

Diepe grondwaterwinningen en natte natuurgebieden: kansen en bedreigingen

Inleiding

In de Centrale Slenk in Noord-Brabant (afb. 1) wordt het zwaartepunt van grote grondwaterwinningen steeds meer verlegd naar de diepe watervoerende pakketten. Deze verschuiving heeft consequenties voor het hydrologisch onderzoek naar de effecten van de winningen; ook dat is 'verdiept'.



M. A. GISCHLER
IWACO



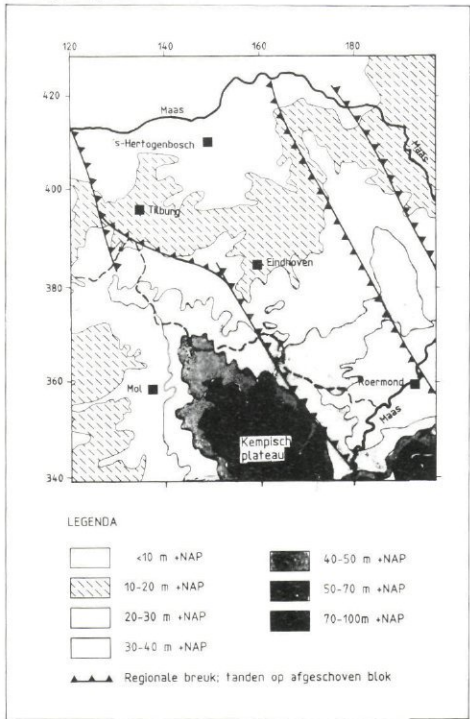
F. H. KLOOSTERMAN
TNO Delft



W. MAK
IWACO

Tot enkele jaren geleden ging het vooral om het voorspellen van de verlagingen van de grondwaterspiegel, nu krijgen de verandering van stromingsstelsels in de ondergrond en veranderingen van waterkwaliteit meer en meer de aandacht. In de Centrale Slenk worden de diepe

Afb. 1 - Vereenvoudigde reliëfkaart Centrale Slenk en omgeving.



Samenvatting

IWACO heeft een methode ontwikkeld om beter de mogelijke effecten te voorspellen die diepe grondwaterwinningen teweegbrengen op grondwater-gevoede ecosystemen in kwelgebieden. De methode kan een waardevol aanvullend instrument opleveren om beleidskeuzes te maken bij het grondwaterbeheer.

Diepe winningen onder afdekkende kleilagen leiden nauwelijks tot daling van de grondwaterstand. Maar ze kunnen grondwaterstromingspatronen dermate verstoren dat de waterkwaliteit in de ondergrond verandert. De veranderingen van grondwaterstroming zijn te kwantificeren en de kwaliteitsontwikkeling is te voorspellen, maar het vertalen van dit abiotische effect in biotische gevolgen blijft een probleem. De processen die hierbij spelen zijn nog niet allemaal bekend. Met de aangegeven methode kunnen de potentiële bedreigingen worden geschat. Allereerst wordt getracht inzicht te krijgen in de oorspronkelijke stromingsstelsels (zonder winningen) aan de hand van een hydrologische systeemanalyse, ruimtelijke verdeling van waterkwaliteit in de ondergrond, vegetatiepatronen van voor 1950 en een numeriek model. Daarna worden de hydrologische veranderingen die de huidige winningen hebben veroorzaakt, gekwantificeerd met het model en vergeleken met veranderingen in vegetatie en grondwaterkwaliteit. Tot slot worden toekomstige onttrekkingssituaties hydrologisch gekwantificeerd in termen van omvang van kwelgebieden en -vensters, herkomst van stroombanen en fluxen. Op basis van de stromingsveranderingen en inzichten in historische en recente waterkwaliteitsverdeling zijn voorspellingen te doen van de grondwaterkwaliteits- en vegetatieontwikkeling in kwelgebieden.

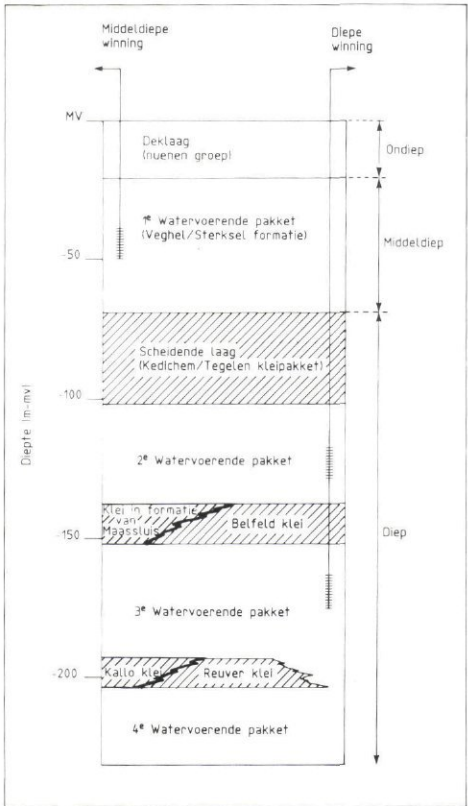
watervoerende pakketten afgedekt door regionaal verbreide slecht-doorlatende kleilagen. Het kleipakket van de Formaties Kedichem en Tegelen is in de Centrale Slenk de belangrijkste scheidende laag (zie afb. 2). Dit kleipakket beschermt het diepe grondwater tegen verontreinigingen vanaf maaiveld en bovendien dempt dit pakket de daling van de grondwaterspiegel. Een diepe winning heeft echter het nadeel dat diepe kwelstromen worden verstoord waardoor de waterkwaliteitsverdeling kan veranderen. Dit kan net als daling van de grondwaterspiegel nadelige gevolgen hebben voor de natuur.

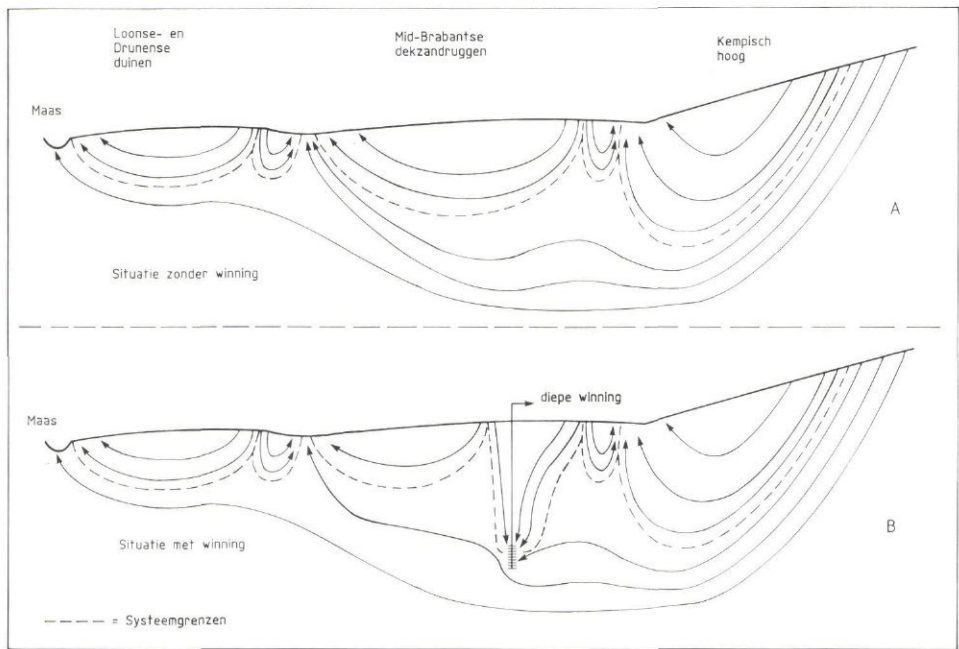
Diepe kwelstromen maken deel uit van een regionaal stromingssysteem. Een dergelijk hydrologisch systeem verbindt een hoog gelegen infiltratiegebied via diepe stromingstakken met een ver weg en laag gelegen kwelgebied. Voor de Centrale Slenk in Noord-Brabant zijn de Belgische Kempen en delen van de Peelhorst de belangrijkste infiltratiegebieden voor regionale systemen (zie afb. 1). Het rivierengebied en de dalen van de hoofdbeken in Noord-Brabant vormen de bijbehorende kwelgebieden. Het grondwater dat een diepe stromingstak volgt, heeft vaak looptijden van honderden tot duizenden jaren. Het is dan ook niet verontreinigd door menselijke activiteit en heeft een uiterst laag gehalte aan eutrofiërende stoffen als nitraat, fosfaat en sulfaat. Op plaatsen waar dit diepe, schone en voedselarme grondwater aan het maaiveld komt

(afb. 3a), liggen vaak grondwatergevoede ecosystemen met bijzondere floristische soortenrijkdom.

Een diepe grondwaterwinning kan tot gevolg hebben dat diepe kwel niet meer aan maaiveld komt maar wordt vervangen door kwelwater uit een minder diep

Afb. 2 - Geohydrologische schematisatie Centrale Slenk.



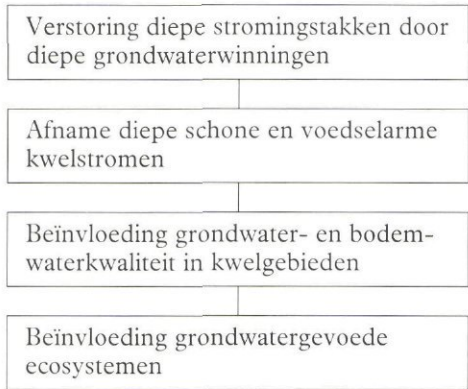


Afb. 3 - Regionaal, sub-regionale en lokale stromingssystemen;
a) zonder grondwaterwinning b) met diepe grondwaterwinning.

systeem (afb. 3b). Hierdoor kan de chemische samenstelling van het grondwater veranderen en dat kan gevolgen hebben voor de flora. Of dit ook werkelijk optreedt, hangt af van de lokale situatie; vooral een duidelijk verschil in waterkwaliteit tussen diepe en minder diepe kwel is hierbij een voorwaarde.

Een andere voorwaarde is dat de verandering van de grondwaterkwaliteit doorwerkt in de samenstelling van het bodemvocht.

In grote lijnen ziet deze effectketen er als volgt uit:



In praktijk zitten er nogal wat haken en ogen aan deze effectketen. De processen in de verschillende abiotische en biotische 'ketenschakels' zijn complex; vooral in de laatste biotische schakel. Daarom is het moeilijk om het effect van een diepe winning (eerste schakel: abiotisch) op een

eco-systeem (laatste schakel: biotisch) te voorspellen. Niettemin bestaat bij grondwaterbeheerders zoals de provincie een grote behoefte om tot een zekere mate van voorspelling te komen. Daarmee kunnen ze maatregelen onderbouwen om de verdroging en eutrofiëring terug te dringen en om herstel te bereiken van grondwatergevoede ecosystemen. Optimalisatie en eventuele verplaatsing van grondwaterwinningen zijn maatregelen die worden aangekondigd in de provinciale waterhuishoudingsplannen. De provincie eist tegenwoordig dan ook een uitgebreider hydrologisch effectenonderzoek bij een vergunningsaanvraag voor een grote grondwaterwinning. Het gaat niet meer alleen om verlagingen van de grondwaterspiegel maar ook om grondwaterkwaliteitsveranderingen en de mogelijke invloed daarvan op de natuur. Ook wordt het onderzoeksgebied groter. Ging het vroeger grofweg om het gebied met freatische verlagingen van meer dan 5 cm, nu is dat niet meer voldoende omdat de invloed van een winning op de grondwaterkwaliteit vaak verder reikt. Een praktisch probleem blijft echter het vaststellen en kwantificeren van die effecten. In dit artikel introduceert IWACO een methodiek; daarmee kan beter worden ingeschat in welke mate diepe grondwaterwinningen een potentiële bedreiging vormen voor grondwatergevoede ecosystemen. De methode kan ook worden gebruikt om lokaties te vinden waar diepe grondwaterwinning geen nadelige effecten met zich meebrengt.

Benaderingswijze

Bij grondwatergevoede ecosystemen op het land geldt een zekere relatie tussen de kwaliteit van het grondwater en die van het bodemvocht. Ook geldt er een relatie tussen de kwaliteit van het bodemvocht en de samenstelling van de vegetatie. Indirect kan een verandering van de grondwaterkwaliteit leiden tot een verandering van de soortenrijkdom van de vegetatie. Dat is inmiddels wel gebleken uit vele eco-hydrologische studies in grondwatergevoede natuurgebieden in Nederland [onder andere KIWA, 1989; Zadelhof & Cools, 1989]. De oorzaken van de grondwaterkwaliteitsverandering liggen vaak buiten het natuurgebied zelf. Eén van die oorzaken kan een diepe grondwaterwinning zijn, maar hoe de biotische en abiotische mechanismen nu precies werken, is nog onduidelijk. Problemen zijn de vertaling van:

- verstoring van stromingsstelsels naar verandering van grondwaterkwaliteit;
- verandering van grondwaterkwaliteit naar effecten op bodemwater-samenstelling;
- verandering van bodemwater-samenstelling naar uiteindelijke vegetatie-ontwikkeling.

Een reeks van processen zoals verdringing, na-ijling, bodemprocessen enzovoort kunnen hierbij een belangrijke vertragende rol spelen.

Er zijn twee invalshoeken om een instrument te ontwikkelen om bovengenoemde effecten te voorspellen: een biotische en abiotische. De biotische invalshoek vergt langdurig en gedetailleerd veldonderzoek naar de lokale relatie grondwaterkwaliteit-bodemvocht-kwaliteit-vegetatie. Dit is vaak niet haalbaar binnen de procedures van vergunningverlening of formulering van beleid door de tijdsduur of de kosten. Daarom heeft IWACO een methode ontwikkeld vanuit de abiotische invalshoek. Deze methode levert in relatief korte tijd (enkele maanden) een voorspelling op van de verandering in de kwaliteit van opkwellend grondwater en van de potentiële bedreiging van grondwatergevoede ecosystemen die daar het gevolg van is.

Eerst wordt vastgesteld welke regionale veranderingen in grondwaterstromingsstelsels een winning veroorzaakt. Op grond daarvan wordt een uitspraak gedaan over de veranderingen in de grondwaterkwaliteit rondom grondwatergevoede natuurgebieden. De volgende stap is: vaststellen of die veranderingen in grondwaterkwaliteit bedreigend kunnen zijn voor de vegetatie-ontwikkeling.

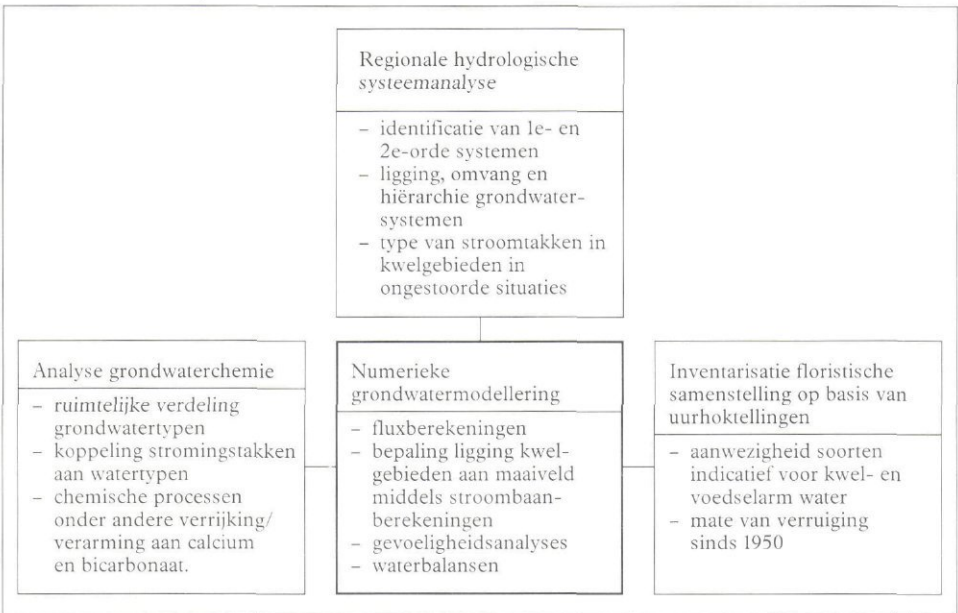
Met nadruk wordt hier gesteld dat het gaat om potentiële bedreigingen. Om uiteindelijk de stap te maken naar reële bedreigingen moet het eco-hydrologische onderzoek worden aangevuld met een biotisch deel: een gedetailleerd vegetatie-onderzoek in de bewuste natuurgebieden. Dat kan uitsluitel geven in welke mate het nu de voorspelde verandering van de kwaliteit van het opkwellende grondwater is die zal leiden tot een achteruitgang van de flora. Want ook factoren als atmosferische depositie of oppervlaktewater-verontreiniging kunnen hierbij de doorslag geven.

Methodiek

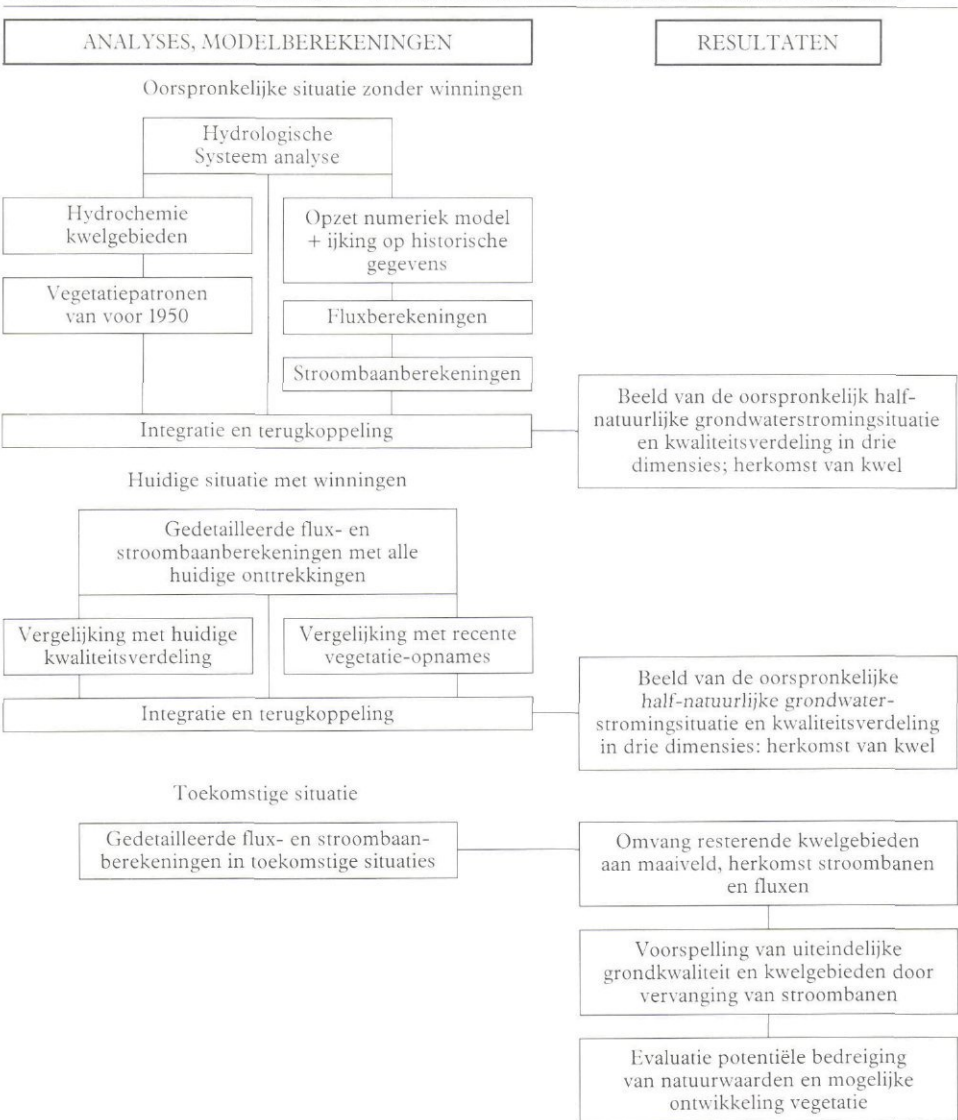
Het hoofdelement van de methode is een numeriek grondwaterstromingsmodel. Drie andere essentiële elementen zijn een hydrologische systeemanalyse, een analyse van de hydrochemie en een analyse van de vegetatie in kwelgebieden. Tabel I geeft dit schematisch weer. Deze elementen komen aan de orde in drie onderzoeksstappen die hieronder worden toegelicht: de oorspronkelijke situatie zonder grondwaterwinningen, de huidige winningssituatie en de toekomstige (zie ook tabel II).

1. *Oorspronkelijke situatie zonder winningen*
In deze eerste stap wordt het instrument gebouwd waarmee later wordt gerekend en waarmee de effecten worden voorspeld van een grondwaterwinning of andere ingreep. Onderdeel van deze stap is ook te verifiëren of het instrument goed werkt. De systeemanalyse, de hydrochemische analyse, de modelberekeningen en de vegetatie-analyse worden met elkaar vergeleken en eventueel bijgesteld als de resultaten niet met elkaar overeenstemmen. Eerst wordt een hydrologische systeem-analyse uitgevoerd. Met behulp van kwalitatieve gegevens van geomorfologie, topografie en bodem worden oorspronkelijke kwelgebieden geïdentificeerd. Zo worden de regionale natuurlijke grondwatersystemen afgebakend en daarmee ook de diepe stromingstakken. De kwelgebieden waar diepe stromingstakken aan het maaiveld komen, worden gedetailleerd in het model gebracht. IWACO beschikt over een regionaal model van de Centrale Slenk in Noord-Brabant. Een deelgebied waar invloed wordt verwacht van een winning, wordt opgenomen in een gedetailleerder sub-regionaal window-model. Dit window-model wordt geijkt en daarna wordt de oorspronkelijk grondwaterstromings-toestand berekend. De aandacht gaat

TABEL I – Koppeling tussen de verschillende onderzoekselementen.
Centraal element en hulpelementen in het onderzoek



TABEL II – Onderzoeksstappen, integratie en terugkoppeling tussen de onderzoekselementen en de resultaten.

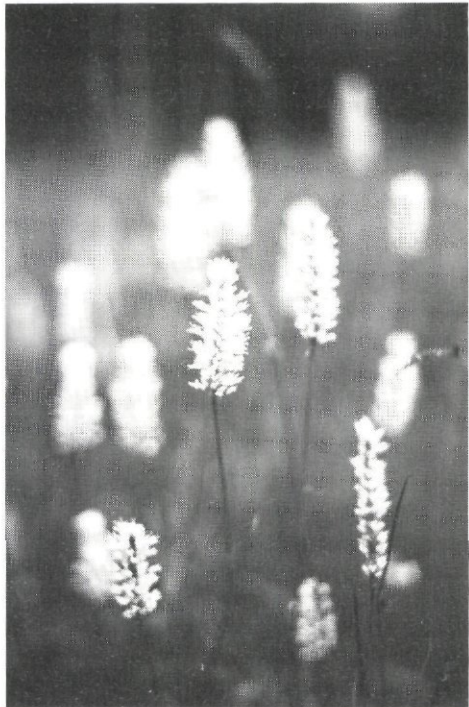


vooral uit naar die gebieden waar het model een opwaartse stroming berekent door het kleipakket Kedichem/ Tegelen die uiteindelijk aan maaiveld komt. De resultaten worden vergeleken en teruggekoppeld met die van de systeem-analyse.

De analyse van de grondwaterchemie is erop gericht vast te stellen hoe verschillende grondwatertypen ruimtelijk zijn verdeeld en welke chemische processen verantwoordelijk zijn voor de verschillen in watersamenstelling. Hierbij wordt de Stuyfzand-classificatie gebruikt [zie H₂O 1989, nr. 5 en 6] en worden verzadigings-indices en CO₂-spanningen berekend. Het is van wezenlijk belang dat er chemisch verschillende watertypen voorkomen. Alleen als ondiepe kwel duidelijk verschilt van diepe, zal de grondwater-kwaliteit in kwelgebieden veranderen als de diepe kwelcomponent wordt afgevangen. In grote delen van de Centrale Slenk is dit inderdaad het geval.

De kwaliteit van het ondiepe anthro-pogeen beïnvloede grondwater in de bovenste pakketten varieert sterk en wijkt qua samenstelling duidelijk af van middeldiep en diep grondwater. Processen van kalkverrijking van het diepere grondwater in de Centrale Slenk zullen in een toekomstig H₂O artikel worden behandeld (IWACO in prep.). In tabel III zijn de belangrijkste verschillen samengevat.

De grondwatertypologie wordt gekoppeld aan de stromingstakken uit de systeem-analyse en vergeleken met de model-berekeningen. Als er discrepanties zijn dan is het mogelijk dat, of het model moet worden bijgesteld, of de systeemanalyse een verfijning behoeft, of watertypen in de ondergrond een relictsituatie vertegenwoordigen en dat effecten na-ijlen. In de kwelgebieden die uit de systeem-analyse en de modelberekeningen naar voren zijn gekomen, wordt de oorspronkelijke floristische samenstelling afgeleid uit zogenoemde uurhoktellingen (veldwaarnemingen van vegetaties) uit circa 1950. Het gaat vooral om soorten en samenstellingen die voedselarm kwel-



Afb. 4 - Freatofyten die in de Brabantse beekdalen zijn aan te treffen: a) Moesdistel; b) Adderwortel.

water indiceren (zie foto 4a en 4b en ook [Zadelhoff en Cools, 1989]). De verspreiding van deze soorten wordt vergeleken met de gebieden waar volgens het model, de systeemanalyse en de hydrochemische gegevens diepe kwel optreedt. De integratie en onderlinge terugkoppeling tussen de vier elementen blijkt in de praktijk een sterk punt, waardoor onrealistische modelberekeningen vermeden kunnen worden. Bovendien wordt zo een regionaal inzicht verkregen in de stromingsstelsels.

II. Huidige winningssituatie

Essentiële onderdelen van deze stap zijn: vaststellen waar en hoeveel diep grondwater nu nog opwaarts stroomt door het kleipakket Kedichem/Tegelen, bepalen waar diep kwelwater aan maaiveld is vervangen door ondiep kwelwater en nagaan wat dit betekent voor de waterkwaliteitsontwikkeling. Tot slot worden de waterkwaliteits- en

-kwantiteitsveranderingen vergeleken met de veranderingen in de flora tussen circa 1950 en de jaren 1980 in de (oorspronkelijke) kwelgebieden. Hieruit blijkt of de gebieden waar de diepe kwel volgens het model is afgenomen, zijn verruimd sinds de jaren vijftig. Als dit inderdaad het geval is, dan kan dit in de volgende stap worden gebruikt als indicatie van de veranderingen die in de toekomst kunnen optreden bij verdere afname van de diepe kwel. Als de noodzakelijke aanpassingen en verificaties zijn verricht, dan is het instrument geschikt om effecten te voorspellen van een voorgenomen ingreep.

III Toekomstige winningssituatie

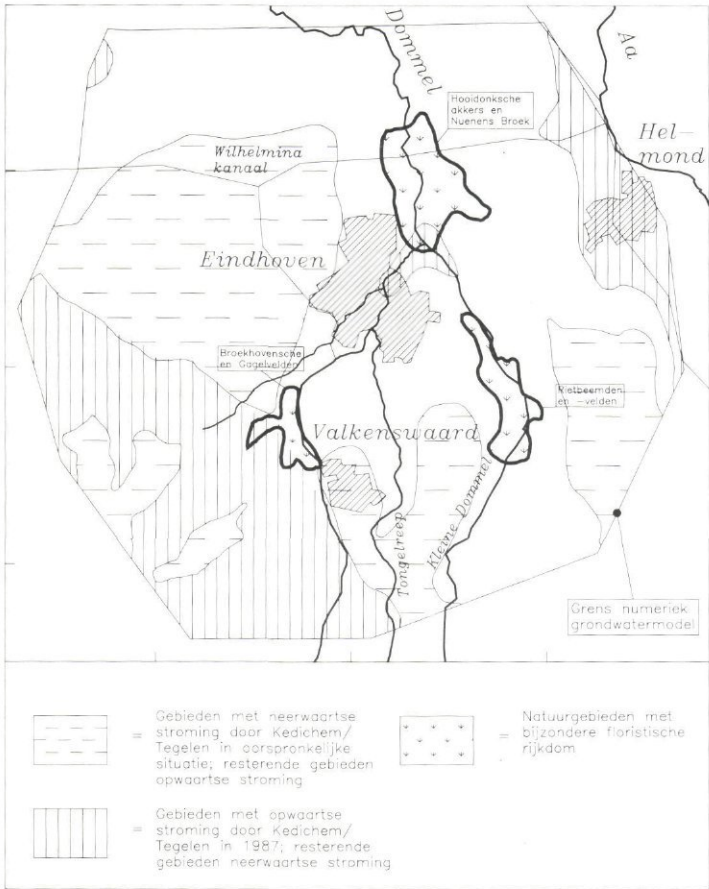
Het gaat er uiteindelijk om te voorspellen in welke mate de toekomstige winnings-situatie een bedreiging kan vormen voor de natuurwaarden in kwelgebieden en hoe de vegetatie zich kan ontwikkelen. Hiervoor wordt eerst voorspeld: – waar nog kwelgebieden aan maaiveld zullen bestaan, hoe groot de kwel-intensiteit daar is en wat de herkomst is van die kwel (diep, middeldiep of ondiep); – in hoeverre de grondwaterkwaliteit zal veranderen in kwelgebieden door de vervanging van stroombanen.

Case studies

IWACO heeft de methode het afgelopen jaar toegepast bij drie diepe winnings-onderzoeken in de Centrale Slenk. Eén van die onderzoeken is uitgevoerd in

TABEL III – Overzicht belangrijkste kwaliteitsverschillen van kwelwater in de Centrale Slenk.

Soort kwel	Gemiddelde verblijftijd in jaren	Zuurgraad pH	Verzadiging voor CaCO ₃	Hardheid (Stuyfzand)	Alkaliteit (Stuyfzand)	Hoge concentraties	Lage concentraties
ondiep (< 30 m)	1-50	3-7	irrelevant	F*-F3	F*-F3	Cl, SO ₄ , NO ₃ , PO ₄ , Al, Zn	
middeldiep (30-100 m)	50-500	6,5-7,5	licht onder-verzadigd	F0-F1 lokaal F2	F0-F2 lokaal F3		NO ₃
diep (> 100 m)	500-30.000	> 7	(over)-verzadigd	F1 lokaal F2	F2 lokaal F3	(Ca), HCO ₃	Cl, SO ₄ , NO ₃



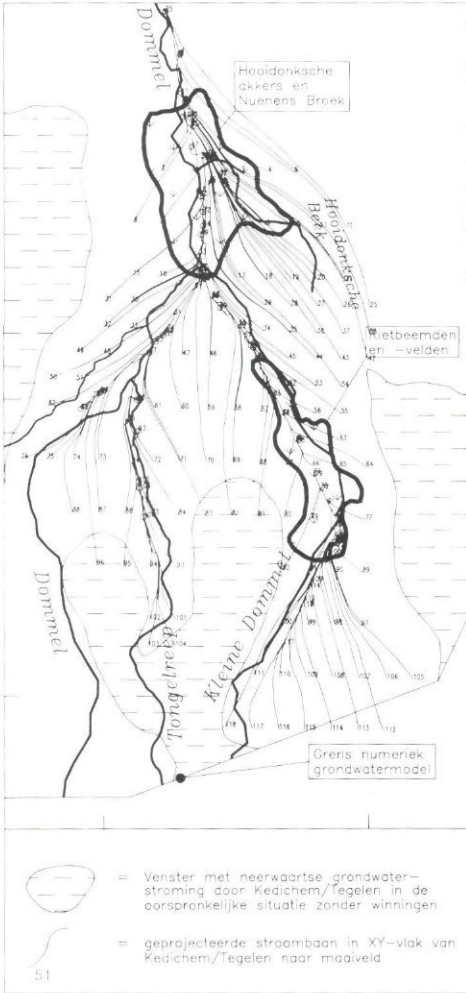
Afb. 5 - Berekening neerwaartse en opwaartse stroming door scheidende laag Kedichem/Tegelen: oorspronkelijke situatie versus situatie 1987.

hogere HCO_3 in het diepere grondwater. De relatief geringe achteruitgang in vegetatierijkdom in de 'Hooïdonksche Akkers' zou een aanwijzing kunnen vormen voor de minder geprononceerde verschillen tussen diep en middeldiep grondwater in dit gebied. Op basis van de huidige samenstellingen van vegetatiesoorten kan per natuurgebied globaal worden aangegeven welke soorten gevoelig zullen zijn voor lichte verhogingen in het Cl - en SO_4 -gehalte en een afname in HCO_3 .

Discussie

De methode die is beschreven in dit artikel biedt de mogelijkheid verschillende winningsalternatieven te evalueren op mogelijke nadelige hydrologische effecten en een alternatief te selecteren met een minimum aan negatieve effecten op kwelsituaties in grondwatergevoede ecosystemen. Zoals in het onderdeel 'benaderingswijze' is betoogd, heeft de methodiek geenszins de pretentie een volledig beeld te geven

Afb. 6 - Stroombaanberekeningen diepe kweel in Dommeldal: oorspronkelijke situatie (zonder winningen).



samenwerking met het Nutsbedrijf Regio Eindhoven (NRE). Dit onderzoek wordt hier beknopt toegelicht aan de hand van een aantal afb. en berekeningsresultaten. Omwille van het principe zal de oorspronkelijke situatie zonder winningen worden vergeleken met de situatie in 1987 met winningen. Afb. 5 geeft gebieden weer in de omgeving van Eindhoven waar het model berekent dat grondwater oorspronkelijk opwaarts stroomde door de scheidende laag Kedichem/Tegelen. Het betreft gebieden ten noorden van het Wilhelminakanaal en ruwweg tussen Eindhoven, Valkenswaard en Helmond. Verder zijn lokaties aangegeven met nog waardevolle kwelafhankelijke landnatuur. Afb. 5 laat ook zien dat de opwaartse flux van diep grondwater door de laag Kedichem/Tegelen in de periode tot 1987 sterk is afgenomen; er is nog maar een klein deel van over ten noordoosten van Eindhoven. De reductie van de opwaartse flux onder de Dommel springt hierbij in het oog. In het natuurgebied de 'Hooïdonksche Akkers' ten noordoosten van Eindhoven werden vóór 1950 bij uurhoktellingen nog meer dan 10 soorten kwelindicerende landplanten aangetroffen en na 1970 nog meer dan 8 soorten. De uurhokken buiten dit natuurgebied geven voor de opnamen

na 1970 een sterke afname te zien tot minder dan 4 soorten. Met het model zijn stroombanen van diepe kweel berekend vanaf de scheidende laag Kedichem/Tegelen tot aan het maaiveld. De afb. 6 (oorspronkelijke situatie) en 7 (situatie 1987) laten de berekende lokaties zien waar de diepe stroombanen langs de Dommel aan het maaiveld komen. In het natuurgebied de 'Rietbeemden en -velden' (zie afb. 6) komen de stroombanen geconcentreerd langs de Dommel aan maaiveld door het V-vormige rivierdal. Bij de 'Hooïdonksche Akkers', gelegen in een vlak rivierdal met overstromingsvlakte, blijken de stroombanen ook buiten de Dommel aan maaiveld te komen, namelijk langs en iets ten noorden van de Hooïdonksche Beek. Dit beeld stemt overeen met de vegetatie-opnamen van vóór 1950. In de situatie van 1987 blijken de nog overgebleven opwaartsgerichte stroombanen ten noordoosten van Eindhoven uitsluitend langs de Dommel aan maaiveld te komen. In dit gedeelte van de Centrale Slenk rondom Eindhoven zijn de chemische samenstellingen tussen middeldiep en diep grondwater niet al te contrasterend. De $\text{Ca} + \text{Mg}$ -hardheden zijn voor beide typen grondwater ongeveer gelijk (matig hard). De belangrijkste verschillen zijn gelegen in lagere SO_4 - en Cl -gehalten en

van de te verwachten ecohydrologische effecten van diepe winningen aan het maaiveld. De methode levert wel een beeld op van de potentiële bedreiging van grondwatergevoede ecosystemen in kwelgebieden. Op basis van die potentiële bedreigingen kan de grondwaterbeheerder beleidsbeslissingen nemen. De grondwaterbeheerder kan echter ook besluiten dat nader moet worden onderzocht of die potentiële bedreiging nu ook een reële bedreiging is. In dat geval worden de resultaten gebruikt als een kader op (sub)-regionale schaal voor verder veldonderzoek in natte natuurgebieden; het te onderzoeken gebied kan op deze manier sterk worden ingeperkt. Dit veldonderzoek moet uitsluitend geven of de kwelverandering van wezenlijke betekenis kan zijn voor de achteruitgang van de floristische soortenrijkdom in de bewuste natuurgebieden. De invloed van veranderende kwelwaterkwaliteit moet dan worden afgezet tegen die van bijvoorbeeld dikte van regenwaterlenzen, oppervlaktewaterverontreiniging en

verandering van kwelwaterkwaliteit. De betrouwbaarheid van de berekeningsresultaten met deze numerieke methode blijkt sterk af te hangen van de nauwkeurigheid van de modelinvoer, in het bijzonder de dikten van de verschillende modellagen en de mate van detail van het netwerk van waterlopen. Voorts zijn de stroombaanberekeningen gevoelig voor de wijze waarop regionale breuken en discontinuïteiten in scheidende lagen zijn gemodelleerd en voor de mate van detail in de kwelgebieden. Door de modelresultaten voortdurend te toetsen aan de resultaten van de andere onderzoekselementen treden onjuistheden in de modelopbouw eerder aan het licht. De zwakste schakel is tot nog toe de vertaling van een kwaliteitsverandering in het opkwellende grondwater naar een verandering in de vegetatie: wanneer bestaat er nu tussen beide een duidelijke relatie en wanneer niet? Die vertaling kan worden verbeterd door onderzoek op lokale schaal, bijvoorbeeld naar de invloed van regenwater in het bodemvocht. Gezien de toepassingsmogelijkheden van de methode is dergelijk onderzoek van groot belang.

Mogelijke toepassingen

De methodiek is in te zetten in het kader van het verdrogingsbeleid of het herstelbeleid voor beekdalsystemen en andere natte gebieden met grondwatergevoede ecosystemen. Zo is reallokatie van winningen te onderbouwen en zijn kansrijke gebieden aan te wijzen waar diepe kwel is te herstellen.

Een belangrijke voorwaarde voor de toepassing is dat de grondwaterchemie in de ondiepe pakketten duidelijk verschilt van die in de diepe pakketten en dat verschillende stromingstakken/kwelcomponenten samenkomen in de te onderzoeken kwelgebieden en de daarin gelegen natuurgebieden. Juist in het geval van regionaal verbreide scheidende lagen op grotere diepte is er een meer geprononceerde hydrochemische stratificatie te verwachten en neemt het spreidingseffect van diepe winningen toe. De hogere Pleistocene gronden in het zuiden en oosten van Nederland lijken wat dit betreft het eerst in aanmerking te komen.

Literatuur

1. Cools, J. M. A., (1989). *Atlas van de Noord-brabantse flora*. KNNV, Utrecht.
2. DGV/TNO en Vrije Universiteit van Amsterdam (1990). *De hydrologische systeemanalyse van Westelijk Noord-Brabant en omgeving*.
3. Everts, F. H., Grootjans, A. P. en Vries, N. P. J. de (1984). *Vegetatiekartering van de Drentse Aa*. Rapport Lab. voor Plantenecologie, Haren.
4. IWACO (1990). *Proefproject Oirschot; Toepassing*

- en toetsing van een methode voor het bepalen van de effecten van diepe grondwateronttrekkingen op de kwaliteit van kwelwater in natuurgebieden*. Opdrachtgever provincie Noord-Brabant.
5. IWACO (1990). *Effectenonderzoek wingebieden Aalsterweg en Welschap*. Opdrachtgever NV Nut-bedrijf Regio Eindhoven.
 6. IWACO (1990). *Hydrologische effecten van een grondwaterwinning van 4,25 miljoen m³/jaar door Fuji Photo Film BV*. Opdrachtgever Fuji Photo Film BV.
 7. Provincie Noord-Brabant (1990). *Ontwerp Waterhuishoudingsplan. Werken aan Water*.
 8. KIWA (1989). *Indicatorsoorten voor verdroging, verzuring en eutrofiëring van grondwater-afhankelijke beekdalvegetaties*. Rapportnr. SWE 89.029.
 9. Zadelhoff, F. J. van en Cools, J. M. A. (1989). *Landschapsoecologisch onderzoek grensoverschrijdend natuurgebied 'het Merkske'; Relatie vegetatie abiotische milieufactoren*. Deelrapport 6.

● ● ●

Werkgroep Stadsecologie en water

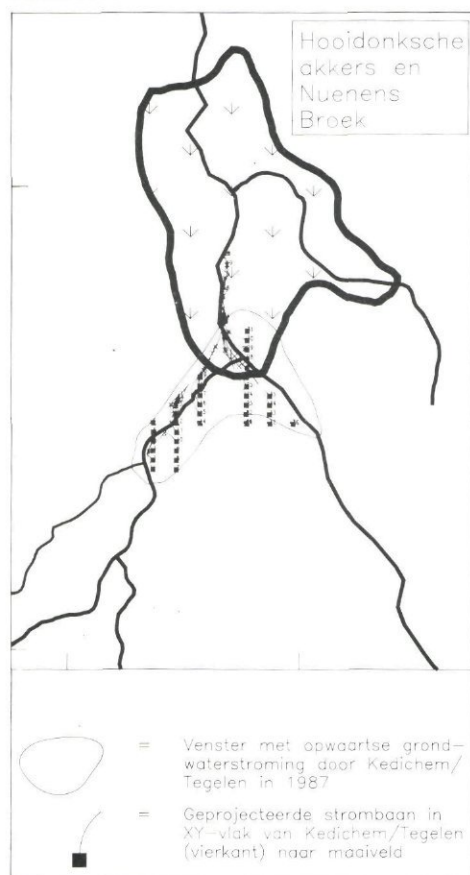
Een ecologische aanpak van stadsplanning biedt kansen om een duurzamer stadsmilieu te maken dan tot nu toe het geval is. De milieuproblemen in de dichtbevolkte steden vragen om nieuwe middelen om de woonkwaliteit te garanderen. Daarom staat de stadsecologie sinds kort sterk in de belangstelling. In 1989 is het Platform Stadsecologie opgericht. Het Platform wil een centrum zijn voor promotie van stadsecologische ideeën en projecten. Daarin probeert het Platform de samenwerking van ontwerpers en onderzoekers, technici en ecologen bij de ecologische ontwikkeling van de stad te bevorderen. In het voorjaar van 1991 is de werkgroep 'Stadsecologie en water' van start gegaan. Doel van de werkgroep is het opstellen van aanbevelingen om te komen tot integrale inrichting en beheer van watersystemen in stedelijke gebieden op een ecologisch verantwoorde wijze. Daarbij komt een grote diversiteit aan ecologische, stedenbouwkundige, technische en beleidsmatige thema's aan de orde.

Te denken valt aan onderwerpen variërend van ecologische normering van de waterkwaliteit, technische aspecten van het watersysteem tot en met de vraag hoe het stedelijk water in diverse beleidsplannen wordt behandeld.

De werkgroep vraagt belangstellenden die met haar een bijdrage willen leveren aan de ontwikkeling van ecologische watersystemen in het stedelijk gebied zich aan te melden bij het secretariaat van het platform.

Secretariaat Platform Stadsecologie
t.a.v. mw ir. J. Prins, Mauritskade 21,
2514 HD Den Haag, tel. 070-346 96 52.

Afb. 7 - Stroombaanberekeningen diepe kwel: situatie 1987.



atmosferische depositie. Het is niet onmogelijk dat laatstgenoemde bedreigingen veel ernstiger zijn dan