



Hanneke Schuurmans, Universiteit van Utrecht

Marc Bierkens, Universiteit van Utrecht/TNO Bouw en Ondergrond

Belang van betere neerslag-informatie voor hydrologen

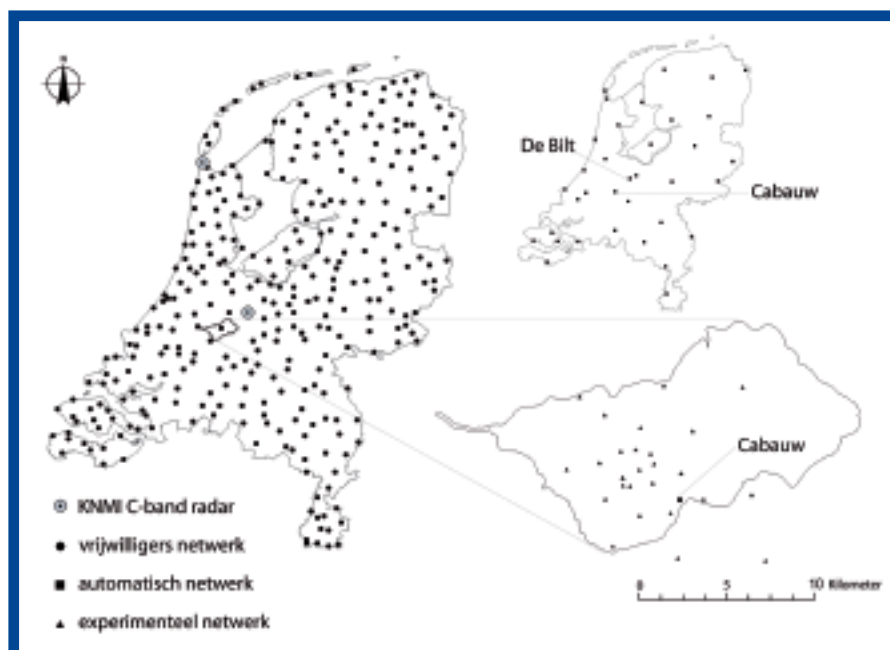
Neerslag is één van de belangrijkste invoervariabelen voor hydrologische modellen, aangezien neerslag een direct effect heeft op de berekende hoeveelheid bodemvocht, afvoer en grondwateraanvulling. Bij veel hydrologische modelstudies wordt echter gebruik gemaakt van één, hooguit een handvol regenmeters, zelfs als men geïnteresseerd is in de ruimtelijke verdeling van deze hydrologische variabelen. Is het terecht dat zo weinig regenmeters worden gebruikt? En kunnen hydrologen ook neerslaggegevens van stations buiten het interessegebied gebruiken? Om dergelijke vragen te kunnen beantwoorden, is het in de eerste plaats van belang inzicht te hebben in de ruimtelijke variabiliteit van neerslag. In de tweede plaats is het van belang de gevoeligheid van hydrologische modellen voor de neerslag te onderzoeken. In dit artikel laten we een casestudie zien van een poldergebied bij Utrecht waar in de periode maart-oktober 2004 gedetailleerd de neerslag gemeten is. Verschillende neerslagscenario's, uiteenlopend van één neerslagstation buiten het studiegebied tot een zeer gedetailleerd ruimtelijk patroon van de neerslag binnen het studiegebied, dienen als invoer voor een ruimtelijk gedistribueerd hydrologisch model. Getoond worden het effect hiervan op bodemvocht, grondwaterstand en afvoer.

De ruimtelijke variabiliteit van neerslag hangt sterk af van het buitype. In de meteorologie

worden twee buitypen onderscheiden: stratiforme en convectieve neerslag. Stratiforme neerslag wordt gekenmerkt

door langgerekte gesluisde bewolking, het meest voorkomende buitype in Nederland. Convectieve neerslag kenmerkt zich door de vaak hoge neerslagintensiteit en het lokale karakter. Dergelijke (onweers)buien komen regelmatig voor in de zomer.

Afb. 1: Netwerk van regenmeters binnen Nederland, alsmede de posities van de twee regenradars (plus experimenteel regenmeternetwerk in de Lopikerwaard, slechts gedurende 2004 aanwezig).



Meten van neerslag

Inzicht krijgen in de ruimtelijke verdeling van neerslag is lastig. Met regenmeters kan vrij nauwkeurig worden bepaald wat er gevallen is, maar dit is slechts representatief voor één locatie. Op de kaart is aangegeven welke neerslaginformatie binnen Nederland bij het KNMI aanwezig is. Een automatisch netwerk, bestaande uit 35 meetstations, meet elke tien minuten de hoeveelheid gevallen neerslag. Daarnaast is er in Nederland een groot aantal vrijwilligers (circa 330) dat elke dag om 08.00 Universal Time (09.00 uur wintertijd, 10.00 uur zomertijd) de hoeveelheid gevallen dagelijkse neerslag afleest en doorgeeft aan het KNMI.

Op de kaart zijn ook de posities van de twee radars (De Bilt en Den Helder) te zien. Radarbeelden van neerslag kennen wij allemaal van het weerpraatje na het journaal of van het internet (www.buienradar.nl). Deze beelden geven ons in tegenstelling tot de regenmeters een beter ruimtelijk beeld. Radar meet echter geen neerslag,

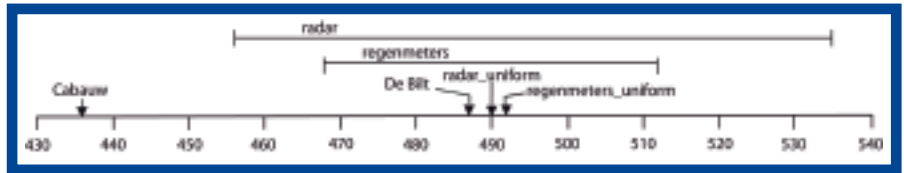
maar teruggekaatste elektromagnetische straling, wat omgerekend kan worden naar een neerslaghoeveelheid. Deze omrekening gaat gepaard met onzekerheid die onder andere wordt veroorzaakt door het optreden van verschillende buitypes. Daarnaast neemt de nauwkeurigheid af met de afstand van de radar. De beste radarbeelden in de zin van absolute neerslag zijn beelden van 24 uurs-neerslag. Voor deze beelden kan namelijk een correctie worden gemaakt op basis van het vrijwilligersnetwerk. Dit 24 uurs-radarbeeld is een operationeel product van het KNMI en is in deze studie gebruikt. De ruimtelijke resolutie van deze beelden is 2,5 km bij 2,5 km.

Hoewel verspreid over Nederland het aantal regenmeters er indrukwekkend uitziet, is aan de hand van deze gegevens nog geen informatie af te leiden over neerslagvariabiliteit over afstanden korter dan circa 20 kilometer. Om dit inzicht wel te krijgen, hebben de universiteiten van Utrecht en Wageningen in 2004 een netwerk opgezet van 30 regenmeters binnen een gebied van 15 km bij 15 km in de Lopikerwaard, ten westen van Utrecht (zie afbeelding 1). Een dergelijk dicht netwerk van regenmeters is vrijwel uniek in de wereld.

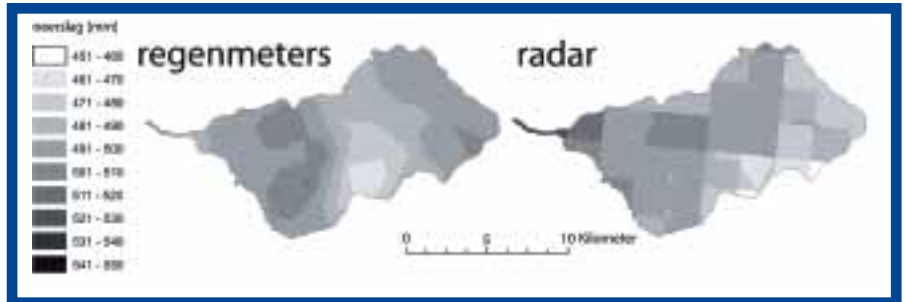
Interpolatie

Om op basis van de 30 regenmeters toch een vlakdekkende neerslagkaart te maken met een hoge resolutie (bijvoorbeeld 100 bij 100 meter) is gebruik gemaakt van geostatistiek. Geostatistiek is de algemene naam voor allerlei statistische methoden die ons kunnen helpen bij geografische (ruimtelijke) problemen. Een veelgebruikte geostatistische interpolatietechniek is Kriging, vernoemd naar de Zuid-Afrikaanse mijnbouwkundige D.G. Krige. Met deze techniek kan voor elk punt in de ruimte een schatting worden gemaakt van de neerslag. Hierbij wordt een gewogen gemiddelde berekend: elk van de omliggende regenmeters krijgt een gewicht toegekend. Dit gewicht is afhankelijk van de afstand van de meetpunten als functie van de afstand tussen de meetpunten. Naast de verwachtingswaarde van de neerslag voor elke locatie geeft deze techniek ook de onzekerheid (standaard fout) van de verwachting. Dit laatste is informatie die met vaak toegepaste methoden als inverse afstand of thiessen polygonen niet wordt verkregen. Op deze manier kunnen we vlakdekkende neerslagvelden maken op basis van informatie van de regenmeters. In een uitgebreide studie hebben we deze geïnterpoleerde velden vergeleken met de radar. Ook zijn neerslagvelden gemaakt op basis van zowel de regenmeters als de radar, wat leidt tot nog betere resultaten³⁾.

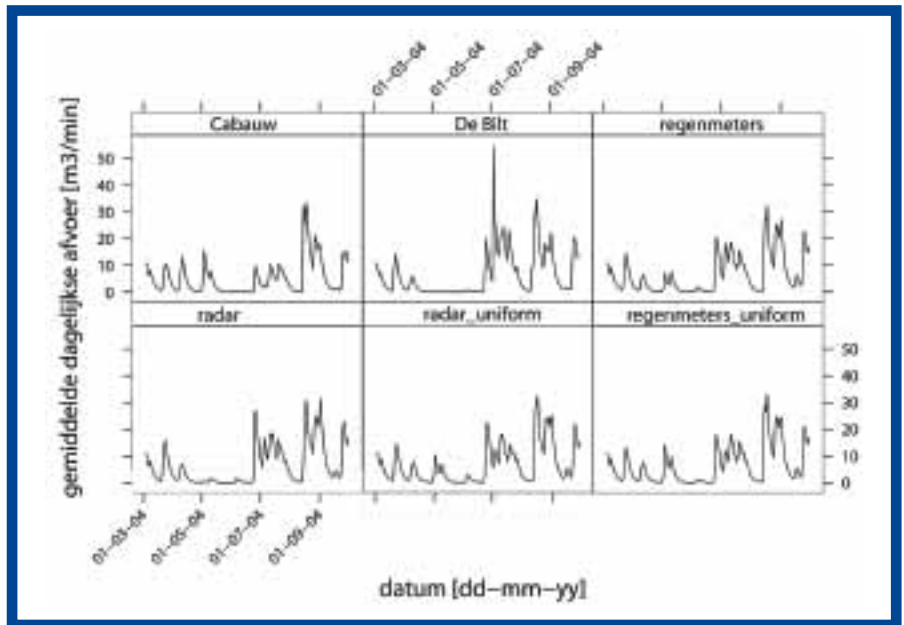
Om na te gaan wat het effect is van het gebruik van ruimtelijk verdeelde neerslag in hydrologische modellen ten opzichte van puntmetingen hebben we een gevoeligheidsstudie uitgevoerd²⁾. Aangezien het regenmeter-netwerk in de polder Lopikerwaard was gesitueerd, hebben we gebruik gemaakt van een operationeel ruimtelijk hydrologisch model van de Lopikerwaard, in dit geval Simgro¹⁾.



Afb. 2: Totale neerslag gedurende studieperiode (maart-oktober 2004) in millimeters van de zes scenario's. Ruimtelijk uniforme scenario's hebben slechts één waarde, ruimtelijk variabele scenario's een range van waarden.



Afb. 3: Ruimtelijk patroon van de totale neerslag gedurende studieperiode (maart-oktober 2004) voor de twee ruimtelijk variabele scenario's.



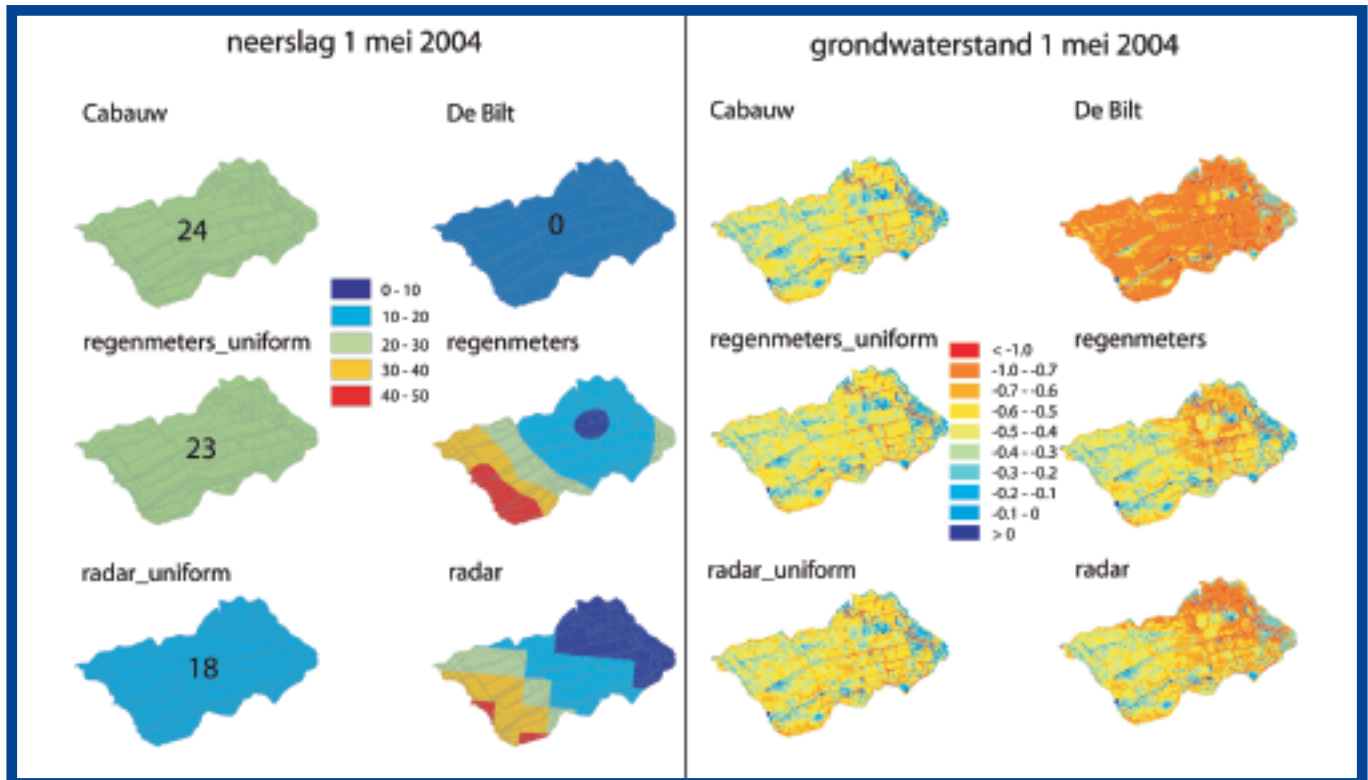
Afb. 4: Gemiddelde dagelijkse afvoer bij één van de vier gemalen in het studiegebied, zoals deze door het model worden berekend voor de verschillende neerslagscenario's.

We laten hier het resultaat zien van zes neerslagscenario's. De volgende neerslaggegevens zijn gebruikt als invoer voor het model:

- 1 KNMI-regenmeter in Cabauw, de enige KNMI-regenmeter die binnen het studiegebied ligt. Verondersteld is dat de neerslag die op dit punt gemeten is, in het gehele studiegebied viel;
- 2 KNMI-regenmeter De Bilt, de meest gebruikte regenmeter omdat dit de regenmeter is met de langste reeks en De Bilt vaak als representatief voor Nederland wordt beschouwd. Verondersteld is dat de neerslag die op dit punt gemeten is, in het gehele studiegebied viel;
- 3 hoog resoluut neerslagveld op basis van geïnterpoleerde neerslaginformatie van de regenmeters van het veldonderzoek;
- 4 uniforme regenmeters: zie hierboven maar dan ruimtelijk uniform. Per dag is het ruimtelijk gemiddelde berekend;
- 5 KNMI-radarbeelden;

6 uniforme radarbeelden: zie hierboven, maar dan ruimtelijk uniform. Per dag is het ruimtelijk gemiddelde berekend. Vervolgens hebben we gekeken naar het gemodelleerde effect op grondwater, bodemvochtgehalte en afvoer.

Afbeelding 2 geeft het bereik van de waarden aan van de totale neerslag gedurende de studieperiode (maart tot oktober 2004) voor de zes verschillende scenario's. Bij de ruimtelijk uniforme scenario's (1, 2, 4 en 6) bestaat de totale neerslag slechts uit één waarde. Bij de ruimtelijk variabele scenario's (3 en 5) bestaat binnen het gebied een range van waarden. Opvallend is dat de regenmeter van Cabauw, die wel in het studiegebied staat, in totaal veel minder neerslag heeft gemeten dan de overige scenario's. De regenmeter in De Bilt staat buiten het gebied (hemelsbreed circa 30 km) maar blijkt in de totale neerslagsom goed overeen te komen met de overige scenario's.



Afb. 5: Links ruimtelijk patroon van de neerslag op 1 mei 2004 voor de verschillende scenario's. Rechts de grondwaterstand (m -mv) als gevolg van de neerslag op die dag.

Afbeelding 3 laat het ruimtelijk patroon van de totale neerslag (maart-oktober 2004) voor de twee ruimtelijk variabele scenario's zien. Opvallend is, dat zelfs binnen de Lopikerwaard (een vlak gebied) en voor zo'n lange periode een totaal neerslagverschil van 100 mm wordt gevonden over een afstand van minder dan 15 kilometer. Dit is meer dan tien procent van de jaarlijkse neerslaghoeveelheid.

Resultaten

Het neerslagoverschot in de Lopikerwaard wordt afgevoerd via vier gemalen. Afbeelding 4 laat de door het model berekende gemiddelde dagelijkse afvoer van één gemaal zien bij gebruik van de verschillende neerslagscenario's. Voor alle vier de gemalen en voor elk van de neerslagscenario's zijn de hydrografen geanalyseerd. Meest opvallend zijn de scenario's met slechts één regenmeter. Indien alleen Cabauw wordt gebruikt, leidt dit voor alle gemalen tot een gemiddelde lagere afvoer en een lagere variatie in de afvoer. Indien alleen De Bilt wordt gebruikt, is de gemiddelde afvoer ongeveer wel hetzelfde, maar is de variatie een stuk hoger.

Het ruimtelijk beeld van de gemiddelde grondwaterstand blijkt voor alle scenario's nagenoeg hetzelfde te zijn. De temporele variatie van het grondwater wordt bij gebruik van alleen De Bilt echter overschat. Indien alleen gebruik wordt gemaakt van de regenmeter in Cabauw leidt dit tot een lichte onderschatting van de temporele variatie. Voor het bodemvochtgehalte geldt hetzelfde als voor de grondwaterstand.

Om te laten zien wat het effect kan zijn op dagen met een hoge ruimtelijke variabiliteit in de neerslag hebben we als voorbeeld 1

mei 2004 genomen. In afbeelding 5 is aan de linkerkant het ruimtelijk patroon van de neerslag die dag te zien voor de verschillende scenario's. Die dag viel gebiedsgemiddeld in de Lopikerwaard ongeveer 20 millimeter regen. De betreffende bui was echter ruimtelijk zo variabel dat in het zuidwesten rond de 40 millimeter viel en in het noordoosten minder dan tien millimeter. In De Bilt werd deze bui helemaal niet waargenomen.

De rechterkant van afbeelding 5 laat het effect zien op de grondwaterstand (m -mv) in de Lopikerwaard. Neerslagscenario De Bilt is wederom het meest verschillend ten opzichte van de overige scenario's. Indien we alleen neerslaginformatie uit De Bilt gebruiken, zien we dat we op 1 mei 2004 voor de hele Lopikerwaard een veel lagere grondwaterstand berekenen dan als we neerslaginformatie uit het gebied zelf nemen. De ruimtelijk variabele neerslagscenario's laten beide een verschillend ruimtelijk patroon van grondwater zien dan wanneer de corresponderende ruimtelijk uniforme scenario's worden gebruikt. Opvallend is de overeenkomst tussen de modeluitkomst door middel van radar en regenmeters. Uit analyse van andere data blijkt dit voor dit gebied steeds het geval te zijn.

Conclusie

De dagelijkse neerslag in Nederland is dermate ruimtelijk variabel dat het van belang is om mee te nemen in hydrologische studies. Er schuilt met name veel gevaar in het gebruik van neerslagsmeters buiten het studiegebied. Het feit dat de neerslagsom over een bepaalde periode hetzelfde is, wil nog niets zeggen over de verdeling van neerslag in de tijd. Om inzicht te krijgen in de dagelijkse ruimtelijke variabiliteit van afvoeren, grondwaterstanden en bodem-

vochtgehalte is het nodig om ruimtelijke variabele neerslagvelden te hebben. Om inzicht te krijgen in het algemene gedrag van het hydrologische systeem (denk aan GXG-kaarten) is het voldoende om de juiste gebiedsgemiddelde neerslag te gebruiken. Het niet juist inschatten van de neerslag met als gevolg onjuiste modelinvoer kan leiden tot ongewenste modelkalibratie (fouten in de waterbalans en geohydrologische parameters).

Het goede nieuws is dat, in ieder geval voor dit gebied en voor dagelijkse neerslag, gecorrigeerde radarbeelden van het KNMI een prima alternatief vormen voor een dicht net van regenmeters. Hopelijk zet dit waterbeheerders ertoe aan vaker gebruik te maken van deze waardevolle informatie. De beste resultaten zijn te verwachten door radarbeelden te combineren met regenmeters.³⁾

LITERATUUR

- 1) Holleman E., W. Zaadnoordijk, N. Meuter, A. Roelandse en A. Veldhuizen (2005). Wateropgave HDSR-West. Royal Haskoning.
- 2) Schuurmans J. en M. Bierkens (2007a). Effect of spatial distribution of daily rainfall on interior catchment response of a distributed hydrological model. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* nr. 11, pag. 677-69.
- 3) Schuurmans J., M. Bierkens, E. Pebesma en R. Uijlenhoet (2007b). Automatic prediction of high-resolution daily rainfall fields for multiple extents: the potential of operational radar. *J. Hydrometeorol.* In druk.