



Mechanische putverstopping: oorzaak, preventie en kostenbesparing

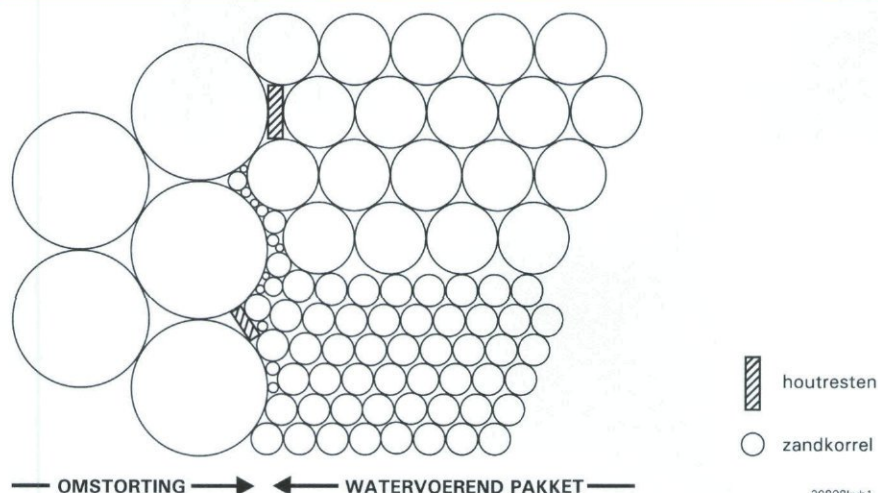
C. VAN BEEK, KIWA WATER RESEARCH

Mechanische verstopping oftewel verstopping van de boorgatwand in waterwinputten kan verklaard worden door accumulatie van zwevend materiaal op de boorgatwand. Deze accumulatie treedt alleen op wanneer tegelijkertijd aan twee voorwaarden wordt voldaan: op de boorgatwand moet een barrière aanwezig zijn en het onttrokken grondwater moet zwevend materiaal bevatten. Op basis hiervan worden in dit artikel mogelijkheden ter preventie gegeven. Indien geen verstopping op kan treden (het onttrokken grondwater bevat geen zwevend materiaal), kan de onttrekking per put worden vergroot, waardoor minder putten nodig zijn. Preventie van de verstopping en vergroting van de onttrekking leiden beide tot financiële voordelen voor de waterleidingbedrijven, mogelijk tot zo'n 10,6 miljoen euro per jaar.

Binnen de waterbedrijven bestaat een toenemende belangstelling voor pompputten en de bedrijfsvoering van puttenvelden. Het grote probleem bij de onttrekking van grondwater met putten is het optreden van verstopping, wat de bedrijfszekerheid in gevaar kan brengen. Er bestaan twee soorten putverstopping: verstopping van de filterspleten van de put en verstopping van de boorgatwand^{2),6)}. Verstopping

van de filterspleten bestaat uit een accumulatie van chemische neerslagen, al of niet in combinatie met biomassa. Deze verstopping is goed te regenereren. De oorzaak van verstopping van de boorgatwand (mechanische verstopping) is niet bekend. Regeneratie van deze verstopping is veel moeilijker en kostbaarder, terwijl het resultaat vaak achterblijft.

Afb. 1: Schematisch beeld van de overgang tussen omstorting (links) en watervoerend pakket (rechts) na het ontwikkelen van een put. Aangenomen is dat door het ontwikkelen de boorspoeling volledig verwijderd is en dat de door de boorspoeling meegevoerde fijne formatiedeeltjes en houtresten, afkomstig van de doorboorde bovenliggende afzettingen, de poriehals van het omstortingsgrind niet kunnen passeren.



20808kvb1

Putverstopping en zwevend materiaal

In het verleden werd de oorzaak van de verstopping van de boorgatwand toegeschreven aan de vorming van ijzersulfiden en de accumulatie van biomassa van sulfaatreducerende bacteriën, al of niet gecombineerd met de accumulatie van door het grondwater meegevoerd materiaal. Inmiddels is aangetoond dat bij diepe putten de concentratie van sulfaat in het onttrokken grondwater zo laag is dat het optreden van sulfaatreductie verwaarloosbaar is⁴⁾. Verstopping van de boorgatwand door accumulatie van zwevend materiaal ligt dan voor de hand^{5),10)}.

Onderzoek naar de aanwezigheid van zwevend materiaal in het onttrokken grondwater toont aan dat het grondwater op sommige puttenvelden wel en op andere geen materiaal bevat³⁾. Tevens blijkt dat als het onttrokken grondwater wel zwevend materiaal bevat, niet altijd sprake is van putverstopping. Dit roept de vraag op onder welke omstandigheden zwevend materiaal accumuleert op de boorgatwand, resulterend in putverstopping.

Kenmerken boorgatwand

Ter vereenvoudiging gaan we er vanuit dat alle deeltjes, waaruit de bodemmatrix is opgebouwd, bestaan uit bollen (glasparels). De diameter van deze bollen is niet van invloed op de porositeit, maar wel op de diameter van de poriehals: de kleinste diameter tussen drie elkaar rakende bollen (zie afbeelding 1). Onttrokken grondwater stroomt eerst door het watervoerend pakket met kleinere bollen en vervolgens door de omstorting met grotere bollen. In de stromingsrichting blijft de porositeit daardoor gelijk en wordt de diameter van de poriehalzen groter. Wanneer het onttrokken grondwater zwevend materiaal bevat, kan onder deze omstandigheden geen sprake zijn van verstopping van de boorgatwand.

Toch treedt op de overgang van watervoerend pakket naar omstorting verstopping op. Blijkbaar is op de boorgatwand iets bijzonders aan de hand.

Tijdens het boren van een put worden grovere en fijnere afzettingen doorboord. Bij een spoelboring met gesloten watersysteem wordt het losgeboorde materiaal naar maaiveld afgevoerd en door één of meer bezinkbakken geleid. In de praktijk blijkt dat (een deel van) het opgeboorde fijne zand de bezinkbakken passeert. De bovengrens van de diameter van dit passerende fijne zand wordt bepaald door de stroomsnelheid in de bezinkbakken en de dikte van de spoeling. Ook (een deel van) de opgeboorde houtresten zal de bezinkbakken passeren. In de laatste bezinkbak worden suppletiewater en eventueel klei en hulpmiddelen toegevoegd, en verdwijnt de boorspoeling 'ver-

ontreinigd' met fijn formatiemateriaal en houtresten weer in het boorgat. Bijgevolg bestaat de spoelingkoek op de boorgatwand dus uit boorspoeling met fijn formatiemateriaal en houtresten.

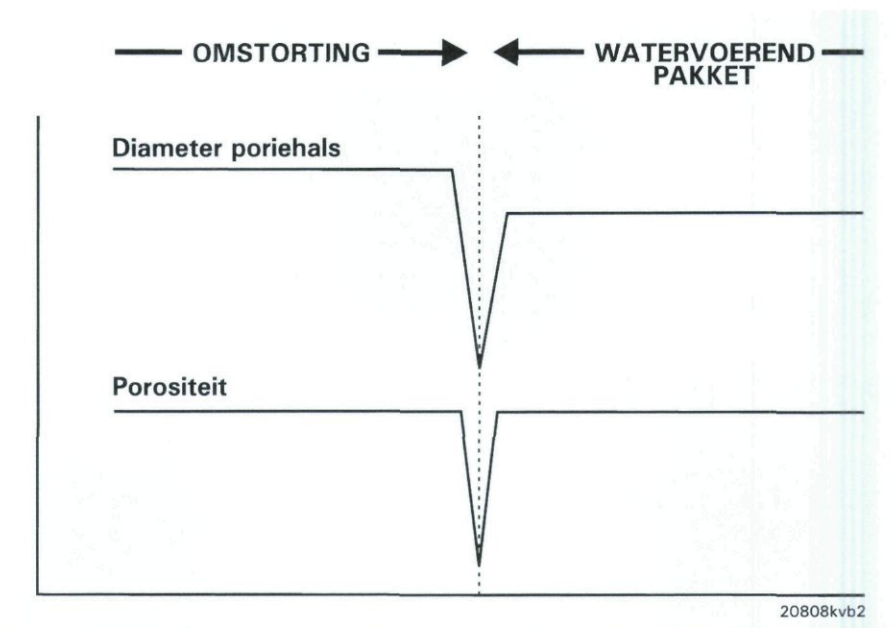
Na het boren en het plaatsen van het put-filter wordt de omstorting aangebracht. De diameter van het omstortingsgrind is afhankelijk van de grofte van het watervoerend pakket, maar is altijd grover dan het fijnste formatiemateriaal. Vervolgens wordt de put 'ontwikkeld': het met grote kracht onttrekken van grondwater om de boorspoeling te verwijderen. Bij dit schoonpompen kan echter alleen dat materiaal worden verwijderd waarvan de diameter kleiner is dan de diameter van de poriehalzen van het omstortingsgrind. Met de boorspoeling meegevoerd fijn zand, te grof om deze poriehalzen te passeren, zal dus op de boorgatwand achterblijven. Dit materiaal zit 'klem' tussen omstorting en watervoerend pakket en resulteert daar ter plaatse in een minimum in porositeit en in diameter van de poriehalzen (zie afbeelding 1). Deze minima in porositeit en meer nog in diameter van de poriehalzen vormen bij uitstek aangrijpingspunten voor de accumulatie van door het grondwater meegevoerd zwevend materiaal.

Het verloop van de diameter van de poriehalzen en van de porositeit tussen omstorting en watervoerend pakket is in afbeelding 2 grafisch samengevat.

In de praktijk blijkt regelmatig dat de specifieke volumestroom van een put na ingebruikneming toeneemt. Ook blijkt regelmatig dat de specifieke volumestroom van een put na regeneratie groter is dan de waarde bij oplevering⁶⁾. Deze waarnemingen kunnen alleen maar verklaard worden wanneer door het bedrijven of door het regenereren van de put alsnog restanten boorspoeling worden verwijderd. Het spreekt vanzelf dat door de aanwezigheid van deze restanten de minima in porositeit en in diameter van de poriehalzen nog verder worden verkleind.

Oorzaak mechanische verstopping

Uit oriënterend onderzoek³⁾ blijkt dat onttrokken grondwater al of niet zwevend materiaal bevat. Combinatie van de al of niet aanwezigheid van een minimum in de diameter van de poriehalzen op de boorgatwand en het al of niet aanwezig zijn van zwevend materiaal in het (onttrokken) grondwater leidt dan tot het al of niet optreden van verstopping op de boorgatwand. Uit tabel 1 kan worden afgeleid dat verstopping van de boorgatwand alleen maar kan optreden als tegelijkertijd aan twee voorwaarden wordt voldaan, namelijk de aanwezigheid van een minimum in de porositeit en in de diameter van de poriehalzen op de boor-



Afb. 2: Verloop van de porositeit en de diameter van de poriehalzen over de boorgatwand. De porositeit van het watervoerend pakket is gelijk aan die van de omstorting. De diameter van de poriehalzen in het watervoerend pakket is kleiner dan die in de omstorting. Door de aanwezigheid van door de boorspoeling meegevoerd fijn zand en organisch materiaal vertonen de porositeit en de diameter van de poriehalzen ter plaatse van de boorgatwand een minimum.

gatwand én de aanwezigheid van zwevend materiaal in het onttrokken grondwater. Waar niet aan beide voorwaarden wordt voldaan, zal deze vorm van putverstopping dus niet optreden.

Bovenstaande redenering geeft tevens informatie over de meest kwetsbare situatie: hoe fijner het omstortingsgrind, des te fijner het materiaal dat de omstorting niet kan passeren en des te meer materiaal op de boorgatwand zal achterblijven. Verstopping van de boorgatwand treedt dan ook in het bijzonder op bij putten die onttrekken uit fijnzandige afzettingen. In Duitsland komt verstopping van de boorgatwand nauwelijks voor⁷⁾, in Nederland op circa 40 procent van de putten-velden⁹⁾. Uit dit verschil in frequentie van optreden ontstaat de indruk dat we hier te maken hebben met een probleem dat kenmerkend is voor Nederlandse omstandigheden: afzettingen in Nederland zijn internationaal gezien fijnzandig, waardoor in Nederland de waterwinning gevoelig is voor verstopping van de boorgatwand.

Preventie

De bovengeschetste verklaring biedt aanknopingspunten voor preventie van verstopping van de boorgatwand. Bij preventie wordt gedacht aan aanpassing van de uitvoering van de boring, de bedrijfsvoering van de put en het putontwerp.

Aanpassing van de uitvoering van de boring

Het minimum in porositeit en in diameter van de poriehalzen door de aanwezigheid van fijn materiaal dat 'klem' zit op de boorgatwand, kan bij de aanleg op verschillende manieren worden tegengegaan. Hierbij kan gedacht worden aan de inzet van een zandafscheider, die het fijne materiaal en het drijvend materiaal (houtresten) volledig verwijdert; het gebruik van kalkdeeltjes als boorspoeling, die door het ontwikkelen met behulp van zuur volledig kunnen worden verwijderd; of aan het schrapen van de boorgatwand juist voor het plaatsen van het putfilter⁸⁾.

Een andere mogelijkheid is het plaatsen van een pulsoboring in plaats van een spoeloboring. Deze suggestie wordt door de praktijk

Tabel 1: Combinatie van factoren die leiden tot verstopping van de boorgatwand.

minimum in porositeit en in diameter van de poriehalzen op de boorgatwand	aanwezigheid van zwevend materiaal in onttrokken grondwater	
	wel aanwezig	niet aanwezig
wel aanwezig	wel verstopping	geen verstopping
niet aanwezig	geen verstopping	geen verstopping

bevestigd: putten gezet met pulsboringen verstoppen niet (of veel langzamer) dan putten gezet met spoelboringen. Op basis van de gepresenteerde redenering is deze waarneming verklaarbaar: bij pulsboringen treedt wel versmering van de boorgatwand op, maar wordt geen fijn formatiemateriaal of organisch materiaal aangevoerd. Tenslotte wordt het optreden van verstopping vertraagd door het zo volledig mogelijk verwijderen van de boorspoeling, dat wil zeggen het maximaal ontwikkelen van een put in plaats van tot ontwerpcapaciteit.

Aanpassingen van de bedrijfsvoering

De concentratie van zwevend materiaal in het onttrokken grondwater blijkt meer dan evenredig toe te nemen met de volumestroom³⁾. Door de put met een kleinere capaciteit te bedienen zal de verstoppingsnelheid afnemen, en wanneer de onttrekking onder een kritische volumestroom blijft, zal verstopping mogelijk volledig achterwege blijven.

Een andere mogelijkheid wordt gevormd door het periodiek omkeren van de stromingsrichting. Door infiltratie van water kan geaccumuleerd zwevend materiaal weer worden losgespoeld. Door vervolgens weer met een kleine capaciteit te gaan onttrekken kan het losgespoelde materiaal worden afgevoerd. Vervolgens kan de put weer vol worden belast.

Aanpassing putontwerp

Hoe meer zwevend materiaal de boorgatwand per oppervlakte-eenheid zal passeren, des te sneller zal verstopping optreden. Vergroting van de boorgatdiameter resulteert in een vergroting van het oppervlak van de boorgatwand, en daarmee in een vermindering van de aanvoer per oppervlakte-eenheid. Vergroting van de boorgatdiameter moet echter niet samengaan met een gelijkblijvende diameter van het putfilter en daardoor met een dikkere omstorting. Putten met een dikke omstorting zijn namelijk lastiger te regenereren dan putten met een dunne omstorting.

Mogelijke kostenbesparing

Preventie of vertraging van putverstopping leidt tot een verlenging van de levensduur van de pompputten en tot het achterwege blijven van kosten voor regeneratie. Uit onderzoek van Schrama *et al.*⁹⁾ blijkt dat de kosten van een verstoppende pompput 9.000 euro per jaar bedragen.

Bij putten die niet verstoppen kan de onttrekkingscapaciteit worden vergroot. Bij verdubbeling van de capaciteit kan met de helft van het aantal putten worden volstaan, wat resulteert in een kostenbesparing bij aanleg van circa 200.000 tot 400.000 euro (afhankelijk van de capaciteitsverhoging en diepte van de pompputten). Uit het onderzoek van Schrama

et al. blijkt dat 50 procent van de putten van de Nederlandse waterbedrijven niet verstopt en dat 34 procent verstopt op de boorgatwand. Op basis van deze informatie wordt becijferd dat het financieel voordeel voor de Nederlandse waterbedrijven kan oplopen tot 10,6 miljoen euro per jaar. Hierbij zijn de financiële voordelen van minder verstoring van de bedrijfsvoering, lagere energiekosten en minder kosten voor monitoring niet meegenomen.

Onderzoeksplan

De verklaring van het optreden van mechanische verstopping is gebaseerd op resultaten van onderzoek dat Kiwa Water Research uitvoerde in samenwerking met de Nederlandse waterbedrijven tussen 1995 en 2000. In het kader van het contractonderzoek 2001 verzochten vijf waterbedrijven (de drie Hydron-bedrijven, Brabant Water en Vitens Gelderland) Kiwa een onderzoeksplan voor verstopping op de boorgatwand uit te werken. Dit plan omvat het karakteriseren van mechanische verstopping, het optimaliseren van mogelijkheden ter preventie en de wijze van efficiënter omgaan met pompputten waar reeds mechanische verstopping is geconstateerd. Centraal hierin staan het gebruik van proefopstellingen en (grote) schaalmodellen.

Per 1 januari van dit jaar onderzoekt een promovendus het probleem van putverstopping: het zogeheten BTS-project putverstopping. Dit project is mogelijk gemaakt door een, via Senter verkregen subsidie van het Ministerie van Economische Zaken. Het project wordt uitgevoerd door Waterleiding Maatschappij Limburg, Brabant Water, Hydron Zuid-Holland en Vitens Gelderland, de bedrijven Hoek-Loos en IF-Technology én de onderzoeksinstituten TU Delft, Geo Delft en Kiwa. Dit project omvat ook onderzoek naar de verstopping van de boorgatwand en het karakteriseren van watervoerende pakketten met betrekking tot de aanwezigheid en aard van zwevend materiaal in onttrokken grondwater.

Tijdens een bijeenkomst van het Kennisplatform putmanagement op 16 april van dit jaar nam Kiwa op zich om de verbanden en mogelijk overlapping van het BTS-project en het onderzoeksvoorstel verstopping op de boorgatwand in beeld te brengen. Het doel is het onderzoek zo efficiënt en effectief mogelijk in te richten, waardoor een doorbraak in de kennis van putverstopping geforceerd kan worden. 

LITERATUUR

- 1) Balemans M., J.-W. Kooiman en J. Kappelhof (2002). De toekomst van putmanagement: inzicht, innovatie en integratie. H₂O nr. 7.
- 2) Balemans M., E. Schrama, C. van Beek en H. Makkink (2000). Kennisdocument Putten(velden). Ontwerp, aanleg en exploitatie van pompputten. Kiwa BTO 2000-110(C).
- 3) Van Beek C. (2000). Deeltjes in onttrokken grondwater, niet verstoppende puttenvelden. Kiwa BTO 2000-182(C).
- 4) Van Beek C., E. Schrama, M. Eck en J. Verstraalen (1999). Verstopping van diepe putten door deeltjes. H₂O nr. 16/17, pag. 21-24. 5) Van Beek C., C. Janssen, M. Juhász-Holterman en J. Peters (1998). Verstopping van productieputten door deeltjes. H₂O nr. 17, pag. 18-20.
- 6) Van Beek C. (1995). Brunnenalterung und Brunnenregenerierung in den Niederlanden. GWF Wasser/Abwasser nr. 3, pag. 128-137.
- 7) Niehues B. (1999). DVGW-Umfrage "Brunnenregenerierung", Informationsveranstaltung, 2. Friedrichshafener Brunnenbautage. DVGW Berufsbildung, pag. 173-185.
- 8) Olsthoorn T. en S. van Harlingen (1994). Infiltratieputten: schoon boren door wandschrapen. H₂O nr. 21, pag. 636-639.
- 9) Schrama E., M. Balemans en C. van Beek (2001). Quick scan putverstopping en regeneratie bij vijf waterbedrijven. Kiwa BTO 2001-169(C).
- 10) Timmer H., J. Verdel en A. Jongmans (2000). Verstopping putten door van nature aanwezig materiaal. H₂O nr. 20, pag. 24-26.