

iStockphoto



Akker met aardappels tijdens droogte

## AUTEURS

Sjoukje Y. Philip en Sarah F. Kew  
(KNMI)

## IS DE DROOGTE VAN 2018 TOE TE SCHRIJVEN AAN KLIMAATVERANDERING?

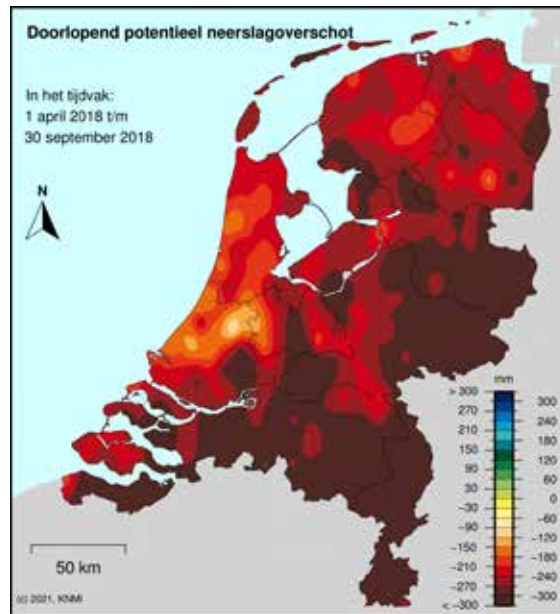
Karin van der Wiel en Geert Jan van  
Oldenborgh (KNMI)

**Nederland werd in de zomer van 2018 getroffen door extreme droogte. De schade voor bijvoorbeeld boeren, scheepvaart en waterbeheerders wordt geschat tussen de 450 en 2080 miljoen Euro. De droogte was zo buitengewoon, dat al snel de vraag opkwam of klimaatverandering de oorzaak was.**

Niko Wanders  
(Universiteit Utrecht)

In 2018 was het in het hele zomerhalfjaar erg warm, met veel meer zonuren dan normaal (april-september). In mei, juni, juli en september viel er bijzonder weinig regen. Deze combinatie van weinig regen en hoge verdamping door hoge temperaturen en veel zonnestraling, leidde tot droogte. In het zuiden en oosten waren de problemen veel groter dan in het westen en noorden. Dat kwam mede doordat de gevoeligheid voor gebrek aan regen in het binnenland, vooral op de hoge zandgronden, hoger is. Aanvulling van watertekorten met rivierwater is daar niet mogelijk, terwijl dit in het westen en rond het IJsselmeer wel kan. De vraag van deze studie is of we in Nederland trends zien in het optreden van droogte in het binnenland en het kustgebied en zo ja, of we die in verband kunnen brengen met klimaatverandering.

Afbeelding 1. Ruimtelijke verdeling van het potentieel neerslagtekort op 30 september 2018. Bron: KNMI



Droogte 2018:  
gevolg van  
klimaatverandering?

4

### Potentieel neerslagtekort

In Nederland is een veelgebruikte maat voor droogte het potentieel neerslagtekort in het groeiseizoen (april tot en met september). Dit is het cumulatieve verschil tussen dagelijkse potentiële verdamping en neerslag, waarbij negatieve waarden op nul worden gezet. De potentiële verdamping wordt berekend met de formule van Makkink, die vooral afhangt van temperatuur en directe en indirecte zonnestraling ('globale straling'). In 2018 was het potentieel neerslagtekort aan het eind van het groeiseizoen, op 30 september, het grootst in het zuiden en oosten van het land (afbeelding 1).

### Benaderingen van droogte

Uit eerder onderzoek weten we dat de neerslagtrends in een brede kuststrook en in het binnenland verschillen (Lenderink et al, 2009; van Haren et al, 2012). We onderzoeken hier of, en zo ja hoe, dat verschil doorwerkt in trends in droogte. We definiëren daartoe het kustgebied als een strook van 50 kilometer langs de Noordzeekust en tenminste 30 kilometer langs de Waddenzee, ongeveer 45 procent van Nederland. De rest noemen we het binnenland.

In deze studie beschouwen we vier aspecten. Het simpelste is droogte als een vermindering van regen (*meteorologische droogte*). Als tweede analyseren we trends in *temperatuur*. Ten derde kijken we naar de *potentiële verdamping* volgens Makkink. Tenslotte staan we stil bij bodemvochtdroogte (*agrarische droogte*).

### Waargenomen trends

In afbeelding 2 zijn de trends van neerslag, temperatuur, zonnestraling en de Makkink potentiële verdamping uitgezet. Voor bodemvocht is geen trendanalyse mogelijk vanwege het ontbreken van meetreeksen die lang genoeg zijn. Om de gevolgen van klimaatverandering te bepalen, zijn de trends afgezet tegen de wereldgemiddelde temperatuur

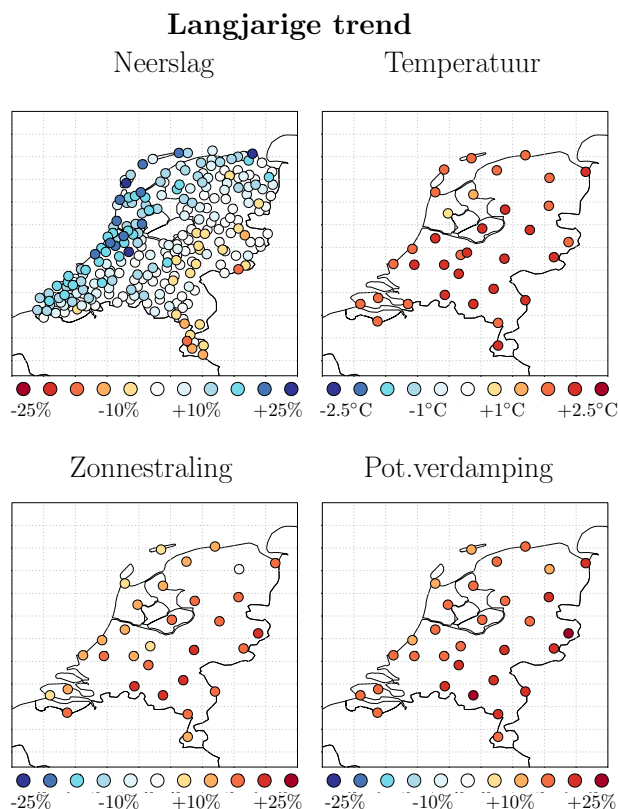
(GMST). De tijdreeks van GMST is gladgestreken door toepassing van een 4-jarig lopend gemiddelde, om fluctuaties door bijvoorbeeld El Niño uit te filteren. De GMST is nu ongeveer een graad hoger dan rond 1950, dus de veranderingen sinds die tijd zijn ongeveer gelijk aan de trends per graad wereldwijde opwarming in de figuren.

#### *Overall warmer, meer neerslag aan de kust*

De temperatuuroename in Nederland is min of meer uniform. De neerslag daarentegen laat een ruimtelijk patroon zien, met een duidelijke toename aan de kust. Gemiddeld is dit significant op  $p < 10\%$  - dat betekent dat er een kans van 90% is dat deze trend inderdaad bestaat (meestal kijken we naar een 95%-niveau). Neerslag in het binnenland laat geen duidelijke trend zien. Het verschil tussen de neerslag in het binnenland en aan de kust is wel statistisch significant. Dit komt doordat het weer in beide reeksen erg op elkaar lijkt, waardoor de signaal-ruis verhouding beter is. Voor het kustgebied is ook de afvoer van de Rijn relevant. Deze vertoont een kleine afname in het zomerhalfjaar sinds 1901. Vanaf 1950 is de afname ongeveer 9 procent (significant op  $p < 10\%$ ). Ook de neerslag in het bovenstroomse deel van het stroomgebied is significant afgenomen. We gaan hier in deze studie verder niet op in.

#### *Meer zonnestraling en verdamping in het binnenland*

De waarnemingen vanaf ongeveer 1970 laten zien



Afbeelding 2. Trends voor de periode april-september vanaf 1950, als regressie tegen de gladgestreken wereldgemiddelde temperatuur (zonnestraling en verdamping kortere tijdreeksen). Niet alle getoonde trends zijn statistisch significant. Data: KNMI; elk bolletje is een KNMI-station, niet alle variabelen worden op elk station gemeten

dat de toename in globale straling in het binnenland sterker is dan aan de kust (afbeelding 2). Dit wordt bevestigd door heranalyse van datasets zoals de ERA5 reconstructie van het weer van het European Centre for Medium-range Weather Forecasts.

Deze trend bestaat uit twee componenten. Door de toenemende luchtvervuiling met aerosolen nam de hoeveelheid zonnestraling aan de grond tot rond 1985 af. Daarna verdween dit effect door maatregelen tegen luchtvervuiling. Daarbovenop is er een trend naar meer zonneshijningen in het zomerhalfjaar over de hele periode (Van Oldenborgh et al, 2009).

Door relatief meer zonnestraling in het binnenland is ook de Makkink potentiële verdamping daar meer toegenomen dan aan de kust. Door de combinatie met luchtvervuiling zien we een afname tot ongeveer 1985 en een sterkere toename tot ongeveer 2005.

### Klimaatverandering als oorzaak van de veranderingen

Om deze trends toe te kunnen schrijven aan klimaatverandering hebben we klimaatmodellen nodig. Daarmee kunnen we het verschil bestuderen tussen een klimaat met toenemende hoeveelheden broeikasgassen en een gesimuleerd klimaat zonder deze

toename. Natuurlijk controleren we of de klimaatmodellen het echte klimaat realistisch genoeg beschrijven. Daarbij hebben we ook de uitvoer geanalyseerd van hydrologische modellen die op deze klimaatmodellen gebaseerd zijn. We hebben de volgende modellen geëvalueerd en, indien voldoende realistisch, gebruikt voor de attributie:

- ISIMIP, 16 runs van vier mondiale klimaatmodellen met vier hydrologische modellen;
- EC-Earth / PCR-GLOBWB ensemble (Van der Wiel et al, 2019);
- RACMO ensemble van een regionaal klimaatmodel.

### Neerslag en temperatuur

Voor het kustgebied laten de modellen niet de waargenomen hogere neerslag zien. Daarom kunnen we geen uitspraken doen over de invloed van klimaatverandering op droogte in de kuststrook. Voor neerslag in het binnenland doen de klimaatmodellen het beter. Ze laten evenals als de waarnemingen geen verandering in de zomerneerslag zien. We concluderen dat klimaatverandering tot nu toe in het binnenland geen neerslagtrend heeft veroorzaakt.

Voor temperatuur ligt het complexer. De waargenomen trend in het zomerhalfjaar vanaf 1950 is 1,9 graad per graad wereldgemiddelde opwarming, met een 95% onzekerheidsmarge van 1,3 tot 2,4 graad per graad. Dit terwijl de modellen rond de 0,9 keer de wereldgemiddelde opwarming uitkomen (Van Oldenborgh et al, 2009). Hiermee kunnen we de helft van de opwarming toeschrijven aan uitgestoten broeikasgassen. De andere helft heeft of andere oorzaken of de klimaatmodellen onderschatten het effect van opwarming op hete zomers.

### Potentiële verdamping

Zoals verwacht laten de klimaatmodellen in het

binnenland een toename zien van de potentiële verdamping. Deze modellen gebruiken formules voor potentiële verdamping die internationaal meer gangbaar zijn: Priestley-Taylor, Penman-Monteith, Hamon en Bulk. De verschillen tussen de modellen blijken echter groter dan de verschillen vanwege de verschillende formules. Met andere woorden: de precieze rekenmethodes zijn hier niet zo belangrijk. De toename van de potentiële verdamping is in de klimaatmodellen kleiner dan op basis van waarnemingen of heranalyses berekend wordt voor de werkelijkheid. Dat komt overeen met de lagere trends in temperatuur in de modellen.

#### Bodemvocht

De klimaatmodellen laten voor Nederland geen verandering zien in de hoeveelheid bodemvocht in het binnenland. Echter, irrigatie wordt niet realistisch gemodelleerd in deze modellen, terwijl dit in Nederland in de zomer een grote rol speelt. We beschouwen daarom in deze studie het neerslagtekort, potentiële verdamping minus neerslag, als een relevantere maat voor droogte dan het gemodelleerde bodemvocht. Verder onderzoek met modellen die ook de irrigatie correct meenemen, is nodig om trends in bodemvocht en grondwater goed te kunnen modelleren.

#### Conclusies

In dit artikel brengen we een nuancering aan op de analyses van droogtetrends in Nederland die tot nu toe gepubliceerd zijn. Langs de kust is er een toename van de hoeveelheid regen in het zomerhalfjaar, in het binnenland niet. In het binnenland neemt de hoeveelheid zonnestraling sterker toe dan aan de kust, wat samen met de hogere temperaturen voor meer potentiële verdamping zorgt. We concluderen dan ook dat de kans op droogte in het binnenland door de opwarming is toegenomen als gevolg van hogere temperaturen en zonneshijn die tot een hogere potentiële verdamping leiden, gecombineerd met geen trend in neerslag. Hoe groot die kans is, is moeilijk te zeggen omdat klimaatmodellen de opwarming van Nederland onderschatten. Voor het kustgebied kunnen we geen uitspraken doen, omdat de klimaatmodellen de waargenomen toename in

neerslag daar niet goed genoeg reproduceren. Met de gegevens en inzichten uit deze studie is een betere inschatting mogelijk van de invloed van klimaatverandering op bijvoorbeeld landbouw, natuur, scheepvaart en stedelijk waterbeheer. Dat kan bijdragen aan betere plannen voor klimaatadaptatie.

Sjoukje Y. Philip, Sarah F. Kew, Karin van der Wiel en Geert Jan van Oldenborgh (KNMI), Niko Wanders (Universiteit Utrecht)

Droogte 2018:  
gevolg van  
klimaatverandering?

#### Bronnen

G. Lenderink et al, 2009. Intense coastal rainfall in the Netherlands in response to high sea surface temperatures: analysis of the event of August 2006 from the perspective of a changing climate. *Clim. Dyn.*, 32, 19–33, doi:10.1007/s00382-008-0366-x

K. van der Wiel, Wanders, N., Selten, F.M., Bierkens, M.F.P., Added Value of Large Ensemble Simulations for Assessing Extreme River Discharge in a 2°C Warmer World, *Geophysical Research Letters*, doi:10.1029/2019GL081967

R. van Haren et al, 2012. SST and circulation trend biases cause an underestimation of European precipitation trends. *Clim. Dyn.*, 40, 1–20. doi:10.1007/s00382-012-1401-5

G. J. van Oldenborgh et al, 2009. Western Europe is warming much faster than expected. *Clim. Past*, 5, 1–12, doi:10.5194/cp-5-1-2009.

#### SAMENVATTING

De zeer droge zomer van 2018 wierp de vraag op of het in Nederland droger wordt en zo ja, of dat komt door klimaatverandering. Het antwoord is genuanceerd en verschilt voor de kuststrook en het binnenland. De kans op droogte is in het binnenland toegenomen door de opwarming. Hoe groot die kans is, is moeilijk te zeggen omdat klimaatmodellen de opwarming van Nederland onderschatten. Voor het kustgebied kunnen we geen uitspraken doen.