



## AUTEURS



Henk Ritzema  
(Wageningen  
Universiteit)



Martin Knotters  
(Wageningen  
Environmental  
Research)

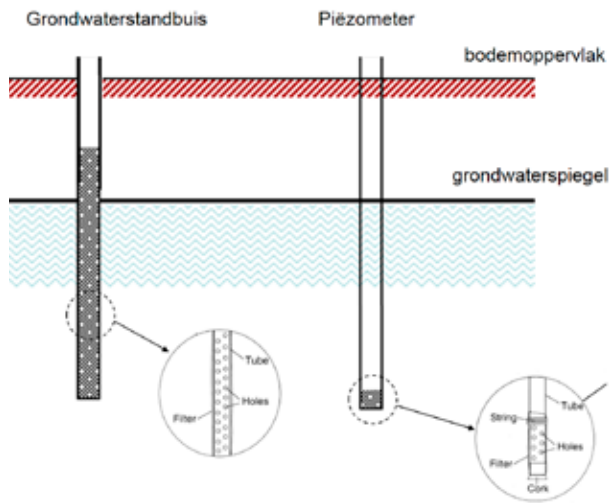
## METHODEN VOOR DE BEPALING VAN GRONDWATERSTANDEN: KAN HET BETER?

Tijdens de extreme zomer van 2018 zijn we gewend geraakt aan nieuwsberichten over grondwater. Maar hoe worden grondwaterstanden eigenlijk gemeten, en hoe worden die metingen verwerkt tot grondwaterkaarten? Dit artikel zet alle gangbare methoden op een rij, inclusief mogelijke foutenbronnen. De resultaten maken duidelijk dat een onafhankelijk validatiemetnet voor grondwatermetingen geen overbodige luxe is.

In Nederland wordt een grondwaterkarakteristiek (GWK) voor een gebied in drie stappen bepaald: (1) in-situ meting van de grondwaterstand (in het veld); (2) interpolatie en extrapolatie in de tijd; en (3) ruimtelijke interpolatie en aggregatie. Deze procedure is niet gestandaardiseerd. In de praktijk worden meerdere definities en verschillende combinaties van methoden gebruikt. We hebben een analyse gemaakt van de methoden en technieken van de afgelopen 25 jaar. Doel was om de impact te bepalen van de fouten die bij elke stap kunnen optreden, en de consequenties hiervan voor de resulterende grondwaterkarakteristiek.

### Welke definities worden gebruikt?

Er worden bij metingen verschillende definities van 'grondwaterstand' gebruikt. Daardoor staat niet eenduidig vast of de freatische grondwaterstand, een schijngrondwaterstand, een



Afbeelding 1. Schema van grondwaterstandmetingen met een grondwaterstandbuis (volledig geperforeerd) en een diepe piëzometer (kort geperforeerd filter)

stijghoogte of de (geohydrologische) grondwaterstand is gemeten. Daarnaast is het in Nederland gebruikelijk de grondwatersituatie op een meetlocatie te karakteriseren met gemiddelden, de zogenaamde GxG's. Ook deze GxG's worden niet op uniforme wijze bepaald.

#### Hoe wordt gemeten?

Er zijn vier methoden in gebruik om de grondwaterstand te meten: (i) grondwaterstandbuizen; (ii) piëzometers; (iii) open boorgaten; (iv) veldschattingen (afbeelding 1). Deze methoden zijn gestandaardiseerd (type buis, plaatsen, meetmethoden en gegevensopslag), maar ze laten wel ruimte voor een eigen invulling (locatie, diepte, filterlengte, frequentie, relatie met grondsoort, etc.). Als een grondwaterstandbuis bijvoorbeeld is geplaatst door een slecht doorlatende laag waarop zich een zogeheten schijnspiegel heeft gevormd, weet je niet precies wat je meet. Dit maakt interpretatie van de meting noodzakelijk, waarbij subjectiviteit kan optreden.

Een piëzometer meet de stijghoogte en niet de freatische grondwaterstand. Bij piëzometers weet je beter wat je meet dan bij een grondwaterstandbuis. Dat geldt ook voor open boorgaten, mits er wordt geboord tot op een slecht doorlatende laag waarop een stijghoogteverschil of een schijnspiegel optreedt, en er zo nodig meerdere boorgaten worden gemaakt op verschillende diepten om het optreden van schijnspiegels vast te stellen.

Uit een vergelijking van de vier meetmethoden aan de hand van 13 beoordelingscriteria kwamen de grondwaterstandbuis en de piëzometer als beste naar voren (Tabel 1).

Fouten bij het meten van de grondwaterstand zitten niet zozeer in de meting zelf maar in de onduidelijkheid over wat er wordt gemeten: de freatische grondwaterstand in al dan niet stationaire toestand, de diepte tot een schijngrondwaterstand, of de stijghoogte. Aanvullend worden fouten geïntroduceerd wanneer in de loop der tijd de buizen worden verplaatst, verlengd of als de filterlengte wordt aangepast. Onzekerheid zit ook in het feit dat niet bekend is of tijdens de opname het waterpeil in de buis in evenwicht is met het water in de bodem (denk aan invloeden als grondwaterstroming, luchtdruk en temperatuur). Daarnaast is de nauwkeurigheid een punt, die valt bij druksensoren nogal eens tegen. Elk van deze oorzaken kan leiden tot fouten die variëren van enkele tot tientallen centimeters.

#### Hoe gebeurt de opschaling in de tijd?

Het opschalen van grondwaterstandmetingen in de tijd kan met (i) directe berekening uit tijdreeksen; (ii) statistische modellen; (iii) procesmodellen en (iv) expertkennis. Opschalen in de tijd is eenvoudig wanneer de tijdreeks lang genoeg is en er vaak genoeg gemeten is. Een te korte tijdreeks kan worden uitgebreid met behulp van statistische modellen en/of procesmodellen.

Bij statistische modellen poneert men een model waarin de grondwaterstand op een tijdstip een functie is van de grondwaterstand op het vorige tijdstip plus andere relevante informatie, bijvoorbeeld het neerslagoverschot in de tussenliggende tijd. Procesmodellen hebben als voordeel dat de meest relevante fysische wetten expliciet onderdeel zijn van het model. Nadelen zijn dat modelbouw en kalibratie bewerkelijker zijn en dat meer invoergegevens nodig zijn. Een aandachtspunt is dat door kalibratie afvlakking van GxG's kan optreden wanneer alleen de 'fit' wordt beschouwd en niet de 'ruis' (waaronder meer extreme waarden).

Temporele opschaling kan ook met expertkennis: een veldbodemkundige, voorzien van profiel- en veldkenmerken, schat een GxG. In de praktijk worden vaak

Gewenst:  
validatiemeetnet  
grondwaterstand

24

Criterium	Beoordeling van de meetmethode			
	Grondwater-standbuis	Piëzometer	Open boorgaten	Veldschattingen
Detailniveau	+	++	+	-
Doorlooptijd	+	+	+/-	-
Nauwkeurigheid	+/-	++	+/- tot + <sup>a</sup>	-
Gebruik aanvullende gegevens	+/-	+/-	+	+
Fluxen te bepalen	-	++	-	-
Reproduceerbaarheid	++	++	+/-	-
Objectiviteit	+	+	+	-
Ontwikkel- en gebruiksgemak	+	+	+	+
Kwantificering onzekerheid	+/-	+	+/-	-

<sup>a</sup> Bij zowel piëzometers als bij open boorgaten weet je beter wat je meet dan bij een grondwaterstandbuis, mits er bij de open boorgaten wordt geboord tot op een slecht doorlatende laag waarop een stijghoogteverschil of een schijnspiegel optreedt, en evt. meerdere boorgaten worden gemaakt op verschillende diepten om het optreden van schijnspiegels vast te stellen.

Tabel 1. Beoordeling van vier methoden om freatische grondwaterstanden te meten. Of een methode voldoet is kwalitatief weergegeven, waarbij ++ staat voor 'voldoet zeker' en - voor 'voldoet zeker niet'

meerdere methoden gecombineerd, bijvoorbeeld expertkennis met procesmodellen of een procesmodel met een statistisch model.

Een meetreeks bevat soms gegevens van meerdere buizen, omdat een buis is verplaatst of verlengd, al dan niet aangevuld met modelberekende waterstanden (bijv. met een tijdreeksmodel). Bij temporele aggregatie middelen de fouten zich deels uit maar worden ook nieuwe foutenbronnen geïntroduceerd. Daardoor kan de fout in de GxG van een buislocatie oplopen tot enkele decimeters en soms zelfs tot meer dan een meter. Vaak zijn de fouten groter op locaties met korte tijdreeksen.

#### Hoe gebeurt de ruimtelijke interpolatie en aggregatie?

Opschaling naar een grondwaterkarakteristiek van een gebied of een regio gebeurt wederom met vier methoden: (i) expertkennis; (ii) kanssteekproeven; (iii) statistische modellen; (iv) procesmodellen.

Experts kunnen op basis van gebiedskennis een schatting maken van de gemiddelde grondwaterkarakteristiek (GWK) voor een gebied. Hierbij zullen ze niet alleen gebruik maken van vastgestelde GWK's op meetlocaties binnen het gebied (en erbuiten, in de buurt van het doelgebied) maar ook van aanvullende informatie zoals de hoogtekaart, de bodemkaart en waterpeilen van oppervlaktewater.

Kanssteekproeven worden alleen gebruikt voor ruimtelijke aggregatie. Hierbij worden de locaties waarop de GWK moet worden vastgesteld geloot en

vervolgens worden op basis van deze steekproef de frequentieverdeling van GWK's geschat of parameters daarvan, zoals het gemiddelde, voor het gebied waarin de steekproef is genomen.

Bij statistische modellen is een steekproef niet nodig, maar er worden wel eisen gesteld aan het minimum aantal meetlocaties. Een ander verschil is dat de uitkomsten alleen gelden onder bepaalde modelveronderstellingen (bijv. lineaire relaties, constante variantie van regressieresiduen, stationariteit van het semi-variogram).

Procesmodellen hebben het voordeel dat allerlei (vaak niet-lineaire) fysische relaties kunnen worden meegenomen. Met procesmodellen is het mogelijk om te extrapoleren naar andere situaties (in ruimte en tijd) en om maatregelen en/of scenario's door te rekenen. Een nadeel is dat vaak veel benodigde invoergegevens en procesparameters niet bekend zijn en berusten op aannames.

Vaak worden temporele en ruimtelijke aggregatiemethoden gecombineerd. Kwantificering van modelfouten blijkt vaak lastig en wordt daarom vaak buiten beschouwing gelaten. Bij ruimtelijke interpolatie komt de interpolatiefout bovenop fouten bij het meten en het temporeel aggregeren, waardoor de fout uiteindelijk gemiddeld zo'n 20 tot 50 centimeter groot kan zijn, uiteraard afhankelijk van het gebied en de gebruikte methode. Anderzijds worden bij ruimtelijke aggregatie toevallige fouten in de puntschattingen van GWK's juist weer uitgemiddeld.

### Wat hebben we geleerd?

De afgelopen zestig jaar zijn de methoden veranderd voor het meten en interpreteren van grondwaterstanden teneinde grondwaterkarakteristieken (GWK's) voor een gebied te verkrijgen. Voor elk van de drie stappen in dit proces kunnen vier verschillende methoden worden gebruikt. Welke combinatie wordt gebruikt is meestal gebaseerd op het doel van het onderzoek en de beschikbare gegevens. Het gebruik van verschillende combinaties van methoden en technieken heeft zeker geleid tot een beter begrip van de GWK's in de bestudeerde gebieden.

De impact van fouten bij metingen en onnauwkeurigheden in de temporele en/of ruimtelijke interpolatie en aggregatie, is nooit systematisch onderzocht. Uit onze analyse blijkt dat veranderingen in de methoden voor het meten en interpreteren van grondwaterstanden tot aanzienlijke systematische verschillen in de GWK's leiden. We konden de nauwkeurigheid van vastgestelde GWK's echter niet beoordelen, deels vanwege de remediërende interacties tussen de fouten.

Het bepalen van grondwaterkarakteristieken is een iteratief proces waarbij elke stap een aantal keren moet worden herhaald om te controleren of de aannames die nodig zijn om een bepaalde stap te doorlopen, de volgende stappen niet belemmeren. Aan het begin van elk onderzoek moet, op basis van de onderzoeksvragen, een analyse worden gemaakt om de meest geschikte meetlocaties (datasets) te selecteren en vervolgens de meest geschikte methoden om tot een GWK te komen. Essentieel hierbij is te beoordelen of de resulterende nauwkeurigheid voldoende is om de onderzoeksvragen te beantwoorden.

### Validatienetwerk

Uit ons onderzoek blijkt dat, hoewel we een nationaal meetnet hebben voor het meten van grondwaterstanden, we niet zeker weten of droogtestress of wateroverlast in Nederland wordt onder- of overschat. Om de grondwaterstand objectief en procesonafhankelijk vast te stellen, zijn onafhankelijke validatiegegevens op willekeurig geselecteerde locaties nodig. Helaas voldoen bestaande monitoringputten zelden aan dit criterium. De invoering van een validatiemeetnet om

objectief de betrouwbaarheid van gebruikte modellen en kaarten vast te stellen, onafhankelijk van de bestaande meetnetten, zou dit probleem oplossen.

*Dit artikel is een samenvatting van het project 'Verdroging' van Wageningen Environmental Research. Het project is geïnitieerd n.a.v. discussies rond 'numerieke verdroging' uit de afgelopen jaren en is gefinancierd door WEnR en het Kennis Basis project 'Duurzame ontwikkeling van de groenblauwe ruimte' van het ministerie van Economische Zaken.*

Henk Ritzema  
(Wageningen Universiteit)  
Martin Knotters  
(Wageningen Environmental Research)

### Referenties

Ritzema, H.P. et al (2018). Analysis of the methodologies used to derive groundwater characteristics for a specific area. *Geoderma Regional*, Published on line, doi: 10.1016/j.geodrs.2018.e00182

Ritzema, H.P. et al (2012). Meten en interpreteren van grondwaterstanden. Analyse van methodieken en nauwkeurigheid. Wageningen, Alterra-rapport 2345. 122 blz.

Gewenst:  
validatiemeetnet  
grondwaterstand

### SAMENVATTING

In Nederland zijn grondwaterstanden belangrijk voor natuur en landbouw, en bijvoorbeeld ook voor funderingen. Er worden echter verschillende methoden gebruikt om grondwaterstanden te meten en een regionaal en landelijk beeld te verkrijgen. Wij hebben geanalyseerd hoe gangbare combinaties van methoden de resulterende grondwaterkarakteristiek (GWK) beïnvloeden. We laten zien dat er geen systematische beoordeling is geweest van de betrouwbaarheid van metingen en gebruikte modellen. Daardoor is onzeker of droogtestress of wateroverlast in Nederland wordt onder- of overschat. We doen aanbevelingen voor een meer systematische aanpak om de impact van fouten te verminderen, en pleiten voor de invoering van een validatiemeetnet, onafhankelijk van de bestaande meetnetten.