

Ruim 9 miljoen jaar oude sapropelen op Sicilië.

(Foto uit het proefschrift.)

Samenvattend is er volgens Tuenter geen afdoende verklaring voor het faseverschil tussen het laatste precessieminimum en de meest recente sapropeel. Het is niet duidelijk of de andere sapropelen ook uit fasen lopen. Simulaties van riverafvoeren laten zien dat niet de Nijl maar het water uit het noorden van invloed is op de vorming van sapropelen. Dit is in tegenstelling tot de meest geaccepteerde hypothese, zo sluit het proefschrift af.

Michael van der Valk

Propagation of Droughts Through Groundwater Systems, illustrated in the Pang (UK) and Upper-Gudiana (ES) catchments

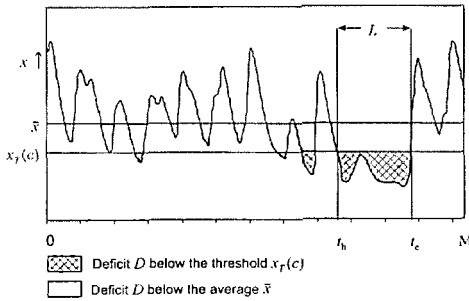
door Elisabeth Peters, 2002, proefschrift Wageningen Universiteit, Wageningen.

Je staat er niet vaak bij stil, maar in economische zin is droogte één van de kostbaarste catastrofes ter wereld. Aan de VS, bijvoorbeeld, brengt droogte meer schade toe dan overstromingen of hurricanes. Het zou me niet verbazen als ook bij ons droogteschade – over een wat langere termijn beschouwd – de kosten van overstromingen overtreft. Maar droogte is niet mediageniek. Het komt sluipend. Het is een fenomeen dat ook niet zo gemakkelijk te definiëren is.

Voor een wandelaar die zich afvraagt of hij zijn paraplu thuis kan laten is droogte heel iets anders dan, zeg, voor een tuinder.

Iemand die voor zijn drinkwater van een gegraven put afhankelijk is ervaart droogte als de grondwaterspiegel beneden de putbodem zakt. Voor aquatisch leven is droogte een ramp als een rivier opdroogt. Een beheerder van een waterreservoir maakt zich pas zorgen als zijn reservoir dreigt leeg te raken. Maar ook al komt droogte in soorten en maten, hij is altijd terug te voeren op de statistiek van de meteorologische tijdreeksen. Net zoals regenbuien te volgen zijn op hun weg door het hydrologische systeem, zo is ook een droogte te volgen.

Het is alweer een poosje geleden, maar op 2 december 2003 promoveerde Elisabeth Peters in Wageningen bij professor Reinder Feddes op het proefschrift 'Propagation of Drought Through Groundwater Systems'. Dr. Henny van Lanen was haar copromotor. Zoals de titel van haar proefschrift aangeeft heeft Lies Peters vooral gekeken naar de voortplanting van droogten in grondwatersystemen; een aspect dat in het wetenschappelijke droogteonderzoek tot nu toe onderbelicht is gebleven. Tijdens de reis van het maaiveld naar het uitstroompunt van een afwateringsgebied veranderen de statische kenmerken van een droogte. Die veranderingen worden bepaald door de hydrologische eigenschappen van het systeem, en ze kunnen dus vanuit die optiek bestudeerd worden. Zo'n studie begint met een criterium voor droogte. Het moet een criterium zijn dat op zowel neerslag (m/d) als grondwater (m) als beekafvoer (m³/d) van toepassing is, want dat is de transformatie die een droogte ondergaat als hij zich door een grondwatersysteem voortplant. Het criterium dat Peters introduceert is niet moeilijk, maar het is haast ondoenlijk om het uit te leggen zonder een plaatje, dus tegen het gebruik in neem ik in deze boekbespreking een grafiek op (figuur 1).



Figuur 1.

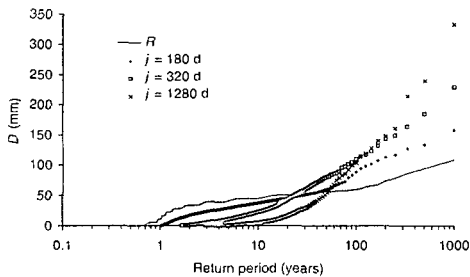
Voor een willekeurige tijdreeks (hij mag van alles voorstellen) wordt een drempelwaarde gedefinieerd. De oppervlakte van de grafiek onder de drempelwaarde (kruislings gearceerd) wordt door droogteonderzoekers het droogtetekort beneden de drempel genoemd. Wel een aparte naam, vind ik; er is immers eerder sprake van een overschot aan droogte. De verhouding tussen de kruislings gearceerde oppervlakte en de grijs gearceerde oppervlakte definieert Peters als het droogtecriterium, aangeduid met de letter c . Het is wel duidelijk dat c altijd tussen 0 en 1 ligt, en dat het criterium strenger is naarmate c kleiner is. De drempelwaarde hangt dus af van c , en zal in het algemeen voor verschillende reeksen een verschillend getal zijn. Dat doet recht aan de intuïtieve eis dat droogte een betrekkelijk begrip moet zijn. Het mag niet te vaak voorkomen. Het zorgt er ook voor dat het droogtetekort groter is als de amplitude van de reeks groter is. Aan de andere kant is het een abstract criterium, in die zin dat er geen directe koppeling is met schade of hinder.

Een droogte is een aaneengesloten periode waarin de tijdreekswaarden onder de drempel vertoeven. In figuur 1 zijn dus vier droogten te onderscheiden. Een droogte heeft ook een duur, L . Het droogtetekort en de duur zijn wispelturige parameters: als in figuur 1 de drempel een fractie lager gekozen wordt, valt de grootste droogte uiteen in twee kortere droogten die ieder hun eigen droogtetekort hebben.

Als vingeroefening verkent Peters eerst hoe een droogte in een synthetische aanvullingsreeks tot uiting komt in de afvoer van een denkbeeldig lineair grondwaterreservoir van de eerste orde. Een bloempot, zeg maar. De aanvullingsreeks is een gekwadraterde sinus, waarvan één jaar een verkleind amplitude meekrijgt. Dit is dus de droogte. Eén droogte. De manier waarop de afvoer reageert blijkt af te hangen van de ernst van de droogte in de aanvullingsreeks en van de keuze van het droogtecriterium, maar het komt er kort samengevat op neer dat het droogtetekort in de afvoer het grootst is voor reservoirs met een reservoirfactor van circa 200 dagen. Laat ik eens een poging doen om dit te vertalen naar Nederlandse omstandigheden. De reservoirfactor is ruwweg gelijk aan de drainageweerstand. De drainageweerstand (in dagen) is ruwweg gelijk aan de slootafstand (in meter). Tweehonderd meter, dat is in Nederland een heel gangbare perceelsbreedte. Verdorie, zou de grondwaterafvoer in Nederland maximaal droogtegevoelig zijn? En wat zegt dat dan? In hoog Nederland, waar geen wateraanvoer mogelijk is, leidt dit tot een maximale kans op droogvallende sloten. Maar dat is juist gunstig uit een oogpunt van verdroging, want daarna wordt er haast geen grondwater meer afgevoerd. In west-Nederland, waar wel wateraanvoer mogelijk is, leidt het in droge tijden tot een minimale kwel. In brakke gebieden is dat een voordeel, want het scheelt doorspoelwater. Een lastig begrip, droogte. De definitie van Peters is helder, maar hoe zit het met de gevoelswaarde?

De volgende stap is een onderzoek naar het gedrag van niet één, maar een hele reeks van droogten. Hiervoor genereert Peters tien duizendjarige tijdreeksen van de grondwateraanvulling, gebaseerd op de statistiek van een 37-jarige waarnemingsreeks van het neerslagoverschot in het

stroomgebied van de Pang in Engeland. Het grondwatersysteem is nog steeds het denkbeeldige lineaire reservoir. Peters bestudeert met name hoe vaak een droogte met een bepaald droogtetekort of een bepaalde duur voorkomt in de afvoer, in vergelijking met de aanvulling. Ook hier denk ik dat een plaatje meer zegt dan woorden.



Figuur 2.

Figuur 2 geeft de cumulatieve frequentie van optreden van droogten in reservoirs van verschillende omvang (verschillende j 's) als functie van het droogtetekort D . De getrokken lijn slaat op de aanvulling. Het blijkt dat droogten kleiner dan circa 50 mm minder vaak voorkomen in de afvoer dan in de aanvulling. Die tendens is des te sterker naarmate het grondwatersysteem trager is. Grote droogten komen juist vaker voor, en wel het vaakst in de trage systemen. Dit komt doordat in grotere systemen afzonderlijke droogten de neiging hebben om in elkaar op te gaan om grotere droogten te vormen. Het aantal kleine droogten neemt daardoor af, terwijl het aantal grote droogten toeneemt. Ik heb het gevoel dat dit effect erg veel te maken heeft met de manier waarop in dit proefschrift droogte gedefinieerd is. Het opgaan van kleinere droogten in een grotere heeft immers alles te maken met de keus voor een drempel-methode (figuur 1). Ik kan me moeilijk voorstellen dat het tamelijk dramatische samenvloeien van twee kleine droogten in één grotere ook een opmerkelijke verandering oplevert in de manier waarop droogte

door mensen beleefd wordt.

Welk systeem is nu droogtebestendiger? Dat hangt van het droogtetekort af. Om voor een oordeel niet afhankelijk te zijn van tamelijk ingewikkelde plaatjes als figuur 2 introduceert Peters een prestatie criterium dat de prestatie van een stroomgebied ten aanzien van droogte samenvat in één getal. Bij de berekening wordt aan verschillende frequenties van voorkomen een verschillend gewicht toegekend. Het komt erop neer dat de totale prestatie weer het laagst is voor middelgrote grondwatersystemen.

De derde stap is een onderzoek naar de ruimtelijke verdeling van droogten. Daarvoor is het stroomgebied van de Pang gemodelleerd in MODFLOW. Nu komt dus eindelijk ook – en zelfs voornamelijk – de grondwaterstand in beeld. Aangezien er maar één systeem bestudeerd wordt, vervalt de traagheid van het systeem als vergelijkingsparameter. Daar staat tegenover dat nu het verloop van de grondwaterstand in verschillende punten vergeleken kan worden. Twee historische droogten, die van 1991–92 en die van 1976, worden nader geanalyseerd. Het ruimtelijke patroon van het droogtetekort blijkt zo sterk te correleren met de grondwaterstand dat andere invloeden, zoals ruimtelijke variaties in de grondwateraanvulling, volledig gemaskeerd worden. Daarom normaliseert Peters de tijdreeksen door de grondwaterstanden te delen door hun standaardafwijking. Zo vervalt een intuïtief aantrekkelijke eigenschap van het begrip droogtetekort. Ik zou althans niet meer kunnen zeggen of een plek waar het genormaliseerde droogtetekort groter is er ook werkelijk ernstiger aan toe is. Hoe dan ook, het normaliseren heeft geen invloed op het opgaan van kleinere droogten in grotere. Het blijkt dan ook dat plekken dicht langs een rivier gevoeliger zijn voor korte droogten, terwijl plekken die ver van de systeemgrenzen af liggen gevoeliger zijn voor langdurige droogten in de

grondwateraanvulling. De vondst dat de droogte in een grondwatersysteem van plek tot plek verschilt, lijkt voor de gemeenschap van droogteonderzoekers als een verrassing te komen.

Hiermee zijn, denk ik, de kernthema's van het promotieonderzoek besproken. Zoals u uit de titel van het proefschrift heeft kunnen afleiden is er ook onderzoek gedaan aan een grondwatersysteem in Spanje. In het semi-aride klimaat zijn de seizoenen veel minder geprononceerd aanwezig in de grondwateraanvulling. Er treden dan ook veel gemakkelijker meerjarige droogten op. Verder is er gekeken naar de invloed van niet-lineariteit.

Uit al mijn commentaar mag u niet afleiden dat ik de studie matig vond. Omdat het om echt pionierswerk gaat, komen er nu eenmaal veel vragen op. De promovenda plaatst zelf ook kanttekeningen bij haar werk. Ze eindigt met de constatering dat grondwaterdroogte een dermate dynamisch begrip is dat het waarschijnlijk beter is om het niet onder één noemer te willen vangen. Bij een praktische definitie zou beter gesproken kunnen worden van droogte in grondwateraanvulling, -stand of -afvoer. Wat mij betreft zou er ook een sterkere relatie gezocht kunnen worden met de gevoelsmatige ernst van een droogte.

Ondanks dit enigszins open einde kan gesteld worden dat Lies Peters een belangrijke bijdrage heeft geleverd om orde in de chaos te scheppen, door een systematisch overzicht te geven van de verandering van droogten als gevolg van voortplanting door een reeks grondwatersystemen. Haar proefschrift werd met een heel mooi cijfer beloond.

Kees Maas

Urban Groundwater Pollution

door David N. Lerner; International Contributions to Hydrogeology 24, International Association of Hydrogeologists, A.A. Balkema, Lisse, 2004, 277 pag, gebonden, ISBN 90-5809-629-7, € 94,34.

Soms kost het wat moeite om een boek wat ter bespreking is aangeboden een plaats te geven in mijn referentiekader. Dat is zeker ook het geval bij 'Urban Groundwater Pollution'. Het is geschreven door David N. Lerner die op het schutblad slechts 'editor' blijkt te zijn. Het is uitgegeven door de International Association of Hydrogeologists. De voorkant is blauw met zwart en er staat een nummer 24 op. Het is best wel dik. Voorzichtig sla ik het open, en dan moet ik mijzelf al gelijk verbeteren: de uitgever is A.A. Balkema, maar UNESCO schijnt er ook achter te zitten.

Het voorwoord schept duidelijkheid. UNESCO heeft op een gegeven moment geconstateerd dat het de moeite waard was om de stedelijke grondwaterproblematiek afzonderlijk te bestuderen. En dus werd er een werkgroep geformeerd onder UNESCO IHP-V project 3.4, om een state-of-the-art rapport op te stellen. In september 1997 vond in Nottingham de inaugurale ontmoeting plaats (ik vertaal maar even letterlijk), waar overeenstemming werd bereikt over de opzet van het boek. In Kaapstad werd drie jaar later een tweede bijeenkomst gehouden, waarna het boek tot stand kwam.

Het voorwoord wijst op de tweedeling in het boek: hoofdstukken 1 t/m 3 geven een overzicht, waarna in hoofdstuk 4 t/m 9 de case studies aan bod komen. Men hoopt dat het boek waardevol zal zijn voor drie groepen:

- 1 hydrologen, die kunnen zien hoe andere hydrologen stedelijke hydrologie hebben beschouwd;
- 2 stedenbouwkundigen en drinkwateringe-