is uitgedrukt in betrouwbaarheidsintervallen ($P = 0,95$), berekend met de binomiale kansverdeling [Van Drecht *et al.*, 1994]. Percentages **O**ppervlakte **B**oven de **S**treefwaarde (**OBS**) zijn geschat voor groepen, fysisch-geografische gebieden, de vier grote zandgebieden bij elkaar en voor heel Nederland. De OBS zijn gekwalificeerd met de termen: zeer laag, laag, niet laag, niet hoog, hoog en zeer hoog. Dit is gebeurd door de betrouwbaarheidsintervallen te vergelijken met de percentages 10% en 20% OBS.

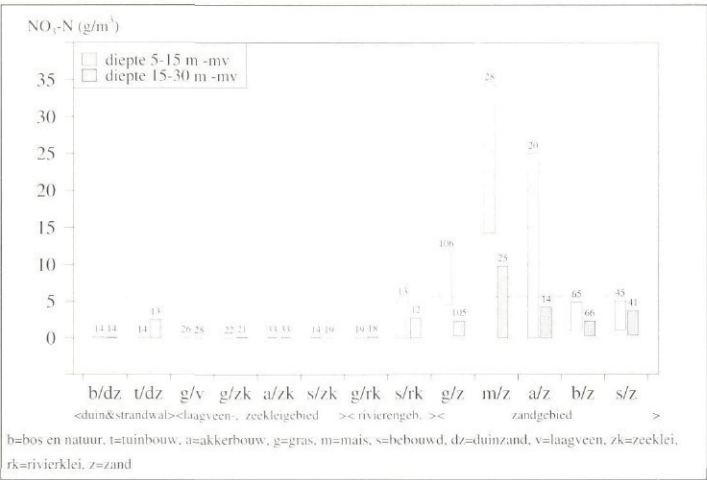
Dit leidt tot de volgende indeling. *Zeer laag: interval geheel onder de 10%; laag: interval geheel onder de 20%; niet laag en niet hoog: het interval omvat de 10% en 20% OBS; hoog: interval geheel boven 10%; zeer hoog: interval geheel boven 20% OBS.* Van de geclassificeerde OBS per regio zijn kaartbeelden gemaakt.

Verandering van de grondwaterkwaliteit

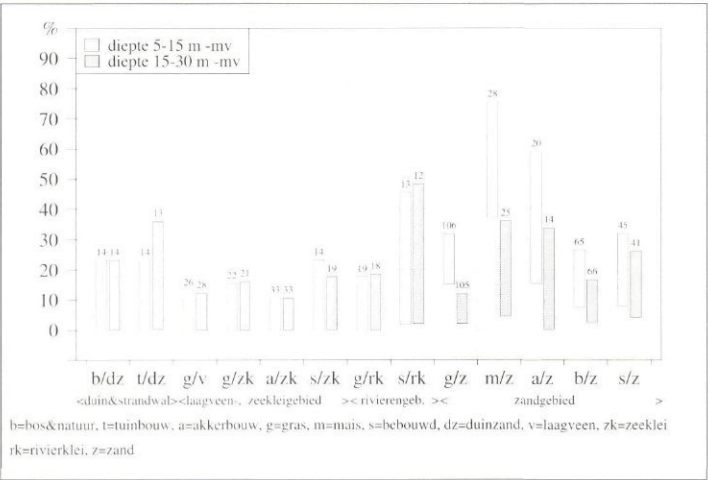
Voor elk filter met een lange waarnemingsreeks is het **verschil** tussen de eerste (1984) en laatste waarneming (1993) bepaald. Daarnaast is de correlatie van de concentratie met de tijd in de periode 1984-1993 berekend. Een filter, waarbij aan het begin of aan het eind van de beschouwde periode een waarneming ontbreekt, is buiten beschouwing gebleven. Voor de tijd is het bemonsteringstijdstip gekozen. Waarnemingen in een reeks, die lager zijn dan de hoogste bepalingsgrens, zijn bij de bewerkingen gelijkgesteld aan de hoogste bepalingsgrens die in de desbetreffende reeks voorkomt. Dit is nodig om een schijnbare correlatie door veranderingen in de bepalingsgrens te onderdrukken. Als in een gebied of groep het gemiddelde van de verschillen **en** het gemiddelde van de correlatiecoëfficiënten beide afwijken van nul (tweezijdige toets $P = 0,95$) wordt besloten dat de concentratie in de periode significant is gestegen of gedaald.



Afb. 1 - Geselecteerde meetpunten LMG en PMG in 1992.



Afb. 2 - Nitraat in het grondwater in 1992 per grondgebruik/grondsoort; 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie, aantal waarnemingen en streefwaarde.



Afb. 3 - Nitraat in het grondwater in 1992 per grondgebruik/grondsoort; 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de streefwaarde voor nitraat-N ($5,6 \text{ g/m}^3$) en aantal waarnemingen.

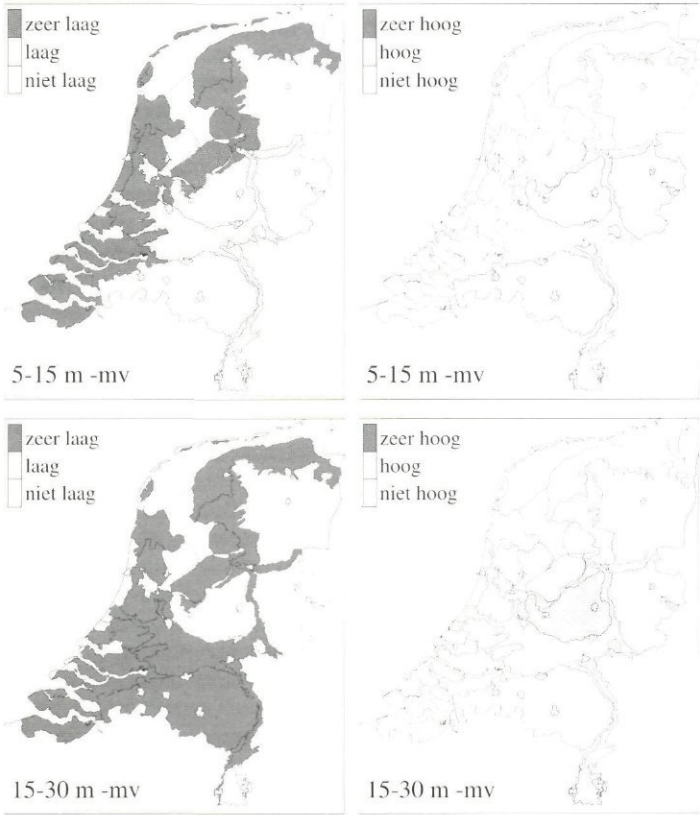
Resultaten

Nitraat

In afbeelding 2 zijn betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentraties per grondgebruik/grondsoort en per dieptetraject weergegeven. In het westen van het land liggen de gemiddelde concentraties significant beneden de streefwaarde. In het diepe grondwater onder tuinbouw op duinzand komt echter wel nitraat voor. In het grondwater onder gras op rivierklei komt geen nitraat voor (zie discussie). Dit in tegenstelling tot het grondwater onder bebouwd gebied op rivierklei, waar

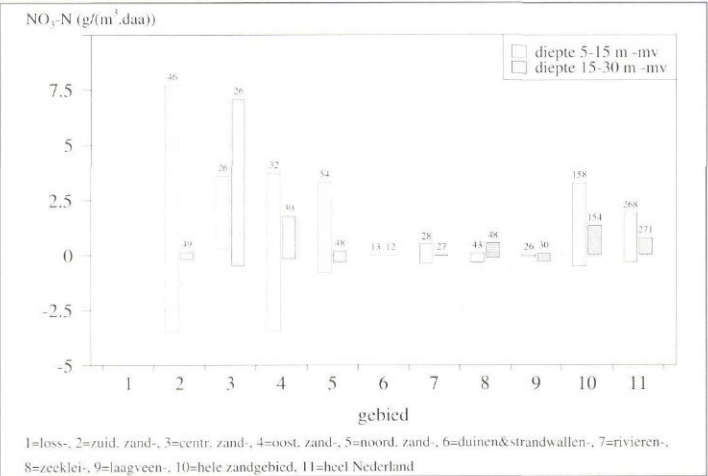
weer wel nitraat in voorkomt. In het ondiepe grondwater in de zandgebieden is de spreiding van de nitraatconcentraties groter dan elders. Vooral onder gras op zand, maïs op zand en akkerbouw op zand zijn hoge concentraties gevonden. Alleen voor maïs op zand ligt de gemiddelde concentratie in het diepe grondwater significant boven de streefwaarde. In afbeelding 3 zijn betrouwbaarheidsintervallen weergegeven voor het OBS per grondgebruik/grondsoort en per dieptetraject. Bij gras op veen, gras op zeeklei,

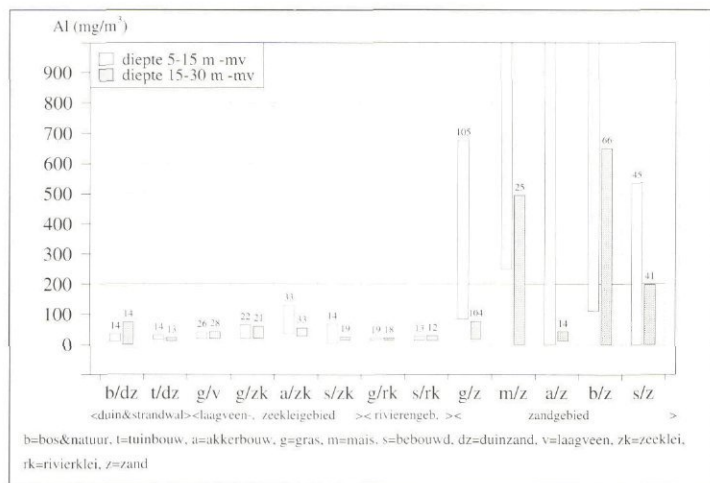
akkerbouw op zeeklei en gras op rivierklei zijn OBS in zowel ondiep als diep grondwater laag. Voor bebouwd op zeeklei in het diepe grondwater is ook een laag OBS gevonden. Hoge OBS zijn gevonden in het ondiepe grondwater onder gras op zand en akkerbouw op zand. Een zeer hoog OBS is gevonden in het ondiepe grondwater onder maïs op zand. In het diepe grondwater zijn lage OBS gevonden voor gras op zand en bos op zand. In afbeelding 4 zijn de fysisch-geografische gebieden geclassificeerd op basis van het OBS. In het westen van het land en het rivierengebied zijn lage OBS gevonden. In het centraal, oostelijk en zuidelijk zandgebied is een hoog OBS in het ondiepe grondwater gevonden. Het OBS is ook hoog in het diepe grondwater van het centraal zandgebied en Zuid-Limburg. In afbeelding 5 zijn betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde verandering



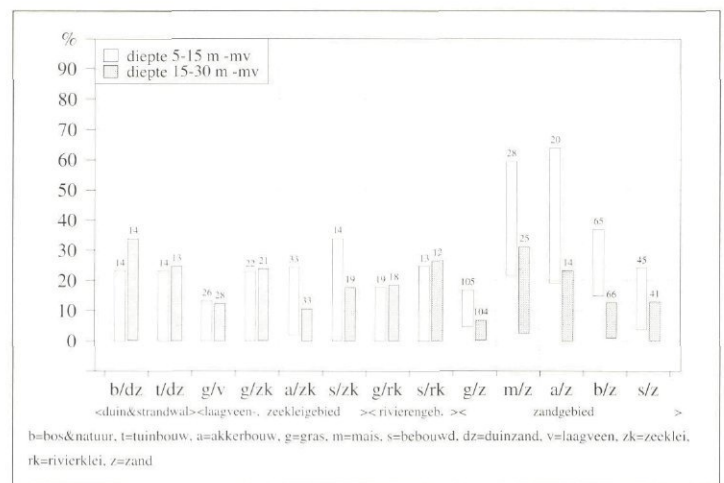
Afb. 4 - Nitraat in het grondwater in 1992; percentage oppervlakte boven de streefwaarde per fysischgeografisch gebied.

Afb. 5 - Nitraat in het grondwater in de periode 1984-1993; 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde verandering van de concentratie per 10 jaar (deca jaar) en het aantal waarnemingen per gebied.





Afb. 6 - Aluminium in het grondwater 1992 per grondgebruik/grondsoort; 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie, aantal waarnemingen en drinkwaternorm.



Afb. 7 - Aluminium in het grondwater 1992 per grondgebruik/grondsoort; 95%-betrouwbaarheidsintervallen voor het percentage oppervlakte boven de drinkwater-norm (200 mg/m³) en aantal waarnemingen.

in de nitraatconcentratie in de periode 1984-1993 per groep en per gebied weer-gegeven. Een significante stijging in de nitraatconcentratie is vastgesteld voor het ondiepe grondwater in het centraal zand-gebied. De stijging bedraagt circa 2 g·m⁻³ in 10 jaar.

Aluminium

In afbeelding 6 zijn betrouwbaarheidsinter-vallen voor de gemiddelde concentraties per grondgebruik/grondsoort en per diepte-klasse weergegeven. In het westen van het land en in het rivierengebied liggen de gemiddelden significant onder de drink-waternorm [Waterleidingbesluit, 1984]. De betrouwbaarheidsintervallen voor de gemiddelde concentratie in het ondiepe grondwater onder gras op zand, maïs op zand en bos op zand in de zandgebieden liggen hoger dan in het westen van het land. Voor maïs op zand is gemiddeld significant hoger dan de drinkwaternorm. De gemiddelde concentraties in het diepe grondwater onder gras op zand en akker-bouw op zand liggen significant onder de drinkwaternorm. De brede betrouwbaarheidsintervallen voor de meeste groepen in de zandgebieden zijn het gevolg van spreiding in de gemeten concentraties. Voor aluminium is het percentage Oppervlakte Boven de Drinkwaternorm (OBD) berekend. De betrouwbaarheidsintervallen voor het OBD grondgebruik/grondsoort zijn in afbeelding 7 weergegeven. De OBD zijn over het algemeen laag. Hoge en zeer hoge OBD worden gevonden voor het ondiepe grondwater onder maïs, akkerbouw en bos op zand.

In afbeelding 8 zijn de OBD per regio weer-gegeven. Het zuidelijk en noordelijk zand-gebied vallen op door respectievelijk zeer hoge en hoge OBD. Lage OBD worden vooral gevonden voor het rivierengebied en

het laagveengebied. De OBD in het diepe grondwater zijn laag of zeer laag. De verandering van de concentraties op lange termijn is niet vastgesteld, omdat aluminium pas vier jaar op alle locaties wordt bepaald.

Discussie

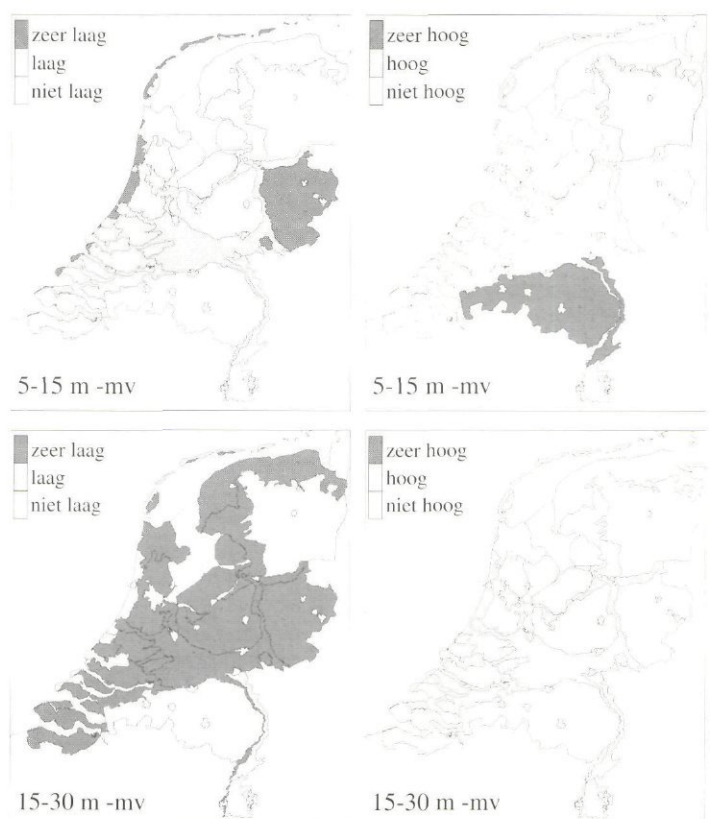
Nitraat

De verwachting is dat in gebieden met diepe grondwaterstanden hogere nitraat-concentraties zullen voorkomen. In het ondiepe grondwater van het centraal, ooste-lijk en zuidelijk zandgebied zijn hoge OBS

gevonden. Binnen deze gebieden bestaat een duidelijk verschil tussen gebieden met een diepe en gebieden met een ondiepe grondwaterspiegel. Zo worden in het grond-water van de stuwwallen, de Peelhorst en het zuidwestelijk zandgebied hoge OBS gevonden en in de Gelderse Vallei lage OBS [Van Drecht *et al.*, 1996].

Bij gras op rivierklei komt geen nitraat in het grondwater voor. In het grondwater onder bebouwd gebied op rivierklei is echter wel nitraat gemeten. Een verklaring

• *Vervolg op pagina 665.*



Afb. 8 - Aluminium in het grondwater 1992; percentage oppervlakte boven de drinkwaternorm per fysisch-geografisch gebied.

N- en P-kwaliteitsnormen voor grond- en oppervlaktewater: gemiddeld bevat het drainwater 10 mg N/l en 0,11 mg P/l.

– Mocht de N-bijdrage van landbouw naar het oppervlaktewater ten opzichte van overige bronnen relatief groot zijn, is bij de huidige normen voor *Goede Landbouw Praktijk* de N-eutrofiëeringsnorm in het oppervlaktewater bij klei-akkerbouw niet haalbaar.

– De N_{min}-voorraad in de bodem na de oogst lijkt geen bruikbaar criterium voor *Goede Landbouwkundige Praktijk* of zorgvuldig bemesten.

– In veldonderzoek en dus in dit monitoringproject is het niet mogelijk de herkomst van N en P in grond- of oppervlaktewater te achterhalen. De conclusie dat de *afzonderlijke* emissies van nutriënten vanuit de landbouw of vanuit andere bronnen *kwantitatief niet uit de watersamenstelling onderscheiden kunnen worden*, is een andere dan de veelvuldig in de pers verschenen suggestie dat de *emissie vanuit landbouw niet aantoonbaar (en dus nihil) is*.

– Bij een *Goede Landbouwkundige Praktijk* (waarvan een mineralen-boekhouding een essentieel onderdeel vormt) is de emissie via de drains niet merkbaar terug te brengen met in de praktijk gangbare teeltmaatregelen. Invoering van een mineralen-aangiftesysteem zal op bedrijven waar al van een *goede landbouwkundige praktijk* sprake is, niet tot een lagere emissie van nutriënten leiden. Een mineralenaangiftesysteem kan de drainwatersamenstelling wel duidelijk verbeteren als het bedrijven waarop onzorgvuldig hoge meststoffentoe-diening plaatsvindt, dwingt tot een goede landbouwkundige praktijk. Afhankelijk van de geschiedenis van het perceel zal het effect ervan echter pas op langere termijn meetbaar zijn.

– Hoewel het gewenst zou zijn de hoogte van een milieuheffing te relateren aan de daadwerkelijke emissie is het in de praktijk niet mogelijk te heffen op basis van de vracht aan nutriënten in het drainwater. Mocht desondanks worden besloten tot drainwatermonitoring als handhavingsdan wel doelinstrument voor het waterkwaliteitsbeheer, moet rekening worden gehouden met uitvoerbaarheid, kosten, en mogelijk ook met draagvlak bij de doelgroep. Gezien de grote spreiding in de watersamenstelling tussen aangrenzende drainbuizen alsook in de drainwatersamenstelling met de tijd, zullen er strenge en gecompliceerde eisen moeten worden gesteld aan het bemonsteringsprotocol, wil men een toetsingsuitkomst ook representatief laten zijn voor een geheel perceel.

Kwaliteit van het grondwater

• Slot van pagina 661.

hiervoor is dat gras hoofdzakelijk op de zwaardere kleigronden voorkomt. In zwaardere kleigrond is de grondwaterstand hoger, zodat meer nitraat wordt gedenitrificeerd. Dorpen en steden in het rivierengebied liggen vaak op de hoger gelegen oeverwallen. Deze oeverwallen zijn bedekt met zavel en lichte klei en zijn daardoor gevoeliger voor nitraatuitspoeling dan de zwaardere komkleigronden. In het ondiepe grondwater in het centraal zandgebied stijgt de gemiddelde nitraatconcentratie duidelijk. Stijging van de nitraatconcentratie in de zandgebieden werd verwacht omdat de grondwaterstand is gedaald en daardoor de denitrificatiecapaciteit is afgenomen. Tegelijkertijd is de stikstofbelasting toegenomen. In eerder onderzoek is ook een stijging van nitraat vastgesteld, maar deze was net niet significant [Van Drecht *et al.*, 1994].

Aluminium

Hoge aluminiumconcentraties komen voor in voor verzuring gevoelige gebieden. De hoge concentraties in het grondwater van de zandgebieden zijn gekoppeld aan lage pH-waarden [Van Drecht *et al.*, 1996]. De hoge percentages oppervlakte met concentraties boven de drinkwaternorm in het ondiepe grondwater van de zandgebieden worden toegeschreven aan verzuring en vermesting. De lage percentages oppervlakte met concentraties boven de drinkwaternorm in het diepe grondwater worden verklaard doordat dit grondwater is geïnfiltreerd in een periode waarin minder verzuring optrad. Bovendien hebben door langere verblijftijden trage bufferende systemen op het grondwater kunnen inwerken.

Conclusies

Nitraat

In het westen van het land en in het rivierengebied liggen de gemiddelde nitraatconcentraties onder de streefwaarde. Over het geheel genomen zijn de gemiddelde concentraties in het zandgebied hoger dan in het westen van Nederland. Onder maïs op zand zijn de gemiddelde concentraties in het ondiepe grondwater significant hoger dan de streefwaarde.

Hoge percentages oppervlakte boven de streefwaarde zijn gevonden in het ondiepe grondwater onder grasland en akkerbouw op zand, terwijl zeer hoge percentages zijn aangetroffen voor maïs op zand. Op gebiedsniveau vallen het centraal, oostelijk en zuidelijk zandgebied op door hoge percentages oppervlakte boven de streef-

waarde. In het diepe grondwater zijn de percentages laag.

In het ondiepe grondwater in het centraal zandgebied is de gemiddelde concentratie duidelijk gestegen (circa 2 g·m⁻³ in 10 jaar). Dit wordt in verband gebracht met toegenomen effecten van bemesting in het aërobie grondwater in de stuwwallen.

Aluminium

Voor aluminium wordt een algemeen beeld gevonden dat in grote lijnen overeenkomt met het algemene beeld voor nitraat.

Ook voor aluminium zijn gemiddelde concentraties significant hoger dan de drinkwaternorm in het ondiepe grondwater onder maïs op zand.

Zeer hoge percentages oppervlakte boven de drinkwaternorm zijn gevonden in het ondiepe grondwater onder maïs.

Op gebiedsniveau vallen het zuidelijk en noordelijk zandgebied op door hoge percentages oppervlakte boven de drinkwaternorm.

De ruimtelijke beelden van de aluminiumconcentratie en de pH vertonen veel overeenkomst [Van Drecht *et al.*, 1996]. De hoge gemiddelde concentraties van aluminium in het grondwater van de zandgebieden zijn blijkbaar gekoppeld aan verzuring en vermesting.

Literatuur

- Boland, J., Berg, R. van den, Linden, A. M. A. van der, Heusinkveld, H. A. G. en Baumann, R. A. (1994). *Inventarisatie van het voorkomen van bestrijdingsmiddelen in het diepe grondwater in Nederland*. RIVM-rapport 724814001.
- Boumans, L. J. M., Meinardi, C. R. en Krajenbrink, G. J. W. (1989). *Nitraatgehalten en kwaliteit van het grondwater onder grasland in de zandgebieden*. RIVM-rapport 728472013.
- Boumans, L. J. M. (1994). *Nitraat in het bovenste grondwater onder natuurgebieden op zandgrond in Nederland*. RIVM-rapport 712300002.
- Drecht, G. van, Boumans, L. J. M. en Reijnders, H. F. R. (1994). *Landelijk beeld van de grondwaterkwaliteit, methode en resultaten voor nitraat*. RIVM-rapport 714801001.
- Drecht, G. van, Reijnders, H. F. R., Boumans, L. J. M. en Duijvenbooden, W. van (1996). *De kwaliteit van het grondwater op een diepte tussen 5 en 30 meter in het jaar 1992 en de verandering daarvan in de periode 1984-1993*. RIVM-rapport 714801005.
- LNV, Ministerie voor Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, (1990). *Natuurbeleidsplan, regeringsbeslissing*. Tweede Kamer, vergaderjaar 1989-1990, 21149, nrs 2-3, p. 54.
- Thunnissen, H. A. M., Olthof, R., Getz, P. en Vels, L. (1992). *Landgebruiksdatabase van Nederland, vervaardigd met behulp van LANDSAT Thematic Mapper opnamen*. Rapport 168 SC-DLO, Wageningen.
- Steur, G. G. L., Vries, F. de en Wallenburg, C. van (1985). *Bodemkaart van Nederland, schaal 1:250000 Staring Centrum-DLO*. Wageningen.
- Waterleidingbesluit (1984), *Staatsblad 1-13, 1984*.

● ● ●