Aanvullende grondwaterbescherming tegen diffuse bronnen van verontreiniging

Samenvatting
Op verzoek van de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer heeft de Technische Commissie Bodembescherming een advies uitgebracht, waarin een methode beschreven wordt die gebruikt kan worden voor het onderbouwen van aanvullende maatregelen in grondwaterbeschermingsgebieden tegen diffuse bronnen van verontreiniging. Het advies is te beschouwen als een kwantitatieve uitwerking van het TCB-rapport Grondwaterbescherming uit 1989 waarin kwalitatieve relaties gegeven zijn voor de samenhang tussen responskarakteristieken van winplaatsen en beschermingsmaatregelen.

Door voorspellingsberekeningen voor concentraties van stoffen in het te onttrekken grondwater uit te voeren kan beter beoordeeld worden of een winplaats in aanvulling op algemeen landelijk geldende beschermingsmaatregelen bijzondere bescherming behoeft. Bovendien kan het rendement van verschillende maatregelen bepaald worden en kan het gebied dat aanvullende bescherming behoeft beter vastgesteld worden. In het TCB-advies wordt een eenvoudige voorspellingsmethode beschreven die algemeen toepasbaar is. De methode wordt geïllustreerd aan de hand van enkele voorbeelden. Ondanks de aannamen die gedaan worden is de methode in de praktijk bruikbaar gebleken.
Voor toepassingen wordt aanbevolen om de voorspellingsberekeningen te toetsen aan metingen, omdat deze een indicatie kunnen geven van de betrouwbaarheid van de berekeningen.

Inleiding
In 1985 adviseerde de Voorlopige Technische Commissie Bodembescherming over de berekeningsgrondslag voor grondwaterbeschermingsgebieden. De omvang van deze beschermingsgebieden zou in eerste instantie kunnen worden gebaseerd op de verblijftijd van de waterdeeltjes in het watervoerend pakket, waaruit water ten behoeve van de drinkwatervoorziening wordt gewonnen.



J. F. M. VAN BRUSSEL
KIWA NV
(thans WZHO)



J. J. VEGTER
Technische Commissie
Bodembescherming

In dat advies ging de commissie tevens in op de vraag hoe bij de berekening van de omvang van grondwaterbeschermingsgebieden – op basis van de 25-jaars verblijftijd van het grondwater – rekening gehouden zou kunnen worden met de aanwezigheid van slecht doorlatende lagen boven het watervoerend pakket dat geëxploiteerd wordt. De commissie concludeerde dat bij een verdere ontwikkeling van de grondwaterbescherming niet alleen de verblijftijd van het grondwater, maar ook de omvang en de aard van de intrekgebieden in beschouwing genomen moeten worden.

Inmiddels hebben de Provincies ervaring opgedaan met het vaststellen van grondwaterbeschermingsgebieden op grond van het 25-jaar verblijftijd criterium. Daarbij rezen een aantal vragen over de effectiviteit en het milieu-rendement van de aldus vastgestelde beschermingsgebieden. De mate van bescherming die door het vaststellen van een 25-jaarszone kan worden geboden is, in overeenstemming met de analyse uit het TCB-rapport Grondwaterbescherming, niet overal even groot. De minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer legde aan de commissie de vraag voor in hoeverre er ten opzichte van het V-TCB-advies uit 1985 een nadere advisering hierover geboden is. De minister vroeg tevens om de bevindingen van de commissie, die in het rapport Grondwaterbescherming uit 1989 zijn neergelegd, daarbij te betrekken.

De commissie heeft deze vragen aan een werkgroep van deskundigen voorgelegd en is naar aanleiding van de bevindingen van de werkgroep tot de conclusie gekomen dat er behoefte bestaat aan een advies met meer kwantitatieve richtlijnen voor het formuleren van grondwaterbeschermingsbeleid. Geohydrologische responskarakteristieken zouden daarbij een belangrijke rol moeten spelen. In een geohydrologische responskarakteristiek wordt het cumulatieve percentage van het onttrokken grondwater weergegeven als functie van de maximale verblijftijd.
De TCB geeft in het rapport Grondwaterbescherming alleen kwalitatieve relaties voor de samenhang tussen de responskarakteristieken en het formuleren van beschermingsmaatregelen. Responskarakteristieken worden echter al op grote schaal gehanteerd om de kwetsbaarheid van winplaatsen te beschrijven, zodat een meer kwantitatief uitgewerkte benadering nu mogelijk lijkt.

Aanvullende grondwaterbescherming
Voor de bescherming van het grondwater zijn de huidige maatregelen in het kader van het algemene beschermingsbeleid vooralsnog onvoldoende (getuige bijvoorbeeld de problemen met nitraat en bestrijdingsmiddelen). Aanvullende bescherming in grondwaterbeschermingsgebieden kan worden gerealiseerd met twee beleidsinstrumenten:
– Maatregelen die feitelijk een versnelde invoer van het algemene beschermingsniveau zijn, zoals bijvoorbeeld het beperken van de nitraatuitspoeling naar het grondwater tot 50 mg/l.
– Maatregelen in het kader van het bijzondere beschermingsbeleid. Dit zijn aanvullende maatregelen in de risicosfeer binnen een bepaald gebied, zoals bijvoorbeeld het weren van chemische industrie.

In dit opzicht is het zinvol om aandacht te besteden aan de bronnen van verontreiniging. Er kan onderscheid gemaakt worden tussen lokale puntbronnen en diffuse of algemeen verspreide vormen van verontreiniging. Een calamiteit of lokale verontreiniging kan nooit worden uitgesloten daar waar sprake is van risicodragende vormen van menselijke activiteiten. De huidige berekeningsgrondslag, de 25-jaars verblijftijd in het watervoerende pakket, is voornamelijk voortgekomen uit bedrijfstechnische overwegingen in relatie tot mogelijke calamiteiten. Binnen het grondwaterbeschermingsgebied moeten vanuit deze visie potentiële bronnen van (ernstige) lokale verontreiniging worden geweerd op grond van het bijzondere beschermingsbeleid. Mocht er zich buiten het beschermingsgebied een calamiteit voordoen, dan rest er voldoende tijd om maatregelen te nemen of om elders opnieuw te gaan winnen. De continuïteit van de grondwaterwinning wordt hiermee in principe veilig gesteld. Een reistijdcriterium lijkt voor deze vorm van verontreinigingen het meest realistische uitgangspunt voor beschermingsmaatregelen.

In tegenstelling tot potentiële lokale verontreiniging biedt in geval van voortgaande diffuse verontreiniging (mest-

stoffen, bestrijdingsmiddelen enzovoort) het uitwijken naar andere lokaties voor grondwaterwinning geen perspectief. Ook daar zal immers vaak sprake zijn van actuele diffuse verontreiniging. Benadrukt moet worden dat in geval van diffuse verontreiniging de kwaliteit van het grondwater uiteindelijk alleen kan worden gewaarborgd door een afdoende algemeen beschermingsniveau. Bij het ontbreken in de huidige situatie, van een afdoende algemeen beschermingsniveau kunnen in grondwaterbeschermingsgebieden wellicht vooruitlopende maatregelen worden genomen om de kwaliteit van het te winnen grondwater te garanderen.
De vraag die hierbij rijst is of vooruitlopen op het einddoel van het algemeen beschermingsbeleid een zinvolle benadering is. Wanneer deze vraag bevestigend wordt beantwoord, moet worden stilgestaan bij de vraag of het verblijftijds-criterium ook bij diffuse verontreiniging een goede ingang vormt voor het aanwijzen van een beschermingszone, waarin die maatregelen zich zullen afspelen, of dat er misschien betere criteria voorhanden zijn.

Begrenzing van grondwaterbeschermingsgebieden
Voor de begrenzing van grondwaterbeschermingsgebieden zou uit de volgende uitgangspunten kunnen worden gekozen:
- het gehele intrekgebied;
- een fractie van de volumestroom;
- de verblijftijd van het water in het watervoerend pakket;
- de verblijftijd van het water vanaf de grondwaterspiegel.

Bij de keuze van een van de uitgangspunten en bij het formuleren van aanvullende beschermingsmaatregelen is het gewenst om inzicht te hebben in de noodzaak en in het rendement van deze maatregelen ten opzichte van het algemeen beschermingsbeleid. Prognoses van de kwaliteit van het op te pompen water bij verschillende emissies van stoffen naar het grondwater kunnen antwoord geven op de vraag of een winplaats bijzondere bescherming behoeft, en zo ja welke vorm het meest zinvol is.

Om een prognose van de kwaliteit van het te onttrekken grondwater te kunnen geven, moeten de volgende gegevens bekend zijn:
- het intrekgebied van de winplaats; dit is het gebied waar het te onttrekken grondwater in de bodem infiltreert;
- de verdeling van volumestromen en reistijden binnen het intrekgebied;
- de ruimtelijke verdeling van de uitspoeling naar het grondwater;
- het verloop van de uitspoeling in de tijd;
- de samenstelling van het grondwater dat reeds geïnfiltreerd is en naar de winplaats stroomt;
- processen in de ondergrond die de kwaliteit beïnvloeden.

Voor diffuse verontreinigingen zijn van de genoemde uitgangspunten feitelijk dus alleen de verblijftijdverdeling en de volumestroomverdeling binnen het intrekgebied van belang en niet zo zeer de verblijftijd in het watervoerende pakket.

Een eenvoudige rekenmethode
Voor goed oplosbare stoffen die niet adsorberen en die niet afgebroken worden, of die afgebroken worden met een constante specifieke afbraaksnelheid (eerste orde afbraak dC/Cdt = constant), is het tamelijk eenvoudig om een prognose te geven. Hoewel de werkelijkheid voor veel stoffen gecompliceerder is, zullen dergelijke berekeningen in het algemeen waardevol zijn omdat zij betrekking hebben op stoffen die het eerst in het te onttrekken grondwater aangetroffen worden.

Bij de in het TCB-advies beschreven voorspellingsmethode is daarom uitgegaan van de volgende aannamen:
- er is sprake van een stationair grondwaterstromingsbeeld;
- het concentratieverloop in het onttrokken grondwater wordt niet of nauwelijks door dispersie bepaald;
- er is sprake van mobiele stoffen die zich met dezelfde snelheid als het grondwater verplaatsen;
- er vindt geen afbraak plaats of afbraak kan beschreven worden als een eerste orde reactie.

Onder de genoemde aannamen kan de concentratie in het op te pompen grondwater als volgt benaderd worden:

$$C(j) = \sum_{i=1}^{n} \left(f_i \star C_i \star \tfrac{1}{2}^{\,t/T_{1/2}}\right), \text{ met } t = \text{Tmin} + (i-\tfrac{1}{2})\text{DT}$$

waarbij:
C(j) = concentratie in het op te pompen water in het jaar j
n = aantal reistijdzones met interval DT tussen Tmin en Tmax
f_i = aandeel van zone i in het te onttrekken grondwater
C_i = gemiddelde uitspoeling in zone i in het jaar j-Tmin-(i-½)DT
Tmin = minimale reistijd vanaf de grondwaterspiegel tot het ontrekkingspunt
Tmax = maximale reistijd vanaf de grondwaterspiegel tot het onttrekkingspunt
T½ = halfwaardetijd voor het afbraakproces

C_i kan als volgt berekend worden:

$$C_i = \sum_{k=1}^{m} (f_k \star C_{i,k})$$

waarbij:
m = het aantal verschillende emissiescenario's
f_k = aandeel van het gebied met emissiescenario k in f_i
$C_{i,k}$ = gemiddelde uitspoeling in dit gebied in het jaar j-Tmin-(i-½)DT

De concentratieberekening kan onafhankelijk plaatsvinden van de methode waarmee stroombaanberekeningen uitgevoerd zijn. Hiervoor is gekozen om geen beperkingen op te leggen aan de programmatuur die gebruikt kan worden voor het uitvoeren van stroombaanberekeningen.
De methode voldoet hiermee aan de belangrijke voorwaarde om algemeen toepasbaar te zijn.

De voorspellingsberekening is feitelijk niet meer dan het berekenen van een gewogen gemiddelde voor een groot aantal tijdstippen. De berekeningen zijn eenvoudig, maar in de praktijk vaak bewerkelijk. In het TCB-advies wordt daarom een computerprogramma beschreven waarmee de berekeningen uitgevoerd kunnen worden.

Enkele theoretische voorbeelden
In het TCB-advies wordt een aantal theoretische voorbeelden uitgewerkt. De voorbeelden hebben betrekking op freatische winplaatsen, omdat deze het meest kwetsbaar zijn. In de voorbeeldberekeningen wordt ingegaan op een aantal belangrijke factoren, zoals de dikte van het watervoerende pakket, de grondwateraanvulling, de porositeit en de afbraaksnelheid.

De voorbeelden betreffen zowel situaties zonder afbraak (nitraat in een geoxydeerd milieu), als situaties met afbraak (bestrijdingsmiddelen). Voor elk van de voorbeelden zijn een basisscenario en een aantal scenario's met verschillende beschermingsmaatregelen doorgerekend. In de basisscenario's is er vanuit gegaan dat de emmissie in het gehele intrekgebied gelijk is.

In het basisscenario voor nitraat wordt

uitgegaan van een toename van de nitraatuitspoeling van 0 mg/l in 1935 tot 125 mg/l in de periode 1980-1985. Vanaf 1985 is uitgegaan van een constante emissie van 100 mg/l. Dit scenario geeft een realistische orde van grootte voor gebieden met een diepe grondwaterpiegel, een homogene verdeling van de uitspoeling en hoofdzakelijk landbouwgrond.

In aanvulling op het basisscenario zijn de volgende berekeningen uitgevoerd:
- scenario 1: uitspoeling in het grondwaterbeschermingsgebied 40 mg/l vanaf 2010;
- scenario 2: uitspoeling overal 40 mg/l vanaf 2010;
- scenario 3: uitspoeling in het grondwaterbeschermingsgebied 40 mg/l vanaf 1990, in de rest van het intrekgebied 40 mg/l vanaf 2010;
- scenario 4: uitspoeling overal 40 mg/l vanaf 1990.

De resultaten van berekeningen bij pakketdikten van 10 en 50 meter worden samen met de uitspoeling naar het grondwater gegeven in afb. 1 en 2. In deze afbeelding is ook de normwaarde uit het Waterleidingbesluit (50 mg/l) aangegeven. Er is uitgegaan van een grondwateraanvulling van 250 mm/jaar, volkomen filters en een porositeit van 0,33.

Uit de afbeeldingen komt het verschil in 'buffer voorraad' bij verschillende pakketdiktes duidelijk naar voren. Een dun watervoerend pakket zal snel doorgespoeld zijn en de concentratieontwikkeling in het onttrokken grondwater loopt maar weinig achter bij de concentratie-ontwikkeling in de uitspoeling naar het grondwater.
De concentratie stijgt bij een toenemende emissie het snelst, maar zal na het ingaan van beschermende maatregelen ook het snelste dalen. Bij een dik watervoerend pakket daarentegen zal de concentratie zeer geleidelijk stijgen, maar zullen verhoogde concentraties ook veel langer in het onttrokken grondwater aangetroffen worden.

Het verschil in dikte van het watervoerend pakket heeft ook als gevolg dat de omvang van het grondwaterbeschermingsgebied (bepaald op basis van de 25-jaars verblijftijdlijn) verschilt. Het gedeelte van het onttrokken grondwater dat uit dit gebied afkomstig is, bedraagt bij pakketdiktes van 10 en 50 meter respectievelijk 88% en 34%. Dit verschil komt het duidelijkst tot uiting in scenario 1.

Een conclusie van de berekeningen kan zijn dat uiteindelijk grote delen van het intrekgebied beschermd dienen te worden. Het tijdstip waarop dit nodig is kan echter sterk verschillen en een gefaseerde invoering voor de verschillende gebieden zal in een aantal gevallen zinvol kunnen zijn.

Voor de emissie naar het grondwater is in het basisscenario voor bestrijdingsmiddelen uitgegaan van een stapvormige ontwikkeling in het gehele intrekgebied. Vóór 1970 bedraagt de uitspoeling naar het grondwater 0 μg/l, na 1970 10 μg/l. Als gebiedsgemiddelde lijken deze waarden op dit moment alleen realistisch voor een beperkt aantal middelen, zoals dichloorpropeen en metam-natrium, en een beperkt aantal gebieden [Van den Berg e.a., 1990].

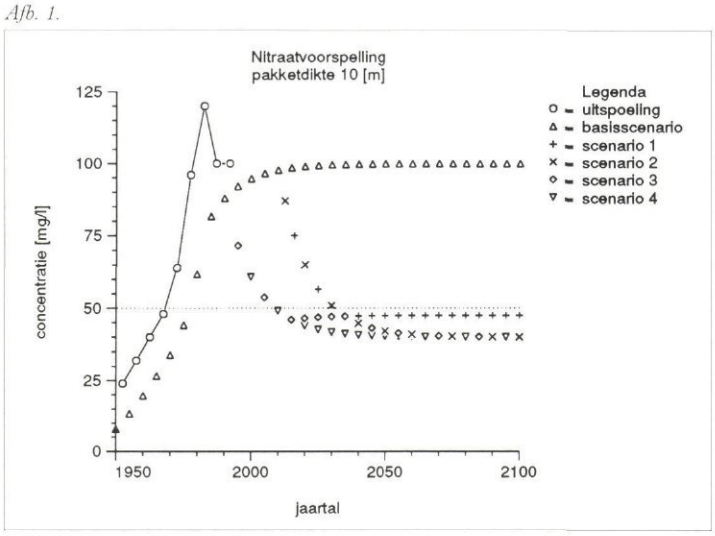
Als beschermingsmaatregel is in scenario 1 uitgegaan van een toepassingsverbod in het grondwaterbeschermingsgebied vanaf 2010, en in scenario 2 van een toepassingsverbod in het gehele intrekgebied vanaf 2010. De hydrologische uitgangssituatie is dezelfde als in de situatie zonder afbraak, de dikte van het watervoerend pakket bedraagt 25 meter. De varianten die doorgerekend zijn variëren van een middel dat volkomen persistent is tot een goed afbreekbaar middel (halfwaardetijd 0,1 jaar).
De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven in de afbeeldingen 3 en 4. Uit deze afbeeldingen blijkt duidelijk het belang van de afbraaksnelheid. Bij halfwaardetijden van minder dan 2,5 maand zal de concentratie in het op te pompen grondwater zelfs bij gebruik in het gehele intrekgebied beneden 0,1 μg/l (normwaarde Waterleidingbesluit) blijven.

Bij het gebruik van bestrijdingsmiddelen die goed afbreken zal een klein beschermingsgebied voldoende zijn om lage concentraties in het op te pompen water te krijgen. Een bijkomend gunstig aspect zal zijn dat er bij freatische winplaatsen meestal sprake is van onvolkomen filters die zich op enige
diepte beneden de grondwaterspiegel bevinden. Hierdoor zullen de reistijden dichtbij de pompput langer zijn dan in de voorbeeldberekeningen die hier beschreven zijn.

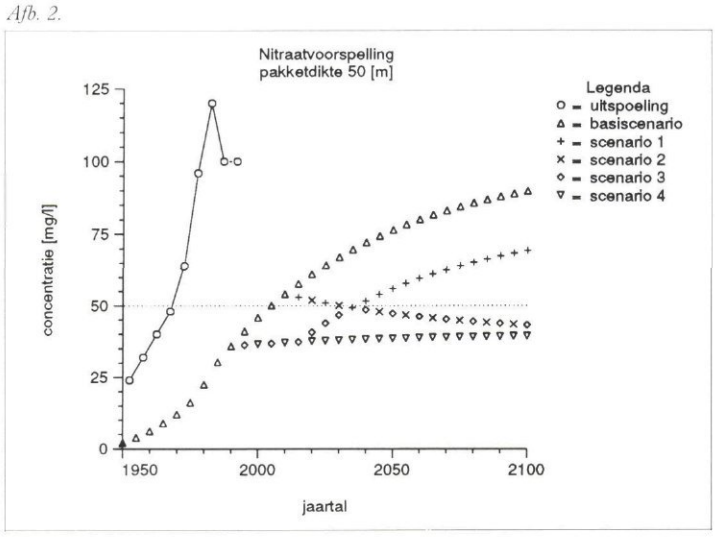
Praktische toepassing

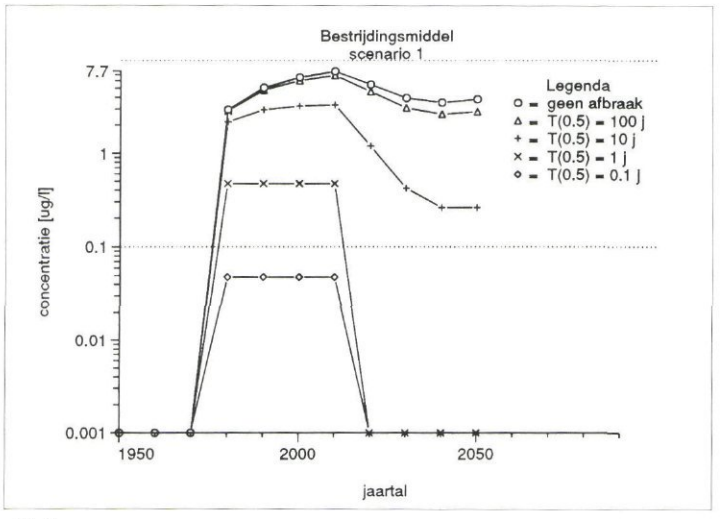
Bij het uitvoeren van voorspellingsberekeningen zullen aannamen gedaan worden met betrekking tot de geohydrologische opbouw, de uitspoeling van stoffen naar het grondwater en het gedrag van stoffen in het grondwater. Het is aan te bevelen om een gevoeligheidsanalyse uit te voeren en om de berekeningen te toetsen aan analyseresultaten van monsters uit waarnemingsfilters en

Afb. 1.

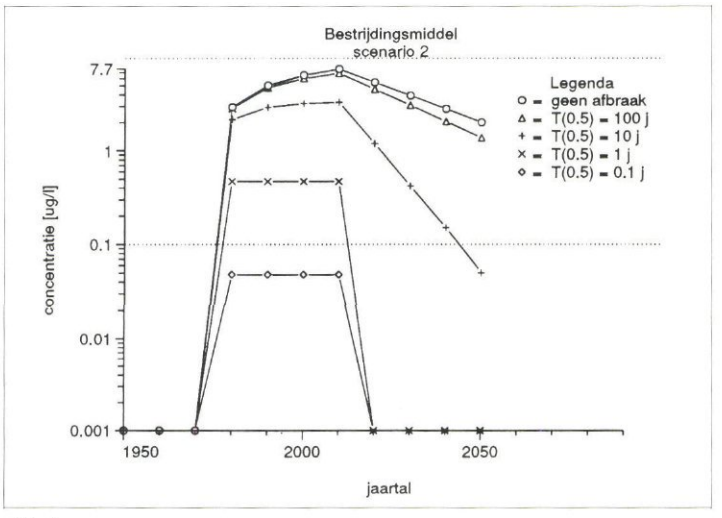


Afb. 2.





Afb. 3.



Afb. 4.

pompputten. Het belang van deze toetsing kan geïllustreerd worden aan de hand van nitraat- en sulfaatvoorspellingen die voor de winplaats Vessem uitgevoerd zijn.

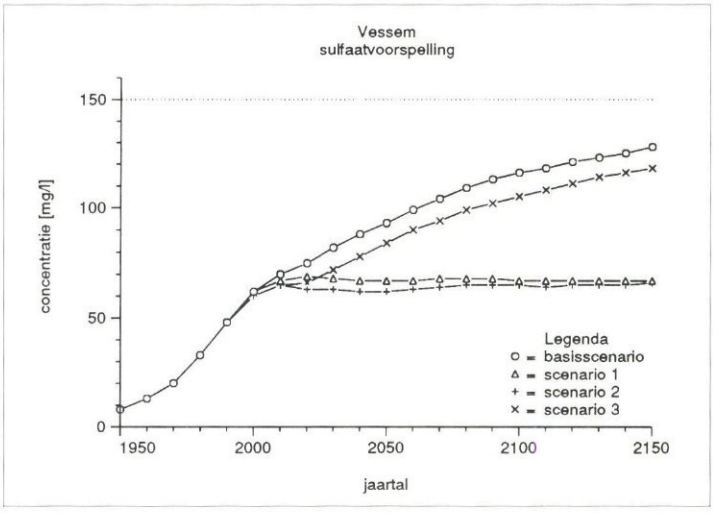
In Vessem wordt grondwater gewonnen uit een freatisch watervoerend pakket. De dikte van het pakket is circa 50 meter. In de omgeving van deze winplaats is pyriet in de ondergrond aangetroffen. Nitraat kan gedenitrificeerd worden door oxidatie van pyriet. Om deze reden zijn er twee chemische varianten doorgerekend. In het eerste geval is er vanuit gegaan dat nitraat niet afgebroken wordt, in het tweede geval is er vanuit gegaan dat nitraat volledig gereduceerd wordt door pyrietoxydatie. De beide varianten zijn te beschouwen als uiterste situaties. In het eerste geval is het nitraatgehalte in het op te pompen grondwater voorspeld, in het tweede geval het sulfaatgehalte.

De hoeveelheid sulfaat is berekend als de som van sulfaat dat uitspoelt naar het grondwater en sulfaat dat beneden de grondwaterspiegel gevormd wordt bij oxydatie van pyriet. Deze laatste hoeveelheid kan berekend worden uit de reactievergelijking:

$$2FeS_2 + 6NO_3^- + 4H_2O -> 3N_2 + 4SO_4^{2-} + 2Fe(OH)_3 + 2H^+$$

Voor beide varianten zijn een basisscenario (voortzetting van de huidige situatie) en verschillende beschermingsvarianten doorgerekend. De scenario's zijn als volgt te omschrijven:

- basisscenario: Grondwaterbelasting uitgaande van naleving van het Besluit Gebruik Dierlijke Meststoffen en aanvulling met kunstmest tot een voor de gewasopbrengst optimaal niveau. Uitspoeling berekend met een empirisch model (DGM/IPO/VNG);
- scenario 1: De uitspoeling onder landbouwgrond bedraagt 50 mg/l vanaf 2000;
- scenario 2: De uitspoeling onder landbouwgrond bedraagt 50 mg/l vanaf 1990;
- scenario 3: De uitspoeling onder landbouwgrond bedraagt alleen in het beschermingsgebied 50 mg/l vanaf 1990.



Afb. 5.

De beide chemische varianten zijn getoetst aan analyses van monsters uit waarnemingsfilters en aan de kwaliteitsontwikkeling van het opgepompte ruwe water. Hieruit blijkt dat er sprake is van een sterke nitraatreductie door oxydatie van sulfiden. In het opgepompte water en in waarnemingsfilters die zich meer dan 10 meter beneden de grondwaterspiegel bevinden wordt geen nitraat aangetroffen.

Uit analyses van de vaste fase blijkt dat de hoeveelheid pyriet in de ondergrond zo hoog is dat het nitraatgehalte in het op te pompen grondwater gedurende tientallen jaren laag zal blijven.

De resultaten van de sulfaatvoorspellingen zijn weergegeven in afbeelding 5. Uit deze afbeelding blijkt dat lokale bescherming (scenario 3) alleen op korte termijn duidelijk effect heeft. Dit wordt veroorzaakt door het relatief geringe aandeel van het beschermingsgebied aan de totale onttrekking (circa 30%) en het relatief grote aandeel van bos in het beschermingsgebied. Uit de berekeningen blijkt voorts dat het versneld invoeren van maatregelen in dit geval eveneens een beperkt effect heeft. De normwaarde uit het Waterleidingbesluit (150 mg/l) zal in geen van de scenario's overschreden worden.

De sulfaatconcentraties die de laatste 20 jaar in het onttrokken grondwater gemeten zijn, zijn ongeveer 20% lager dan de berekende waarden. Dit verschil kan

• *Vervolg op pagina 449*

toegekende niveau van natuurfunctie. De gepresenteerde beoordelingsmethode kan op basis van de resultaten van het landelijk normstellend onderzoek van de STORA worden genuanceerd.

Toepassing in beheer

Beoordelen is geen doel op zichzelf. De resultaten van een beoordeling zijn een hulpmiddel om te komen tot gerichte maatregelen om gewenste ecosystemen in stand te houden of te bereiken.
De beheersmaatregelen die nodig zijn, kunnen het oppervlaktewater zelf betreffen, maar ook de omgeving van de beek, bijvoorbeeld de hydrologie van het stroomgebied, het waterhuishoudkundig beheer of het gebruik van aanliggende gronden. De beoordelingsmethode maakt de effecten van genomen maatregelen zichtbaar en wordt daarom niet alleen gebruikt om te toetsen aan gewenste doelstellingen, maar ook om de effectiviteit van maatregelen te bepalen. Aangezien de maatregelen niet alleen op het werkterrein van het Zuiveringsschap liggen, is intensieve samenwerking met andere instanties, zoals de provincie, de waterschappen en gemeenten noodzakelijk.

Referenties

1. Gardeniers, J. J. P., Klapwijk, S. P., Roijackers, R. M. M. en Roos, C. (1991). *Ontwikkeling van ecologische beoordelingsmethoden voor Nederlandse oppervlaktewateren.* H_2O (24), 1991, nr. 4: 84-87, 93.
2. Torenbeek, R. en Gijsen, M. E. A. van (1990). *Ecologische doelstellingen en beoordelingsmethode voor stromende wateren in Drenthe.* Zuiveringsschap Drenthe.
3. Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1989). *Water voor nu en later. Derde nota Waterhuishouding.* SDU-uitgeverij 's-Gravenhage.
4. Claassen, T. H. L. (1987). *Typologie en normstelling. Een aquatisch-oecologisch onderzoek in Friesland.* Proefschrift, KU Nijmegen.
5. Verdonschot, P. F. M. (1990). *Ecological characterization of surface waters in the province of Overijssel (The Netherlands).* Proefschrift, LU Wageningen.
6. Verdonschot, P. F. M. (1990). *Ecologische karakterisering van oppervlaktewateren in Overijssel. Het netwerk van cenotypen als instrument voor ecologisch beheer, inrichting en beoordeling van oppervlaktewateren.* Provincie Overijssel, Zwolle; Rijksinstituut voor Natuurbeheer, Leersum.
7. Werkgroep Onderzoek Ecologische Doelstellingen (1990). *De meetlat. Een biologisch beoordelingssysteem voor het oppervlaktewater in Gelderland.* Provincie Gelderland.
8. Smit, H. (1990). *Hydrobiologisch onderzoek van kleine wateren in Zuid-Holland.* Provincie Zuid-Holland.
9. Maenhout, A. M. A. T. (1990). *Ecologische beoordeling van kleine wateren in Zuid-Holland.* Provincie Zuid-Holland.
10. Schimmel, H. J. W., Leentvaar, P. en Smissaert, R. (1955). *De Drentse beken en beekdalen en hun betekenis voor Natuurwetenschappen en landschapsschoon.* SBB, Utrecht.
11. Mur-Atzema, E. (1965). *Onderzoek naar de fauna van de beken van het stroomgebied van de Drentse Aa.* RIVON, Zeist.
12. Leentvaar, P. (1967). *De Reest.* De Levende Natuur 70 (1967): 145-150.
13. Ministeries van Verkeer en Waterstaat en van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (1985). *Indicatief Meerjaren Programma Water 1985-1989.*
14. Anonymus (1988). *Waterkwaliteitsbeoordeling van genormaliseerde beken met behulp van macrofauna.* STORA, Den Haag.
15. Anonymus (1989). *Waterkwaliteitsplan Drenthe.* Provincie Drenthe.

● ● ●

Grondwaterbescherming

• *Slot van pagina 445*

veroorzaakt worden door afwijking van de werkelijke uitspoeling ten opzichte van de berekende, door oxydatie van ijzermonosulfiden of organische stof in plaats van pyriet, en door reductie van sulfaat.

Uit analyses van het onttrokken grondwater blijkt bovendien dat er sprake is van een toename van het ijzergehalte van ongeveer 2,5 mg/l in 1960 naar 6,6 mg/l in 1989. In een aantal pompputten is deze toename veel duidelijker (meer dan 10 mg/l). Daarnaast is in een aantal pompputten een toename van zware metaalconcentraties waar te nemen.
Een verklaring hiervoor kan zijn dat sulfiden van zware metalen geassocieerd met ijzersulfiden voorkomen en dat de oxydatie van sulfiden niet volledig is.
Dit is in een reactievergelijking als volgt voor te stellen:

$$14NO_3^- + 4H^+ + 5Fe_{(1-x)}Z_{(x)}S_2 -> 7N_2 + 2H_2O + 10SO_4^{2-} + 5(1-x)Fe^{2+} + (5x)Z^{2+}$$

waarbij: Z = zware metaal, $0 < x < 1$

Het toetsen van voorspellingsberekeningen en de interpretatie van analyseresultaten kan uiteindelijk dus tot andere conclusies over de toekomstige kwaliteitsontwikkeling leiden dan aanvankelijk aangenomen werd.

Conclusies van het TCB-advies

Voor activiteiten die het risico van calamiteiten met zich meebrengen lijkt een reistijdcriterium het meest realistische uitgangspunt om te bepalen welke beperkingen aan deze activiteiten gesteld moeten worden. Bij incidenten moet er tijd zijn om een technische oplossing (bijvoorbeeld sanering door interceptie) of eventueel om een alternatief voor de winplaats te vinden. De reistijd in het watervoerend pakket lijkt bij het risico van ernstige calamiteiten (dichtheidsstroming en stroming volgens preferente stroombanen) goed bruikbaar.

Voorspellingsberekeningen bij verschillende emissies (in ruimte en tijd) geven inzicht in de noodzaak en in het rendement van beschermingsmaatregelen tegen diffuse bronnen van verontreiniging. Bovendien kan het gebied dat aanvullende bescherming behoeft beter vastgesteld worden. Ook eenvoudige berekeningen geven vaak al veel waardevolle informatie. Praktijkstudies geven aan dat de uitvoering van voorspellingsberekeningen, met name voor kwetsbare winplaatsen, haalbaar en zinvol is.

Bij het uitvoeren van voorspellingsberekeningen zullen aannamen gedaan worden met betrekking tot de geohydrologische schematisatie, het uitspoelen van stoffen naar het grondwater en processen in de ondergrond. Gevoeligheidsanalyses en toetsing aan gemeten waarden (waarnemingsfilters en onttrokken grondwater) zijn aan te bevelen, omdat hiermee een indicatie van de betrouwbaarheid van de voorspellingen verkregen wordt.

Wanneer stoffen in het grondwater afgebroken worden dan zal een beperkte beschermingszone vaak voldoende zijn. De omvang van deze zone hangt nauw samen met de afbraaksnelheid.
Wanneer stoffen niet afgebroken worden, dan zullen uiteindelijk in veel gevallen grote delen van het intrekgebied beschermd moeten worden. Het tijdstip waarop dit, vanuit het perspectief van de kwaliteit van het te ontrekken grondwater, nodig is, kan per winplaats echter sterk verschillen. Bij het formuleren van bijzonder beschermingsbeleid als aanvulling op algemeen beleid kan hiermee rekening worden gehouden.

TCB-rapport A91/06

Het rapport 'Aanvullende grondwaterbescherming tegen diffuse bronnen van verontreiniging' is verkrijgbaar via het secretariaat van de Technische Commissie Bodembescherming (070 - 317 46 98).

Literatuur

Berg, R. van den, e.a. (1990). *Verdunning en omzetting van bestrijdingsmiddelen in grondwater.* RIVM-rapportnr. 725801002.
Brussel, J. F. M. van (1990). *Nitraat- en sulfaatvoorspellingen voor de pompstations Vessem, Gilze en Nuland.* KIWA rapport nr. SWO-90.293.
Technische Commissie Bodembescherming (1985). *Berekeningsgrondslag grondwaterbeschermingsgebieden.* TCB A85/01.
Technische Commissie Bodembescherming (1989). *Rapport Grondwaterbescherming.* TCB A88/04-R.
Technische Commissie Bodembescherming (1991). *Aanvullende grondwaterbescherming tegen diffuse bronnen van verontreiniging.* TCB A91/06.

● ● ●