

1. Inleiding

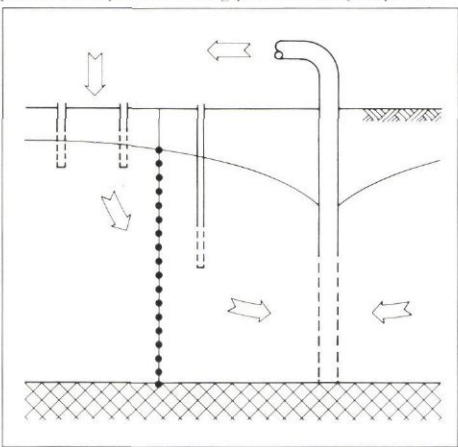
De kwaliteit van het grondwater, dat de waterleidingbedrijven onttrekken ten behoeve van de openbare drinkwatervoorziening, wordt van vele kanten bedreigd, onder meer door nitraat [Van Beek et al., 1984] en door bestrijdingsmiddelen [Van Beek et al., 1987]. Daarom, maar ook vanwege de relatief eenvoudiger methodologie is het onderzoek naar de voorspelling van de te onttrekken grondwaterkwaliteit gestart met de beïnvloeding van deze kwaliteit door landbouwkundige activiteiten.



I.R. C. G. E. M. VAN BEEK
KIWA NV

Bij landbouwkundige activiteiten vindt de belasting aan het maaiveld per perceel plaats. Het effect van deze belasting op de kwaliteit van het ondiepe grondwater is gemakkelijker te meten dan bijvoorbeeld het effect van qua oppervlakte kleinere puntbronnen. Voor de meting van de grondwaterkwaliteit staat de waterleidingbedrijven een aantal mogelijkheden ter beschikking (zie afb. 1), namelijk de ruwwaterkwaliteit zoals geleverd door de produktieputten en de kwaliteit zoals gemeten in diepe waarnemingsputten, ondiepe waarnemingsputten en minifilterputten. De ruwwaterkwaliteit bestaat uit het gemiddelde van het van alle zijden toestromend grondwater. De ruwwaterkwaliteit verandert daardoor maar weinig in de loop van de tijd. Zodra verontreinigingen echter in het onttrokken grondwater aanwezig blijken, zit het waterleidingbedrijf midden in de problemen. De kwaliteit gemeten in waarnemingsputten, is sterk afhankelijk van plaats en tijd. Om toch op ontwikkelingen te kunnen anticiperen is het daarom gewenst

Afb. 1 - Mogelijkheden voor de meting van de grondwaterkwaliteit, namelijk produktieputten, diepe waarnemingsputten, ondiepe waarnemingsputten en minifilterputten.



Samenvatting

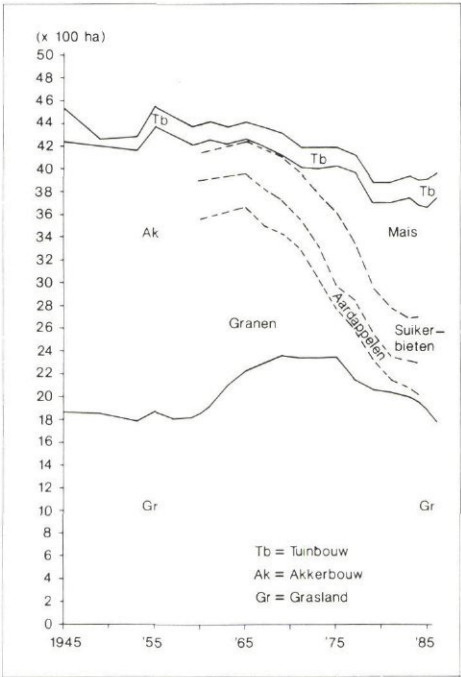
Voor de voorspelling van de te onttrekken grondwaterkwaliteit is informatie over de volgende chemische aspecten noodzakelijk: informatie over de kwaliteit van het grondwater juist onder de grondwaterspiegel, zowel huidig als in het verleden, en informatie over de aard en mate van het optreden van chemische processen die de samenstelling van het grondwater tijdens zijn beweging van de grondwaterspiegel naar het puttenveld aanzienlijk kunnen doen veranderen. De huidige grondwaterkwaliteit kan als functie van het landgebruik worden gemeten. Van de kwaliteit in het verleden kan een schatting worden gemaakt aan de hand van het landbouwkundig landgebruik destijds, met de daarbij behorende verzorging met meststoffen en bestrijdingsmiddelen. Het optreden van chemische processen kan uit chemische analyses van water en grond worden afgeleid.

een indruk te verkrijgen van de kwaliteit van het te onttrekken grondwater. De wijze waarop deze te onttrekken grondwaterkwaliteit kan worden berekend is in dit nummer van H₂O beschreven door Boukes. Voor deze berekening is de volgende chemische informatie nodig: de kwaliteit van het ondiepe grondwater berekend uit de belasting aan het maaiveld, zowel huidig als in het verleden, de huidige kwaliteit van het ondiepe grondwater gemeten als functie van het landgebruik en het optreden van veranderingen in de chemische samenstelling van het grondwater tijdens de beweging van de grondwaterspiegel naar het puttenveld. De daarbij gevolgde methode zal hier aan de hand van de situatie rond de winning Vierlingsbeek worden beschreven.

2. Chemische samenstelling van het ondiepe grondwater

2.1. Berekening uit het landbouwkundig landgebruik

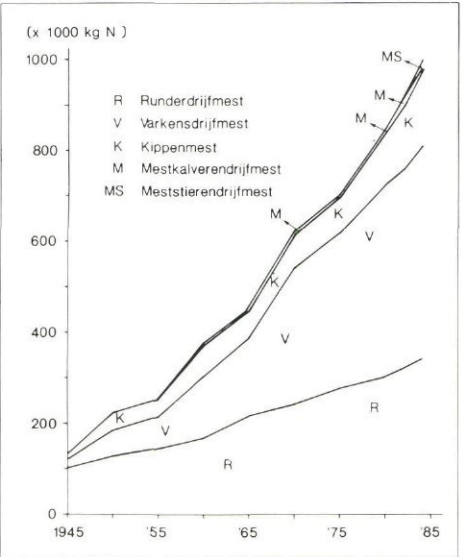
Informatie over het landbouwkundig landgebruik is per gemeente beschikbaar bij het CBS. Afb. 2 laat de ontwikkeling van het landbouwkundig landgebruik binnen de gemeente Vierlingsbeek zien. Het totale areaal is voortdurend afgenomen; het areaal grasland laat tussen 1970 en 1975 een maximum zien: de graanteelt is nagenoeg verdwenen, daarvoor in de plaats is maïs gekomen. Informatie over het landbouwkundig landgebruik is belangrijk aangezien iedere teelt een eigen verzorging kent met onder andere meststoffen en bestrijdingsmiddelen.



Afb. 2 - Verloop van het landbouwkundig landgebruik binnen de gemeente Vierlingsbeek.

Naast grondgebonden landbouw wordt binnen de gemeente Vierlingsbeek ook niet-grondgebonden landbouw bedreven. Ook hierover is per gemeente informatie bij het CBS beschikbaar. Afb. 3 laat het verloop van de produktie van stikstof in dierlijke mest zien. Met behulp van gegevens over de gemiddelde samenstelling van dierlijke mest is het mogelijk ook waarden voor andere parameters, zoals kalium, fosfaat, koper etc. te berekenen. In tabel I zijn de uitgangspunten voor de bemesting van de onderscheiden teelten met

Afb. 3 - Produktie van stikstof in dierlijke mest (exclusief de weideperiode voor rundveedrijfmest) binnen de gemeente Vierlingsbeek.



stikstof samengevat. Hierbij is aangenomen dat in de stikstofbehoefte van sommige teelten volledig kan worden voorzien met drijfmest, terwijl andere teelten een startgift van stikstof in de vorm van kunstmest nodig hebben. De stikstof aanwezig in de dierlijke mest komt niet volledig beschikbaar voor het gewas in het jaar van aanwending; aangenomen is dat 55% van de toegevoegde stikstof in het jaar van aanwending voor het gewas beschikbaar komt. Bij grasland wordt de totale gift met dierlijke mest niet bepaald door de hoeveelheid stikstof, maar door de hoeveelheid kalium.

Aangezien de totale produktie van stikstof in dierlijke mest en de dekking van de stikstofbehoefte van de onderscheiden gewassen met dierlijke mest bekend zijn, is het nu mogelijk de dierlijke mest over de onderscheiden teelten toe te delen.

Het gedeelte van de dierlijke mest geproduceerd tijdens de weideperiode komt direct op het grasland terecht. Deze hoeveelheid is aangevuld tot de maximale kaliumgift op grasland is bereikt. De resterende hoeveelheid rundveedrijfmest is evenredig verdeeld over de overige teelten. Aangezien op het grasland geen dierlijke mest meer kan worden afgezet, is de dierlijke mest geproduceerd door mestkalveren en meststieren evenredig verdeeld over de resterende gewassen. Vervolgens is de maximale stikstofgift opgevuld met varkensdrijfmest. De resterende hoeveelheid is uitgereden op maïs. Met betrekking tot de geproduceerde hoeveelheid kippenmest is aangenomen dat deze wordt uitgereden op het areaal tuinbouw en het overschot op snijmaïs. Het resultaat van deze toedeling is in tabel II samengevat. Er zijn ook andere scenario's voor de mesttoedeling mogelijk. Varkensdrijfmest bevat minder kalium dan rundveedrijfmest. Daarom wordt in de praktijk vaak varkensdrijfmest over grasland uitgereden. Het is nu mogelijk voor de onderscheiden teelten een stikstofbalans op te stellen. Aanvoer van stikstof

TABEL I – Gehanteerde uitgangspunten voor de toedeling van dierlijke mest, in kg N/ha per jaar [Rinsema, 1979; Neeteson, 1985].

Gewas	Optimale N-gift	Startgift als kunstmest	Te leveren door organische mest	Rekening houdend met werkingscoëfficiënt
rogge, gerst, haver	85	–	85	155
aardappelen	230	50	180	327
bieten	170	50	120	218
tarwe	130	–	130	236
snijmaïs	175	50	125	227
grasland	400			
grasland	360*	–	360	

* Maximale K₂O gift, kg K₂O/ha per jaar.

TABEL II – Toedeling van organische mest aan de verschillende vormen van landbouwkundig landgebruik binnen de gemeente Vierlingsbeek, in kg N/ha per jaar, situatie 1984.

Landgebruik	Totaal	Rundvee drijfmest	Kalver- en meststieren drijfmest	Varkensdrijfmest	Kippenmest
grasland		288*	–	–	–
rogge, gerst, haver	155	67	12	76	–
aardappelen	327	67	12	248	–
bieten	218	67	12	139	–
tarwe	236	67	12	157	–
tuinbouw	100	–	–	–	100
snijmaïs	227	67	12	331**	148**

* op basis van 360 kg K₂O/ha per jaar

** overschot.

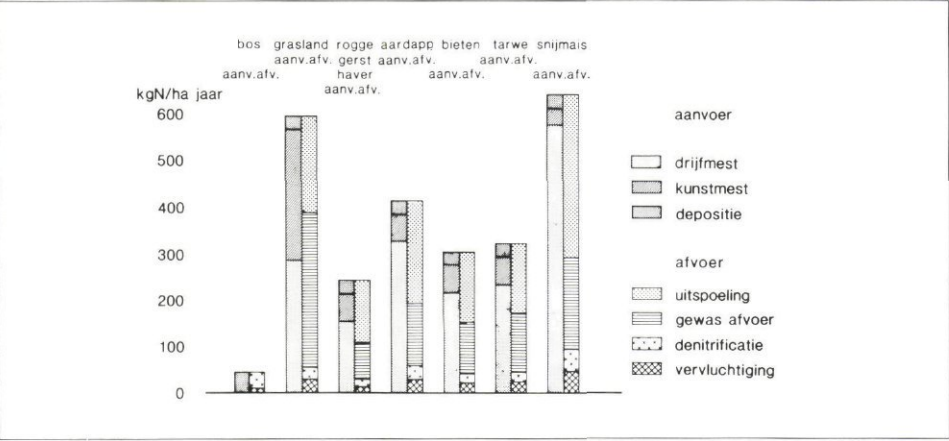
vindt plaats door middel van atmosferische depositie, kunstmest en dierlijke mest. Afvoer van stikstof gebeurt door ammoniakvervluchtiging, denitrificatie, gewasafvoer en uitspoeling. Waarden voor aanvoer door atmosferische depositie en kunstmest en afvoer door ammoniakvervluchtiging, denitrificatie en gewasopname zijn ontleend aan gepubliceerde gegevens. Deze zijn uitvoeriger beschreven in KIWA-Mededeling 99 [Van Beek, 1987]. Het resultaat van deze stikstofbalans is voor de onderscheiden teelten samengevat in afb. 4. Zolang geen evenwicht bestaat tussen de aanvoer van organische stof in de drijfmest en het humusgehalte in de bodem, zal een gedeelte van de toegevoegde stikstof als humus worden vastgelegd. Zodra evenwicht

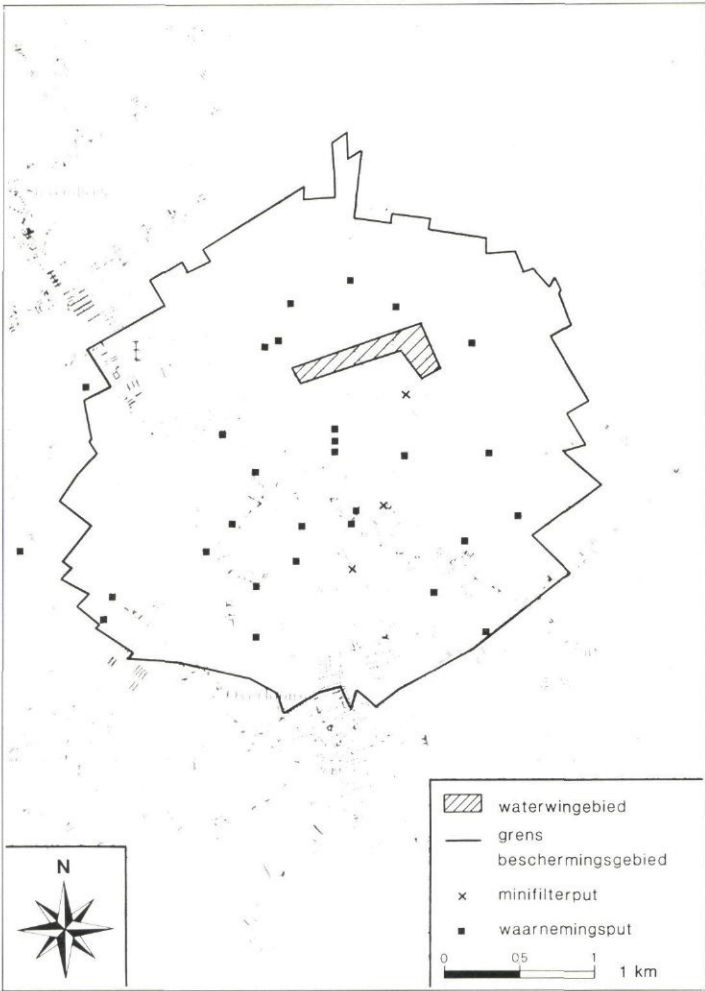
is ontstaan, zal het verschil in de stikstofbalans wel volledig uitspoelen. Met betrekking tot grasland is ook nog een andere benadering mogelijk: aanvoer van stikstof vindt plaats in de vorm van kunstmest en van krachtvoer, afvoer vindt plaats als melk en vlees. Het restant zal vervluchtigen, denitrificeren of uitspoelen naar het grondwater [Van der Meer, 1985]. Uit de toedeling van drijfmest op basis van stikstof aan de onderscheiden teelten is het ook mogelijk een balans voor andere parameters op te stellen. Dit is uitgevoerd voor kalium, chloride en sulfaat.

2.2. *Meting met behulp van een meetnet*
Met behulp van een meetnet is het mogelijk de ondiepe grondwaterkwaliteit te meten. Dit meetnet bestaat uit waarnemingsputten waarmee de bovenste 1 à 2 meter van het grondwater kan worden bemonsterd. Iedere waarnemingsput staat voor een type landgebruik stroomopwaarts van de desbetreffende put. De onderscheiden vormen van landgebruik zijn bos, grasland, maïs- en overig bouwland. Landgebruik is met betrekking tot de overige vormen van landgebruik is dit niet het geval; ieder jaar kan op een perceel een ander gewas geteeld worden. Op afb. 5 is de locatie van de waarnemingsputten aangegeven. De achtergronden van het meetnet zijn uitgebreid door Groennou [1987] beschreven.

In tabel III zijn de resultaten van de metingen van de ondiepe grondwaterkwaliteit binnen

Afb. 4 - Aan- en afvoer van stikstof voor de onderscheiden teelten, in kg N/ha per jaar, in 1984 binnen de gemeente Vierlingsbeek.





Afb. 5 - Ligging van de ondiepe waarnemingsputten en minifilterputten rond het puttenveld Vierlingsbeek.

het beschermingsgebied en van de berekeningen binnen de gemeente samengevat. Aangezien het enige tijd duurt voordat de belasting aan het maaiveld het grondwater heeft bereikt en vervolgens tot halverwege het putfilter is voortgeschreden, worden de gemeten waarden van 1986 vergeleken met de berekende waarden van 1984. Rekening houdend met de reeds genoemde onzekerheden en met de ongetwijfeld aanwezige verschillen tussen de individuele boeren komen de gemeten en berekende waarden qua orde van grootte goed met elkaar overeen. De op gemeenteniveau berekende concentraties zijn rechtstreeks alleen bruikbaar indien het landgebruik binnen het beschermingsgebied en binnen de gemeente

vergelijkbaar is. Dit is niet altijd het geval, zoals in Archemerberg [Boukes, 1987]. Het onttrokken grondwater bestaat uit water dat gedurende een reeks van jaren is geïnfilterd. Voor de voorspelling van de kwaliteit van het te onttrekken grondwater is daarom ook informatie over de chemische samenstelling van het ondiepe grondwater uit het verleden nodig. In de meeste gevallen zal deze informatie niet beschikbaar zijn en zeker niet per type landgebruik. De ondiepe grondwaterkwaliteit is wel uit het landgebruik destijds te berekenen. De berekende trend in de ondiepe grondwaterkwaliteit kan dan samen met de huidige gemeten kwaliteit als basis voor de voorspelling van de te onttrekken kwaliteit dienen.

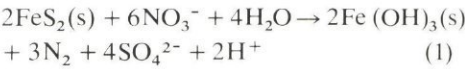
TABEL III – Vergelijking van de in 1986 gemeten concentraties van de aangegeven parameters met de concentraties berekend aan de hand van het landgebruik in 1984.

Landgebruik	NO ₃ ⁻		K ⁺		Cl ⁻		SO ₄ ²⁻	
	gem.*	ber.**	gem.	ber.	gem.	ber.	gem.	ber.
bos	44,3	49	2,6	1	8,2	10	37,9	44
grasland	159	258	16,9	40	24,5	74	63,5	47
bouwland	197	236	39,3	42	31,0	38	119	55
maïs	312	443	59,0	116	50,5	62	130	82

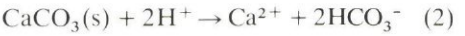
* gem.: gemeten (mg/l)
** ber.: berekend (mg/l)

3. Chemische processen

Tijdens de stroming van het grondwater van de grondwaterspiegel naar de winput kunnen allerlei chemische processen optreden. Informatie over deze processen kan worden verkregen met behulp van minifilterputten. Uit afb. 6 blijkt dat het verdwijnen van nitraat in de diepte samenvalt met een piek in de sulfaatconcentratie. Dit verschijnsel kan worden toegeschreven aan reductie van nitraat tot stikstof onder invloed van pyriet, waarbij sulfaat wordt gevormd:



Indien kalk aanwezig is kan het in reactie (1) geproduceerde zuur worden geneutraliseerd:



Analyse van grondmonsters heeft aangetoond dat dieper dan circa 20 m-mv, waar geen nitraat meer aanwezig is, grote hoeveelheden pyriet aanwezig zijn. Tussen grondwaterspiegel en nitraatfront is geen pyriet aangetoond, maar er zijn aanwijzingen dat het aanwezig moet zijn, zij het in concentraties rond de onderste analysegrens. Het optreden van denitrificatie onder invloed van pyriet is niet beperkt tot de winning Vierlingsbeek, ook rond de winning Archemerberg is dit verschijnsel waargenomen.

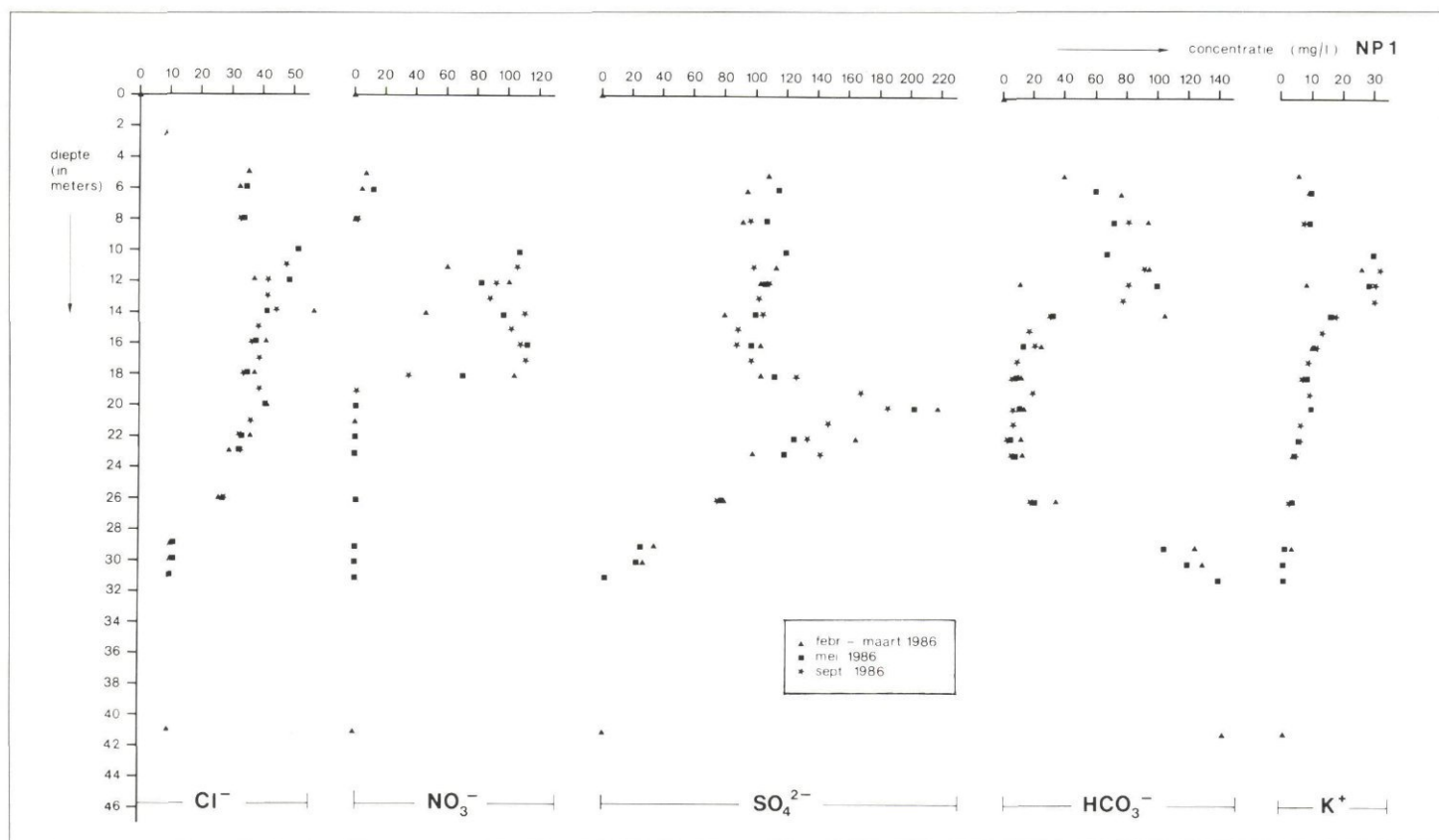
Uit afb. 6 en uit reacties (1) en (2) blijkt dat de dierlijke mest niet altijd resulteert in een nitraatprobleem maar afhankelijk van de omstandigheden in problemen met sulfaat, hardheid etc.

Daarnaast kunnen nog problemen met kalium ontstaan. Uit het verloop in chemische samenstelling met de diepte en de leeftijdsverdeling van het grondwater kan de ouderdom van de nitraatbelasting worden afgeleid. Hieruit blijkt dat deze vorm van grondwaterverontreiniging 10 à 20 jaar geleden is ingezet en dat we momenteel in het onttrokken grondwater slechts het topje van de ijsberg waarnemen.

4. Conclusies en aanbevelingen

4.1. Conclusies

- Met behulp van landbouwcijfers is het mogelijk per gemeente de chemische samenstelling van het ondiepe grondwater te berekenen, zowel voor de huidige situatie als voor het verleden.
- De chemische samenstelling van het ondiepe grondwater wordt in belangrijke mate bepaald door het landgebruik.
- Met betrekking tot het concentratieniveau geldt ten opzichte van het landgebruik over het algemeen de volgende indeling:
bos << grasland < bouwland << maïs



Afb. 6 - Verloop van de chemische samenstelling van het grondwater met de diepte in minifilterput NP 1 te Vierlingsbeek

- Minifilterputten geven een goed inzicht in de chemische en hydrologische situatie.
- Analyses van grondmonsters kunnen dienen ter bevestiging van het optreden van chemische processen.

4.2. Aanbevelingen voor verder onderzoek

- Tot nu toe heeft het onderzoek betrekking op winningen die (gedeeltelijk) aëroob grondwater onttrekken. Het onderzoek dient met anaërobe winningen te worden uitgebreid.
- Bij de berekening van de ondiepe grondwaterkwaliteit is uitgegaan van gepubliceerde waarden. Voor een juiste interpretatie dient de variatie in deze waarden bekend te zijn.
- De concentraties in het ondiepe grondwater bleken onder grasland hoger dan werd verwacht. Het is niet bekend in hoeverre de situatie in Vierlingsbeek hiervoor representatief is.
- Het optreden van chemische processen is niet beperkt tot denitrificatie. Informatie over het optreden van volg- en nevenreacties is noodzakelijk.

4.3. Aanbevelingen voor de waterleiding-bedrijven

- Inventarisatie van het landgebruik rond de winning, niet alleen met betrekking tot het gebruik van meststoffen maar ook van bestrijdingsmiddelen.

- Meting van de ondiepe grondwaterkwaliteit in relatie tot het landgebruik.
- Installatie van minifilterputten op strategische plaatsen, om zo informatie over de hydrologische en chemische situatie rond het puttenveld te verkrijgen.
- Analyse van de daarbij verkregen grondmonsters op reactieve chemische componenten, zoals organisch materiaal, kalk en ijzersulfiden.
- Uitwisseling van positieve en negatieve ervaringen met uitgevoerd onderzoek is van belang om snel en efficiënt tot bruikbare onderzoekresultaten te komen.

Verantwoording

Het hier beschreven onderzoek maakt deel uit van het in het kader van het VEWIN-Speurwerkprogramma aan het KIWA opgedragen onderzoek. Het onderzoek vormt een onderdeel van het project Onderzoek Bescherming Waterwingebieden dat samen met de betrokken waterleiding-bedrijven en Waterleidinglaboratorium Zuid op de winningen Vierlingsbeek (WOB), Archemerberg (WMO) en Noordbargeres (WMD) wordt uitgevoerd.

Deze publikatie is een samenvatting van de voordracht die op 7 en op 8 oktober 1987 op het KIWA-VWN Colloquium 'Waar moeten wij onze winningen tegen beschermen, en hoe?' werd gehouden. Dit colloquium werd

mede georganiseerd ter gelegenheid van het verschijnen van KIWA mededeling 99 'Landbouw en drinkwatervoorziening'.

Geraadpleegde literatuur

- Beek, C. G. E. M. van, ed. (1987). *Landbouw en drinkwatervoorziening*. KIWA-Mededeling 99.
- Beek, C. G. E. M. van, Janssen, H. M. J. en Puijker, L. M. (in druk). *Bestrijdingsmiddelen in grondwater*. H₂O.
- Beek, C. G. E. M. van, Kooij, D. van der, Noordam, P. C. en Schippers, J. C. (1984). *Nitraat en drinkwatervoorziening*. KIWA-Mededeling 84, 144 p.
- Boukes, H. *Voorspellingen van de kwaliteit van het te onttrekken grondwater*. H₂O, dit nummer.
- Boukes, H. (1987). *Een methode voor de bepaling van de nitraatconcentratie in het opgepompte grondwater bij diverse bemestingscenario's*. H₂O (20) nr. 14, 326-329.
- Groennou, J. H. (1987). *Meetinrichting*. H4 in C. G. E. M. van Beek (ed.): *Landbouw en drinkwatervoorziening*. KIWA-Mededeling 99.
- Meer, H. G. van der (1985). *Benutting van stikstof op weidebedrijven*. Landbouwkundig Tijdschrift 97 (8) 25-38.
- Neeteson, J. J. (1985). *Koolstof- en stikstofhuishouding*. PAO cursus 'Waterkwaliteit landelijk gebied, aspecten van kwaliteitsbeheer'. Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Rinsema, W. T. (1979). *Bemesting en meststoffen*. Educaboek, Culemborg, 12e druk, 202 p.

• • •