

Verdamping van droogteminnende duinvegetatie

Bernard R. Voortman¹, Ruud P. Bartholomeus^{2,3},
Sjoerd E.A.T.M. van der Zee³ & Jan-Philip M. Witte^{2,4}

Op 21 september 2018 was de openbare verdediging van het proefschrift "Evaporation from dry dune vegetation" door Bernard Voortman. Het proefschrift biedt kwantitatieve inzichten in het verdampingsgedrag van droogteminnende duinvegetaties in vroege successiestadia (kaal zand, mos, gras en heide). We onderzochten onder andere de invloed van het dichtgroeien van natuurgebieden en van het veranderende klimaat op de verdamping. Deze inzichten komen ten goede aan betere grondwatermodellen, maar ook aan de vergroting van de grondwateraanvulling via een gericht vegetatiebeheer.

Achtergrond

Volgens verschillende klimaatprojecties verschuift een deel van de neerslag in Nederland van de zomerperiode naar de winterperiode en neemt de referentiegewasverdamping in de zomer toe. Dit betekent dat droge periodes vaker voorkomen en extremer worden. Wat de effecten van deze meteorologische veranderingen zijn op de waterhuishouding van natuurgebieden op hoge zandgronden is slecht bekend vanwege het gebrek aan fundamentele kennis over de verdamping van de verschillende begroeiingstypen, vooral in vroege successiestadia (veelal beschermde habitats, bijvoorbeeld Habitattype 2130 *Grijze duinen* van de Europese Habitatrichtlijn). Omdat verdamping een grote post is in de waterbalans, hebben ogenschijnlijk kleine veranderingen daarin grote gevolgen voor het grondwatersysteem. Zo is tachtig millimeter verdamping in een gebied als de Veluwe gelijk aan alle drinkwateronttrekkingen van de Veluwe ten behoeve van circa twee miljoen mensen. Accurate cijfers van verdamping zijn nodig om het watersysteem op hoge zandgronden te begrijpen en te beheren. Hydrologische modellen kunnen hiermee worden verbeterd en het beheer van de vegetatie zodanig worden aangepast, dat de voorraad grondwater toeneemt. Dit kan ten goede komen aan de watervoorziening van de landbouw, de natuur en de drinkwatervoorziening.

1 Moisture Matters, Utrecht (bernard.voortman@moisture-matters.nl)

2 KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein

3 Wageningen University and Research, Wageningen

4 Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam

Verdamping van mossen

Mossen zijn volop aanwezig in verschillende successiestadia op hoge zandgronden. Bijvoorbeeld als pioniervegetatie tussen het kale zand of als ondergroei in heideterreinen. Op basis van laboratoriumexperimenten (afbeelding 1), lysimetermetingen en modelsimulaties bleek dat bepaalde mossen en korstmossen minder verdampen dan een kale duinbodem. Dat is opmerkelijk, omdat algemeen wordt verondersteld dat meer vegetatie (en dus meer biomassa) zal leiden tot meer verdamping. Deze vuistregel geldt dus niet voor mossen. Mossen verschillen fundamenteel van vaatplanten doordat ze geen huidmondjes en meestal ook geen actief watertransportmechanisme hebben. Bepaalde mossen hebben slechtere waterretentie-eigenschappen dan kale grond. De effecten van mossen op verdamping in Nederland, gekwantificeerd in het proefschrift, waren maximaal +62 mm/j tot -91 mm/j in vergelijking met een kale duinbodem. Met een jaarlijkse neerslag van 820 mm/j zijn dergelijke verdampingsverschillen ongeveer gelijk aan +10% en -15% van de jaarlijkse grondwateraanvulling van een kale duinbodem. Als mossen voorkomen in droge duingebieden, is het dus belangrijk om aan dit soort verschillen aandacht te geven.



Afbeelding 1: Labexperimenten met mossen in het bodemfysisch laboratorium in Wageningen.

De energiebalans en effecten van droge periodes

Op basis van veldmetingen (afbeelding 2) hebben we de energie- en waterbalans opgesteld voor kaal zand, mos, gras en heide, en modellen geparametriseerd om

verdamping en energieflexen te simuleren. De netto langgolvlige straling was groter dan of vergelijkbaar met de latente warmteflux en werd slecht beschreven door de veel gebruikte FAO-56 benadering om langgolvlige straling te simuleren. We hebben een model ontwikkeld om het dagelijks verloop van de oppervlaktetemperatuur te beschrijven, en dit verbeterde de simulaties van langgolvlige straling aanzienlijk. Tijdens onze meetcampagne in 2013 vond eind juli een droge periode plaats (met een herhalingstijd van 5 jaar). Van deze periode hebben we berekend wat het effect op de potentiële en werkelijke verdamping van gras en heide is geweest. Direct na de droge periode stierf een deel van de gras- en heidebegroeiing af waardoor tijdens de rest van het jaar zowel de potentiële verdamping (met respectievelijk -37 mm en -61 mm) als de werkelijke verdamping (respectievelijk -29 mm en -29 mm) daalde. Zonder rekening te houden met de terugkoppelingen van droge perioden op verdamping, overschatten onze modellen dus de verdamping. We verwachten dat het afsterven van de begroeiing een nog sterker effect heeft gehad op de verdamping in de droge zomer van 2018 en dat dit effect de komende jaren nog zal doorwerken, totdat de vegetatie zich heeft hersteld (afbeelding 3).



Afbeelding 2: Meetopstelling bij Soestduinen. Een thermische camera werd gebruikt om een meettechniek te toetsen gebaseerd op thermische beelden op verschillende lysimeters.

Dichtgroei van natuurgebieden en klimaatverandering

Op basis van veldmetingen en modelsimulaties hebben we berekend wat het effect op de verdamping is van bodem- en vegetatiesuccessie in grijze duinen. Startend met kaal zand, leidde 52 tot 76 jaar van successie, met gemeten verandering in bodemeigenschappen en vegetatiebedekking, tot een verdampingstoename van 94 mm/j. De

toename van de verdamping werd grotendeels veroorzaakt door bodemontwikkeling (een toename van de waterretentie) en in mindere mate door een toename van vaatplanten. Onze simulaties laten zien dat bodem- en vegetatiesuccessie van groot belang zijn voor de grondwateraanvulling. Projecties van grondwateraanvulling onder klimaatscenario's vereisen daarom een dynamisch vegetatie- en bodemontwikkelingsmodel om de gekoppelde interacties tussen klimaat, bodem, water en vegetatie te simuleren. Als we rekening houden met dit soort processen in klimaatprojecties, kan dit leiden tot contra-intuïtieve resultaten, zoals we hebben waargenomen voor duinhellingen met verschillende hellingshoek en oriëntatie: meer inkomende energie en neerslag leidt niet noodzakelijkerwijs tot een toename van de werkelijke verdamping, omdat extreem droge milieus minder vaatplanten herbergen en bodems hebben met een lager vochtleverend vermogen. We verwachten daarom dat een veranderend klimaat met drogere zomers mogelijk leidt tot minder vaatplanten, meer droogteresistente mossen en een verlaging van de verdamping, ondanks dat meteorologisch de referentiegewasverdamping toeneemt.



Afbeelding 3: Door de zomerdroogte van 2018 afgestorven heide op de Veluwe.

Verdamping meten

Bovenstaande inzichten hebben we mede ontleend aan metingen met een door ons ontwikkelde lysimeter. Deze is verder doorontwikkeld in TKI verband (Topconsortia voor Kennis en Innovatie) met de firma Eijkelkamp. We hebben vervolgens een meetstelsel getest waarmee lysimetermetingen met behulp van thermische beelden ruimtelijk worden geëxtrapoleerd. Door de energiebalans en de oppervlaktetemperatuur van lysimeters te vergelijken met die van de ongestoorde omgeving, konden we

de representativiteit van lysimetermetingen beoordelen en verschillen in verdamping kwantificeren als gevolg van ruimtelijke variaties in het bodemvochtgehalte. Voor zover wij weten, is dit het enige systeem waarmee de verdamping van een groot onverstoorde afgebakend gebied (bijvoorbeeld 100 m × 100 m) op een dergelijke directe manier kan worden bepaald. Deze meetmethode kan worden aangepast aan de vereiste ruimtelijke schaal en kan de kloof overbruggen tussen puntmetingen en schattingen van de verdamping op veldschaal (bijvoorbeeld op basis van satellietbeelden of eddycorrelatiesystemen).

Conclusies en aanbevelingen

De verdamping op hoge zandgronden is een belangrijke post in de waterbalans van gebieden waar drinkwaterbedrijven vaak grondwater aan onttrekken. Waterbeheerders kunnen de verdampingcijfers gepresenteerd in het proefschrift gebruiken om het watersysteem beter te begrijpen en te beheren. Het proefschrift biedt veel praktische handvatten om verdamping accuraat te modelleren. We hebben vegetatiedynamiek echter nog niet geïntegreerd in een modeltoepassing. We weten wat we cijfermatig ongeveer kunnen verwachten, maar we hebben nog niet een model waarin de dynamische ontwikkeling van bodem, water en vegetatie wordt nagebootst. Een onderzoek naar een praktische integratie van vegetatiedynamiek in de berekeningen van de verdamping op hoge zandgronden is wenselijk om de effecten van het klimaat en het natuurbeheer beter te kunnen berekenen in waterbalansstudies.

Dankwoord

Wij willen de promotiecommissie bedanken voor het beoordelen van het proefschrift en de interessante vragen tijdens de verdediging: Jordi Vilá (WUR), Stefan Dekker (UU, OU), Peter Droogers (Future Water), Remko Uijlenhoet (WUR) en Rien Aerts (VU). Tevens willen we de mensen bedanken die het verdampingsonderzoek op hoge zandgronden hebben gesteund: Teun Spek (provincie Gelderland), Jan Hoogendoorn (Vintens), Almer Bolman (Waterschap Vallei & Veluwe) en Hans van Rheenen (Eijkelkamp). Het promotieonderzoek is gefinancierd door het programma Kennis voor Klimaat, thema 3 (CARE), en het gezamenlijke onderzoeksprogramma van de drinkwaterbedrijven (BTO).

Extended abstract PhD thesis: Evaporation from dry dune vegetation

Accurate estimates of evaporation are required for understanding and managing water resources of dry dune ecosystems. This thesis provides new insights into the complex interacting controls of vegetation, soil and meteorological conditions on evaporation of these areas, and presents an advanced measurement system to support future evaporation research. The results can be used to quantify the evaporation flux from short vegetation (from bare soil, moss to dry grass and heather) and to assess the effect of dry spells and succession on evaporation. These quantitative insights can be used to anticipate on changing weather conditions and to assess the benefit of vegetation management in terms of groundwater recharge.

Literatuur

Voor alle achterliggende literatuur willen we graag verwijzen naar het volledige proefschrift. De digitale versie van het proefschrift is te vinden op:
<http://dare.ubvu.vu.nl/handle/1871/55752>.

Afzonderlijke hoofdstukken van het proefschrift zijn gepubliceerd in:

Voortman, B.R., R.P. Bartholomeus, P.M. van Bodegom, H. Gooren, S.E.A.T.M. van der Zee & J.P.M. Witte (2014). Unsaturated hydraulic properties of xerophilous mosses: towards implementation of moss covered soils in hydrological models; in: *Hydrological Processes*, vol 28(26), pag 6251–6264.

Voortman, B.R., R.P. Bartholomeus, S.E.A.T.M. van der Zee, M.F.P. Bierkens & J.P.M. Witte (2015). Quantifying energy and water fluxes in dry dune ecosystems of the Netherlands; in: *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, vol 19(9), pag 3787–3805.

Voortman, B.R., Y. Fujita, R.P. Bartholomeus, C.J.S. Aggenbach & J.P.M. Witte (2017). How the evaporation of dry dune grasslands evolves during the concerted succession of soil and vegetation; in: *Ecohydrology*, vol 10(4).

Voortman, B.R., F.C. Bosveld, R.P. Bartholomeus & J.P.M. Witte (2016). Spatial extrapolation of lysimeter results using thermal infrared imaging; in: *Journal of Hydrology*, vol 543(part B), pag 230–241.