



Bemalingen: bron van geohydrologische parameters

In Nederland worden vele constructies gebouwd met een gedeelte onder het grondwater niveau. Om het ondergrondse gedeelte aan te kunnen leggen, wordt vaak een bemaling overwogen. Alternatieve uitvoeringsmethoden zonder bemaling zijn meestal (veel) duurder. Daarom wordt vaak als eerste beoordeeld of een uitvoering met bemaling mogelijk is. Een bemaling kan echter ook ongewenste effecten op de omgeving hebben. Het is dus zaak deze effecten goed te kunnen voorspellen. In de praktijk blijkt echter de onzekerheid bij het toepassen van een bemaling hoog te zijn (onzekerheid in parameters dus onzekerheid in debiet en invloed op de omgeving). Daarom wordt soms op voorhand gekozen voor een duurdere oplossing waarbij een kleiner risico op tegenvallers aanwezig is. Tegenvallers in de sfeer van de bemaling kunnen een grote invloed hebben op de planning en daarmee op de totale kosten. Indien alsnog een vergunning moet worden aangevraagd of indien een nieuwe vergunning moet worden aangevraagd omdat de bestaande niet toereikend is, kan dit een vertraging van enkele maanden opleveren. Erger is het als schade in de omgeving ontstaat. Het is dus zaak om het risico van een onjuist ingeschatte bemaling te verkleinen. Uitgaande van voldoende vakkennis bij de betrokken partijen is het risico op onverwachte zaken voornamelijk te verkleinen door óf een hele ruime inschatting van de (invloed van de) bemaling te maken óf door meer zekerheid te verkrijgen in de parameters. Op verschillende plaatsen zijn gegevens beschikbaar waaruit men de te hanteren parameters kan afleiden; de nauwkeurigheid of de toepasbaarheid is echter niet altijd duidelijk. Dit artikel gaat met name in op de mogelijkheid om parameters te verkrijgen uit al eerder uitgevoerde bemalingen; deze parameters worden vervolgens vergeleken met parameters uit algemene gegevens.



Figuur 1

Beschikbare gegevens

In Nederland is op verschillende locaties veel informatie over de ondergrond en de grondwaterstand te vinden. Zo is daar de Grondwaterkaart van Nederland die jarenlang gebruikt is als belangrijke basis voor het verkrijgen van de parameters benodigd voor het ontwerpen van een bemaling. Deze kaarten zijn echter nooit up-to-date gehouden. Bovendien werd (en wordt)

vaak vergeten dat het doel van de kaarten voornamelijk gericht was op de drinkwatervoorziening. Met dit hoofddoel in gedachte is destijds de ondergrond geschematiseerd. De verdeling in goed en slecht doorlatende lagen is daarom enigszins gekleurd; daar waar voor drinkwaterwinning zeer geschikte lagen aanwezig waren, werden deze aangeduid als watervoerend; de duidelijk minder geschikte lagen

(meestal met veel klei, leem of veen) werden aangegeven als waterremmend of als deklaag (onder andere de toplaag in grote delen van Noord-Brabant). Zo kan het gebeuren dat in gebieden met matig watervoerende zandige afzettingen dit lokaal tot een watervoerend pakket wordt gerekend maar elders, waar een soortgelijke zandige afzetting op een zeer goed doorlatend pakket ligt, deze matig watervoerende

laag als waterremmend wordt beschouwd. Mede doordat de kaarten 'verouderd' zijn, maar ook omdat de kaarten gebruikt werden voor doeleinden waarvoor deze niet zijn opgesteld (en dus minder geschikt zijn), heeft TNO de levering van de kaarten destijds stopgezet (zie bovenste kader).

De grondwaterkaarten zijn min of meer opgevolgd door REGIS. REGIS is ontwikkeld in opdracht van het Rijk en de provincies. De systematiek van REGIS ten aanzien van de geohydrologische parameters is wezenlijk anders dan die van de Grondwaterkaarten. Waar in de Grondwaterkaart nog gebruik werd gemaakt van allerlei put- en pompproeven naast een schatting van de doorlaatfactor aan de hand van korrelverdelingen, is REGIS alleen gebaseerd op laboratoriumproeven (zoals korrelverdelingen), al dan niet gecorrigeerd aan resultaten van pompproeven. Eén van de argumenten hiervoor is dat put- en pompproeven vaak betrekking hebben op meer dan één laag zodat niet exact een parameter per (sub-)laag kon worden afgeleid. Mede hierdoor wijken de waarden van REGIS nogal eens af van de waarden van de Grondwaterkaart. Groot bijkomend nadeel bij REGIS is dat voor de gebruiker niet inzichtelijk is op welke (meet)-gegevens de waarden zijn gebaseerd. Bij de grondwaterkaart kon eventueel aan de hand van de vermelde waarde in combinatie met lokaal onderzoek een aangepaste interpretatie worden gemaakt. De ontwikkeling van REGIS is een dynamisch proces (zie ook onderste kader). Overigens is de in het kader bedoelde nieuwe versie pas in 2010 deels beschikbaar gekomen.

Indien uit de Grondwaterkaart of REGIS onvoldoende betrouwbare informatie kan worden afgeleid, kan op de projectlocatie een pompproef of een proefbemaling worden uitgevoerd. Een (klassieke) pompproef bestaat uit het plaatsen en bemalen van een bron waarbij in een aantal peilbuizen op verschillende afstanden de verlaging wordt gemeten. Uit een goed uitgevoerde pompproef kunnen de geohydrologische parameters worden afgeleid. De geohydrologische parameters kunnen vervolgens worden gebruikt in geohydrologische programma's (bijvoorbeeld MicroFEM of ModFlow) om de benodigde bemaling te dimensioneren. Zaak is wel dat de inrichting van de pompproef wordt afgestemd op de aanwezige situatie. Het komt regelmatig voor dat een pompproef wordt uitgevoerd boven een waterremmende laag met zowel bron als peilbuizen alleen boven die laag. Zonder peilbuizen onder én boven de water-

remmende laag kan echter de weerstand van die laag niet betrouwbaar worden afgeleid. Uit een pompproef volgt bovendien niet noodzakelijkerwijze de beste bemalingsmethode.

Een proefbemaling bestaat er juist uit om een gedeelte van de voorgestelde bemaling te installeren en deze tijdelijk in werking te stellen onder gelijktijdige monitoring van de grondwaterstanden. Een proefbemaling levert dan ook in eerste plaats inzicht op in de effectiviteit van de bemaling. Aan de hand hiervan kan worden afgeleid of de bemalingswijze voldoet en hoeveel extra bemaling moet worden geplaatst. Uit een proefbemaling kunnen weliswaar ook de geohydrologische parameters worden afgeleid maar de proefbemaling is vaak meer gericht op de wijze van onttrekken, een inschatting van het benodigde debiet en hoe het grondwatersysteem daarop reageert dan op het vaststellen van de exacte parameters.

Een andere belangrijke bron van informatie is ervaring. Bij bemalingsbedrijven is vaak veel ervaring (meestal over beperkte gebieden in Nederland) beschikbaar. De ervaring is vaak niet gedocumenteerd en kan bestaan uit: 'op die

locatie zit veel water'. De ervaring heeft voornamelijk te maken met de inzet van de soort bemaling en het aantal pompen. Die ervaring is opgedaan met 'soortgelijke' projecten in de omgeving.

Interpretatie bemalingen

In dit artikel wordt met name ingegaan op parameters afgeleid uit een uitgevoerde (of in uitvoering zijnde!) bemaling. Hierbij wordt de bemaling beschouwd als een grote schaal praktijkproef. Indien tijdens de bemaling op de juiste plaatsen de juiste parameters worden gemeten, kan met programmatuur de situatie worden gesimuleerd waarbij nu niet de verlaging en het debiet de variabelen zijn maar juist de parameters van de ondergrond. Net als bij berekeningen voor een bemalingsadvies geldt ook hier dat een juiste laagindeling van de ondergrond noodzakelijk is voor een juiste interpretatie. Ook dient een voor de omstandigheden geschikt programma te worden gebruikt. Veel gangbare pompproefprogramma's kennen de nodige beperkingen. In veel gevallen zijn ze slechts geschikt voor een één- of tweelaags systeem waarbij bovendien nog eisen worden

Afkomstig van de website van TNO

Deze kartering op schaal 1:50.000 is uitgevoerd in de periode 1977-1989. De resultaten daarvan zijn kaartbladgewijs in papieren vorm gepubliceerd. Het merendeel van de uitgebrachte kaartbladen bevat één of meer isohypsenkaarten. De geohydrologische schematisering die voor het betreffende kaartblad is opgesteld vormt daarbij het

uitgangspunt. Vanwege onderlinge verschillen in geohydrologische schematisering en de datum/periode waarop de kaarten betrekking hebben, vormen de kaarten samengevoegd geen consistent geheel. Sinds de afronding van deze kartering is het inzicht in de bodemopbouw aanzienlijk verbeterd. Om die reden wordt de Grondwaterkaart van Nederland 1:50.000 niet langer verkocht.

Volgens de website van TNO/REGIS

Hydraulische parameters hydrogeologisch en geohydrologisch model mogelijk te laag (aangemeld op 11 maart 2008). TNO doet onderzoek naar de methodiek waarmee de kaartbestanden van de doorlatendheid van het hydrogeologische model zijn samengesteld. Hierbij is gebleken dat de doorlatendheid (k-waarde) en de daaruit afgeleide transmissiviteit (kD-waarde) van de eenheden van het hydrogeologische en het geohydrologische model in het algemeen te laag zijn. Het onderzoek heeft zich primair gericht op de horizontale doorlatendheid en

de transmissiviteit, er is daardoor nog geen informatie die erop wijst dat ook de verticale doorlatendheid en de daaruit afgeleide hydraulische weerstand (c-waarde) deze afwijkingen vertonen.

TNO werkt momenteel aan een verbeterde methodiek. Op basis daarvan zal in het voorjaar van 2008 een nieuwe versie van de bestanden beschikbaar komen. Geen consistent geheel. Sinds de afronding van deze kartering is het inzicht in de bodemopbouw aanzienlijk verbeterd. Om die reden wordt de Grondwaterkaart van Nederland 1:50.000 niet langer verkocht.

gesteld waar mogelijk niet (geheel) aan wordt voldaan. Voor bemalingen waarbij de ondergrond in homogene lagen kan worden onderverdeeld, kunnen pompproefprogramma's volstaan. Indien de situatie complexer is (bijvoorbeeld damwand in een watervoerende laag of infiltrerend open water in de omgeving) moeten programma's met meer mogelijkheden worden gebruikt. Dit zijn in het algemeen eindige elementenprogramma's. Groot voordeel daarvan is dat hetzelfde programma ook weer gebruikt kan worden om eventuele aanpassingen (bij een actieve bemaling) door te rekenen.

Helaas gebeurt een goede analyse van de daadwerkelijke bemaling zelden, tenzij er in de praktijk problemen optreden. Indien de benodigde verlaging behaald wordt en de debieten niet de vergunde hoeveelheden overschrijden, is er ook nauwelijks reden voor een goede analyse. Indien wel problemen optreden, blijkt echter vaak dat de monitoring te wensen overlaat voor een goede analyse. De verpompte hoeveelheden water worden meestal redelijk goed genoteerd; niet goed genoteerd wordt wáár de bemaling op welk moment aan of uit staat zodat meestal alleen een totaalmeting bekend is. Bovendien is de bemaling vaak al gestart voordat begonnen wordt met meten van grondwaterstanden zodat een nulmeting ontbreekt. Daarnaast wordt de waterstand niet altijd in relevante peilbuizen gemeten. Regelmatig komt het voor dat de grondwaterstand in de bouwput zelf niet wordt gemeten zodat niet eens duidelijk is tot hoever de grondwaterstand in de kuip verlaagd wordt.

Peilbuizen buiten de bouwkuip betreffen vaak alleen peilbuizen vlak bij de bouwkuip en nauwelijks in de omgeving. Hierdoor ontbreken de relevante gegevens voor een nauwkeurige analyse. Met beperkte meerkosten kunnen wel voldoende gegevens voor een analyse worden gegenereerd, alleen is dan de vraag: wie gaat dat betalen?

Daarnaast volgt uit de analyse meestal een range in de parameters en niet één exact getal per parameter. Dit is te wijten aan het feit dat een aantal combinaties van transmissiviteit en weerstand een vergelijkbaar beeld kunnen opleveren. Hoe minder meetpunten, hoe meer dit probleem zich voordoet. En het aantal meetpunten (op verschillende afstanden) bij een bemaling is juist vaak beperkt. Daarom is bij de analyse van bouwputbemalingen regelmatig aanvullende kennis nodig zodat onrealistische oplossingen kunnen worden uitgesloten.

Vergelijking parameters

Bij Mos Grondmechanica zijn in de loop der tijd een groot aantal bemalingen geanalyseerd om de daadwerkelijke parameters te achterhalen. Om wat meer systematiek hierin aan te brengen en om een vergelijking te maken tussen de verschillende bronnen van informatie heeft Erik Loots in het kader van zijn afstuderen 8 bemalingen op verschillende plaatsen in Nederland in detail geanalyseerd (Bouwputbemalingen; van praktijkmetingen naar rekenwaarde watervoerend pakket, mei 2009). Hieruit volgen parameters voor verschillende lagen (transmissiviteit

voor goed watervoerende lagen, weerstand voor slecht doorlatende lagen). De (samengestelde) transmissiviteiten (kD-waarden) afkomstig van de analyse zijn vergeleken met de gegevens van de Grondwaterkaart en van REGIS II.0.

Tabel 1 is aan het afstudeerverslag van Erik Loots ontleend. Hierin wordt de transmissiviteit (kD-waarde), zoals deze uit de bemaling is afgeleid, op 100% gesteld. Vervolgens is beoordeeld hoe groot (in percentages van de afgeleide waarden) de transmissiviteit volgens andere bronnen is.

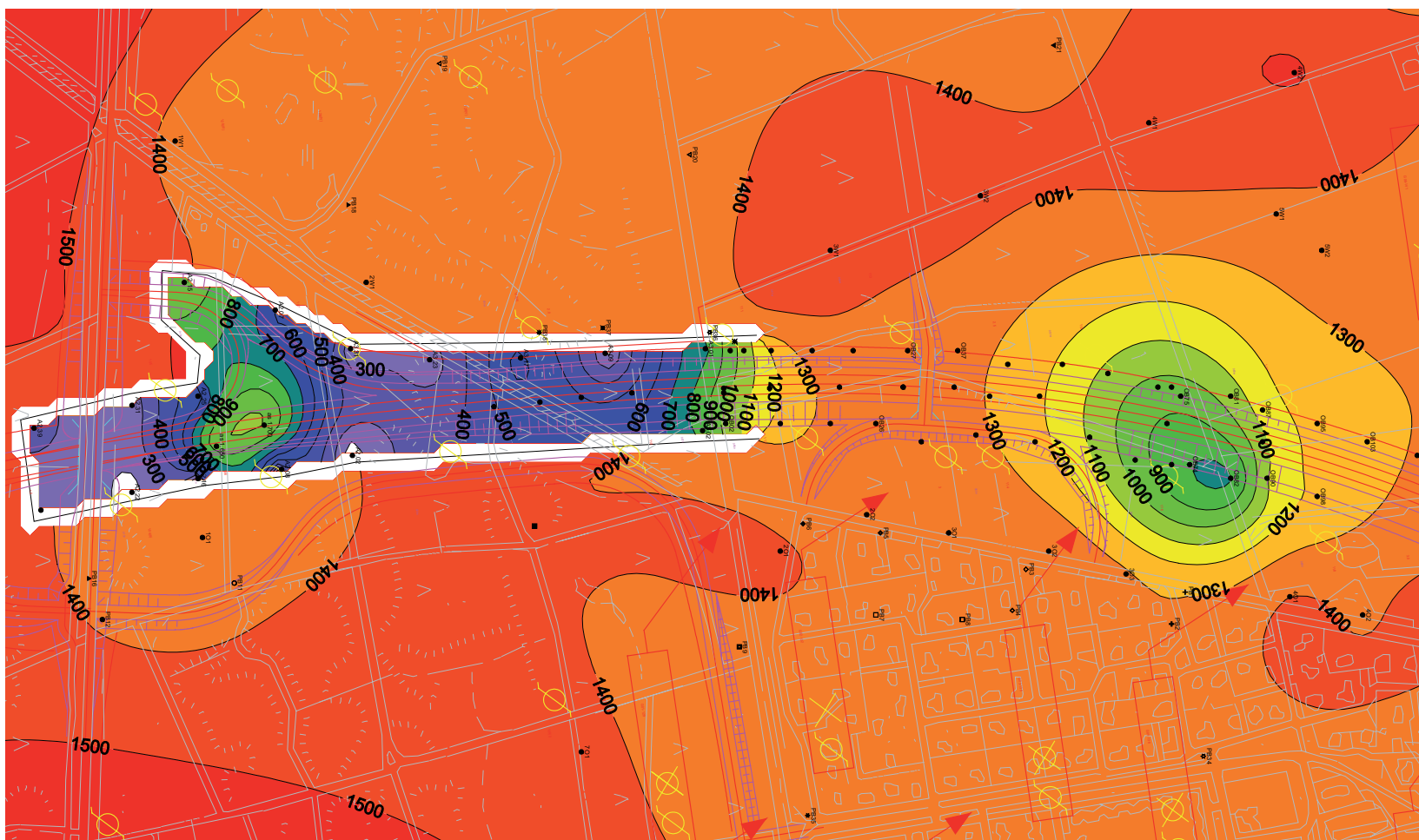
De afgeleide waarden zijn indicatief omdat niet bij elk project de beschikbare informatie dusdanig was dat een volledig betrouwbare analyse kon worden uitgevoerd. De trend is echter duidelijk af te leiden. Bij deze beschouwde projecten onderschat REGIS II.0 de kD-waarde aanzienlijk: gemiddeld genomen is de kD-waarde uit de praktijkmetingen 3 keer hoger. Bij het project Tandartspraktijk te Papendrecht heeft de adviseur blind vertrouwd op de gegevens uit REGIS II.0 (die bovendien niet geheel juist zijn geïnterpreteerd) met als gevolg dat in de praktijk problemen ontstonden met de geïnstalleerde capaciteit en met de vergunning. Verder blijkt uit de tabel dat door de adviseur blijkaar regelmatig wordt afgeweken van de beschikbare gegevens. Uit de analyse van bovenstaande projecten blijkt dit vaak terecht! Bovenstaande analyse sluit goed aan bij de ervaring met eerder uitgewerkte projecten.

Bruikbaarheid REGIS

REGIS is op een groot aantal punten een verbetering ten opzichte van de Grondwaterkaart. Doordat veel meer gegevens gebruikt zijn, zijn met name de laagdikten en -scheidingen veel beter. Tevens is de ondergrond in veel meer (sub)lagen onderverdeeld, hetgeen als een kwalitatieve vooruitgang wordt beschouwd. Door deze onderverdeling in vele lagen, elk met hun eigen waarde, kost het echter meer moeite om een compleet overzicht te krijgen van de situatie. Het één op één toepassen van de doorlaatfactoren van de verschillende lagen bij de berekeningen voor bemalingen lijkt vooralsnog in het algemeen een onderschatting van het waterbezwaar op te leveren. Het is dan ook van belang ook de gegevens van andere bronnen (zoals de Grondwaterkaart) mee te nemen in de beoordeling. Ideaal is dat de 'oude' basisgegevens betreffende kD-waarden worden uitgebreid met soortgelijke nieuwere gegevens en liefst dus ook met gegevens afgeleid uit daadwerkelijk uitgevoerde bemalingen; dat laatste is echter alleen mogelijk

Projecten	kD-waarde afgeleid uit praktijkmetingen	kD-waarde afgeleid uit uit REGIS II.0	kD-waarde afgeleid uit grondwaterkaart	kD-waarde gebruikt in advies
Plaszoom te Rotterdam	755 m ² /dag	33%	56%	80%
Tandartspraktijk te Papendrecht	925 m ² /dag	24%	65%	16%
Parkeergarage te Zaltbommel	2550 m ² /dag	33%	60%	104%
Scaldiahaven te Vlissingen	200 m ² /dag	38%	100%	100%
Onderdoorgang A12 te Zevenhuizen	1175 m ² /dag	34%	106%	128%
Malderhof te Almelo	510 m ² /dag	34%	74%	78%
Museumpark te Rotterdam	690 m ² /dag	36%	43%	91%
Weenatunnel te Rotterdam	885 m ² /dag	28%	54%	?
Gemiddeld		32%	70%	85%

Tabel 1 Vergelijking kD-waarden volgens diverse bronnen.



Figuur 2 Verdiepte ligging A50 te Son en Breugel. Isohypsen op basis van metingen. Bemaling deels binnen damwanden en deels onder talud. Opgepompt water wordt voor 100% geretourneerd

Een goed voorbeeld van een project met voldoende gegevens is de bemaling voor de aanleg van de verdiepte ligging van de A50 te Son. Ten behoeve van de uitwerking van het bemalingsadvies zijn op twee plaatsen pomp-proeven uitgevoerd, zodat vooraf een goed inzicht in de parameters aanwezig was. In een beperkt gebied werd in de praktijk echter meer water onttrokken dan volgens het advies werd verwacht. Uit een analyse van alle beschikbare metingen (er was een compleet meetnet ingericht en alle onttrokken

en geretourneerde debieten waren bekend) kan worden afgeleid dat in dat specifieke gebied de dieper gelegen scheidende laag lokaal afwezig was; hierdoor trad lokaal meer wateraanvoer van onder op. Uit een analyse van de bemaling buiten dat gebied bleek dat de afgeleide parameters zeer goed overeenkwamen met de gebruikte parameters in het advies. Aangezien de uitvoeringswijze enigszins afweek van het advies was het niet voldoende alleen naar de berekende en daadwerkelijk onttrokken debieten te kijken; eerst

moest ook de daadwerkelijk uitgevoerde situatie worden gemodelleerd. Aan de hand van de uitgevoerde analyse kon in kaart worden gebracht over welk gebied andere parameters moesten worden gehanteerd en met welke aangepaste uitvoeringswijze toch kon worden voldaan aan de verstrekte vergunning. Aan de hand van de al uitgevoerde delen van de bemaling kon dus een goede analyse van de parameters worden gemaakt zonder dat lokaal aanvullend onderzoek of een pomp-proef is uitgevoerd.

indien een betere monitoring en verslaglegging plaatsvindt tijdens de bemaling. Deze gegevens zouden dan in een aparte dataset beschikbaar kunnen worden gesteld.

Conclusie

Ondanks de toename in kennis over de ondergrond blijkt in de praktijk dat regelmatig het waterbezwaar van de bemaling en of de verlagingen in de omgeving niet overeenkomen met het opgestelde bemalingsadvies. Het uitvoeren van een bemaling wordt voor veel

projecten nog vaak als een risicofactor beschouwd. In een aantal gevallen kunnen de verschillen tussen 'theorie' en 'praktijk' worden teruggevoerd op het gebruik van onjuiste geohydrologische parameters. Ten behoeve van de inschatting van de geohydrologische parameters zijn een aantal bronnen beschikbaar, met name de Grondwaterkaart en REGIS. Zoals uit dit artikel blijkt kunnen beide bronnen voor één locatie verschillende geohydrologische parameters opleveren. In de onderzochte gevallen bleek met name de doorlaatfactoren zoals die uit

REGIS zijn afgeleid vaak aan de lage kant. Aanvullend geohydrologisch onderzoek, bij voorkeur in de vorm van een pompproef of proefbemaling, is voor grotere projecten sterk aan te raden. Naast gegevens van deze pomp-proeven kunnen ook al eerder uitgevoerde naburige bemalingen worden geanalyseerd. Mits voldoende monitoring is toegepast, zijn uit eerder uitgevoerde bemalingen de geohydrologische parameters goed te bepalen. Hiermee vormen uitgevoerde bemalingen een 'nieuwe' bron voor geohydrologische parameters. ■