

Hatsi-kD

De volgende inzending is van Marieke de Groen (ARCADIS – Ruimte en Milieu, Rotterdam) en Huub Savenije (IHE Delft / TU Delft).

Interceptie als functie van maandelijkse regenval; statistiek van regendagen en regenhoeveelheden

Om op stroomgebiedschaal te bepalen wat er gebeurt als de vegetatie, het klimaat, reservoirs of onttrekkingen veranderen, worden vaak maandelijkse waterbalans-simulatiemodellen gebruikt. Bijvoorbeeld, voor de Rijn hebben Kwadijk en Van Deursen het GIS-model Rhineflow ontwikkeld (1999). Op hetzelfde principe is STREAM gebaseerd, ontwikkeld door Resource Analysis (nu ARCADIS – Beleidsanalyse, Aerts e.a., 1999). ‘Lumped’ modellen hebben meestal dezelfde principes als GIS-modellen (zoals AQUA gemaakt door Hoekstra (1998) en gebruikt door RIVM en ICIS). Menig hydroloog heeft wel zijn eigen maandelijkse waterbalansmodel gemaakt, in een spreadsheet of anderszins.

In deze maandelijkse modellen wordt alle verdamping onder de noemer ‘evapotranspiratie’ als één variabele gemodelleerd. De meeste hydrologen zijn alleen geïnteresseerd in het water dat uiteindelijk grond- en/of oppervlaktewater wordt. Zij maken daarom geen onderscheid tussen verdamping door interceptie (verdamping van water dat niet in de bodem komt, doordat regen is afgevangen door bijvoorbeeld bladeren), bodemverdamping rechtstreeks vanuit de bovenste bodemlaag, of transpiratie (verdamping door de huidmondjes van de plant). Toch zijn er een aantal redenen om dit onderscheid wel te maken:

- Rechtstreekse verdamping door interceptie kan een aanzienlijk deel vormen van

de totale verdamping op jaarbasis.

Afhankelijk van het klimaat kan het variëren van 10% in vochtige en koude gebieden, tot 70% in droge en warme gebieden. Bovendien is interceptie voor een aanzienlijk deel verantwoordelijk voor recycling van vocht op continentale schaal om regenval in stand te houden.

- Als het onderscheid tussen interceptie en transpiratie gemaakt wordt, kan de totale verdamping beter worden gemodelleerd als functie van landbedekking en klimaatvariabelen.
- Als interceptie niet rechtstreeks wordt berekend, maar beschouwd wordt als onderdeel van het totale ‘evapotranspiratie’-proces (dat afhankelijk is van het bodemvocht), dan wordt de interceptie als het ware door het bodemvocht reservoir geforceerd, waar het in werkelijkheid niets mee te maken heeft. Het bodemvochtreservoir wordt zodoende veel te zwaar gedimensioneerd.
- Het onderscheid is zeer nuttig in modellen die gebruikt worden voor oogstschattingen. Transpiratie is namelijk direct gerelateerd aan biomassa-productie. Zulke oogstschattingen zijn belangrijk voor toekomstmodellen (wat is de invloed van klimaat- en landgebruiksveranderingen?) maar ook als vooranalyse voor onderhandelingen over water.
- Het onderscheid is noodzakelijk als in het te modelleren stroomgebied irrigatie plaatsvindt waarvan een deel van de waterbehoefte van planten door regen gevoed wordt. Om de irrigatiebehoefte te bepalen, is het nodig te weten wat de effectieve regenval, en dus de interceptie, bedraagt.

In maandelijkse stroomgebiedsmodellen is het onderscheid tussen interceptie en transpiratie dus belangrijk.

De maandelijkse interceptiemodellen die er zijn, zijn heel basaal en empirisch. In dagelijkse modellen is interceptie goed fysisch te

modelleren. Vaak rekenen zij met een dagelijkse drempel; alle regenval minder dan x mm/dag is interceptie. Maar, om dagelijkse modellen te draaien heb je dagelijkse gegevens nodig. En als die al beschikbaar zijn, dan liggen in de meeste regio's op de wereld de regenstations zo ver van elkaar dat je op dagelijkse basis moeilijk kunt interpoleren. Vooral bij gebieden waar de meeste regenval door onweer valt, is de kans groot dat een stortbui erg lokaal is. Bovendien zijn die dagelijkse gegevens vaak helemaal niet beschikbaar. Dat merken we bij de begeleiding van studenten bij het UNESCO-IHE Institute for Water Education in Delft. De verdeling van de regenval over de maand is echter cruciaal.

In een maand met 100 mm regenval en twintig regendagen zal er meer water tot verdamping komen, dan in een maand waarin diezelfde 100 mm valt in één dag. Als we nu iets doen met de statistiek van neerslagverdeling in een maand, dan kan dat bijdragen aan de maandelijkse modellen voor interceptie en transpiratie.

Vuistregel 70

De kans dat het morgen regent, is groter als het vandaag regent dan als het vandaag droog is. Of het gisteren of de dagen daarvoor geregend heeft, doet er niet toe.

In veel landen, vooral die met convectieve neerslag (onweer), geldt bovenstaande vuistregel. In een land als Nederland waar grootschalige depressies vaak de regen veroorzaken, geldt de vuistregel niet helemaal, maar ook hier is de kans op regen groter als het de dag ervoor geregend heeft. Wiskundig gezien voldoet het optreden van regendagen volgens vuistregel 70 aan de Markov-theorie. En dat maakt het gemakkelijker om formules af te leiden. Gabriel en Neumann (1962) zijn waarschijnlijk de

eersten geweest om deze vuistregel toe te passen voor kansberekeningen van regendagen.

In een maand met weinig regen is de kans dat er een regendag optreedt kleiner. Dit geldt zowel voor de kans op een regendag na een regendag (p_{11}) als de kans op een regendag na een droge dag (p_{01}). Dat is logisch. Door empirische formules met twee kalibratieparameters, zijn deze kansen uit te drukken als functies van de maandelijkse regenval.

Vuistregel 71

Een paar reeksen van dagelijkse regenval zijn genoeg om de kans op een regendag na een regendag (p_{11}) en de kans op regendag na een droge dag (p_{01}) voor de regio (~ 300 km) als functie van de maandelijkse regenval (P_m) af te leiden. Bijvoorbeeld:

$$p_{01} = qP_m^r$$

$$p_{11} = uP_m^v$$

waarbij q , r , u en v te kalibreren parameters zijn. Een paar reeksen van dagelijkse regenval zijn genoeg. In Zimbabwe, negen keer zo groot als Nederland, kon met drie regenstations bij de vliegvelden van de grote steden al veel worden bereikt. De Markov-theorie maakt dat de volgende vuistregel geldt:

Vuistregel 72

Het aantal regendagen (n_r) in een maand (met n_m dagen) waarvan de totale hoeveelheid regen (P_m) bekend is, is een functie zijn van p_{01} en p_{11} :

$$n_r = \frac{n_m p_{01}}{1 - p_{11} + p_{01}}$$

De Markov-theorie maakt ook dat bekend is wat de kansverdelingen zijn van de lengtes van droge en natte perioden, wat belangrijk is voor het modelleren van landbouw-opbrengsten. Daarover meer in een volgende Hatsi-kD.

Nu weten we iets over de verdeling van regendagen, maar hoe zit het met de verdeling van regenval op die regendagen? De hoeveelheid regen op een regendag is onafhankelijk van of en hoeveel het de vorige dag geregend heeft, dat nemen bijna alle stochastische dagelijkse regenvalmodellen aan. In een maandelijks model weet je de maandelijks regenval. De kans dat er in een maand met 200 mm regenval een grote bui zit van 50 mm/dag is groter dan in een maand met 50 mm regenval. De kansverdelingen voor regenval op regendagen zijn in stochastische modellen gewoonlijk functies van het seizoen en het zijn gamma-verdelingen. Echter, als je alleen maanden neemt met ongeveer dezelfde hoeveelheid regen, blijkt dat de kansverdelingen meer lijken op een simpelere exponentiële verdeling.

Vuistregel 73

De overschrijdingskans (F) van de hoeveelheid regen op een regendag (P), in een maand met een bepaalde hoeveelheid regen (P_m), is een exponentiële functie. De schaalparameter (β) is gelijk aan de maandregenval gedeeld door het verwachte aantal regendagen.

$$F = \exp\left(\frac{-P_r}{\beta}\right) = \exp\left(\frac{-P_r n_r}{P_m}\right)$$

In een exponentiële kansverdeling is de schaalparameter (β) tevens het gemiddelde. In een kansverdeling van regen op regendagen, gaat het dus om de gemiddelde regenval op een regendag (P_m/n_r). En de gemiddelde (verwachte) regenval op een

regendag is de hoeveelheid maandelijks regen gedeeld door het verwachte aantal regendagen.

Stochastische modellen kalibreren normaliter het optreden van regendagen en de hoeveelheid regen op regendagen apart, met meer te kalibreren parameters. Maar als de maandelijks regenval bekend is, is dat helemaal niet nodig. Nu we zowel een kansverdeling hebben van het verwachte aantal regendagen als de hoeveelheid regen op die regendagen, is de interceptie in een handomdraai af te leiden. Het gaat erom dat op alle regendagen die minder regen hebben dan de dagelijkse drempel alle regen interceptie wordt en op regendagen waarbij het meer regent, de interceptie gelijk is aan de drempelwaarde.

Vuistregel 74

Maandelijks interceptie is een exponentiële functie die eruit ziet als:

$$I_m = P_m \left(1 - \exp\left(\frac{-D * n_r}{P_m}\right)\right)$$

waarin D (mm/d) de dagelijkse drempel is die de vegetatie aan interceptie kan opvangen en n_r het verwachte gemiddeld aantal regendagen in de maand. Afhankelijk van vegetatie en grondsoort en of ook bodem-evaporatie meegenomen wordt in de dagelijkse drempel ligt de waarde van D tussen de 0,5 en 5 mm/dag. De parameter n_r is een functie van de maandelijks regenval P_m , die met een paar reeksen van dagelijkse regenval op grotere afstand (~ 300 km) is af te leiden. Deze parameter kan rechtstreeks bepaald worden, maar ook via de Markov-ketens: Het gebruik van de Markov-ketens geeft waarschijnlijk meer te kalibreren parameters, maar met die ketens zijn ook allerlei andere zaken af te leiden die belangrijk zijn voor oogstmodellering, zoals

de kansverdeling van het aantal aaneengesloten droge dagen en van hoeveelheid regen in een aantal dagen.

Natuurlijk blijft het een probleem om die dagelijkse interceptiedrempel D te bepalen, net zoals dat het geval is in dagelijkse modellen. Maar bij deze dagelijkse drempel kan men zich iets fysieks voorstellen en er dus een zinnige waarde voor vinden, afhankelijk van de vegetatie en grondsoort. Dat is niet het geval bij de empirische maandelijkse waarden in andere maandelijkse interceptiemodellen. Daarmee is dus door gebruik van de statistiek van regenval in een paar regenvalseries een schatting gemaakt van de maandelijkse interceptie.

Literatuur

- Aerts, J.C.J.H., M. Kriek en M. Schepel (1999)** STREAM, spatial tools for river basins and environment and analysis of management options: 'Set up and requirements'; in: *Physics and Chemistry of the Earth Part B*, 24(6), pag 591–595. Zie www.geo.vu.nl/users/ivmstream.
- Gabriel, K.R. en J. Neumann (1962)** A Markov model for daily rainfall occurrence at Tel Aviv; in: *Quarterly Journal Royal Meteorological Society* 88: pag 90–95.
- Groen, M.M. de (2002)** Modelling Interception and Transpiration at Monthly Time Steps – Introducing Daily Variability through Markov Chains; proefschrift TU Delft en IHE Delft, Swets & Zeitlinger, Lisse.
- Hoekstra, A.Y. (1998)** Perspectives on water: an integrated model-based exploration of the future; International Books, Utrecht.
- Kwadijk, J. en W. van Deursen (1999)** Development and testing of a GIS based water balance model for the Rhine drainage basin; rapport II-5, International Commission on the Hydrology of the Rhine (CHR/KHR), Lelystad.

Marieke de Groen
m.m.groen@arcadis.nl

Het proefschrift is via Marieke (en via het UNESCO-IHE Institute for Water Education te Delft) te verkrijgen.