

Effecten van historisch landgebruik

De mens beïnvloedt, meestal onbewust, de waterbalans via veranderingen in het landschap. De verdamping van regenwater neemt bijvoorbeeld toe door bebossing van stuifzanden en heiden. Wij hebben nu berekend wat de effecten van grootschalige historische landgebruiksveranderingen zijn geweest op de waterbalans van de Veluwe. Wat blijkt: vanaf 1850 is de verdamping met ruim 50% gestegen.

De rol van het landgebruik in de waterbalans van de Veluwe

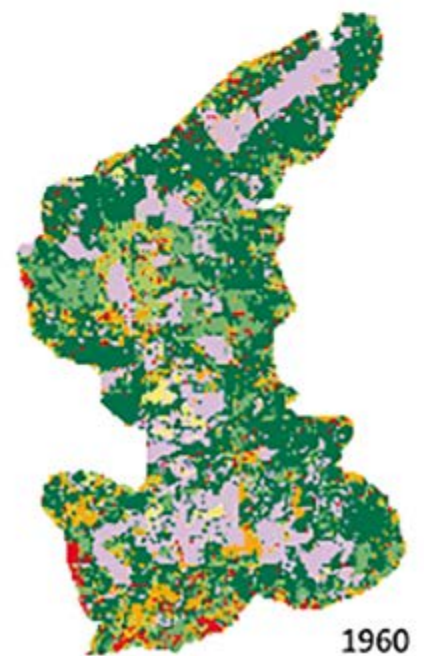
In bijna alle gebieden op aarde is de verdamping de grootste verliespost van de waterbalans. Overall, dus ook op de Veluwe, verdampt meer dan de helft van de neerslag (regen en sneeuw). Minder dan de helft sijpelt dus door naar het grondwater: de grondwateraanvulling. Deze aanvulling is de brandstof van het grondwatersysteem. Hoe hoger de grondwateraanvulling, des te hoger de grondwaterstand en des te meer water door de beken stroomt. Maar ook: des te meer grondwater kan worden opgepompt zonder schade aan landbouw en natuur.

Bij een gegeven klimaat is het landgebruik bepalend voor de hoeveelheid water die verdampt. Zo is de verdamping van bossen een stuk hoger dan van heide of stuifzand. Dit komt vooral doordat bomen veel water opvangen in de boomkruin, dat vrijwel direct na een regenbui verdampt (de zogenaamde interceptieverdamping). Door natuurbeheer (bosbouw, plaggen, maaien en begrazing) sturen we de begroeiing, en daarmee de verdamping.

Vanaf eind negentiende eeuw wordt door bedrijven grondwater gewonnen uit de Veluwe. Dit zorgt voor een daling van de grondwaterstand, waardoor beken en sprengen droogvallen en de toestroming van grondwater naar kwelafhankelijke natuurgebieden afneemt. Om dat te voorkomen, wordt steeds meer nagedacht over maatregelen om schade aan de natuur te voorkomen. Het stimuleren van een vegetatie die zuinig omgaat met water zou wel eens effectief kunnen zijn.

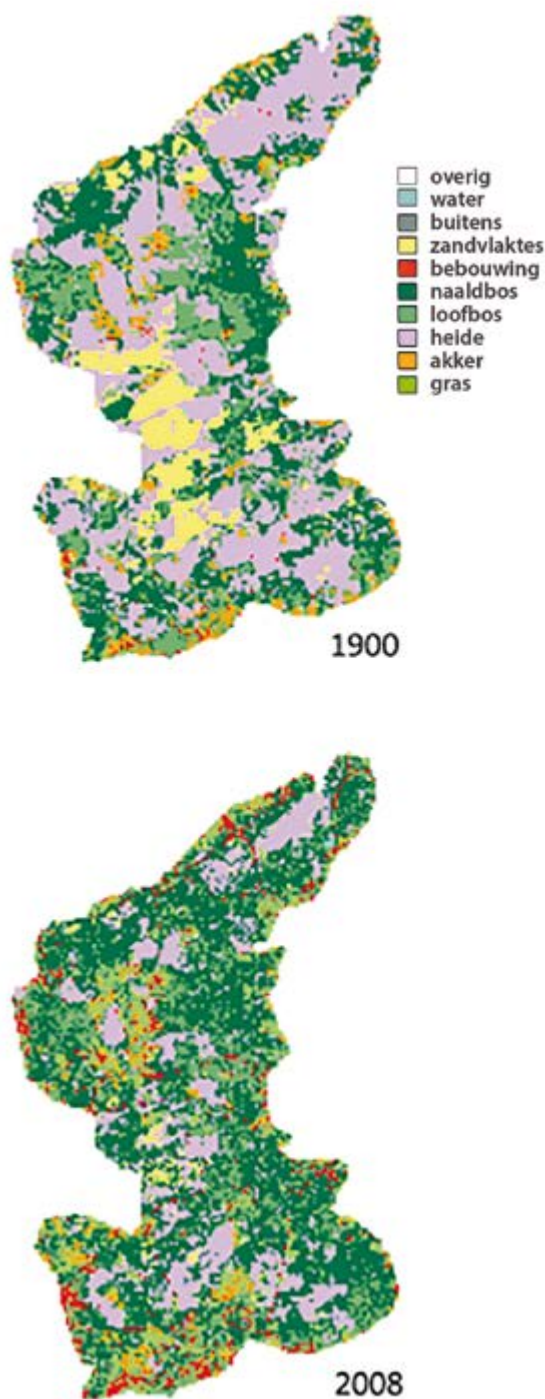
Afgelopen jaren is veel onderzoek verricht naar het verdampingsgedrag van droge natuur [Voortman et al., 2014, 2015 en 2017] en is de Veluwe uitgekozen als Europees pilot gebied waar we in detail onderzoeken wat effecten van toekomstige klimaat- en landgebruiksveranderingen kunnen zijn op de hydrologie. (Horizon 2020 project BINGO www.projectbingo.eu). Voordat we een kijkje in de toekomst nemen, proberen we te leren van het verleden. Op de Veluwe zijn namelijk grootschalige landgebruiksveranderingen geweest die wel eens veel bepalender kunnen zijn dan klimaatverandering. Pas als we het verleden begrijpen kunnen we met meer zekerheid uitspraken doen over de toekomst. Daarom is het doel van deze studie om te kwantificeren wat het effect is geweest van klimaat- en landgebruiksveranderingen op de waterbalans van de Veluwe van 1850 tot heden.

Daartoe zijn we op zoek geweest naar historische kaarten waarop eenduidig de vegetatie is geclassificeerd. Daarnaast hebben we een reconstructie gemaakt van het klimaat op basis van waarnemingen van het KNMI. Vervolgens hebben we een hydrologisch model gemaakt om per landgebruik en bodemtype te berekenen wat de verdamping is geweest. Ten slotte hebben we een ruwe schatting gemaakt van de gevolgen van veranderingen in klimaat en landgebruik op de grondwaterstand.



op de waterbalans van de Veluwe

Door Kelly Nijhuis, Bernard Voortman en Flip Witte



Historische veranderingen van het landgebruik

Om landgebruiksveranderingen in beeld te brengen zijn we op zoek gegaan naar historisch topografische kaarten. De topografisch militaire kaart uit 1850 (de TMK1850) is de eerste kaart die eenduidig het landgebruik van de Veluwe weergeeft. Voor die tijd was er geen eenduidige manier van classificeren en karteren en werden vaak belangrijke herkenningspunten in het landschap groter getekend. Daarnaast zijn landgebruikskaarten uit 1900, 1960 en 2008 (HGN1900, HGN1960 en LGN6) gebruikt die werden ontwikkeld door Alterra. Nadat we een aantal klassen hadden samengevoegd konden we ze met elkaar vergelijken. Figuur 1 hiernaast toont het landgebruik over deze jaren. Enorme verschillen zijn zichtbaar, vooral het verdwijnen van heide en zandvlaktes en het verschijnen van bossen.

In ruim 150 jaar is er 30 procent van de heide en 26 procent van de zandvlaktes verdwenen. Daarvoor in de plaats is vooral het naaldbos toegenomen, met bijna 44 procent.

Zie figuur 1 hiernaast.

Rol van het klimaat en landgebruik op de werkelijke verdamping

Naast het landgebruik is ook het klimaat van belang voor de verdamping. Met behulp van waarnemingen door het KNMI van neerslag en temperatuur hebben we de gebiedsgemiddelde werkelijke verdamping gereconstrueerd vanaf 1850 t/m 2016. De neerslag gemeten door het KNMI is weergegeven in figuur 2 op de volgende pagina.

Bij de berekening van de werkelijke verdamping is niet alleen rekening gehouden met het landgebruik, maar ook met de bodemgesteldheid van de Veluwe. Om het effect van klimaatverandering en van landgebruiksveranderingen afzonderlijk te kwantificeren hebben we twee scenario's doorgerekend:

- alleen klimaatverandering en
- klimaatverandering plus landgebruiksverandering.

Figuur 3 op de volgende pagina toont het resultaat. De fluctuaties in de berekende verdamping worden veroorzaakt door het weer: het ene jaar is nu eenmaal natter dan het andere jaar. Dit figuur laat zien dat de invloed van alleen het klimaat zeer beperkt is (blauwe lijn), maar dat klimaat en landgebruik samen (zwarte lijn) een duidelijke stijging van de jaarlijkse verdamping vertonen. Over de hele periode van ruim anderhalve eeuw gaat het om ruim 200 millimeter. De verandering van het landgebruik heeft in die periode dus een grotere rol gespeeld dan klimaatverandering.

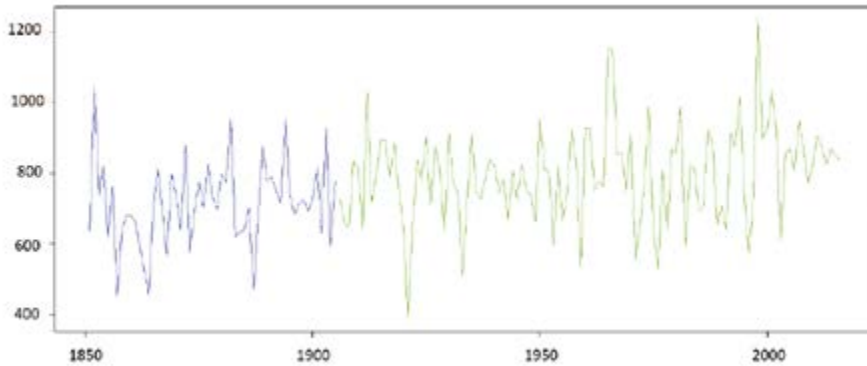
Figuur 2 en 3 op de volgende pagina.

Figuur 1: De verdeling van de landgebruikstypen op de Veluwe per historische kaart.

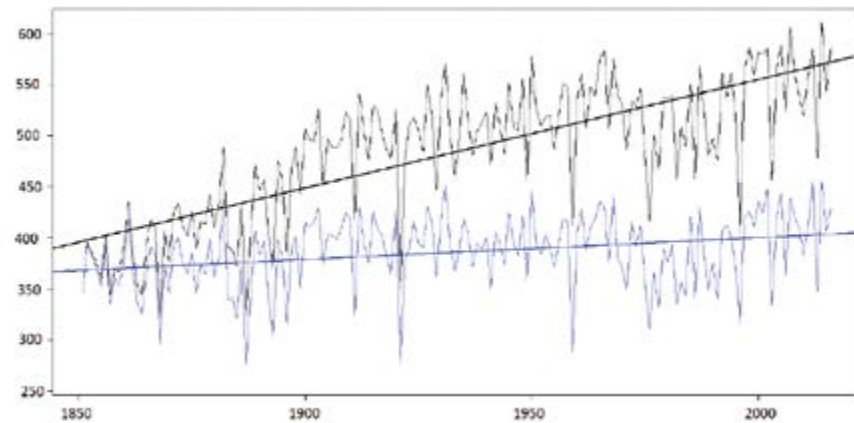


**Interview met Henk Weltje bij RTV Apeldoorn:
Te beluisteren op onderstaande link**

www.henk-weltje.nl/diversen/2018_02_18_voa_interview.mp3



Figuur 2: De neerslag (mm per jaar) gemeten door het KNMI op Bastion Sonnenborgh (blauw) en De Bilt (groen).



Figuur 3: Gebiedsgemiddelde werkelijke verdamping (mm per jaar) van de Veluwe voor de periode 1850 tot en met 2016. In het blauw het effect van klimaatverandering (met het landgebruik van 1850 constant gehouden) en in het zwart rekening houdend met het veranderde landgebruik plus klimaatverandering.

Op figuur 3 hierboven zien we de gebiedsgemiddelde werkelijke verdamping (mm per jaar) van de Veluwe voor de periode 1850 tot en met 2016. Het effect van klimaatverandering (blauw) (met het landgebruik van 1850 constant gehouden) en rekening houdend met het veranderde landgebruik plus klimaatverandering (zwart).

Figuur 4 op pagina 25 toont hoe in de loop der jaren ieder landgebruikstype heeft bijgedragen aan de jaarlijkse gebiedsgemiddelde verdamping. Voornamelijk naaldbos heeft gezorgd voor een stijging van de werkelijke verdamping. Het aandeel van heide en zandvlaktes is steeds kleiner geworden.

Gevolgen voor de grondwateraanvulling op de Veluwe

Als laatste stap is kort gekeken naar de grondwateraanvulling. Deze is op drie manieren berekend:

- $R_1 = P - ETact$
- $R_2 = P - ETact - \text{landgebruik 1851}$
- $R_3 = P - ETact - \text{grondwaterwinning}$

R grondwateraanvulling in mm/jr,
P neerslag in mm/jr,
ETact de werkelijke verdamping in mm/jr.

Voor de werkelijke verdamping zijn de waarden uit figuur 2 gebruikt, gemiddeld over een periode van 30 jaar.

Voor de grondwaterwinning zijn alleen de bekende waarden van Vitens gebruikt; de industriële winningen, die veel kleiner zijn, zijn dus buiten beschouwing gelaten.

Het derde scenario levert geen echte grondwateraanvulling op, maar de aanvulling vermindert met de winning, wat de hoeveelheid oplevert die kan toestromen naar de randen van de Veluwe.

Op de volgende pagina laat figuur 5 de grondwateraanvulling zien van de drie scenario's. Vooral het verschil tussen de scenario's is interessant. Het gevolg van het veranderde landgebruik van de laatste anderhalve eeuw is een afname van de jaarlijkse netto grondwateraanvulling van ruim 100 millimeter. Dit is te zien door scenario 1 (groen) met scenario 2 (blauw) te vergelijken.



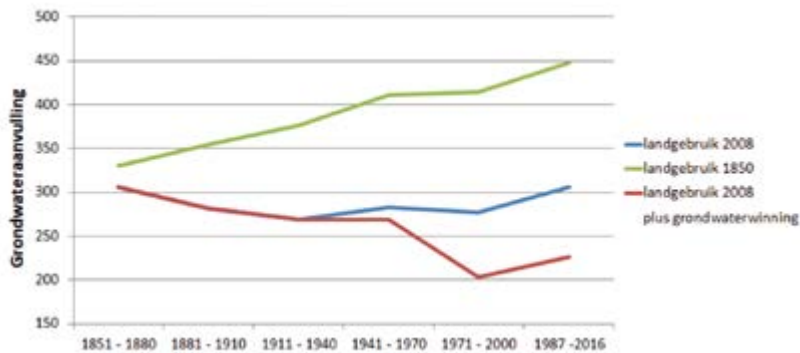
De verschillen tussen de scenario's zijn halverwege negentiende eeuw een stuk kleiner.



Figuur 4: De bijdrage per landgebruikstype aan de totale actuele verdamping (mm per jaar) van de Veluwe voor de periode 1850 tot en met 2016.

De eerder vermelde toename van de verdamping van 200 mm/jr is dus voor 100 mm/jr gecompenseerd door een hogere neerslag. De grondwaterwinning veroorzaakt een verlaging van de 'netto grondwateraanvulling' met ongeveer 75 millimeter. Verschil scenario 2 (blauw) en 3 (rood).

De verschillen tussen de scenario's zijn halverwege negentiende eeuw een stuk kleiner. Grondwaterwinning speelde nog geen rol en de verandering van landgebruik was toen net begonnen.



Figuur 5: De verandering van de grondwateraanvulling (mm per jaar) voor drie scenario's.

Conclusies

De laatste 150 jaar is het landgebruik van de Veluwe drastisch veranderd. Heide en zandvlaktes zijn grotendeels verdwenen en bossen zijn geplant. Daardoor is de werkelijke verdamping gestegen en de grondwateraanvulling gedaald, voornamelijk door de verandering van het landgebruik.

Het gaat over een stijging van werkelijke verdamping van ruim 200 mm/jr, maar door een toename van de neerslag is het netto effect op de grondwateraanvulling een afname van ruim 100 mm/jr. De toename van het areaal naaldbos speelt hierin de grootste rol.

Verantwoording en vervolg

Dit onderzoek is gedaan als stage-opdracht van de eerste auteur (master student hydrologie, WUR) bij KWR Watercycle Research Institute te Nieuwegein (Nijhuis, 2017). We bedanken Victor Bense die het onderzoek vanuit de WUR begeleidde, Jan Neeffjes en Alterra voor het ter beschikking stellen van kaartmateriaal, het KNMI voor het beschikbaar hebben van historische weergegevens en Vitens voor het ter beschikking stellen van gegevens over grondwaterwinning.

Het onderzoek past binnen een project waarin de provincie Gelderland, waterbedrijf Vitens en Waterschap Vallei & Veluwe samen met KWR proberen de historische waterhuishouding van de Veluwe te reconstrueren.

In het kader van het Europese project BINGO zullen de resultaten eerst worden gebruikt in een hydrologisch model (AZURE) waarmee grondwaterstanden en beekafvoeren worden berekend.

19 Maart IVN lezing in Apeldoorn: Bevers in Nederland

lees meer op onze website



Na toetsing van historische projecties aan beschikbare grondwaterstandsmetingen en zacht bewijsmateriaal, zoals aan de voormalige ligging van watermolens, kunnen we vertrouwen krijgen in het voorspellen van de gevolgen van de klimaatverandering: het verleden is de sleutel naar de toekomst.

Het hydrologisch model AZURE zal dan worden benut om te voorspellen wat klimaatverandering zal betekenen voor de grondwaterstanden en de beekafvoeren van de Veluwe.

Zal de grondwateraanvulling door klimaatverandering werkelijk toenemen, zelfs onder het droogste klimaatscenario, zoals eerder werd beredeneerd door Witte et al. (2012) en recent berekend door van Engelenburg et al. (2017), of gaat de toekomst er toch anders uitzien?

Veel hangt af van de verdampingskenmerken van de vegetatie, zoals de bewortelingsdiepte en de interceptiecapaciteit van bomen, waar KWR nu nog volop onderzoek naar doet. Resultaten van nieuwe berekeningen kunnen in De Wijerd worden tegemoet gezien.

Literatuur

- Nijhuis, K.** (2017) Historisch landgebruik van de Veluwe in hydrologisch perspectief. p. 38. KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.
- van Engelenburg, J., Hueting, R., Rijpkema, S., Teuling, A.J., Uijlenhoet, R. & Ludwig, F.** (2017) Impact of Changes in Groundwater Extractions and Climate Change on Groundwater-Dependent Ecosystems in a Complex Hydrogeological Setting. *Water Resources Management*.
- Voortman, B.R., Bartholomeus, R.P., van der Zee, S.E.A.T.M., Bierkens, M.F.P. & Witte, J.P.M.** (2015) Quantifying energy and water fluxes in dry dune ecosystems of the Netherlands. *Hydrological Earth Syst. Sci.*, 19, 3787-3805.
- Voortman, B.R., Fujita, Y., Bartholomeus, R.P., Aggenbach, C.J.S. & Witte, J.P.M.** (2017) How the evaporation of dry dune grasslands evolves during the concerted succession of soil and vegetation. *Ecohydrology*, 10, e1848-n/a.
- Voortman, B.R., Bartholomeus, R.P., van Bodegom, P.M., Gooren, H., van der Zee, S.E.A.T.M. & Witte, J.-P.M.** (2014) Unsaturated hydraulic properties of xerophilous mosses: towards implementation of moss covered soils in hydrological models. *Hydrological Processes*, 28, 6251-6264.
- Witte, J.P.M., Runhaar, J., Van Ek, R., Van der Hoek, D.C.J., Bartholomeus, R.P., Batelaan, O., Van Bodegom, P.M., Wasen, M.J. & Van der Zee, S.E.A.T.M.** (2012) An ecohydrological sketch of climate change impacts on water and natural ecosystems for the Netherlands: bridging the gap between science and society. *Hydrological Earth Syst. Sci.*, 16, 3945-3957.



drukkerij **kwakkel**
indrukwekkend dynamisch



Kwak, juveniel

*Ook uw drukwerk verzorgen
wij graag tot in detail.*

Tel. 0578-691508 • kwakkel.bv@planet.nl
Eperweg 1 • 8181 ET Heerde

