



Consequenties huidige vermesting voor de waterleidingbedrijven

KEES VAN BEEK, KIWA WATER RESEARCH
 PETER HESEN, KIWA WATER RESEARCH
 JOOST KAPPELHOF, KIWA WATER RESEARCH
 KEES VINK, ELEMENTAIR*

Recentelijk heeft de Tweede Kamer het mestbeleid geëvalueerd. Ten behoeve van deze evaluatie is onder andere onderzocht welke invloed vermesting heeft op de chemische samenstelling van het grondwater dat wordt onttrokken ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening. Vervolgens is met het resultaat van dit onderzoek een schatting gemaakt van de kosten voor de waterleidingbedrijven. Dit gedeelte van de evaluatie¹⁾ is door Kiwa Water Research uitgevoerd. Vermesting uit zich niet alleen in toenemende concentraties nitraat, maar ook in toenemende concentraties sulfaat en (onder omstandigheden) nikkel en in een toenemende hardheid. Deze toenemende concentraties en hardheden worden echter niet alleen veroorzaakt door vermesting, ook verzuring en verdroging leveren daaraan een bijdrage. De totale kosten die grondwaterbedrijven in de periode van 1991 tot en met 2000 hebben gemaakt in verband met bemesting worden geschat op 85 miljoen euro.

Het onderzoek kende drie doelstellingen, namelijk een beschrijving van de veranderingen in de concentraties van nitraat, sulfaat en nikkel en in de totale hardheid in het onttrokken grondwater, een schatting van het aandeel van vermesting in deze veranderingen én een schatting van de kosten die de waterleidingbedrijven hebben gemaakt ten gevolge van vermesting.

Het gaat in dit onderzoek alleen om grondwater als grondstof voor de openbare drinkwatervoorziening. Beïnvloeding door vermesting van oppervlaktewater, duininfiltratiewater of oevergrondwater als grondstof voor de openbare drinkwatervoorziening of

van grondwater gebruikt door landbouw of industrie is buiten beschouwing gebleven.

Van de beschouwde stoffen wordt nikkel apart beschouwd. Nikkel wordt niet aangevoerd als meststof en ook niet in de vorm van atmosferische depositie. Nikkel wordt vrij gemaakt bij de oxidatie van pyriet²⁾ en blijft onder zure omstandigheden mobiel. Andere stoffen die bij oxidatie van pyriet vrijkomen, zoals arseen, kobalt en zink, worden niet beschouwd.

Trends

Ten behoeve van het onderzoek zijn acht geohydrochemisch homogene groepen onderscheiden¹⁾: centraal zandgebied (grote stuwwallen), noordelijk zandgebied (keileem), löss (kalksteen), zuidelijk zandgebied (kalkloos pyriet), duinen, veengronden/poldergebieden, oostelijk zandgebied (kalkrijk pyriet) en kleine stuwwallen (zie afbeelding 1, waarin ook de kwetsbare puttenvelden van de waterleidingbedrijven ingetekend zijn).

Afb. 1: Indeling van Nederland in geohydrochemisch homogene gebieden, met de verbreiding van de kwetsbare puttenvelden.



Puttenvelden behorende tot eenzelfde groep reageren op vergelijkbare wijze op verontreinigingen en dus ook vermisting.

Berekening van het aandeel vermisting

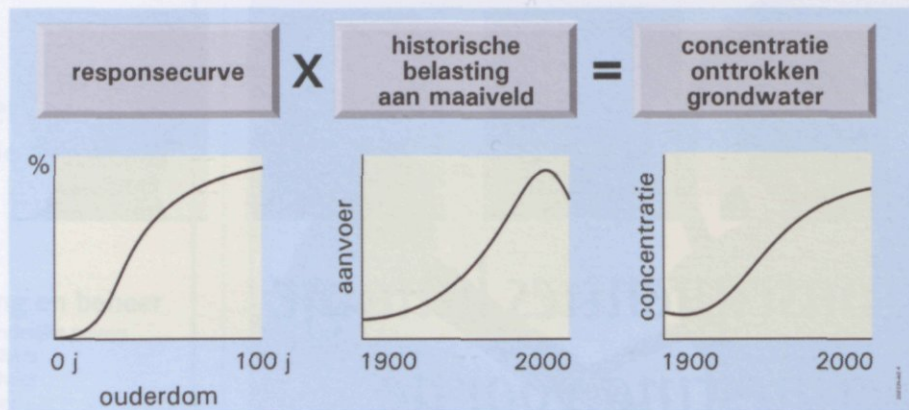
De chemische samenstelling van het ondiepe grondwater is gelijk aan het quotient van de netto aanvoer van stoffen aan maaiveld (kg/ha.jaar) en de grondwateraanvulling (m³/ha.jaar). De chemische samenstelling van het onttrokken grondwater is het gemiddelde van de ondiepe chemische samenstelling, rekening houdend met de interactie met de bodemmatrix en de reistijd naar het puttenveld (zie afbeelding 2). Deze berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het programma VOORSP.

Om tot een nauwkeurige berekening van de concentraties van nitraat en sulfaat en van de hardheid van het onttrokken grondwater te komen, zou over de beschouwde periode het landgebruik met de daarbij behorende aanvoer en afvoer van stoffen per perceel bekend moeten zijn. Deze informatie is niet beschikbaar. Daarom zijn voor de aanvoer van kunstmest, dierlijke mest en atmosferische depositie en voor de afvoer van oogstproducten standaardcurven opgesteld. Vervolgens zijn voor de doorgerekende winningen deze standaardcurven met een factor vermenigvuldigd, bijvoorbeeld een hogere factor voor de aanvoer van dierlijke mest in het zuiden dan in het noorden, en een hogere factor voor de depositie van zwaveldioxide op bos dan op landbouw.

Tenslotte is met het optreden van de volgende bodemprocessen rekening gehouden: nitrificatie van aangevoerd ammonium en de daarmee gepaard gaande productie van zuur, neutralisatie van aangevoerd en gevormd zuur door van nature in de bodem aanwezige kalk en op landbouwgronden ook door aangevoerde kalk, denitrificatie door organisch materiaal in de bodem én denitrificatie door pyriet en het daarbij vrijkomen van nikkel en zuur.

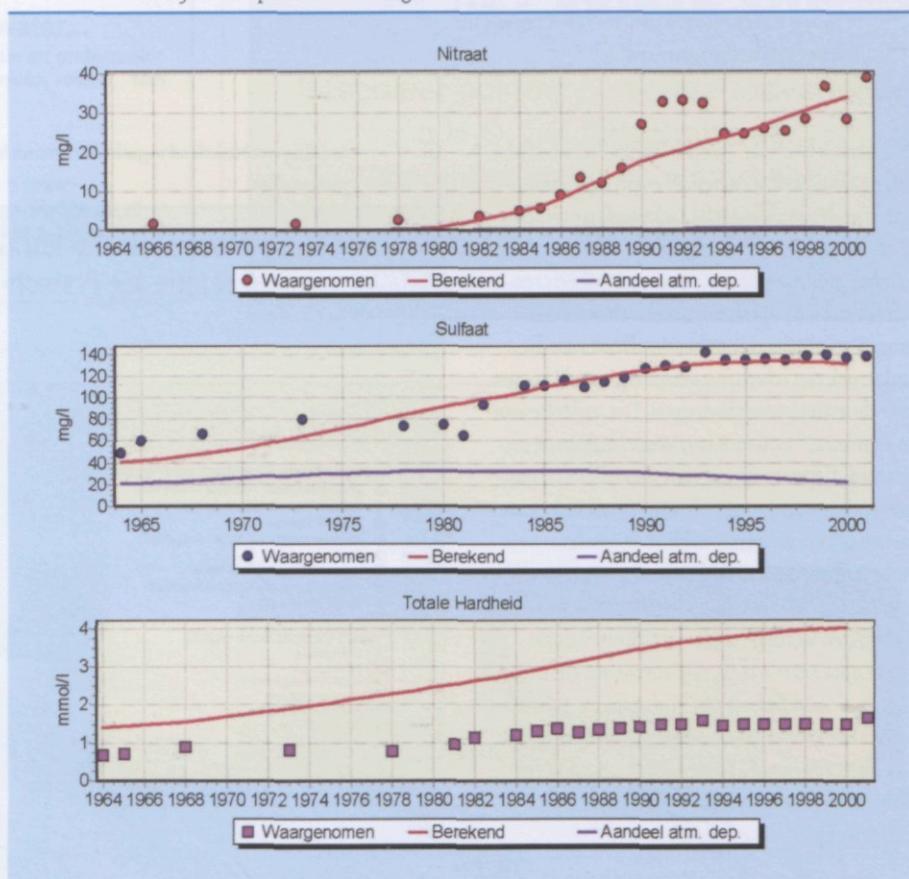
De bijdrage van verdroging aan de verandering in chemische samenstelling van het onttrokken grondwater is afhankelijk van de fractie verdroogde oppervlakte binnen het intrekgebied en de mate van verdroging. Bij verdroging komen ook weer nitraat, sulfaat en zuur (hardheid) vrij. De bijdrage van verdroging is gelijkgesteld aan het verschil tussen gemeten en berekende chemische samenstelling.

Nitraat, sulfaat en totale hardheid zijn in kunstmest, dierlijke mest en oogstproducten in een constante onderlinge verhouding aanwezig. Bij atmosferische depositie en verdroging wordt aangevoerd of gevormd zuur onder kalk-



Afb. 2: Schematische weergave van de aanpak voor de berekening van de chemische samenstelling van het onttrokken grondwater.

Afb. 3: Gemeten en berekende chemische samenstelling van het onttrokken grondwater op het puttenveld Vierlingsbeek. De onderste lijn is de concentratie ten gevolge van atmosferische depositie, de bovenste lijn van de som van atmosferische depositie en vermisting.



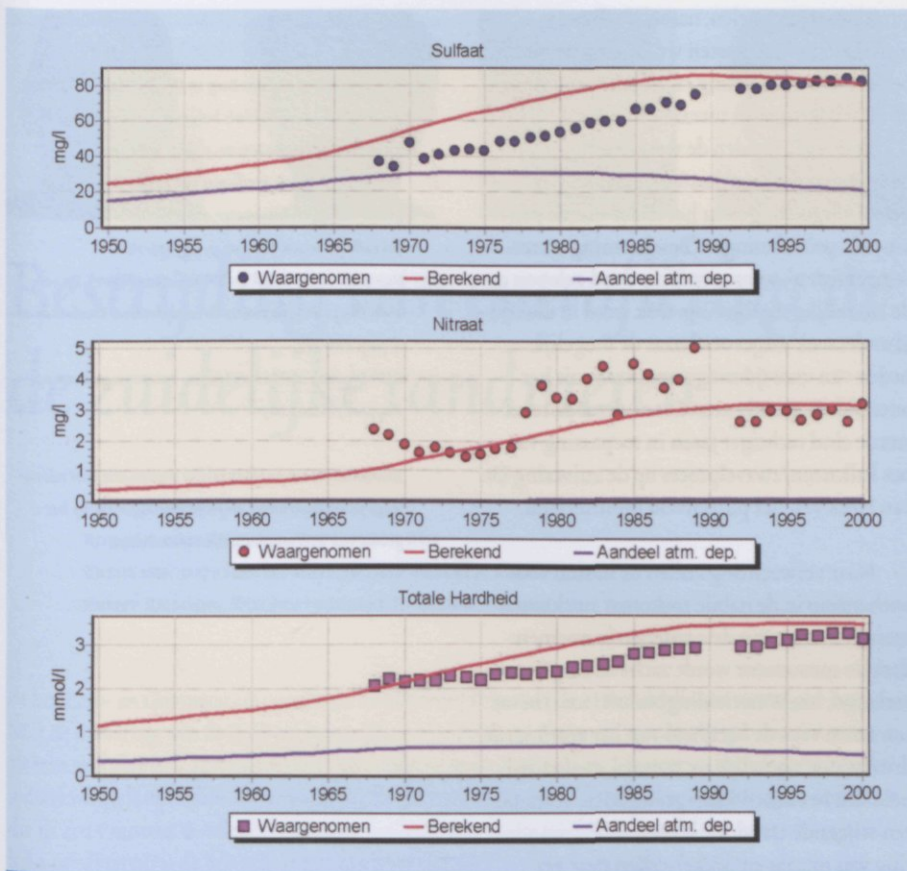
rijke omstandigheden geneutraliseerd. Deze neutralisatie resulteert in een vaste verhouding tussen de toename in concentratie van sulfaat en de toename van de totale hardheid. Ook de oxidatie van pyriet door nitraat of door zuurstof resulteert in vaste verhoudingen van de betrokken stoffen. Om verzuring op landbouwgronden tegen te gaan zal de landbouwer regelmatig een onderhoudsbekalking geven. De grootte van deze onderhoudsbekalking is afhankelijk van de netto verzuring, namelijk de aanvoer van zuur minus het optreden van denitrificatie plus de grootte van de oogst.

Uit bovenstaande blijkt dat nitraat, sulfaat en totale hardheid in vaste verhoudingen

worden aan- en afgevoerd, en ook in vaste verhoudingen in bodemchemische processen zijn betrokken. Het is dus niet mogelijk een van deze stoffen afzonderlijk te variëren. Bij verandering in de aanvoer van kunstmest verandert dus zowel de aanvoer van stikstof als van hardheid. Bij denitrificatie onder invloed van pyriet in een kalkrijk milieu verdwijnt dus nitraat en wordt een evenredige hoeveelheid sulfaat en hardheid gevormd.

Resultaten

De berekeningen zijn eerst uitgevoerd voor de per groep geselecteerde winningen en vervolgens voor de gemiddelde winning. De



Afb. 4: Berekende en gemiddelde gemeten samenstelling van het onttrokken grondwater van de groep 'oostelijk zandgebied' (kalkrijk pyriet). De onderste lijn is de concentratie ten gevolge van atmosferische depositie, de bovenste lijn van de som van atmosferische depositie en vermisting.

geselecteerde winning voor de groep 'zuidelijk zandgebied' (kalkloos pyriet) is Vierlingsbeek. Afbeelding 3 toont de resultaten van de berekeningen.

De winning Vierlingsbeek is een freatische winning, gelegen in schrale bossen die omgeven zijn door landbouw. Het grondwater bevat tot halverwege het watervoerend pakket zuurstof en nitraat. Dieper is pyriet aanwezig, wat leidt tot het optreden van denitrificatie, waarbij nitraat verdwijnt en sulfaat wordt

gevormd. Het pakket is kalkloos: de hardheid van het onttrokken grondwater is dus afkomstig van het landbouwgebied. Om tot een goede overeenstemming tussen gemeten en berekende concentraties van nitraat en sulfaat in het onttrokken grondwater te komen, is aangenomen dat 55 procent van het aangevoerde nitraat onder invloed van organisch materiaal denitrificeert en 30 procent onder invloed van pyriet.

Uit de afbeelding blijkt dat de totale hardheid wordt overschat. Dat is logisch, het

betreft hier een verzuurd (kalkloos) gebied, waarbij de toegevoerde kalk grotendeels wordt geadsorbeerd aan het adsorptiecomplex.

Vervolgens is voor de landelijke situatie per groep de gemiddelde responscurve en het gemiddelde landgebruik bepaald. Als voorbeeld wordt hier het resultaat van de groep 'oostelijk zandgebied' (kalkrijk pyriet) getoond (afbeelding 4).

Uit afbeelding 4 blijkt dat de berekende concentraties en de berekende hardheid goed overeenkomen met het gemiddelde van de gemeten concentraties. Ook blijkt dat de concentratie van nitraat gedurende de jaren 1990-2000 circa 3 mg/l bedraagt. De sulfaatconcentratie bedraagt gedurende die periode circa 80 mg/l, waarvan circa 20 mg/l afkomstig is van atmosferische depositie. De hardheid bedraagt circa 3,2 mmol/l, waarvan circa 0,5 mmol/l afkomstig is van de neutralisatie van atmosferische depositie.

De resultaten van de berekeningen zijn samengevat in tabel 1. Uit de berekende concentraties en totale hardheid (zie afbeeldingen 3 en 4) kunnen de bijdragen van vermisting en verzuring worden geschat. Indien de gemeten concentraties en hardheid groter zijn dan de berekende waarde, wordt dit 'overschot' toegewezen aan verdroging. In dit onderzoek wordt onder verdroging het diep wegzakken van de grondwaterspiegel in droge jaren verstaan. Daarom heeft in deze benadering verdroging alleen effect op de concentratie van sulfaat en de hardheid.

Uit tabel 1 blijkt dat het onttrokken grondwater alleen in het centraal zandgebied, het zuidelijk zandgebied en de kleine stuwwallen nitraat bevat, dat grotendeels afkomstig is van vermisting. In de overige gebieden speelt denitrificatie een belangrijke rol.

Tabel 1: Ingevoerd gemiddeld landgebruik, berekende chemische samenstelling van het onttrokken grondwater en geschatte bijdrage van de vermisting.

groep	verdeling gemiddeld landgebruik (%)			concentratie			bijdrage vermisting (%)		
	landbouw	natuur	bewoning	nitraat mg/l	sulfaat mg/l	hardheid mmol/l	nitraat	sulfaat	hardheid
centraal zandgebied	10	77	13	11	21	0,9	55	5	100
noordelijk zandgebied	73	23	4	1,4	28	1,6	n.r.	25	80
zuidelijk zandgebied	65	29	7	20	80	1,2	95	70	100
veen-/poldergebieden	65	27	8	1	25	2,1	n.r.	20	80
oostelijk zandgebied	71	23	6	3	80	3,2	n.r.	75	85
kleine stuwwallen	52	33	15	20	80	2,3	95	10	20

Van de groepen 'löss' en 'duin' was van geen enkel puttenveld zowel de responscurve als de verdeling van het landgebruik binnen het grondwaterbeschermingsgebied beschikbaar, zodat deze groepen zijn afgefallen.

n.r. = niet relevant.

De concentratie van sulfaat in het onttrokken grondwater valt in twee groepen uiteen, namelijk lage concentraties van circa 25 mg/l met een geringe bijdrage van vermisting en hoge concentraties van 80 mg/l met een grote bijdrage van vermisting. Een uitzondering vormen de kleine stuwwallen, waar verdroging een grote bijdrage levert.

De totale hardheid in het onttrokken grondwater is in alle gevallen nagenoeg volledig afkomstig van vermisting, weer met uitzondering van de kleine stuwwallen waar de hardheid afkomstig is van verdroging. Aan de voet van de kleine stuwwallen bevat de bodem ondiep hoge gehalten pyriet en kalk. Indien de grondwaterspiegel in droge jaren diep wegzakt, worden grote hoeveelheden pyriet door atmosferische zuurstof geoxideerd. Het daarbij gevormde zuur wordt door de aanwezige kalk geneutraliseerd, waarbij hoge hardheden worden gevormd³⁾.

Kosten

Het onderzoek naar de kosten is uitgevoerd door middel van een enquête bij de waterleidingbedrijven, waarin naar de kosten gedurende de periode 1991 t/m 2000 is gevraagd. Tabel 2 geeft een overzicht van de kosten per onderdeel, met voorbeelden van activiteiten begrepen onder de diverse onderdelen. Uit de enquête blijkt dat de waterbedrijven gedurende deze periode 84,6 miljoen euro aan kosten hebben gemaakt. Uit het uitgevoerde onderzoek bleek al dat de toename van de hardheid voor gemiddeld 80 procent kan worden toegeschreven aan landbouw. Bij dit bedrag is al vermindering van 20 procent aangebracht op de kosten voor ontharding.

Uit tabel 2 volgt dat de grootste kostenpost wordt gevormd door kosten verbonden aan

curatieve maatregelen, namelijk circa 43 procent. Van deze kosten wordt circa 60 procent besteed aan ontharding en circa 40 procent aan de verwijdering van nitraat en nikkel.

Voor 1991 hadden de waterleidingbedrijven ook al veel kosten gemaakt. Dit betrof vergoedingen in het kader van de provinciale verordeningen 'Bescherming waterwingebieden', waarin vooruit werd gelopen op de landelijke regelgeving. Ook werd in die tijd al onderzoek uitgevoerd naar de mogelijkheden van verwijdering van nitraat uit het onttrokken grondwater. Dit onderzoek resulteerde eind tachtiger jaren in toepassing van het kalksteen/zwavelproces op de zuivering Dr. van Heek van het puttenveld Montferland.

Naar verwachting zullen de kosten voor ontharding in de nabije toekomst sterk toenemen. Hiervoor zijn drie redenen te noemen: door de consument wordt zacht leidingwater verlangd, het Waterleidingbesluit (2001) bevat een norm voor de hardheid van het afgeleverde drinkwater, namelijk 2,5 mmol/l, en de hardheid van het onttrokken grondwater vertoont een stijgende trend. De kosten voor verwijdering van nitraat en nikkel zullen naar verwachting niet sterk toenemen. In het kader van de bestrijding van verdroging wordt de onttrekking van grondwater teruggedrongen, waarbij bij voorkeur puttenvelden met een mindere kwaliteit grondwater worden gesloten. Sluiting van winningen brengt echter ook kosten met zich mee.

Omdat nog niet alle waterleidingbedrijven de puttenvelden met een monitoringstelsel hebben uitgerust, zullen de kosten voor monitoring en preventieve maatregelen in de toekomst nog licht stijgen.

LITERATUUR

- 1) Van Beek K., G. van den Berg en P. Hesen (2005). Geohydrochemische typologie als hulpmiddel bij grondwaterkwaliteitsbeheer, Bodem nr. 5, pag. 178-181.
 - 2) Van Beek C. (1999). Herkomst van sporenelementen in grond- en oppervlaktewater, onvermoede bronnen en bekende processen. H₂O nr. 9, pag. 23-26.
 - 3) Van Beek C., M. Jalink en A. Meuleman (2001). De verzwaveling van grondwater in zandgronden. Landschap nr. 4, pag. 263-272.
 - 4) RIVM (2002). MINAS en Milieu, balans en verkenning. Rapport 718.201.005.
- * Elementair is een onafhankelijke organisatie voor advisering, procesbegeleiding en projectmanagement op het gebied van bodemonderzoek en waterbeheer.

Tabel 2: Overzicht van de kosten die de drinkwaterbedrijven maakten als gevolg van de kwaliteitsbeïnvloeding van het grondwater door vermisting in de periode 1991 t/m 2000 (in miljoenen euro).

onderdeel	voorbeelden van activiteiten	kosten
monitoring	inrichting en exploitatie van meetnetten grondwaterkwaliteit, opstellen van prognoses voor de kwaliteit van het onttrokken grondwater	14,0
preventieve maatregelen	uitkeringen vanwege gebruiksbeperkingen in het kader van de (provinciale) regelgeving en convenanten, opkopen van landbouwgronden en omzetten in een andere functie, sluiten dan wel verplaatsen van putten(velden) en verdiepen van putten	22,0
curatieve maatregelen	kosten van proefinstallaties gericht op de verwijdering van aan vermisting gerelateerde stoffen, bouw en exploitatie van aanvullende zuivering ter verwijdering van deze stoffen, aanleggen van transportleidingen om water van goede kwaliteit te mengen met water van mindere kwaliteit	34,3
	verwijdering van nitraat en nikkel	13,2
	ontharding, 80% van 26,4 miljoen euro	21,1
algemeen en overig	overleg met ministeries, provincies, inspectie en landbouwers, intern overleg en scholing, juridische procedures	14,3
totaal		84,6