

## Rijkswaterstaat WVL neemt initiatief voor Pilot / innovatieprogramma grondwaterstroming

# Meten van grondwaterstroming leidt tot risicoreductie en kostenbesparingen

De laatste jaren zijn innovatieve meettechnieken ontwikkeld voor het meten van grondwaterstroming. Ze geven extra inzicht in de effecten en de risico's van ingrepen in het bodem- en watersysteem en de omgeving. Risico's zoals kwel vanuit kanalen, voorkeursstroming (piping) in dijken of verstopping van drinkwaterwinputten kunnen hiermee beter bepaald worden. Besparingen van miljoenen euro's zijn mogelijk.

Door: Hans Gerritsen (hoofdauteur), Jacques Peerboom, Derk van Ree, Victor Hopman, Ad van der Horst, Bram te Brake, Xander Tekelenburg, Wiecher Bakx en Eric Broers

### Over de auteurs:

ing J.B.M. Gerritsen MSc, werkzaam bij Rijkswaterstaat WVL als senior adviseur geohydrologie  
 ir. J.M.P.M. Peerboom, werkzaam bij Rijkswaterstaat WVL  
 drs. C.C.D.F. van Ree, werkzaam bij Deltares  
 drs. V. Hopman, werkzaam bij Deltares  
 ing. J.A. van der Horst MSc, werkzaam bij Ingenieursburo Land  
 dr. ir. B. te Brake, werkzaam bij Ingenieursburo Land  
 X. Tekelenburg MSc, werkzaam bij Tauw  
 W. Bakx MSc, werkzaam bij Aveco de Bondt  
 Ir. H.J.M. Broers, werkzaam bij KWR Water

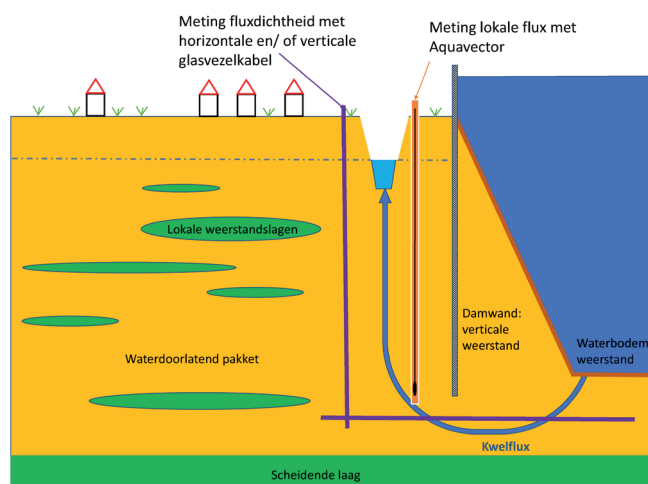
### INLEIDING

De realisatie van projecten in de Grond- Weg- en Waterbouwsector (GWW), waaronder veel grote infrastructurele projecten, kan gepaard gaan met onverwachte geohydrologische en geotechnische risico's. Verlagen of verhogen van de grondwaterstand kunnen aanzienlijke schade opleveren door ongewenste zettingen, wateroverlast of verspreiding van verontreinigd grondwater en betekent een flinke kostenpost. Los van imagoschade en vertragingen worden de extra kosten geschat op ca. 1-5 procent van de totale kosten, waardoor deze risico's kunnen oplopen tot tientallen miljoenen euro's.

Om de risico's te beperken, wordt vaak geïnvesteerd in extra geohydrologisch modelonderzoek. Ondank het beschikbaar komen van steeds meer data over het bodem- en grondwatersysteem blijft de onzekerheid over modeluitgangspunten en afwijkende bodemparameters bestaan. Door extra monitoring kunnen deze risico's worden beperkt.

De laatste jaren zijn innovatieve meettechnieken ontwikkeld waarmee de grondwaterstroming in beeld gebracht kan worden. Daarmee kan bepaald worden waar, hoe snel en in welke richting het grondwater stroomt. Door metingen van de grondwaterstro-

ming komen interessante toepassingen in beeld. Bijvoorbeeld de bepaling van rivier- en kanaalbodemweerstand, in beeld brengen van kwel vanuit kanalen of voorkeursstroming (piping) in dijken of toestroming van grondwater naar een drinkwaterput en eventuele verstoppingen. Zie figuur 1.



FIGUUR 1: PRINCIPESCHETS VAN EEN KANAAL EN TOEPASSING VAN INNOVATIEVE MEETTECHNIEKEN GRONDWATERSTROMING.

Rijkswaterstaat WVL wil in de periode 2022 - 2025 samen met marktpartijen, onderzoeksinstituten en mede-overheden een Pilot-innovatieprogramma grondwaterstroming opzetten met als doel het ontwikkelen van innovatieve meettechnieken voor in-situ grondwaterstroming, gericht op toepassingen binnen de GWW-sector en de drinkwatersector.

In dit artikel wordt kort ingegaan op reeds beschikbare meettechnieken. Hierbij worden twee heat-pulse technieken beschreven aan de hand van twee praktijkvoorbeelden, namelijk proef

Twentekanaal met Aquavector instrument en drinkwaterwinning 't Klooster met DTS – glasvezelkabels.

## MEETTECHNIEKEN GRONDWATERSTROMING

Monitoring van grondwater blijkt in de praktijk tot nu toe meestal te worden uitgevoerd met peilbuizen om de grondwaterstand te meten. Vanwege nieuwe ontwikkelingen op het gebied van het meten van grondwaterstroming heeft Deltares in 2019 voor een

## Minder hoofdpijn door meer te meten aan grondwater

aantal toepassingsgebieden (onder andere kanalen, dijken, wegen) een overzicht gemaakt van deze meettechnieken. In totaal zijn 11 meettechnieken geïdentificeerd, waarbij het gaat om puntmetingen, lijnmetingen, vlakmetingen (2D) en driedimensionale (3D) metingen zoals Electrical Resistivity Tomografie (ERT).<sup>1</sup>

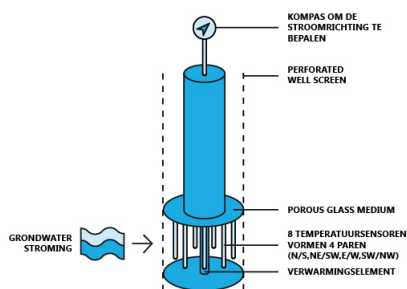
In een tweede onderzoek zijn door Deltares een groot aantal interviews afgenomen met diverse vertegenwoordigers uit de GWW- en drinkwatersector. Tevens zijn de wensen en mogelijkheden van opdrachtgevers voor het meten van grondwaterstroming samengevat.<sup>2</sup>

Hieruit blijkt dat opdrachtgevers vooral behoefte hebben aan validatie- en verificatiemethoden en stellen zij de volgende eisen aan deze innovatieve meettechnieken:

- Eenvoudig en praktisch toepasbaar;
- Toepassen op het juiste schaalniveau i.r.t. het model;
- Inzicht in de kosten;
- Betrouwbaar en nauwkeurig;
- Robuust (op langere termijn goed blijven werken).

Puntmetingen (bv Aquavector) en lijnmetingen (bv DTS - glasvezelkabels) en driedimensionale metingen (bv ERT) worden als de meest kansrijke meettechnieken gezien. In dit artikel focussen we vooral op punt- en lijnmetingen aan de hand van twee praktijkvoorbeelden, namelijk de proef Twentekanaal (Aquavector) en drinkwaterwinning 't Klooster (DTS- glasvezelkabels).

## PROEF TWENTEKANAAL MET AQUAVECTOR



FIGUUR 2: PRINCIPESCHETS VAN AQUAVECTOR.

### Werking van het instrument

Aquavector maakt gebruik van een Heat-pulse flow meetprincipe. Het apparaat werkt op basis van het meten van verschillen in verspreiding van warmte, die door een warmte-element wordt opgewekt. Het apparaat bestaat uit een sonde met een diameter van 50 mm. In deze sonde bevinden zich acht temperatuursensoren en het warmte-element. De sonde wordt in een peilbuis gebracht met verlengbare stokken. Na de stabilisatieperiode wordt met het warmte-element een hittepuls gegenereerd en

wordt de verspreiding van warmte gemeten. Reactietijd en temperatuurverschillen worden geregistreerd door sensoren en zijn een maat voor de grondwaterstroming.

### Beschrijving van de proef Twentekanaal

In samenwerking met Rijkswaterstaat, Aquavector en TAUW is in augustus 2019 een pilot uitgevoerd waarbij een peilopzet van het Twentekanaal tussen Hengelo en Enschede is uitgevoerd. Het kanaalpeil is ten opzichte van streefpeil met ca. 30 cm verhoogd voor een periode van 12 uur en vervolgens met ca. 60 cm verlaagd voor 12 uur, waarna het kanaalpeil weer terug op streefpeil is gebracht.

Het doel van de peilopzet was het verkrijgen van inzicht in de risico's op kwel en grondwateroverlast rondom het Twentekanaal. Deze proef bood een unieke mogelijkheid om de lokale invloed van het kanaal op de omgeving te analyseren, via peilbuizen en sensoren van Aquavector.<sup>3</sup>



FIGUUR 3: VOORBEREIDEND VELDWERK AQUAVECTOR.

Door traditionele grondwaterstandmetingen met peilbuizen te combineren met metingen van de grondwaterstroming bleek het mogelijk om lokale bodemparameters gedetailleerd in kaart te brengen. Bijvoorbeeld de doorlatendheid van bodemlagen of damwanden. Met behulp van deze metingen kunnen gerichte beheersmaatregelen worden getroffen om het risico op voorkeursstroming (piping) in kanaaldijken en kwel- en grondwateroverlast in de omgeving beter te beheersen.<sup>4</sup>

Verder bleek uit de pilotproef dat:

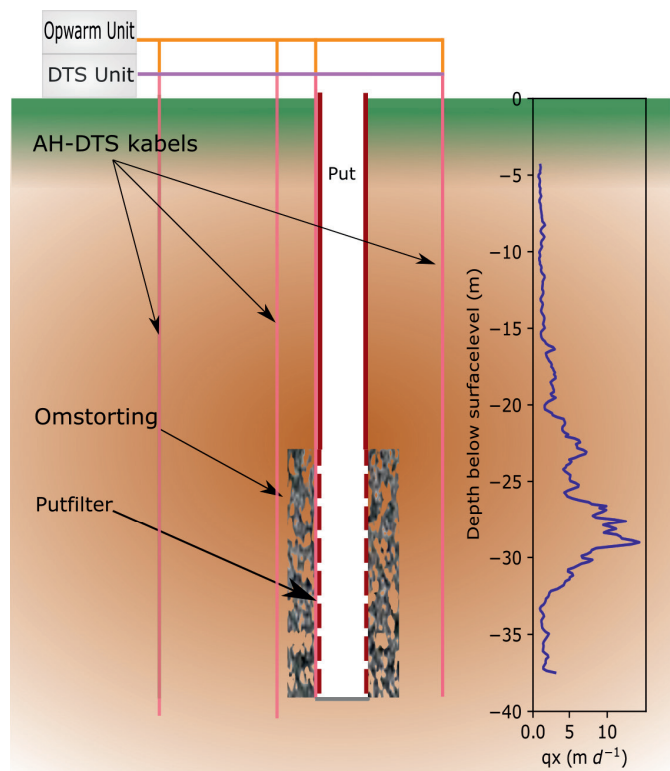
- bij wisselende waterstanden van het Twentekanaal de sensoren een duidelijke respons geven;
- de stromingsrichting van het grondwater bleek, zoals verwacht, haaks op het kanaal te staan;
- de techniek in de praktijk werkt, maar verdere doorontwikkeling is nodig (met name voor een meer stabiele werking en eenduidige interpretatie van de respons m.b.t. snelheden);
- de sensoren in staat zijn om relatief lage grondwaterstroomsnelheden te meten vanaf 0,25 [m/d].
- beter inzicht ontstaat in het risico op voorkeursstroming (piping) in dijken en een nauwkeurige bepaling welke dijktrajecten hierop goedgekeurd of afgekeurd worden.<sup>5</sup>

## METEN GRONDWATERSTROMING MET AH-DTS NABIJ DRINKWATERWINNEN 'T KLOOSTER EN DE GROEVE

Voor het managen van drinkwater winputten is inzicht in de grondwaterstroming noodzakelijk. Wanneer de grondwaterstroming actief en continue kan worden gemeten, worden processen zoals putverstopping beter zichtbaar. Deze metingen leveren inzicht in de effectiviteit van ondergrondse ontijzering en het onderzoek naar alternatieve puttechnieken.

In een samenwerkingsproject met drinkwaterbedrijf Vitens, drinkwaterbedrijf Groningen, Deltares en Aveco de Bondt wordt het meten van grondwaterstroming met Active Heating - Distributed Temperature Sensing (AH-DTS Heat Pulse) ingezet om concrete onderzoeksvragen te adresseren.

Met AH-DTS wordt een opwarmelement en een glasvezelkabel gecombineerd in de ondergrond ingebracht. In figuur 4 is de stroomsnelheid over de diepte weergegeven. Met de glasvezelkabel wordt de temperatuur continue gemeten, en wordt voor een korte periode de kabel opgewarmd met het opwarmelement. Het meetprincipe is dat bij hogere stroomsnelheden meer koeling van de kabel plaatsvindt dan bij lagere stroomsnelheden. Uit metingen van de temperatuur op meerdere plekken kan de grondwaterstroomsnelheid worden afgeleid.<sup>6</sup>



FIGUUR 4: AH-DTS MEETOPSTELLING. AH-DTS KABELS ZIJN VERTICAAL IN DE ONDERGROND INGEBRACHT NAAST DE PUT EN IN DE OMSTORTING. DE GRAFIEK RECHTS LAAT EEN VOORBEELD ZIEN VAN DE GRONDWATERSTROOMSNELHEID [M/D] OVER DE DIEPTE.

Metingen van de grondwaterstroming hebben de volgende waardevolle inzichten opgeleverd:

- de grondwaterstroming (snelheden 1-50 [m/d]) kan direct rond een winput worden bepaald, met een verticale resolutie van 1 meter;
- de stroomsnelheden laten een voorkeursstroming zien in een bepaalde laag. Recente boringen (op deze diepte is een grindlaag met stenen aangetroffen) bevestigen dit beeld;
- de stroomsnelheden laten een sterke variatie zien, op verschillende dieptes en - richtingen;
- de grondwaterstroming naar de beide winputten wordt in sterke mate beïnvloed door activiteiten van omliggende winputten.

Op basis van deze meetresultaten wordt ingezet op een verdere ontwikkeling van deze meettechniek.

### BOODSCHAP

Uit bovenstaande praktijkvoorbeelden blijkt dat het meten van grondwaterstroming een aanvullend inzicht geeft in de effecten en risico's van ingrepen op het bodem- en grondwatersysteem. Het levert waardevolle informatie, bijvoorbeeld over in-situ

Meten van grondwaterstroming is innovatie "Peilbuis 2.0"

doorlatendheden van bodemlagen of de opstuwung van grondwater nabij ondergrondse constructies (bv schermwanden, damwanden). De combinatie van modelleren en monitoren blijkt cruciaal in de beheersing van geohydrologische en geotechnische risico's en zijn flinke kostenbesparingen mogelijk (enkele tot tientallen miljoenen euro's). Het meten van de grondwaterstroming is hierbij noodzakelijk.

In de volgende projecten zien we een waardevolle en nuttige inbreng van het meten van de grondwaterstroming:

- Binnenstedelijke kademuren;
- Dijken, dammen en sluisen;
- Hydrologie (rivieren, kanalen, overige watergangen);
- Tunnels;
- Verdiepte ligging van snelwegen;
- Bemalingen;
- Verontreinigingen.

Dit zijn belangrijke argumenten om in 2022 een Pilot-innovatieprogramma grondwaterstroming op te zetten, gericht op de GWW-sector en drinkwatersector.<sup>6</sup>

Mocht u voor dit programma belangstelling hebben of hierin willen participeren, dan kunt u contact opnemen met Hans Gerritsen (hans.gerritsen@rws.nl) of Eric Broers (eric.broers@kwrwater.nl).

### NOTEN

1. Hopman, V. en Pefkos, M., Meettechnieken grondwaterstromingssnelheid en -richting, Meten van grondwaterstroming. Onderzoek uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat WVL, Deltares rapport 11203690-010-BGS-0001, december 2019.
2. Van Ree, D., BO13 Meten grondwaterstroming. Gespreksverslagen. Onderzoek uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat WVL, Deltares rapport 11206789-000-BGS-0002, juli 2021.
3. Van Ree, D. en Hopman, V., BO13 Meten grondwaterstroming. Middellange termijn Pilot-innovatieprogramma. Onderzoek uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat WVL, Deltares rapport 11206789-000-BGS-0001, juli 2021.
4. Van der Horst, J.A. en Te Brake, B., Metingen van grondwaterstroomsnelheid en -richting, Proef peilopzet Twentekanaal, AquaVector rapport R01-85003-D01, in samenwerking met Rijkswaterstaat ON, augustus 2019.
5. Tekelenburg, X. en De Gee, L. en Van Kooten, V. en Olsthoorn, Th.: Onderzoek risico piping regionale keringen Twentekanaal: Pand Hengelo - Enschede, onderzoek uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat ON, Tauw rapport 1272515, oktober 2019.
6. Bakx, W., Doornbal, P.J., van Weesep, R.J., Bense, V.F., Oude Essink, G.H.P., Bierkens, M.F.P. (2019). Determining the relation between groundwater flow velocities and measured temperature differences using Active Heating-Distributed Temperature Sensing. Water 2019, 11, 1619. DOI: 10.3390/w11081619.