

Bijeenkomst: NHV discussiemiddag TRA - Fysische aspecten en ruimtelijke patronen
Vergadering nummer: 6
Organisatie: NHV-werkgroep Tijdreeksanalyse, <http://www.nhv.nu/inhoudelijke-kennis-en-themas/werkgroep-tijdreeksanalyse>
Voorzitter: Stefanie Bus
Verslag door: Koen van der Hauw (Sweco)
Datum: 2016-06-16
Stuknummer: 1

NHV Discussiemiddag Tijdreeksanalyse – Fysische aspecten en ruimtelijke patronen

Kantoor Houdering De Bilt, Sweco, 14:00 – 16:30

Programma

14.00 - 15.00 Presentaties door Martin Knotters, Willem Jan Zaadnoordijk en Christophe Obergfell
15.00 - 15.15 Pauze
15:15 - 16:15 discussie
16:15 - 16:30 uitloop, afronding

Aanleiding

Het is tegenwoordig relatief eenvoudig automatisch grote aantallen tijdreeksmodellen te maken en te analyseren. Door deze puntmodellen ruimtelijk te analyseren kunnen patronen zichtbaar worden die nieuwe inzichten opleveren. Een eenvoudige methode is het simpelweg kijken naar de ruimtelijke verdeling van modelparameters met een statistische of fysische basis (zoals EVP, een drainagebasis of de invloed van een onttrekking) op een kaart. Een meer geavanceerde aanpak is om de ruimtelijke samenhang in (het ruisdeel van) het tijdreeksmodel op te nemen, zoals beschreven door Frans van Geer en Wilbert Berendrecht in meervoudige tijdreeksmodellen. Zij maken daarbij per meetpunt apart een tijdreeksmodel en splitsen vervolgens het ruisdeel in een gezamenlijke en een individuele factor. Met weer andere, geavanceerde methoden kunnen stijghoogtereeksen op niet bemeten locaties worden geschat met karakteristieken van tijdreeksmodellen voor bemeten locaties. Voorbeelden zijn de geregionaliseerde tijdreeksmodellen van Martin Knotters en Marc Bierkens en de vlakdekkende tijdreeksanalyse, zoals beschreven door beschreven door Arnaut van Loon en Willem Jan Zaadnoordijk. Zie de recente artikelen in *Stromingen* voor meer achtergrond, zie <http://www.nhv.nu/stromingen/jaargang/2015>. Er zijn drie inleidende presentaties gegeven. Zie hieronder voor enkele opmerkingen aanvullend op de apart van de NHV-website te downloaden presentaties.

Presentatie Martin Knotters *“Gebiedsdekkende voorspelling van de grondwaterstandsbeweging met behulp van een geregionaliseerd tijdreeksmodel (RARX)”*

- Martin blijkt al in 2000 met Marc Bierkens een presentatie te hebben gegeven op een LASSA-middag over dit onderwerp die nu nog actueel lijkt. De resultaten komen uit het promotieonderzoek van Martin.
- Martin toont enkele relevante publicaties uit die tijd over dit onderwerp en wijst ons op de publicatie van Van Geer, die in 1997 al hiermee bezig was.
- De destijds gebruikte methode blijkt ondertussen voor heel China te zijn gebruikt, zie de bijlage met het artikel “Spatiotemporal prediction of shallow water table depths in continental China” uit *Water Resources Research*, Volume 44 in 2008. Vrijwel dezelfde afbeeldingen en tabellen komen terug.
- Zie de tekst onder de sheets in de Powerpoint presentatie voor Engelstalige toelichting op de sheets.

- Martin laat zien dat de tijdreeksmodellen ook een fysische basis hebben en een overeenkomst vertonen met de bodemkolom. Uit bekende harde en zachte fysische gegevens zijn vervolgens schattingen te maken voor parameterwaarden van het tijdreeksmodel.
- Voor kalibratie zijn enkele buizen met harde informatie en andere locaties met meer zachte informatie
- Sheet 22: Er zijn 40 waarnemingslocaties, de verdeling in de tijd is terug te zien in de grafiek.
- Sheet 37: DM staat voor directe methode; IM voor indirecte methode; KFi voor Kalmanfilter-varianten.
- Sheet 39: Risicokaart gebaseerd op de kans dat de grondwaterstand zich op 1 april onder 50cm-mv zit. Het grijze vlak geeft aan dat er hier geen risico is. Blijkbaar zit de onzekerheidsband hier onder deze 50cm grens. Afwijkingen beneden in de kaart worden verklaard door de Reest die daar stroomt.

Presentatie Willem Jan Zaadnoordijk “Ruimtelijke aspecten van tijdreeksanalyse”

- Willem Jan heeft samen met Arnaut van Loon recent een artikel geschreven in Stromingen over vlakdekkende tijdreeksanalyse. Hij presenteert tijdens deze presentatie het principe achter het artikel.
- Hij stelt dat een grondwatermodel in theorie het meest verantwoord is voor het ruimtelijk interpoleren van gemeten grondwaterstanden, maar dat hiervoor relatief veel informatie nodig is en dat er nog altijd een verschil blijft tussen model en meting door o.a. de modelresolutie. De vraag is of je de metingen daardoor wel goed kan interpoleren, er wordt hierbij ruis geïntroduceerd.
- Willem Jan geeft een schematische voorstelling van 2 peilbuizen op enige afstand van elkaar, met 2 responscurves als representatie van beide locaties. Wat gebeurt hiertussen?
- Als je niets weet dan trek je er de rechte, rode stippellijn tussen. Maar als je weet dat er een waterloop tussen ligt, dan klopt deze lijn niet meer en zou je eerder de groene lijn nemen.
- Dan gaat Willem Jan kort in op enkele aspecten van de momenten van de IR-functies. Bij iedere IR-functie hoort een unieke combinatie van momenten. De hogere momenten ($> M3$) zijn vaak lastig te bepalen, maar zijn meestal van minder belang om de grondwaterstand te karakteriseren. Vaak hebben deze momenten een fysische betekenis. Dit is te gebruiken bij interpolatie: je interpoleert niet de grondwaterstand zelf, maar de momenten van de impulsresponsfunctie (IRF).
- Hij geeft een voorbeeld van een onderzoek naar zandsuppletie op Ameland door Rijkswaterstaat.
 - De Provincie wilde hier inzicht in lange termijn effecten op natuur. Dit werd opgepakt met de vraag of er een verandering is van het structureel niveau (=basisniveau van het tijdreeksmodel + (representatieve neerslag-verdamping)* $M0_{(neerslag/verdamping\ IRF)}$)?
 - Een probleem hierbij was dat veel peilbuizen pas tijdens de zandsuppletie zijn geplaatst, waardoor er geen nulsituatie is
 - Daarom is besloten het basisniveau en de neerslag- $M0$ voor de uitgangssituatie te bepalen, te interpoleren en hiermee een vlakdekkende kaart te maken voor effectbepaling.
 - Paul constateert dat er hiermee een nulsituatie is met heel veel onzekerheid en vraagt hoe dit meegenomen is in de effectbepaling. Willem Jan antwoordt dat dit hier speciaal lastig is omdat er weinig effect wordt verwacht. Het effect is vermoedelijk kleiner dan de onzekerheid. Ze hebben dan ook geen uitspraken gedaan over statistische significantie van effecten.
 - Martin vraagt wat het effect was. Willem Jan zegt dat er geen reden was om aan te nemen dat er een effect was.
- Een tweede voorbeeld betreft de Duinen van Voorne.
 - Om GxG-kaarten te maken zijn hier de eerste drie momenten gebruikt waarmee de Pearson III functie vastligt. Als randvoorwaarden zijn peilen van polder en zee gebruikt.

- Per peilbuis zijn deze drie momenten bepaald en vervolgens vlakdekkend geïnterpoleerd. Met de geïnterpoleerde momenten kan vervolgens op alle tussengelegen locaties een grondwaterstand berekend worden.
- Dit geeft betere resultaten dan wanneer de grondwaterstand direct wordt geïnterpoleerd. De interpolatietechniek is in staat ook extremen te geven buiten de meetlocaties.
- Frans Schaars vraagt of de bandbreedte van de nulsituatie te bepalen is. Willem Jan vertelt dat ze een inschatting hebben gekregen door kruisvalidatie en dat er een bandbreedte is van de M0-waarden.
- Wilbert vraagt welke data is gebruikt voor interpolatie. Willem Jan geeft aan dat de harde stijghoogte randen en M0 zijn gebruikt en smoothing, zonder exacte fit op de locatie. Er is geen maaiveld, etc. gebruikt. Hoe meer informatie je gebruikt, hoe meer je bij een grondwatermodel uitkomt. Wilbert constateert vervolgens dat je dus ook een eenvoudig grondwatermodel zou kunnen gebruiken... Willem Jan geeft als reactie dat Kees Maas eens heeft laten zien dat er geen principiële onderscheid is tussen tijdreeksmodellen en grondwatermodellen – zie ook de presentatie van Christophe).

Presentatie Christophe Obergfell “Numerieke grondwatermodel parameters uit tijdreeksanalyse”

- Christophe geeft een presentatie over enkele resultaten uit zijn promotieonderzoek.
- Een onderzoeksvraag was of een tijdreeksmodel ook fysisch kan worden geïnterpreteerd, net zoals je bij een pompproef. Daar gebruik je vaak ook de afgeleide parameters direct in een grondwatermodel.
- De responsfunctie is hier geen Pearson III of andere functie zoals gebruikt in klassieke tijdreeksmodellen, maar juist een simpel, analytisch grondwatermodel. De response functie is er dus nog steeds, met alle inzicht die erbij hoort.
- Er is veel energie in gestoken om het model zo simpel mogelijk te houden (conform de Parsimony wet, die stelt dat de eenvoudigste theorie voorrang moet krijgen), maar net complex genoeg voor simulatie van de grondwaterstand. Veel meer dan 3 tot 4 parameters bleek niet gewenst.
- Er worden twee voorbeelden gegeven. Het eerste voorbeeld betreft een onderzoek met metingen in raaien, dwars op de rivier om de invloed van rivierfluctuatie op de grondwaterstand te onderzoeken.
- Sheet 4: W is de intreeweerstand (Jaco geeft aan dat dit waarschijnlijk de radiale weerstand moet zijn, de intreeweerstand heeft betrekking op de sliblaag); L is de afstand van rivier tot waterscheiding; T is transmissiviteit (kD); Er is een vaste rand op afstand V_L .
- Sheet 4: De waarden tussen [en] geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval
- Sheet 4: De intreeweerstand is opvallend laag en kan verklaard worden doordat er vrijwel geen slib is op de rivierbodem.
- Sheet 4: De Formatie van Boxtel bleek hier freatisch niet goed doorlatend, vanwege onderliggende siltlagen en werd daarom als een slecht doorlatende laag gezien
- Sheet 4: De T -waarde van 108 lijkt realistisch gezien een 10m dik pakket uit de Formaties van Beegden en Sterksel.
- Sheet 4: De resultaten van het tijdreeksmodel zijn direct gebruikt in een MicroFEM model, dus zonder kalibratie. De fit bleek hier bijna net zo goed als van het TR-model: rood: resultaten TR-model, blauw: metingen, zwart: resultaten MicroFEM-model.
- Peilbuizen dichter dan 25m van de rivier zijn niet gebruikt vanwege onzekerheid in de kromming van de stroombanen.
- Sheet 8: Vervolgens is het model te gebruiken om ingrepen mee te simuleren, zoals in het gegeven voorbeeld van een kunstmatige verhoging van het rivierpeil. De rode lijn geeft hier het resultaat van

het grondwatermodel bij aanwezigheid van een semigespannen pakket; de stippellijnen zijn zonder maatregel; de groene lijn geeft het freatische effect (duurt ongeveer 3 weken).

- Het tweede voorbeeld betreft een drinkwaterwinning bij Waalwijk
- Sheet 10: Er waren hoogfrequente metingen beschikbaar van Brabant Water. Per peilbuis kan zo een virtuele verlaging worden afgeleid.
- Sheet 11: er lijkt ergens een slecht doorlatende laag te zitten, maar het was onduidelijk waar. Er zijn daarom twee klassen van peilbuizen gebruikt: een klasse die past bij freatisch (blauw) of semispanning op basis van de formule van de Glee.
- Er is zo een kD_1 , kD_2 en C_1 afgeleid, net als bij een pompproef
- De methode lijkt zeer nuttig als best guess voor een grondwatermodel.
- Het raaionderzoek doet denken aan een Flood Wave test. De Flood Wave method is in de jaren 60 ontwikkeld in Amerika. Daar is neerslag niet zo belangrijk, maar vooral de invloed van de rivier. Hier in Nederland is de invloed van neerslag wel van belang.
- Vraag Jos: De polderfunctie is een analytische oplossing. Wat ging er mis?
Reactie Christophe: Er zit geen freatische berging in de polderfunctie.
- Vraag Wilbert: Hoe zit het met de ruis in dit model? Reactie Christophe: Hetzelfde ruismodel wordt gebruikt als in Menyanthes. Het enige verschil is de responsefunctie. We zijn gewend aan een statistische aanpak, maar hier proberen we het TR-model fysisch te interpreteren.
- Reactie Frans: Deterministische modellen zijn geen tegenhanger van klassieke tijdreeksmodellen, het is nuttig om zoveel mogelijk informatie te gebruiken, waaronder fysische gegevens.
- Reactie Wilbert: Als je alleen wilt voorspellen kun je net zo goed een statistisch model gebruiken, maar als de fysische informatie wilt is dit zeker nuttig.

Tijdens de discussie kwam het volgende aan de orde:

Stefanie vraagt of iedereen aan kan geven wat hij/zij heeft geleerd en wat nog een discussiepunt is. Hieronder volgen de vragen, stellingen en enkele opmerkingen n.a.v. deze vragenronde:

A. Vlakdekkende analyse en interpolatie

1. Wat is de meerwaarde van ruimtelijke tijdreeksanalyse voor de praktijk versus het onderbuikgevoel? Loont het wel de moeite?
2. Stelling: Resultaten van tijdreeksanalyse kun je niet interpoleren, vanwege de validatie/onzekerheden!
3. Wat zijn de voor- en nadelen van verschillende methoden om de GxG ruimtelijk te berekenen?
4. Hoe kun je momenten van responsfuncties het beste interpoleren? (ik heb dit opgesplitst in hydraulische parameters en IR-functies)
5. Kan meervoudige tijdreeksanalyse worden ingezet voor berekening GxG op basis van fysische kenmerken gebied? Dit is een andere/nieuwe insteek. Dus geeft een ander type discussie, omdat deze vraag alleen hypothetisch kan worden beantwoord.
6. Er is heel veel ruimtelijke informatie, hoe is deze te gebruiken om een beter vlakdekkend beeld (zoals een GG-kaart) te krijgen?

B. Onzekerheden

7. Stelling: onzekerheden van de standaardafwijking moeten in een ruimtelijk GxG beeld worden meegegeven!
8. Stelling: bij een tijdreeks moet je het voorspellingsinterval noemen!
9. Stelling: ook onzekerheden in de neerslag moeten worden meegenomen in het tijdreeksmodel!



10. Stelling: Tijdreeksanalyse is geen exacte wetenschap! Er is nog veel onzeker...
11. Hoe ga je om met onzekerheden in tijdreeksmodellen en bij interpolatie van resultaten? En hoe worden de onzekerheden van het model en de gegevens meegenomen?
12. Hoe combineer je de onzekerheden uit tijdreeksanalyse in een grondwatermodel? Nu wordt een grondwatermodel als de waarheid gezien en tijdreeksanalyse geeft onzekerheden weer;
13. Het betrouwbaarheidsinterval van voorspellingen lijkt vaak de helft te zijn van het verschil tussen de min- en max-waarde. Dus meestal veel werk voor weinig resultaat. In welke gevallen lukt het een aanzienlijk beter betrouwbaarheidsinterval te bepalen?
14. Wanneer foutenvoortplanting niet of niet goed wordt uitgevoerd, zijn presentaties van onzekerheden niet betrouwbaar met mogelijk grote risico's. In de klimatologie zou dit bijvoorbeeld niet goed worden uitgevoerd met onbetrouwbare uitspraken ten gevolge.

C. (Statistische) beoordeling

15. Stelling: de RMSE is geen goede maat voor je modelbeoordeling!
16. Stelling: Het is aan te raden om meerdere methoden te gebruiken om een antwoord op onderzoeksvragen te krijgen en de resultaten onderling te vergelijken
17. Hoe beoordeel je of een model geschikt is, wat accepteert je en wanneer kies je voor een ander model? Wanneer loont het nog om onzekerheden te verkleinen?
18. Het is lastig om te bepalen of peilbuizen wel in de goede laag staan. Daardoor kunnen fouten ontstaan bij vergelijking van meetresultaten en modelresultaten. Hoe kun je op basis van tijdreeksanalyse vaststellen of een peilbuis in de juiste laag zit en fysisch representatief is?
19. Hoe toets je hypothesen/introduceer je statistiek in het waterbeheer?

D. Hydraulische parameters

20. Stelling: Grondwaterstanden zijn relatief eenvoudig te voorspellen in vergelijking met andere bodemparameters.
21. Hoe kun je hydraulische parameters het beste interpoleren?
22. Responsfunctie onttrekking versus de hydrologische eigenschappen: Wat is het verticale en horizontale volume van een puntwaarneming?

E. Relatie met grondwatermodellen

23. Wanneer kies je voor een tijdreeksmodel en wanneer voor een grondwatermodel?
24. Welke rol speelt de modelresolutie bij grondwatermodellen voor kalibratie bij het vergelijken van meetwaarden met modeluitkomsten?
25. De kust is dynamisch, er is hier geen evenwichtsituatie. Een grondwatermodel is dan beter.

F. Overig

26. Hoe kan in tijdreeksanalyse rekening gehouden worden met zoet en zout grondwater?
27. Hoe koppel je voorspellingen van neerslag op riool overstorten met waterzuiveringen?

Na afloop is gevraagd naar feedback over de discussiemiddag, met o.a. de volgende reacties:

- Het aantal presentaties (drie deze keer) wordt niet teveel gevonden
- Een langere pauze is niet nodig
- Er is interesse om een volgende keer meer over onzekerheden te horen
- Iedereen wordt opgeroepen om de [discussie](#) op LinkedIn voor te zetten in de [NHV subgroep Tijdreeksanalyse](#). Ook andere vragen kunnen daar uiteraard gepost worden. Zie de bijlage hieronder voor een korte toelichting voor het starten van een discussie.

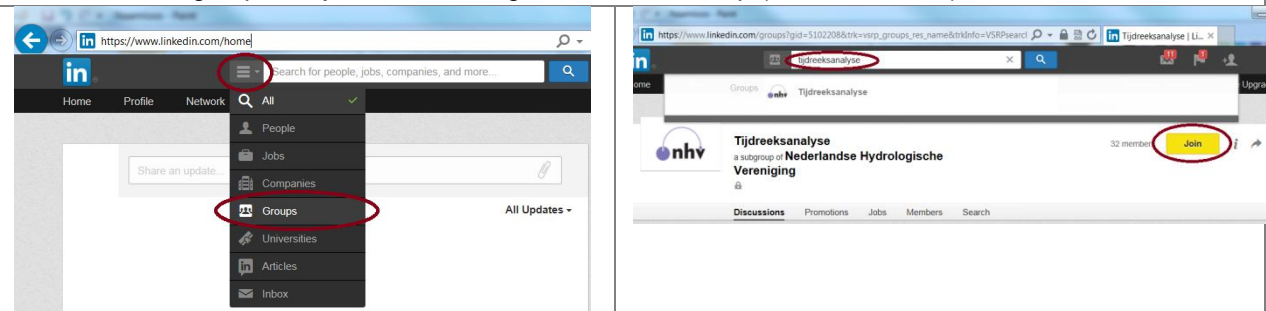


Bijlage: aanwezigheid

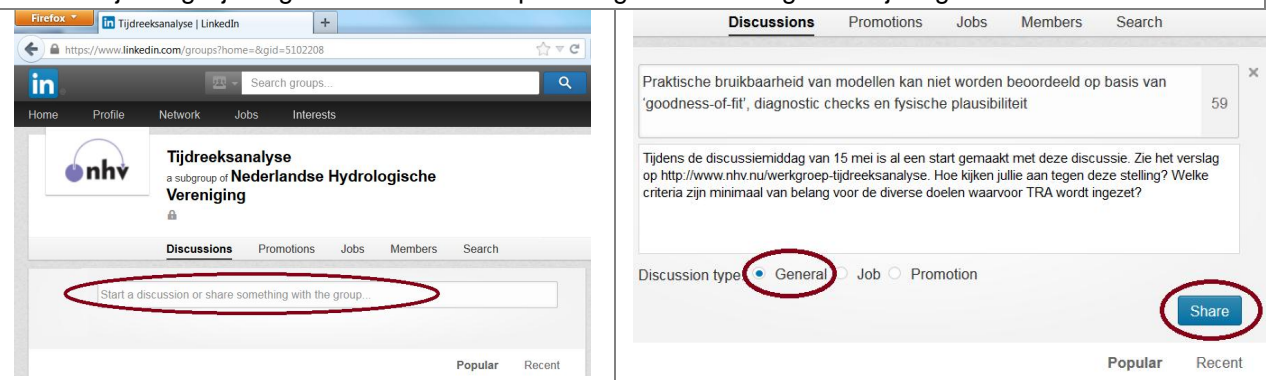
Naam	Organisatie
Christophe Obergfell	TU Delft
Jurriaan ten Broek	Geofoxx
Willem Jan Zaadnoordijk	KWR
Pieter-Jan van der Sluis	Geofoxx
Rene van den Hoven	Wiertsema & Partners
Ronnie Hollebrandse	Provincie Zeeland
Philip Nienhuis	Waternet
Jaco van der Gaast	Acacia Water
Gerben Tromp	Waterschap Drents Overijsselse Delta
Raoul Collenteur	raoucollenteur.nl
Doeke Dam	Hollands Noorderkwartier
Henk van Duist	PWN
André Niemeijer	AquaFlux
Onno Ebbens	Witteveen + Bos
Bob Zwartendijk	Nectaerra water solutions
Luc Essink	Universiteit Utrecht
Theo Janse	Waternet
Vanuit de NHV-werkgroep tijdreeksanalyse:	
Stefanie Bus	TNO
Arjen Roelandse	Oasen
Eit vd Meulen	AMO
Frans Schaars	Artesia
Frans van Geer	Universiteit Utrecht / TNO
Jos van Asmuth	KWR
Koen van der Hauw	Sweco
Mark Bakker	TU Delft
Paul Baggelaar	Icastat
Wilbert Berendrecht	Berendrecht Consultancy

Bijlage: Instructies LinkedIn

Ga naar de subgroep op LinkedIn. Direct via: <https://www.linkedin.com/groups?home=&gid=5102208> of ga naar www.linkedin.nl en selecteer het zoeken binnen groepen (zie linksonder), typ "tijdreeksanalyse", gevolgd door Enter en selecteer de gevonden subgroep van de NHV (zie rechtsonder). Als je nog geen lid bent van de groep dien je dit aan te vragen via de Join-knop (zie rechtsonder).



Om een discussie of vraag te starten zorg je dat je op de pagina met discussies bent (standaard). Je kan nu direct beginnen met typen van de titel van je discussie of vraag (zie linksonder). Optioneel kan je daaronder nog nadere details toevoegen in een apart tekstveld. Links naar website worden automatisch opgemaakt als een hyperlink wanneer de link vooraf wordt gegaan door "http://"¹. Zorg dat je het discussion type "General" hebt geselecteerd (behalve wanneer het om commerciële aankondigingen betreft, kies dan "Promotion"). Klik vervolgens op de Share-button. Je krijg nu de definitieve en opgemaakte tekst te zien. Je krijgt nog een aantal minuten om de tekst eventueel aan te passen. Daarna is het altijd mogelijk nog een aanvullende opmerkingen toe te voegen aan je eigen 'discussie'.



Reageren op een discussie kan simpelweg door je reactie te typen in het tekstveld "Add a comment..." en daarna op de Comment-knop te klikken.

¹ Er lijkt echter een risico dat berichten met links naar website worden gezien als een vorm van reclame en automatisch door LinkedIn worden tegengehouden.