

# Brieven

## Waarom zijn kD-waarden rond pompstations altijd hoger?

Een geologische bijdrage aan de discussie

Het artikel dat De Lange (1996) onder bovenstaande titel in STROMINGEN publiceerde heeft al aardig wat rimpelingen in hydrologisch Nederland veroorzaakt. Van der Moot (1997a, b), de redactie van STROMINGEN (1997) en Olsthoorn (1998) reageerden al eerder op het artikel. Olsthoorn (1998) riep daarbij op om de door De Lange (1996) veronderstelde baksteenstructuur in aquifers te toetsen aan recent werk van Bierkens (1994) en Weerts (1996). Graag wil ik een geologische bijdrage aan de discussie leveren.

## Heterogeniteiten in de geologie

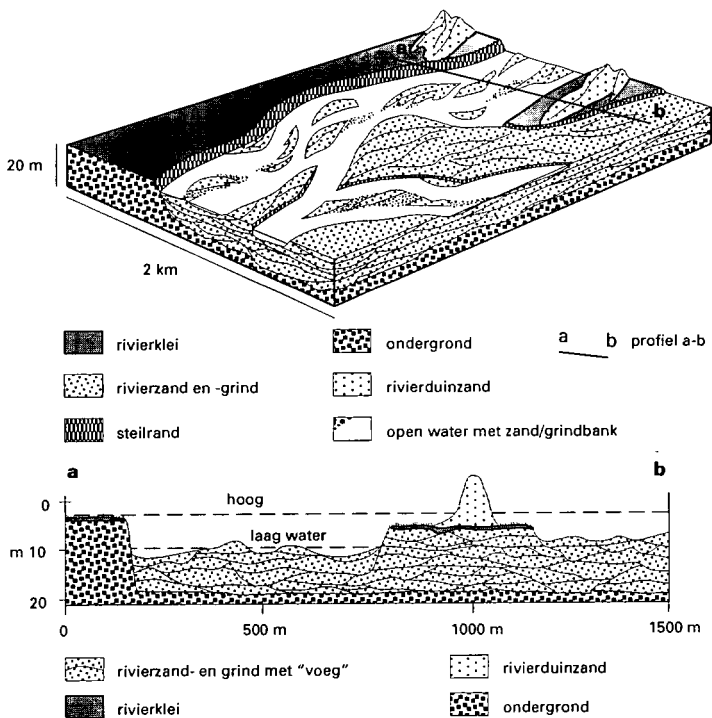
De discussie van de afgelopen jaren in STROMINGEN laat zien dat de geohydrologische werkelijkheid ingewikkelder is dan een tweedeling in watervoerende pakketten met hoge k-waarden en horizontale stroming enerzijds en slecht doorlatende lagen met lage k-waarden en verticale stroming anderzijds. In haar reactie op het artikel van De Lange (1996) merkte de redactie van STROMINGEN (1997) dat ook al op. Zowel watervoerende pakketten als slecht doorlatende lagen zijn intern heterogeen. Die heterogeniteit doet zich ook nog eens op verschillende schaalniveaus voor. Zo bevinden zich in het slecht doorlatend topsysteem in de Betuwe en de Alblasserwaard goed doorlatende zones in een matrix van slecht doorlatend materiaal; de zandige stroomruggen versus de kleiige en venige kommen. De kommen en de stroomruggen kunnen op een lager schaalniveau ook niet als homo-

geen worden beschouwd. Tussen de zandlagen in de stroomruggen kunnen zich dunne kleilagen bevinden, en in de kommen komen smalle langgerekte overloopgeulen (crevasses) voor. En op een nog lager schaalniveau blijkt dat zandlagen in de stroomruggen onderin vaak grover zijn dan bovenin, en dat de vertakkingen van de crevasses in de kommen zo complex zijn dat ze nauwelijks in kaart zijn te brengen.

Ook in watervoerende pakketten komen de heterogeniteiten op verschillende schalen voor, wat De Lange (1997) ook al signaleert. Miall (1985) geeft een aardige benadering om inzicht te krijgen in de verdeling van de heterogeniteiten. Hij onderscheidt voor verschillende fluviatiele milieus zogenaamde 'Architectural Elements' (zoals 'channels', 'overbank fines' et cetera) waarbinnen specifieke combinaties van faciëseenheden voorkomen (zoals zandlenzen, zandlobben). Met een aantal blokdiagrammen maakt hij dit aanschouwelijk. Inmiddels hebben die blokdiagrammen hun weg gevonden naar een groot aantal geologische en sedimentologische handboeken, waaronder Emery en Myers (1996), Miall (1996) en Reading (1996).

## Baksteenstructuur of niet?

Veel watervoerende pakketten in Nederland zijn afgezet door vlechtende voorlopers van de Rijn en de Maas, en in de noordelijke helft van het land door een zeer groot Baltisch riviersysteem dat niet meer bestaat. Voor de eenvoud beperk ik me in dit artikel tot heterogeniteiten die zijn te verwachten in een watervoerend pakket dat door zo'n vlechtende rivier is afgezet. Kenmerkend hiervoor is dat de afvoer ervan verdeeld is over verschillende beddingen die tegelijk actief zijn (figuur 1). Deze beddingen verleggen zich continu. Hierbij wordt voornamelijk zand en grind afgezet. Ook worden dunne kleilagen afgezet die delen van de



**Figuur 1:** Blokdiagram van afzettingen van een vlechtende rivier (naar Miall, 1985).

riviervlakte bedekken. In verlaten beddingen kunnen dikkere kleilagen worden afgezet, die echter een geringere verbreiding hebben. Tijdens het verleggen van de rivierlopen worden eerder gevormde afzettingen steeds omgewerkt en geërodeerd. Uiteindelijk resulteert dit in een bak met zand en grind die er ongeveer zo uit ziet als figuur 1. De bak bestaat uit een wirwar van langgestrekte zandige grindhoudende geulopvullingen die elkaar steeds afsnijden. De dikte van deze geulopvullingen varieert in Nederland over het algemeen tussen de een en tien meter, terwijl breedtes van tientallen en lengtes van vijftig tot honderden meters kunnen worden verwacht. De lithologische verschillen op de grenzen van de verschillende opvullingen zijn meestal groter dan de verschillen binnen één opvulling. Aaneengesloten doorlopende kleilagen (de 'voegen' in de baksteenstructuur van De Lange,

1996) zijn zeldzaam maar ze komen wel voor. Vaker echter zullen de voegen zandig zijn. Het contrast tussen de voegen en de bakstenen is waarschijnlijk minder groot dan Olsthoorn (1998) in zijn voorbeeld gebruikt. Bovendien is er in het pakket als geheel sprake van een gedeeltelijke serie- en parallelstroming doordat een aantal voegen volledig is geërodeerd.

Olsthoorn drukt het verband tussen de 'berekende' en de 'gemeten' doorlatendheid in een pompproef uit als volgt (zie figuur 1 in het artikel van Theo Olsthoorn voor een verklaring van de symbolen):

$$K/\kappa = 1 + (K\delta D/kLL)$$

Om het effect te kunnen bepalen dat de kleine contrasten in doorlatendheden hebben op de relatie  $K/\kappa$  nemen we voor het gemak even aan dat er overal tussen de

bakstenen wel een voeg aanwezig is. Kiezen we dan in Olsthoorns formule bijvoorbeeld  $K = 25 \text{ m/d}$ ,  $k = 1 \text{ m/d}$ ,  $\delta = 0,1 \text{ m}$ ,  $D = 5 \text{ m}$  en  $L = 200 \text{ m}$  (waarden die representatief zijn voor een fluviatiele aquifer) dan blijkt  $K/k$  naar 1,0 te naderen. Als we  $L$  inkorten tot 20 m en  $k$  verlagen tot 0,5 m/d komt  $K/k$  nog niet boven 1,1. Het verschil tussen de 'gemeten' en de 'berekende' doorlatendheid is dus zeer klein, zelfs als we aannemen dat de voegen overal intact zijn gebleven. Overigens geldt dit alleen op het schaalniveau van de pompproof. Lokaal kunnen wel degelijk grote verschillen in doorlatendheden optreden, met name als de 'voegen' zeer kleinig zijn ontwikkeld treden grote verschillen op tussen de 'gemeten' en de 'berekende' doorlatendheid.

## Conclusies

De veronderstelde baksteenstructuur doet zich wel degelijk voor in een fluviatiele aquifer, maar de contrasten tussen de 'voegen' en de 'bakstenen' zijn te klein om het door De Lange (1996) waargenomen verschijnsel te verklaren. Berekeningen voor een baksteenstructuur met kleine contrasten leveren hetzelfde resultaat op als Olsthoorns (1998) berekeningen voor een watervoerend pakket dat bestaat uit gebieden met een willekeurig variërende doorlatendheid. Dit geldt overigens alleen bij ongeconsolideerd sediment; uit onderzoek in de oliegeologie is bekend dat bij verkitting en verder gaande consolidatie de contrasten tussen de voegen en de bakstenen veel groter worden (zie bijvoorbeeld Hartkamp-Bakker, 1993, en Hartkamp-Bakker en Donselaar, 1993). Ik kan mij voorstellen dat Van der Moots (1997a) pragmatische verklaring voor het verschijnsel dat De Lange (1996) zag op de kaarten bij de Grondwaterplannen van Groningen en Drenthe juist is. Of het verstandig is de zeer hoge afgeleide  $kD$ -waarden dan toch op deze kaarten

weer te geven is weer een heel andere vraag. Tot slot wil ik nog even waarschuwen tegen het gebruik van (oude) boorbeschrijvingen om informatie over gelaagdheid te verkrijgen zoals De Lange (1997) voorstelt. Het hangt sterk van de boormethode af of een kleinschalige gelaagdheid nog in het monster is waar te nemen. Bovendien worden dunne kleilagen op grotere diepte veelal niet of slecht waargenomen. Uit het werk van Bierkens (1994, 1996) blijkt dat het afleiden van doorlatendheden uit de boorbeschrijvingen nog gevaarlijker is; alleen als de gelaagdheid bekend is en er referentiemetingen aan vergelijkbare afzettingen beschikbaar zijn is dit mogelijk. En die doorlatendheden moeten dan ook nog eens worden opgeschaald tot het gewenste schaalniveau.

## Literatuur

- Bierkens, M.F.P. (1994)** Complex Confining Layers: A stochastic analysis of hydraulic properties at various scales; proefschrift Universiteit Utrecht.
- Bierkens, M.F.P. (1996)** Modelling hydraulic conductivity of a complex confining layer at various spatial scales; in: *Water Resources Research*, nr 32, pag 2369-2382.
- Emery, D. en K.J. Meyers (red) (1996)** Sequence Stratigraphy; Blackwell Science, Oxford.
- Hartkamp-Bakker, C.A. en M.E. Donselaar (1993)** Permeability patterns in point bar deposits: Tertiary Loranca Basin, central Spain; in: Flint, S. & I. Bryant (red) *The Geological Modelling of Hydrocarbon Reservoirs*. Spec. Publ. int. Ass. Sediment, nr 15, pag 157-168.
- Hartkamp-Bakker, C.A. (1993)** Permeability heterogeneity in cross-bedded sandstones. Impact on water/oil displacement in fluvial reservoirs; proefschrift Technische Universiteit Delft.

- Lange, W. de (1996)** Waarom zijn kD-waarden rondom pompstations altijd hoger?; in: *Stromingen*, jrg 2, nr 3, pag 5–10.
- Lange, W. de (1997)** Reactie van de auteur op: Van der Moot, N.L. (1997a) Reactie op: Waarom zijn kD-waarden rondom pompstations altijd hoger?; in: *Stromingen*, jrg 3, nr 3, pag 53–54.
- Miall, A.D. (1985)** Architectural-Element Analysis: A New Method of Facies Analysis Applied to Fluvial Deposits; in: *Earth Science Reviews*, nr 22, pag. 261–308.
- Miall, A.D. (1996)** The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology; Springer, New York.
- Moot, N.L. van der (1997a)** Reactie op: Waarom zijn kD-waarden rondom pompstations altijd hoger?; in: *Stromingen*, jrg 3, nr 3, pag 52–53.
- Moot, N.L. van der (1997b)** Laatste reactie op: Waarom zijn kD-waarden rondom pompstations altijd hoger?; in: *Stromingen*, jrg 3, nr 4, pag 69–70.
- Olsthoorn, T.N. (1998)** Waarom zijn kD-waarden rondom pompstations altijd hoger? Een nadere analyse; in: *Stromingen*, jrg 4, nr 4, pag 21–26.
- Reading, H.G. (red) (1996)** Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy (third edition); Blackwell Science, Oxford.
- Redactie Stromingen (1997)** Waarom zijn kD-waarden rondom pompstations altijd hoger? Naschrift van de redactie; in: *Stromingen*, jrg 3, nr 4, pag 70–72.
- Weerts, H.J.T. (1996)** Complex Confining Layers: Architecture and hydraulic properties of Holocene and Late Weichselian deposits in the Rhine-Meuse delta, The Netherlands; proefschrift Universiteit Utrecht.

*Henk Weerts*

Dr. H.J.T. Weerts  
 Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO  
 Sectie Geo-Kartering West-Nederland  
 Buys Ballotlaboratorium De Uithof  
 Postbus 80015  
 3508 TA Utrecht  
 Tel: (030) 256 46 94  
 Fax: (030) 256 46 80  
 E-mail: h.weerts@nitg.tno.nl

### **Reactie op verhalen van Meinardi e.a.: Grondwateraanvulling en oppervlakkige afstroming in Nederland, deel 1–3**

Met interesse heb ik de drie artikelen gelezen van Meinardi e.a. over de grondwateraanvulling en oppervlakkige afstroming in Nederland. Toch bekwam me een gevoel van onbehagen toen ik de resultaten bekeek. Wat verstaat hij met name onder de term grondwateraanvulling? Ook de termen oppervlakkige afstroming, oppervlakkige afvoercomponenten, ontwateringsdiepte en basisafvoer komen veelvuldig voor in de verhalen, maar met een summiere

beschrijving van sommige. Vreemd genoeg komen de termen kwel en wegzijging bijna niet voor in de drie verhalen! Snel de hydrologische bijbel van de Commissie Hydrologisch Onderzoek (CHO, 1986) erbij gepakt om eens te kijken wat daar in staat als omschrijving van de gebruikte termen. In tabel 1 zijn de officiële omschrijvingen gegeven en die ik uit de artikelen van Meinardi heb gehaald en zo goed als mogelijk heb verwoord. Het blijkt dus dat wat hij onder grondwateraanvulling verstaat, in werkelijkheid de wegzijging is naar het diepere grondwater. De term wegzijging gebruikt hij alleen in het tweede deel, als hij een modelstudie van het Eiland van Dordrecht aan-