



Duurzame grondwaterwinning in Flevoland

MARTIN GRIFFIOEN, PROVINCIE FLEVOLAND

WOUTER BEEKMAN, ARTESIA*

JOS PETERS, DHV

Het zoete grondwater in oostelijk en zuidelijk Flevoland heeft een belangrijke functie voor de openbare drinkwatervoorziening in Flevoland, Gelderland en Utrecht. De voorraad is uniek in Nederland dankzij aard en omvang van beschermende kleilagen, vooral in zuidelijk Flevoland. Het water heeft een uitstekende kwaliteit en vormt een ideale bron voor drinkwater. De provincie wil om reden van duurzaamheid niet dat wordt ingeteerd op de voorraad, noch dat verzilting hiervan plaatsvindt. Om de duurzaam winbare hoeveelheid te kunnen vaststellen, heeft de provincie een onderzoek uitgevoerd. Daarbij is gebruik gemaakt van geavanceerde modellering van de stroming van zoet en zout grondwater. Uit het onderzoek blijkt dat de grondwaterstroming wordt gedomineerd door het reliëf, de toestroming vanaf de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug en door de bemaling van de Flevopolders. Niet de verandering van de zoetwatervoorraad, maar de verandering van kwel en stijghoogte blijken de beperkende factoren voor de winbare hoeveelheid.

In afbeelding 1 is weergegeven waar in Flevoland grondwater gewonnen wordt voor de openbare drinkwatervoorziening. Per locatie is aangegeven hoe groot de winvergunning is. In totaal is 38 miljoen kubieke meter per jaar vergund. Hiervan is negen miljoen kubieke meter bestemd voor de export naar het 'oude' land: de provincies Gelderland en Utrecht.

In haar beleid heeft de provincie tot op heden, op basis van indicatieve berekeningen, altijd een bandbreedte gegeven voor de duurzaam winbare hoeveelheid. In het vigerende Omgevingsplan⁴ heeft de provincie daarom onderzoek hiernaar aangekondigd. Dit onderzoek is uitgevoerd voor het Drinkwatervoorzieningsplan Flevoland⁵. De centrale vragen in het onderzoek³ zijn of de winning van grondwater voor de openbare drinkwatervoorziening de voorraad zoet grondwater nadelig beïnvloedt en hoeveel gewonnen kan worden zonder dat verzilting optreedt.

Op grote diepte geeft zoet infiltratiewater vanaf de Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug tegendruk aan het zoute water onder Flevoland. Het hydrologische systeem is relatief recent beïnvloed door de mens. Met name de afsluiting van de Zuiderzee en de inpolderingen van Flevoland, maar ook de winning van grondwater, hebben invloed gehad op de

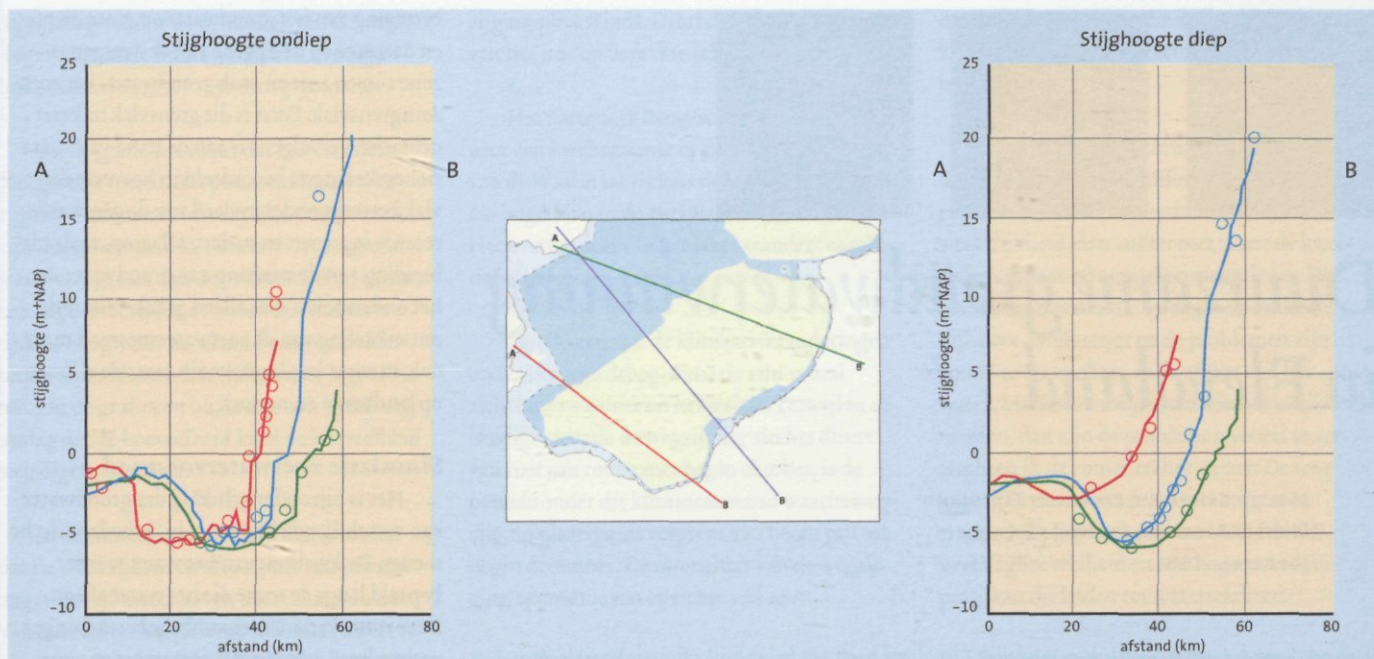
beweging van het grondwater op grote diepte en daarmee op de ligging van de overgangszone tussen zoet en brak grondwater, het zoet-zoutgrensvlak. Eerst is dit grensvlak in kaart gebracht. Vervolgens is aan de hand van scenarioberekeningen beoordeeld in hoeverre dit vlak beweegt onder invloed van de genoemde recente ingrepen en variaties daarop, zoals uitbreiding van de winning van grondwater. In het onderzoek is niet alleen gekeken naar de ontwikkeling van de zoetwatervoorraad maar ook, in meer kwalitatieve zin, naar de effecten op landbouw en natuur.

Simulatie zoetwatervoorraad

Het is bijzonder gelukkig dat grondwater van verschillende herkomst in de bodem slecht mengt. De kwaliteit van het water wordt bepaald langs de route die het water aflegt. Deze route kan met stroombaanberekeningen gesimuleerd worden. Als zoet water en zout water op elkaar stuiten, geldt in principe hetzelfde, alleen de interactie is complexer onder invloed van verschillen in dichtheid (soortelijke massa) van het water: beide waterlichamen kunnen in één doorsnede van een watervoerende laag een tegengestelde stromingsrichting hebben, waarbij het zoute water zich onder het zoete water wringt. Deze stromingscondities zijn hydrologisch veel

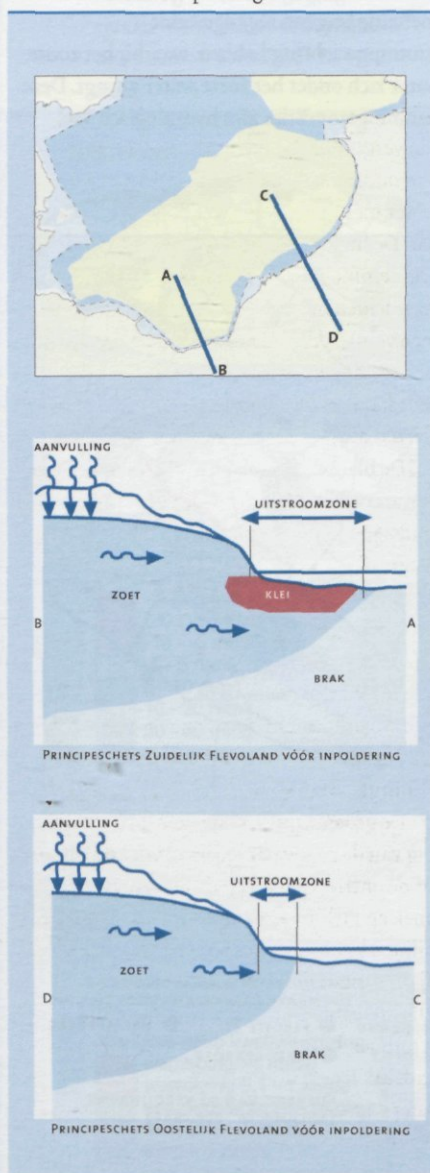
Afb. 1: Diep grondwater in oostelijk en zuidelijk Flevoland.





Afb. 2: IJkresulaten hydrologisch model.

Afb. 3: Principeschetsen oostelijk en zuidelijk Flevoland vóór inpoldering van de Zuiderzee.



moelijker te beschrijven en worden tot op heden dan ook vaak sterk geschematiseerd met een stationaire beschouwing van de ligging van het zoet-zoutgrensvlak.

In dit onderzoek, zoals bij veel verziltingsvraagstukken, gaat het echter juist om het niet-stationaire aspect: in welke mate verschuift het bestaande grensvlak. Daarom is een model gemaakt met behulp van de recent ontwikkelde Sea Water Intrusion Package²⁾. Dit model beschrijft de ontwikkeling van de driedimensionale dichtheidsverdeling vanaf een opgegeven beginverdeling in een systeem met verschillende watervoerende lagen boven elkaar. Het model houdt geen rekening met de verticale stromingsweerstand in een watervoerend pakket (de zogenaamde Dupuit-benadering). De vereenvoudigingen leiden nauwelijks tot afwijkingen van de werkelijkheid¹⁾.

Met het model is de beweging van het zoet-zoutgrensvlak in het grondwater onder Flevoland onderzocht. Daarbij is de huidige ligging van het grensvlak vastgesteld op basis van beschikbare puntmetingen en geo-elektrisch onderzoek. Voorts is voor het studiegebied, inclusief de randgebieden, een hydrologisch model opgesteld en geijkt, waarna dit gebruikt is voor het doorrekenen van de verplaatsing van het zoet-zoutgrensvlak voor verschillende toekomstscenario's voor de winning van grondwater.

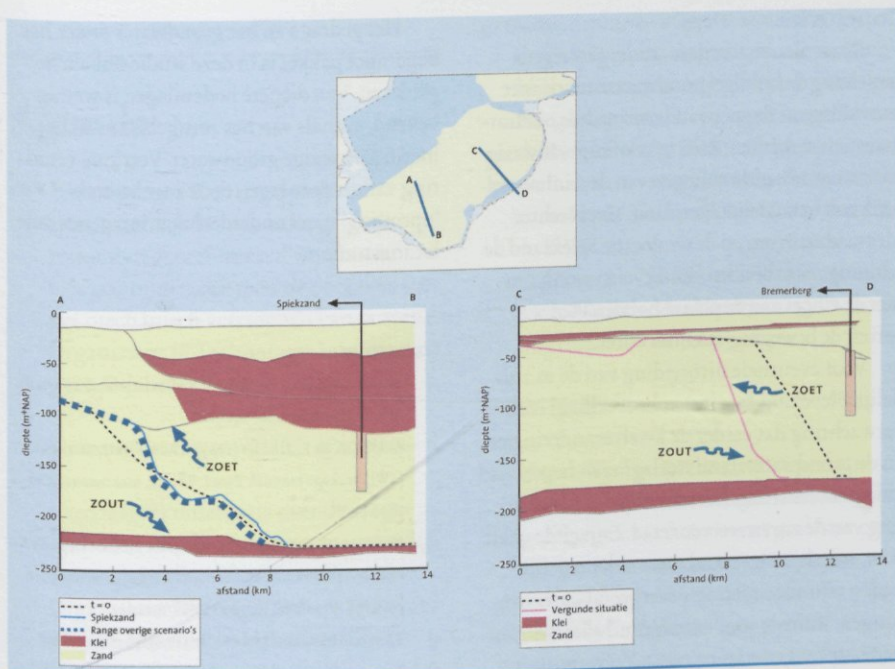
Het centrale deel van het modelgebied en de ligging van het gemeten zoet-zoutgrensvlak zijn te zien in afbeelding 1. IJkresulaten in drie raaien van Noord-Holland tot op de Veluwe zijn weergegeven in afbeelding 2. Hieruit blijkt dat de metingen (bolletjes) goed overeenkomen met de berekeningen (lijnen).

Afbeelding 1 toont dat de zoetwaterbel in zuidelijk Flevoland veel verder verspreid is onder de polder dan in oostelijk Flevoland. Dit wordt veroorzaakt door de geologische opbouw: de bel onder zuidelijk Flevoland wordt gevoed vanaf de Veluwe en afgedekt door een kleilaag. De verspreiding heeft een lange historie, van ver voor de inpoldering. De positie is nu vrijwel stationair.

In oostelijk Flevoland ontbreekt de afdekende kleilaag. Het zoet-zoutgrensvlak lag voor de inpoldering in de toenmalige Zuiderzeekustzone. Dit is schematisch weergegeven in de zogenaamde principeschetsen in afbeelding 3. Sinds de inpoldering tendeeft het grensvlak naar een centrale positie onder de polder. Ondanks de verzoeiting van het IJsselmeer zijn diepe bodemlagen nog zout. Verzoeting hiervan gaat zeer traag.

De verandering van positie en vorm van het zoet-zoutgrensvlak is met behulp van het model getoetst voor verschillende winscenario's, waarbij is gevarieerd met de locatie en de totale omvang van de winningen. De resultaten van deze berekeningen zijn inzichtelijk gemaakt aan de hand van verticale dwarsprofielen op verschillende locaties. Enkele daarvan zijn weergegeven in afbeelding 4.

De rechterfiguur is karakteristiek voor de situatie in oostelijk Flevoland: in 100 jaar tijd verschuift het zoet-zoutgrensvlak twee kilometer in noordwestelijke richting. De linkerfiguur is karakteristiek voor de situatie in zuidelijk Flevoland: het grensvlak blijft vrijwel stationair op zijn plek. Door het opvoeren van de winning in Spijkzand zal de teen van het zoutwaterlichaam iets opschuiven. De vorm van het grensvlak wordt bepaald door de geo-



Afb. 4: Verschuiving van het zoet-zoutgrensvlak.

logische en hydrologische karakteristieken. De werkelijke, maar ook de berekende evenwichtsvorm, is daarom grilliger dan de vorm zoals die is geïnterpoleerd op basis van metingen.

Zoetwatervoorraad

Binnen de grenzen van oostelijk en zuidelijk Flevoland is de totale zoetwatervoorraad in het pompde watervoerende pakket berekend op ongeveer 16.500 miljoen kubieke meter. Tweederde deel hiervan, ongeveer 11.000 miljoen kubieke meter, bevindt zich onder

zuidelijk Flevoland. Berekeningen wijzen uit dat als geen grondwater gewonnen zou worden, de totale zoetwatervoorraad onder oostelijk en zuidelijk Flevoland de komende eeuw autonoom groeit met ongeveer 21 miljoen kubieke meter per jaar.

Deze toename treedt voor een groot deel op in oostelijk Flevoland waar het grensvlak gemiddeld ongeveer 20 meter per jaar opschuift naar het midden van de polder. In zuidelijk Flevoland treedt ook enige verzoeting

op, maar minder dan twee miljoen kubieke meter per jaar. De grondwaterstroming is hier voornamelijk evenwijdig aan het grensvlak dat tamelijk onwrikbaar blijft liggen.

Effecten grondwaterwinning

Om te bepalen in welke mate grondwaterwinning de zoetwatervoorraad beïnvloedt, is de verdringing van zout door zoet water in een aantal winscenario's vergeleken. De simulaties wijzen uit dat ook met grondwaterwinning de zoetwatervoorraad groeit. Zelfs met de huidige vijf winningen op het vergunde niveau van in totaal 38 miljoen kubieke meter per jaar neemt de totale voorraad toe. De totale toename bij dit scenario 'vergund' is ongeveer 17 miljoen kubieke meter per jaar.

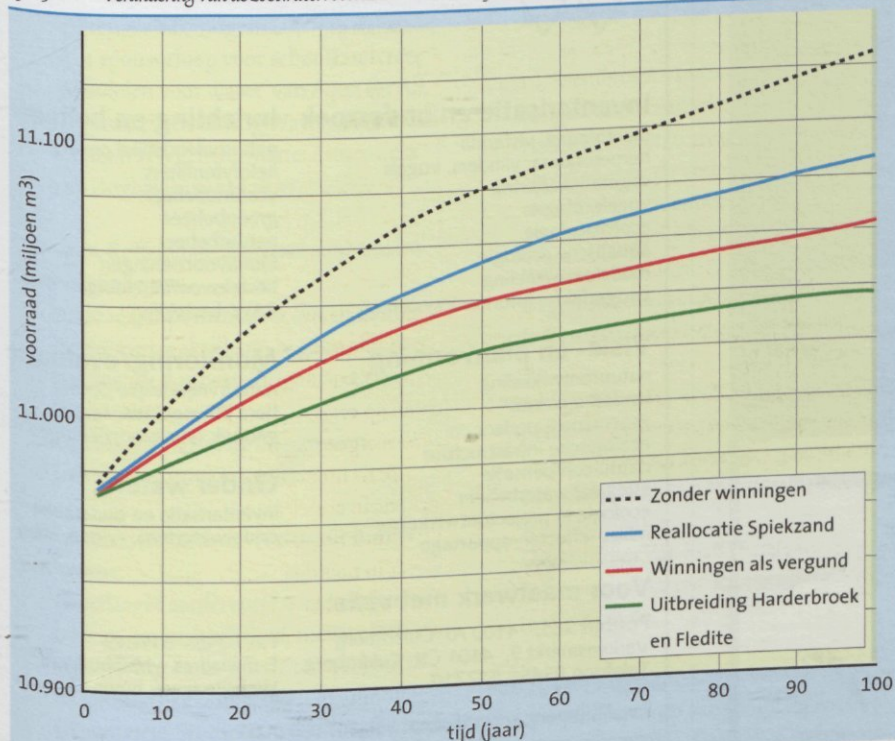
In zuidelijk Flevoland zijn de effecten van grondwaterwinningen in vergelijking met de autonome toename van de voorraad het grootst. In afbeelding 5 zijn gesimuleerde veranderingen van deze voorraad bij een aantal scenario's gedurende een eeuw te zien.

De stippellijn geeft de ontwikkeling weer als geen grondwater gewonnen zou worden. Dan is sprake van een toename van ongeveer 150 miljoen kubieke meter in de komende 100 jaar. De rode lijn geeft de verandering aan in het geval dat winningen plaatsvinden zoals ze zijn vergund. Het blijkt dat ook dan de voorraad onder zuidelijk Flevoland toeneemt, nu echter met 90 miljoen kubieke meter in 100 jaar. De huidige winningen in zuidelijk Flevoland remmen dus enigszins de verzoeting, maar leiden niet tot verzilting van het pompde pakket. Ze zorgen vooral voor meer toestroming van zoet grondwater vanaf het oude land en voor minder kwel naar de polderwaarden die uiteindelijk wordt uitgeslagen.

De blauwe lijn toont de ontwikkeling van de watervoorraad in geval de winning Spiekzand zou worden overgeheveld naar de locatie Fledite. Deze verplaatsing naar een meer zuidelijk gelegen locatie heeft een gunstig effect. Het illustreert dat de winning Spiekzand relatief gevoelig is voor verzilting als vooruitgeschoven winlocatie dichtbij brak water. Deze winning blijkt voor verzilting de meest kritische, maar is op het huidige winniveau waarschijnlijk onbedreigd.

De groene lijn weerspiegelt de ontwikkeling van de zoetwatervoorraad voor de situatie dat de onttrekkingen op de locaties Harderbroek en Fledite met respectievelijk vijf en tien miljoen kubieke meter per jaar toenemen. Ook bij dit scenario neemt de voorraad toe. Dus zelfs bij uitbreiding van deze winningen met 15 miljoen kubieke meter per jaar neemt in zuidelijk Flevoland de hoeveelheid zoet grondwater nog toe. Het illustreert dat winningen regionaal slechts een geringe invloed hebben op de beweging van het grensvlak. De bere-

Afb. 5: Verandering van de zoetwatervoorraad onder zuidelijk Flevoland.



kende toe- of afname is relatief klein en valt in wezen binnen de foutenmarge van vaststelling van de voorraad.

Het blijkt dat topografisch reliëf, inpolde-ring en bemaling de stroming domineren. De uitgeslagen hoeveelheden hebben een omvang van circa twee miljoen kubieke meter per dag. De berekeningen wijzen uit dat onttrekkingen van enkele tientallen miljoenen kubieke meter per jaar nagenoeg geen invloed hebben op de regionale stroming.

Maaiveldeffecten

Berekend is ook in welke mate kwel, een belangrijke standplaatsfactor voor grondwa-terafhankelijke natuur, mogelijk verdwijnt bij verschillende winscenario's voor uitbreiding. Bij alle scenario's blijkt voldoende kwel te res-teren, zodat de grondwaterkwaliteit nauwe-lijks beïnvloed zal worden. In eerdere studies werden de effecten in ecologisch opzicht ver-waarloosbaar geacht. Sommige scenario's hebben tot gevolg dat in een aantal natuur-kerengebieden in Flevoland en op het oude land de grondwaterstand zal dalen. Dit is een aspect dat aandacht behoeft. Waar voorheen vooral de zoetwatervoorraad beperkend werd geacht, blijkt nu dus dat vooral veranderingen van kwel en grondwaterstand beperkend zijn.

Conclusies

De resultaten van deze studie geven geen aanleiding de huidige grondwatersituatie met betrekking tot de zoetwatervoorraad als onduur-zaam aan te merken. Zelfs lijkt ruimte aanwezig voor eventuele uitbreidingen van de winhoeveel-heid, ook in zuidelijk Flevoland. Het is echter niet raadzaam om op de winlocatie Spijkzand de winning uit te breiden. Aanbevolen wordt om hier de vinger aan de pols te houden voor wat betreft de beweging van brak water.

Voor eventuele uitbreiding van de in zui-delijk Flevoland te winnen hoeveelheid is de verwachting dat eerder de kwelveranderingen en de grondwaterstandsverlagingen beperkend zullen worden dan het effect op de ontwikke-ling van de zoetwatervoorraad. Datzelfde geldt voor oostelijk Flevoland waar ook mogelijk-heden zijn voor nieuwe oevergrondwaterwin-ningen. Ruimte voor extra grondwaterwinnin-gen betekent overigens nog géén vergunning.

Het uitgevoerde onderzoek was vooral gericht op de zoetgrondwatervoorraad. Mocht een vraag ontstaan naar extra grondwater-bronnen, dan zal een initiatiefnemer voor een vergunning de daadwerkelijke winmogelijk-heid nader moeten onderzoeken en een gede-tailleerde locatiestudie verrichten.

Het gedrag van het grondwater onder het bepompde pakket is in deze studie onbelicht gebleven. Van diepere bodemlagen is weinig bekend, evenals van het zoutgehalte van het hierin aanwezige grondwater. Verticale verzil-ting vanuit deze lagen door zogenaamde 'upconing' moet onderdeel zijn van genoemde locatiestudie. 

LITERATUUR

- 1) Bakker M. (2004). The Dupuit approximation for variable density flow in coastal aquifers.
- 2) Bakker M. en F. Schaars (2004). The sea water intrusion (SWI) package manual. Part I. Theory, user manual and examples.
- 3) Beekman W., F. Schaars, M. van Baar, J. Peters en A. Kooi-stra (2004). Winning van zoet grondwater in zuidelijk en oostelijk Flevoland. Rapport DHV/Artesia.
- 4) Provincie Flevoland (2000). Omgevingsplan Flevoland.
- 5) Provincie Flevoland (2005). Drinkwatervoorzieningenplan 2010-2030.

NOOT

- * Artesia is gespecialiseerd in model- en veldonderzoek aan grond- en oppervlaktewater.